



**KEMENTERIAN
PENDIDIKAN DASAR
DAN MENENGAH**

Panduan Guru

TEKNIK ALAT BERAT

**Margono
Rudi Harianto
Edi Fakhrin**

SMK/MAK KELAS XII

Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia

Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemendikdasmen.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII**Penulis**

Margono
Rudi Harianto
Edi Fakhrin

Penelaah

Muhkamad Wakid
Suyitno

Penyelia/Penyelaras

Supriyatno
Futri F. Wijayanti
Faiz Alfian Ilmi
Marsya Nisrina

Kontributor

Zamzam Zawawi Firdaus
Frendit Wijaya
Sentot Cahyono

Ilustrator

Yol Yulianto

Editor

Yopi Sartika
Marsya Nisrina

Editor Visual

Ilhamsyah

Desainer

Imee Amiatun

Penerbit

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah
Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta Pusat 10270

Dikeluarkan oleh:

Pusat Perbukuan
<https://buku.kemendikdasmen.go.id>

Cetakan Pertama, 2025

ISBN 978-634-00-0164-8 (no.jil.lengkap)
ISBN 978-634-00-3309-0 (jil.2 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10/16pt., SIL Open Font License
xvi, 264 hlm.: 21 × 27 cm.

Kata Pengantar

Pusat Perbukuan, Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas mengembangkan buku pendidikan di tingkat Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah. Penyusunan Buku Teks Utama ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum tersebut memberikan keleluasaan kepada satuan pendidikan dalam melaksanakan pembelajaran sesuai dengan prinsip diversifikasi, memperhatikan kondisi masing-masing satuan pendidikan, potensi daerah, dan kebutuhan peserta didik.

Dalam mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, pemerintah, melalui Pusat Perbukuan, mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai sumber bahan pembelajaran. Buku-buku ini dapat dijadikan referensi atau inspirasi yang dapat dimodifikasi atau digunakan sebagai contoh, maupun rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Buku ini disusun untuk mendukung siswa SMK agar memiliki pengetahuan, keterampilan, dan karakter yang relevan dan siap menghadapi tantangan dunia kerja. Buku ini berisi muatan/materi yang sesuai dengan kurikulum dan kebutuhan industri, sehingga peserta didik tidak hanya mendapatkan pengetahuan teori, tetapi juga mampu mengaplikasikan keterampilan secara langsung dalam kehidupan.

Sebagai dokumen yang terus berkembang, buku ini dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat diharapkan untuk pengembangan buku ini di masa mendatang. Buku ini diharapkan dapat memberikan inspirasi dan motivasi bagi seluruh pembaca untuk bersama-sama membangun pendidikan kejuruan yang berkualitas dan relevan dengan kebutuhan zaman. Pusat Perbukuan mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini, dan semoga buku ini bermanfaat, khususnya bagi peserta didik dan guru, dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, September 2024
Kepala Pusat,

Supriyatno
NIP 196804051988121001



Prakata

Kami mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya buku Panduan Guru untuk mata pelajaran Teknik Alat Berat Kelas XII ini dapat disusun dengan baik. Panduan ini disusun untuk mendampingi buku teks siswa yang berfokus pada pemeliharaan sistem alat berat, meliputi pemeliharaan *diesel engine*, pemeliharaan sistem *hydraulic*, pemeliharaan sistem kelistrikan, pemeliharaan *power train* dan *undercarriage*, serta penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat.

Buku panduan ini dirancang sebagai acuan bagi guru dalam melaksanakan proses pembelajaran yang aktif, inovatif, kreatif, efektif, dan menyenangkan. Guru tidak hanya diharapkan menyampaikan materi, tetapi juga menjadi fasilitator yang mampu mengarahkan murid untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, bekerja sama, serta menerapkan konsep perawatan alat berat. Hal tersebut dilakukan melalui praktik langsung, diskusi kasus, simulasi, dan pembelajaran berbasis proyek.

Melalui panduan ini, guru dapat mengatur strategi pembelajaran, menentukan alokasi waktu, memilih dan metode ajar yang tepat. Selain itu, guru dapat melakukan penilaian yang komprehensif, baik pada aspek pengetahuan, keterampilan, maupun sikap kerja. Dengan demikian, proses belajar tidak hanya menekankan pada pencapaian teori, tetapi juga keterampilan vokasional yang relevan dengan kebutuhan industri.

Kami menyadari bahwa keberhasilan pembelajaran sangat ditentukan oleh peran aktif guru dalam mengadaptasi metode ajar sesuai kondisi murid dan sarana prasarana di sekolah. Oleh sebab itu, buku panduan ini diharapkan dapat membantu guru dalam menciptakan suasana belajar yang bermakna, menantang, dan selaras dengan program *link and match* antara pendidikan vokasi dan dunia industri.

Akhir kata, kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga buku panduan ini dapat memberikan manfaat besar bagi guru dalam melahirkan lulusan SMK yang kompeten, profesional, dan siap menghadapi tantangan dunia kerja.

Jakarta, September 2025

Tim Penulis



Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vili
Daftar Tabel	ix
Petunjuk Penggunaan Buku	xv

Panduan Umum

A. Pendahuluan	2
B. Capaian Pembelajaran	5
C. Kerangka Pembelajaran	10
D. Prinsip Pembelajaran	19
E. Asesmen	20

Panduan Khusus

Bab 1	Pemeliharaan Diesel Engine Alat Berat	25
	A. Pendahuluan	26
	B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat	34
	C. Kerangka Pembelajaran	35
	D. Apersepsi	39
	E. Formatif Awal	39
	F. Panduan Pembelajaran Buku Siswa	40
	G. Sumatif	71
	H. Kunci Jawaban	72
	I. Tindak Lanjut	83
	J. Refleksi	84
	K. Sumber Belajar	85



A. Pendahuluan.....	88
B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat	93
C. Kerangka Pembelajaran	94
D. Apersepsi	98
E. Formatif Awal.....	98
F. Panduan Pembelajaran Buku Siswa	99
G. Sumatif	108
H. Kunci Jawaban	108
I. Tindak Lanjut	114
J. Refleksi	115
K. Sumber Belajar.....	117

A. Pendahuluan.....	120
B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat	126
C. Kerangka Pembelajaran	126
D. Apersepsi	131
E. Formatif Awal.....	131
F. Panduan Pembelajaran Buku Murid.....	132
G. Sumatif	145
H. Kunci Jawaban	145
I. Tindak Lanjut	163
J. Refleksi	164
K. Sumber Belajar.....	165

A. Pendahuluan.....	168
B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat	173
C. Kerangka Pembelajaran	173
D. Apersepsi	177
E. Formatif Awal.....	177
F. Panduan Pembelajaran Buku Siswa	178
G. Sumatif	190
H. Kunci Jawaban	190



I. Tindak Lanjut	199
J. Refleksi	199
K. Sumber Belajar.....	201

Bab

5

Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat

203

A. Pendahuluan.....	204
B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat	209
C. Kerangka Pembelajaran	209
D. Apersepsi	215
E. Formatif Awal.....	216
F. Panduan Pembelajaran Buku Siswa	216
G. Sumatif	232
H. Kunji Jawaban	232
I. Tindak Lanjut	242
J. Refleksi	242
K. Sumber Belajar.....	243

Glosarium	245
Daftar Pustaka	248
Daftar Kredit Gambar	250
Daftar Sumber Video YouTube	251
Indeks.....	252
Biodata Pelaku Perbukuan	255



Daftar Gambar

Gambar 1	Empat Kerangka Pembelajaran Diadaptasi dari <i>Four Elements of Learning Design</i>	3
Gambar 2	Alur Tujuan Pembelajaran.....	8
Gambar 3	Contoh <i>Flowchart Blended Learning</i>	17
Gambar 4	Contoh Aktivitas Berbasis Digital.....	17
Gambar 5	Contoh Aktivitas Kolaborasi dengan Industri via Digital.....	18
Gambar 1.1	Peta Materi Pemeliharaan <i>Diesel Engine</i> Alat Berat.....	29
Gambar 2.1	Peta Materi Pemeliharaan Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat	90
Gambar 3.1	Peta Materi Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat.....	122
Gambar 3.2	Delapan (8) Langkah Penyelesaian Masalah.....	137
Gambar 3.3	Kabel <i>harness</i> lebih rentan terhadap pengaruh air hujan, panas, atau getaran.....	146
Gambar 3.4	Pemasangan Soket yang Tidak Tepat.....	146
Gambar 3.5	Penarikan Kabel <i>Harness</i> untuk Melepas Konektor	147
Gambar 3.6	Air dalam Konektor.....	147
Gambar 3.7	Pembersihan Air atau Kotoran dari Konektor dengan Kain Lap.....	148
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Starting Sistem Hydraulic Excavator</i>	150
Gambar 3.9	<i>Starting Switch</i> dan <i>Contact Wiring Table</i>	154
Gambar 3.10	Mengukur <i>continuitas</i> masing-masing terminal <i>fusible link</i>	156
Gambar 3.11	<i>Safety Relay</i>	158
Gambar 3.12	<i>Battery Relay Positif</i>	158
Gambar 4.1	Peta Materi Pemeliharaan <i>Power Train</i> dan <i>Undercarriage</i> Alat Berat.....	170
Gambar 4.2	<i>Measuring Power Train Oil Pressure</i>	195
Gambar 5.1	Peta Materi Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Perawatan Unit Alat Berat	206
Gambar 5.2	<i>Monitor Machine</i>	232



Daftar Tabel

Tabel 1	Dimensi Profil Lulusan.....	4
Tabel 2	Elemen dan Deskripsi.....	7
Tabel 3	Elemen dan Capaian Pembelajaran	8
Tabel 4	Tantangan dan Solusi.....	18
Tabel 5	Instrumen Asesmen	23
Tabel 6	Rubrik Skor	23
Tabel 1.1	Elemen dan Deskripsi Elemen <i>Engine</i> Alat Berat	27
Tabel 1.2	Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran.....	27
Tabel 1.3	Tujuan Pembelajaran dan Indikator	28
Tabel 1.4	Alokasi Waktu Pembelajaran.....	34
Tabel 1.5	Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab	35
Tabel 1.6	Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi Dalam Bab	37
Tabel 1.7	Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab	37
Tabel 1.8	Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi Dalam Bab	38
Tabel 1.9	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pembangkit Tenaga Mekanis	40
Tabel 1.10	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengujian <i>Engine Speed</i>	41
Tabel 1.11	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pengujian <i>Engine Speed</i>	41
Tabel 1.12	Rubrik Penilaian Tahapan Persiapan	42
Tabel 1.13	Rubrik Penilaian Tahapan Simulasi.....	43
Tabel 1.14	Rubrik Penilaian Tahapan Proses.....	43
Tabel 1.15	Rubrik Penilaian Diskusi	44
Tabel 1.16	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyetelan <i>Valve Clearance</i>	46
Tabel 1.17	Tahapan Aktivitas Penyetelan <i>Valve Clearance</i>	46
Tabel 1.18	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengujian Tekanan Kompresi	48
Tabel 1.19	Tahapan Aktivitas Pengujian Tekanan Kompresi	48
Tabel 1.20	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pemasukan Udara dan Sistem Pembuangan	50
Tabel 1.21	Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Pembersihan, Penggantian <i>Air Cleaner</i> dan Pengujian <i>Intake Air Pressure</i>	50



Tabel 1.22	Tahapan Aktivitas Pembersihan, Penggantian <i>Air Cleaner</i> dan Pengujian <i>Intake Air Pressure</i>	51
Tabel 1.23	Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Pengujian Warna <i>Exhaust Gas</i> , dan Tekanan <i>Blow-By</i>	53
Tabel 1.24	Tahapan Aktivitas Pengujian Warna <i>Exhaust Gas</i> dan Tekanan <i>Blow-By</i>	53
Tabel 1.25	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Bahan Bakar	55
Tabel 1.26	Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Melepas Tekanan Residu <i>Fuel System</i> , dan Pengujian <i>Fuel Pressure</i>	55
Tabel 1.27	Tahapan Aktivitas Melepas Tekanan Residu Sistem Bahan Bakar dan Pengujian <i>Fuel Pressure</i>	56
Tabel 1.28	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penanganan <i>Reduced Cylinder Mode & No Injection Cranking</i>	58
Tabel 1.29	Tahapan Aktivitas Penanganan <i>Reduced Cylinder Mode</i> dan <i>No-Injection Cranking</i>	58
Tabel 1.30	Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Pengujian <i>Fuel Discharge</i> , <i>Return & Leak</i> , dan <i>Bleeding Air</i> pada <i>Fuel Circuit</i>	60
Tabel 1.31	Tahapan Aktivitas Pengujian <i>Fuel Discharge</i> , <i>Return & Leak</i> , dan <i>Bleeding Air</i> pada <i>Fuel Circuit</i>	60
Tabel 1.32	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pelumasan	62
Tabel 1.33	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penggantian <i>Engine Oil</i> dan <i>Filter</i>	63
Tabel 1.34	Tahapan Aktivitas Penggantian <i>Engine Oil</i> dan <i>Filter</i>	63
Tabel 1.35	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengujian Tekanan <i>Engine Oil</i>	65
Tabel 1.36	Tahapan Aktivitas Pengujian Tekanan <i>Engine Oil</i>	65
Tabel 1.37	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pendinginan.....	67
Tabel 1.38	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeriksaan <i>Radiator</i> dan <i>Radiator Cap</i>	67
Tabel 1.39	Tahapan Aktivitas Pemeriksaan <i>Radiator</i> dan <i>Radiator Cap</i>	67
Tabel 1.40	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeriksaan <i>Coolant</i>	69
Tabel 1.41	Tahapan Aktivitas Pemeriksaan <i>Coolant</i>	70
Tabel 2.1	CP Elemen Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat dan Tujuan Pembelajarannya di Kelas XII.....	89
Tabel 2.2	Tujuan Pembelajaran dan Indikator Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat Kelas XII...	89
Tabel 2.3	Model Pembelajaran di Praktik Pedagogis pada Materi Bab.....	94
Tabel 2.4	Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab.....	96
Tabel 2.5	Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab	97



Tabel 2.6	Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab.....	97
Tabel 2.7	Tujuan, Subpokok Materi, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat.....	100
Tabel 2.8	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan Komponen <i>Hydraulic</i> Alat Berat	100
Tabel 2.9	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pemeliharaan <i>Hydraulic</i> Alat Berat	100
Tabel 2.10	Rubrik Penilaian Aktivitas 2.1.....	101
Tabel 2.11	Rubrik Penilaian Aktivitas 2.2.....	102
Tabel 2.12	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengukuran Sistem <i>Hydraulic</i>	103
Tabel 2.13	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pengukuran Tekanan Sistem <i>Hydraulic</i>	103
Tabel 2.14	Rubrik Penilaian Aktivitas 2.3.....	104
Tabel 2.15	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyetelan <i>Hydraulic Relief Valve</i>	104
Tabel 2.16	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyetelan <i>Hydraulic Relief Valve</i>	105
Tabel 2.17	Rubrik Penilaian Aktivitas 2.4.....	105
Tabel 2.18	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyusunan Laporan Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan.....	106
Tabel 2.19	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyusunan Laporan Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan.....	106
Tabel 2.20	Rubrik Penyusunan Laporan Studi Kasus dan Rekomendasi Perbaikan	107
Tabel 3.1	CP Elemen Sistem Kelistrikan Alat Berat dan Tujuan Pembelajarannya di Kelas XII.....	121
Tabel 3.2	Tujuan Pembelajaran dan Indikator Sistem Kelistrikan Alat Berat Kelas XII	121
Tabel 3.3	Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab	127
Tabel 3.4	Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab.....	129
Tabel 3.5	Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab	129
Tabel 3.6	Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab.....	130
Tabel 3.7	Tujuan, Subpokok Materi, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat	133
Tabel 3.8	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan pada <i>Battery</i> , <i>Motor Starter</i> , dan <i>Charging Alternator</i>	133
Tabel 3.9	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pemeliharaan Komponen Kelistrikan Alat Berat	133
Tabel 3.10	Rubrik Penilaian Aktivitas 3.1.....	135
Tabel 3.11	Rubrik Penilaian Aktivitas 3.2.....	135
Tabel 3.12	Rubrik Penilaian Aktivitas 3.3.....	136



Tabel 3.13	Rubrik Penilain Diri pada Refleksi.....	138
Tabel 3.14	Tujuan, Alokasi Waktu, dan Indikator Pelepasan dan Pemasangan Komponen Kelistrikan	139
Tabel 3.15	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pelepasan dan Pemasangan Komponen Kelistrikan	139
Tabel 3.16	Rubrik Penilaian Aktivitas 3.2.....	140
Tabel 3.17	Tujuan, Alokasi Waktu, dan Indikator Penyelesaian Gangguan Sistem Kelistrikan Alat Berat.....	141
Tabel 3.18	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyelesaian Gangguan Sistem Kelistrikan Alat Berat	141
Tabel 3.19	Rubik Penilaian Aktivitas 3.3.....	142
Tabel 3.20	Rubrik Penilain Diri pada Refleksi.....	142
Tabel 3.21	Tujuan, Alokasi Waktu, dan Indikator Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan.....	143
Tabel 3.22	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan	144
Tabel 3.23	Rubik Penilaian Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan.....	144
Tabel 3.24	Pengujian Komponen Kelistrikan (Baterai)	152
Tabel 3.25	Pengujian Komponen Kelistrikan (<i>Fusible Link</i>)	155
Tabel 3.26	Pengujian Komponen Kelistrikan (<i>Motor Starter</i>)	156
Tabel 4.1	Elemen dan Deskripsi Elemen Pemindah Tenaga (<i>Power Train</i>) dan Kerangka Bawah (<i>Undercarriage</i>).....	169
Tabel 4.2	Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran.....	169
Tabel 4.3	Tujuan Pembelajaran dan Indikator	169
Tabel 4.4	Alokasi Waktu Pembelajaran.....	173
Tabel 4.5	Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab	174
Tabel 4.6	Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab.....	175
Tabel 4.7	Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab	176
Tabel 4.8	Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab.....	176
Tabel 4.9	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem <i>Power Train Hydraulic Circuit</i> dan <i>Piping Diagram</i>	178
Tabel 4.10	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Identifikasi Nama, Letak, dan Fungsi Komponen Pemipaan <i>Hydraulic Power Train</i>	179



Tabel 4.11	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Identifikasi Nama, Letak, dan Fungsi Komponen Pemipaan <i>Hydraulic Power Train</i>	179
Tabel 4.12	Rubrik Penilaian Tahapan Persiapan	180
Tabel 4.13	Rubrik Penilaian Diskusi	181
Tabel 4.14	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Analisis Kerja dari Aliran Oli pada Sirkuit Diagram <i>Hydraulic Power Train</i>	182
Tabel 4.15	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Analisis Kerja dari Aliran Oli pada Sirkuit Diagram <i>Hydraulic Power Train</i>	183
Tabel 4.16	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Penyelesaian Masalah pada <i>Hydraulic and Mechanical System (H-Mode)</i>	185
Tabel 4.17	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Memahami Informasi Umum tentang Penyelesaian Masalah/ <i>Troubleshooting</i>	185
Tabel 4.18	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Memahami Informasi Umum tentang Penyelesaian Masalah/ <i>Troubleshooting</i>	186
Tabel 4.19	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyelesaian Masalah pada <i>Hydraulic And Mechanical System (H-Mode)</i>	188
Tabel 4.20	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyelesaian Masalah pada <i>Hydraulic and Mechanical System (H-Mode)</i>	188
Tabel 4.21	<i>Standard ValueTable for Chassis</i>	194
Tabel 4.22	<i>Standard ValueTable for Chassis</i>	194
Tabel 4.23	<i>Part Number dan Part Name Tool</i>	195
Tabel 4.24	<i>Measuring Power Train Oil Pressure</i>	195
Tabel 4.25	<i>Combination of Speed and Clutches</i>	196
Tabel 4.26	Analisis Penyebab dan Tindakan	196
Tabel 4.27	Peralatan yang Digunakan	198
Tabel 4.28	Tool yang Digunakan	198
Tabel 5.1	Elemen dan Deskripsi Elemen Perawatan Berkala Unit Alat Berat	205
Tabel 5.2	Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran	205
Tabel 5.3	Tujuan Pembelajaran dan Indikator	205
Tabel 5.4	Alokasi Waktu Pembelajaran	208
Tabel 5.5	Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab	210
Tabel 5.6	Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab	212
Tabel 5.7	Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab	213
Tabel 5.8	Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab	214



Tabel 5.9	Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Pengoperasian Dasar Monitor <i>Machine</i>	217
Tabel 5.10	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Pengoperasian Dasar Monitor <i>Machine</i>	217
Tabel 5.11	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pengoperasian Dasar Monitor <i>Machine</i>	217
Tabel 5.12	Rubrik Penilaian Tahapan Persiapan	218
Tabel 5.13	Rubrik Penilaian Diskusi	219
Tabel 5.14	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Tampilan Peringatan	220
Tabel 5.15	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Tampilan Peringatan.....	221
Tabel 5.16	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Monitor Tingkat Tindakan	223
Tabel 5.17	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Monitor Tingkat Tindakan.....	223
Tabel 5.18	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Daftar Monitor Alarm.....	225
Tabel 5.19	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Daftar Monitor Alarm	225
Tabel 5.20	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Daftar Kesalahan yang Sedang Terjadi, dan Jenis Monitor Alarm	227
Tabel 5.21	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Daftar Monitor Alarm	228
Tabel 5.22	Tujuan, Indikator, dan Alokasi Level Tindakan serta Solusi yang Harus Dikerjakan	230
Tabel 5.23	Tahapan Aktivitas Pembelajaran Level Tindakan dan Solusi yang Harus Dikerjakan	230
Tabel 5.24	Simbol <i>Monitor Alarm</i> Jawaban Soal Nomor 6.....	234
Tabel 5.25	Simbol <i>Monitor Alarm</i> Jawaban Soal Nomor 7.....	235
Tabel 5.26	Simbol <i>Monitor Alarm</i> Jawaban Soal Nomor 8.....	236
Tabel 5.27	Simbol <i>Monitor Alarm</i> Jawaban Soal Nomor 9.....	237
Tabel 5.28	Simbol <i>Monitor Alarm</i> Jawaban Soal Nomor 10	237
Tabel 5.29	Simbol <i>Monitor Alarm</i> Jawaban Soal Nomor 11	238



Petunjuk Penggunaan Buku

Buku *Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII* ini terdiri atas dua bagian, yaitu panduan umum dan panduan khusus. Penjelasan tentang panduan umum dan panduan khusus diuraikan sebagai berikut.

Panduan Umum

Panduan umum berisi tentang gambaran umum isi buku. Panduan umum ini memaparkan tentang pendahuluan, capaian pembelajaran, kerangka pembelajaran, prinsip pembelajaran, dan asesmen.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025
Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII
Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin
ISBN: 978-634-00-3309-0 (jil.2 PDF)

Panduan Umum



A. Pendahuluan

Bagian pendahuluan ini menyajikan tentang latar belakang dan tujuan panduan bagi guru. Selain itu, juga menerangkan tentang pengantar pembelajaran mendalam dan dimensi profil lulusan.

1. Latar Belakang dan Tujuan Panduan

Perkembangan industri konstruksi, pertambangan, dan logistik yang makin pesat, menuntut kesiapan sumber daya manusia yang kompeten dalam pengoperasian dan perawatan alat berat. Sebagai pendidik, guru memegang peran kunci dalam membekali murid dengan pengetahuan teknis dan keterampilan praktis yang sesuai dengan standar industri. Buku *Panduan Guru Teknik Alat Berat Kelas XII* ini disusun sebagai acuan dalam mengajarkan materi pemeliharaan dan perawatan komponen-komponen kritis alat berat, meliputi berikut.

- a. Bab 1: Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat
- b. Bab 2: Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat
- c. Bab 3: Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat
- d. Bab 4: Pemeliharaan Sistem *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat
- e. Bab 5: Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat

Materi dalam panduan ini dirancang untuk memudahkan guru dalam menyampaikan pembelajaran yang aplikatif, integratif, dan berbasis *problem solving*. Selain itu, sekaligus mempersiapkan murid untuk menghadapi tantangan di dunia kerja atau pendidikan lanjutan.

Panduan ini bertujuan untuk memandu guru dalam menyelenggarakan pembelajaran yang sistematis dan terstruktur sesuai Kurikulum Merdeka atau kurikulum berbasis kompetensi dengan pendekatan pembelajaran mendalam. Selain itu, mendorong pendekatan kontekstual dengan contoh studi kasus, diagram alur perbaikan, dan proyek simulasi perawatan.

2. Pengantar Pembelajaran Mendalam

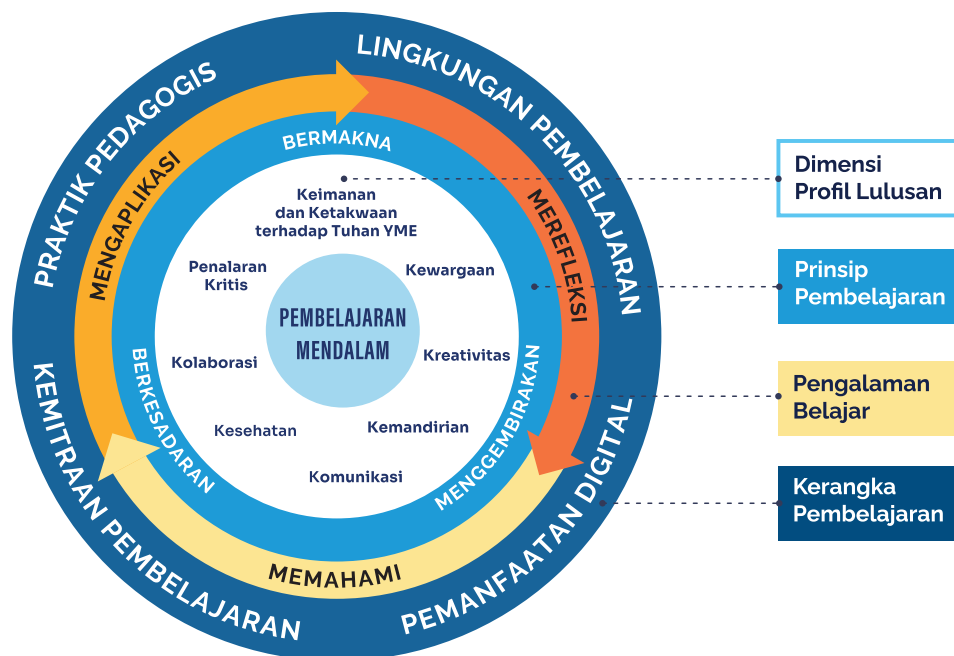
Pembelajaran mendalam (PM) merupakan pendekatan pembelajaran yang memuliakan dengan menekankan pada penciptaan suasana belajar dan proses pembelajaran berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan melalui olah pikir, olah hati, olah rasa, dan olahraga secara holistik dan terpadu. Pembelajaran mendalam telah diterapkan di beberapa negara, baik secara eksplisit maupun implisit sebagai prinsip kurikulum dan pendekatan pembelajaran.



Pembelajaran mendalam, dalam konteks penerapannya di Indonesia bukan merupakan kurikulum, melainkan suatu pendekatan pembelajaran. Pembelajaran mendalam diharapkan dapat menjadi salah satu pendekatan pembelajaran yang mampu meningkatkan proses dan mutu pembelajaran.

Kerangka kerja pembelajaran mendalam terdiri atas empat komponen, yaitu (1) dimensi profil lulusan, (2) prinsip pembelajaran, (3) pengalaman belajar, dan (4) kerangka pembelajaran. Pembelajaran mendalam difokuskan pada pencapaian delapan dimensi profil lulusan yang merupakan kompetensi utuh yang harus dimiliki oleh setiap murid setelah menyelesaikan proses pembelajaran dan pendidikan. Profil lulusan tersebut, yaitu (1) keimanan dan ketakwaan kepada Tuhan YME, (2) kewargaan, (3) penalaran kritis, (4) kreativitas, (5) kolaborasi, (6) kemandirian, (7) kesehatan, dan (8) komunikasi. Delapan profil lulusan ini tidak hanya menekankan aspek kognitif, tetapi juga pengembangan karakter dan keterampilan yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari.

Profil lulusan murid Indonesia dapat diwujudkan melalui prinsip pembelajaran berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan. Prinsip tersebut direalisasikan melalui pengalaman belajar murid, yaitu memahami, mengaplikasi, dan merefleksikan. Penerapan pendekatan PM didukung dengan praktik pedagogis progresif oleh guru. Selain itu, lingkungan belajar yang memberikan keamanan dan kenyamanan kepada murid, pemanfaatan digitalisasi, serta adanya kemitraan pembelajaran yang optimal.



Gambar 1 Empat Kerangka Pembelajaran Diadaptasi dari *Four Elements of Learning Design*

Sumber: *Education in Motion (New Pedagogies for Deep Learning)/deep-learning.global* (2018) dalam Pembelajaran Mendalam Menuju Pendidikan Bermutu untuk Semua/Kemendikdasmen

Implementasi PM pada jenjang pendidikan SMK/MAK atau yang sederajat diterapkan pada pengembangan kompetensi adaptif dan keterampilan vokasional yang berhubungan langsung dengan dunia usaha, dunia industri, dan dunia kerja (DUDIKA). Pembelajaran berbasis proyek yang aktual dan kontekstual atau penugasan lapangan yang mencerminkan tantangan dunia kerja digunakan untuk memberikan pengalaman belajar yang nyata kepada murid. Pengalaman ini dirancang untuk menyiapkan murid memasuki dunia industri. Di samping itu, *teaching factory* (TEFA) merupakan salah satu program pembelajaran penting yang harus terjadi di setiap SMK/MAK atau yang sederajat. TEFA mendekatkan proses pembelajaran dengan kebutuhan industri. Konsep TEFA mengintegrasikan pembelajaran berbasis teori di kelas dengan praktik langsung dalam lingkungan kerja yang menyerupai industri sesungguhnya. Tujuan TEFA untuk menyiapkan lulusan SMK yang kompeten, siap kerja, dan memiliki keterampilan sesuai dengan kebutuhan dunia kerja.

Di samping itu, implementasi PM SMK/MAK atau yang sederajat difokuskan pada penguatan kompetensi keahlian dengan empat strategi berikut.

- Pemetaan kompetensi, analisis kemampuan murid berdasarkan aspek kompetensi vokasi dan hasil kerja proyek.
- Rekomendasi pengembangan diri, pemberian saran pembelajaran sesuai dengan minat industri.
- Kemitraan dengan DUDIKA, kerja sama dengan DUDIKA untuk melaksanakan program TEFA untuk mempersiapkan murid memasuki dunia kerja.
- Evaluasi produktivitas, analisis kinerja murid dalam menghasilkan produk barang dan jasa.

Dalam rangka penerapan pembelajaran mendalam, buku ini diharapkan dapat menginspirasi para guru untuk menyusun perencanaan pembelajaran. Perencanaan pembelajaran tersebut sesuai dengan kebutuhan murid dan karakteristik satuan pendidikan.

3. Dimensi Profil Lulusan

Profil lulusan meliputi delapan dimensi. Dimensi profil lulusan merupakan fokus profil lulusan yang akan dicapai, yaitu sebagaimana tersaji dalam tabel berikut ini.

Tabel 1 Dimensi Profil Lulusan

Dimensi Profil Lulusan (DPL)	Bab
DPL 1 Keimanan dan ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	1, 2, 3, 4, 5
DPL 2 Kewargaan	1, 2, 3, 4, 5
DPL 3 Penalaran kritis	1, 2, 3, 4, 5



Dimensi Profil Lulusan (DPL)	Bab
DPL 4 Kreativitas	1, 2, 3, 4, 5
DPL 5 Kolaborasi	1, 2, 3, 4, 5
DPL 6 Kemandirian	1, 2, 3, 4, 5
DPL 7 Kesehatan	1, 2, 3, 4, 5
DPL 8 Komunikasi	1, 2, 3, 4, 5

Capaian Pembelajaran

Bagian ini menjelaskan tentang karakteristik mata pelajaran, capaian pembelajaran per fase, tujuan pembelajaran per fase, alur tujuan pembelajaran (ATP) per fase, dan alur tujuan pembelajaran.

1. Karakteristik Mata Pelajaran

Mata pelajaran kejuruan Teknik Alat Berat merupakan bagian dari kurikulum kejuruan yang dirancang untuk membekali murid dengan kompetensi teknis dalam merawat, memelihara, mendiagnosis, dan memperbaiki masalah pada alat berat. Karakteristik utamanya sebagai berikut.

a. Berbasis Kompetensi Praktik (*Skill-Oriented*)

Mata pelajaran ini fokus pada aplikasi langsung, materi tidak hanya teoretis, tetapi menekankan pada prosedur perawatan, penggunaan alat ukur, diagnosis kerusakan, dan *troubleshooting*. Contoh, pengujian *engine speed*, pemeriksaan tekanan *hydraulic*, dan mendiagnosis masalah *starting engine*. Dominasi praktikum juga menjadi karakteristik, lebih dari 50 % pembelajaran melibatkan aktivitas praktik di bengkel (*workshop*), simulasi, atau kunjungan industri dengan pendekatan diagnosis masalah secara nyata.

b. Multidisiplin dan Kompleks

Mata pelajaran ini mengintegrasikan ilmu dari berbagai bidang, seperti teknik mesin (*engine, power train, undercarriage*) dan teknik elektro (sistem kelistrikan alat berat, diagnosis rangkaian elektrik). Selain itu, teknik *hydraulic* (sistem fluida dan aktuator, mendeteksi kebocoran *hydraulic*) dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja atau K3 (prosedur kerja aman dalam diagnosis dan perbaikan alat berat).



c. Mengikuti Standar Industri

Materi disusun sesuai kebutuhan industri. Selain itu, materi juga memuat syarat-syarat sertifikasi dasar sebagai persiapan kerja bagi murid.

d. Kontekstual dan *Problem-Based Learning*

Pembelajaran menggunakan studi kasus nyata (contoh mendiagnosis kegagalan *track roller* pada *excavator*). Murid dilatih untuk berpikir sistematis melalui alur diagnosis (*flowchart troubleshooting*) dan metode analisis akar masalah (*root cause analysis*).

e. Ketergantungan pada Alat dan Teknologi Mutakhir

Pada pembelajaran yang bersifat praktikum, di sini memerlukan peralatan khusus, seperti *pressure gauge*, *gas analyzer*, *tachometer*, dan lain lain. Selain itu, perlu adanya adaptasi terhadap perkembangan teknologi yang berkembang dengan pesat.

f. Penekanan pada Keselamatan Kerja (K3)

Setiap prosedur perawatan hingga diagnosis diajarkan dengan protokol K3 melalui pembuatan *Job Safety Analysis* (JSA) untuk setiap aktivitas pekerjaan. Contoh, *lockout-tagout* saat perbaikan dan penggunaan APAR. Murid wajib memahami bahaya kerja, seperti kesalahan diagnosis yang berpotensi menyebabkan kecelakaan.

g. Fleksibilitas dalam Pembelajaran

Pembelajaran dapat diajarkan dengan metode demonstrasi, proyek kelompok, dan *collaborative learning*. Metode demonstrasi dapat diterapkan dengan cara guru menunjukkan langkah-langkah perawatan hingga diagnosis. Proyek kelompok dapat dilakukan dengan cara simulasi mendiagnosis dan memperbaiki komponen. *Collaborative learning* dapat dilakukan dengan cara diskusi studi kasus diagnosis kerusakan alat berat.

h. Evaluasi Berbasis Kinerja

Penilaian pada pembelajaran di SMK tidak hanya melalui tes tertulis, tetapi juga melalui *performance test*. Contoh, kemampuan melakukan diagnosis sistem *hydraulic* hingga portofolio (laporan praktik, dokumentasi proses diagnosis, dan perbaikan).

Implikasinya bagi guru ialah guru perlu menguasai keterampilan praktik dan kemampuan mendiagnosis masalah alat berat serta terus memperbarui pengetahuan sesuai perkembangan teknologi. Pembelajaran harus memadukan pendekatan *hard skill* (teknis), seperti teknik diagnosis, dan *soft skill* (kerja tim, komunikasi). Mata pelajaran ini tidak hanya membentuk tenaga terampil siap kerja dengan kemampuan diagnosis yang baik dengan



karakteristik tersebut, tetapi juga membangun fondasi untuk pembelajaran sepanjang hayat (*lifelong learning*) di bidang teknik alat berat.

2. Capaian Pembelajaran per Fase

Teknik Alat Berat memiliki beberapa elemen dan deskripsi. Elemen dan deskripsi tersebut sebagai berikut.

Tabel 2 Elemen dan Deskripsi

No.	Elemen	Deskripsi
1.	<i>Product Knowledge</i>	Meliputi jenis, fungsi, aplikasi, dan spesifikasi teknis alat berat
2.	<i>Manual Book</i>	Meliputi macam-macam <i>manual book</i> , baik dalam bentuk <i>hardcopy</i> atau <i>softcopy</i> (<i>service manual</i> , <i>part book</i> , <i>operation maintenance manual</i>)
3.	Engine Alat Berat	Meliputi komponen utama <i>engine</i> , <i>fuel system</i> , <i>lubricating system</i> , <i>cooling system</i> , <i>air induction system</i> , dan <i>exhaust system</i> .
4.	Sistem Hydraulic Alat Berat	Meliputi <i>hydraulic tank</i> , <i>hydraulic pump</i> , <i>control valve</i> , <i>hydraulic actuator</i> , komponen pendukung <i>hydraulic</i> , dan <i>hydraulic diagram</i> sederhana.
5.	Sistem Kelistrikan Alat Berat	Meliputi <i>battery</i> , <i>starting system</i> , <i>preheating system</i> , <i>charging system</i> , <i>connector</i> dan <i>wire</i> , <i>electrical control</i> dan <i>electric wiring diagram</i> .
6.	Power Train dan Undercarriage	Meliputi komponen <i>direct drive</i> , <i>torqflow drive</i> , <i>electric drive</i> , <i>HST system</i> , <i>differential</i> , <i>final drive</i> , <i>wheel</i> dan <i>undercarriage</i> , <i>steering system</i> , serta <i>brake system</i> .
7.	Perawatan Berkala Unit Alat Berat	Meliputi <i>paper works</i> , perawatan harian, perawatan berkala hingga 1.000 jam, dan penyelesaian gangguan sederhana.

Pada buku *Teknik Alat Berat Kelas XI*, ketujuh elemen pembelajaran telah dibahas secara komprehensif sebagai dasar pengetahuan dan keterampilan dalam bidang alat berat. Pada buku *Teknik Alat Berat Kelas XII* ini, pembahasan difokuskan pada lima elemen utama yang menjadi subbab, yaitu *engine* alat berat, sistem *hydraulic*, sistem kelistrikan, *power train* dan *undercarriage*, serta perawatan berkala.

Perbedaan utama antara pembelajaran di kelas XI dan kelas XII terletak pada tingkat kognitif (level kognitif) yang dikembangkan. Materi pada kelas XI berfokus pada level kognitif C1 (mengingat), C2 (memahami), dan C3 (menerapkan), sedangkan pada kelas XII ditingkatkan ke level yang lebih tinggi, yaitu C4 (menganalisis) dan C5 (mengevaluasi).

Sementara itu, elemen *product knowledge* dan *manual book* tidak lagi dibahas pada buku kelas XII karena keduanya telah menjadi bagian dari materi dasar yang telah dipelajari pada buku *Teknik Alat Berat Kelas XI*. Capaian pembelajaran pada akhir fase F (Kelas XII) Teknik Alat Berat sebagai berikut.



Tabel 3 Elemen dan Capaian Pembelajaran

Bab	Elemen	Capaian Pembelajaran
1	<i>Engine</i> Alat Berat	Menganalisis komponen-komponen utama <i>engine</i> serta beberapa sistem yang terdapat pada <i>engine</i>
2	Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat	Menganalisis komponen-komponen utama sistem <i>hydraulic</i> yang digunakan pada alat berat termasuk komponen pendukung lainnya.
3	Sistem Kelistrikan Alat Berat	Menganalisis <i>battery</i> , <i>starting system</i> , <i>preheating system</i> , <i>charging system</i> , tipe dan struktur <i>connector</i> dan <i>wire</i> termasuk <i>electrical control</i> serta <i>electric wiring diagram</i> .
4	<i>Power Train</i> dan <i>Undercarriage</i>	Menganalisis sistem pemindah tenaga (<i>power train</i>) dan kerangka bawah (<i>undercarriage</i>).
5	Perawatan Berkala Unit Alat Berat	Menerapkan pembuatan <i>paper works</i> dan perawatan harian, perawatan berkala, penyelesaian gangguan sederhana, dan prosedur pengoperasian alat berat dalam lingkup perawatan berkala.

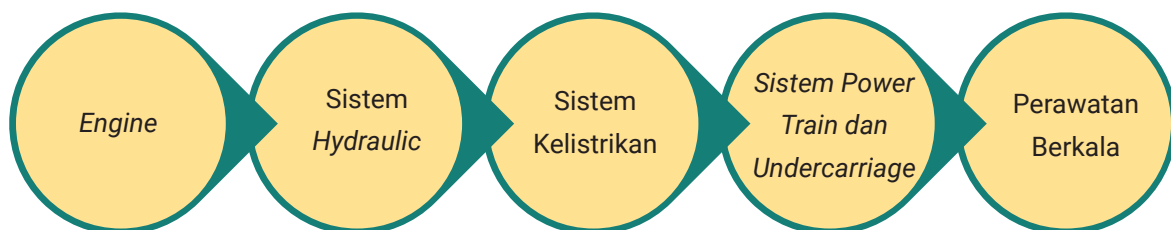
3. Tujuan Pembelajaran per Fase

Kompetensi dan lingkup materi dari mata pelajaran teknik alat berat bertujuan membekali murid dengan *hard skills* dan *soft skills* untuk hal berikut.

- Menganalisis *engine* alat berat.
- Menganalisis sistem *hydraulic* alat berat.
- Menganalisis sistem kelistrikan alat berat.
- Menganalisis pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*).
- Menerapkan perawatan berkala unit alat berat.
- Menerapkan manajemen pekerjaan (perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, evaluasi, presentasi) dan kerja sama tim.
- Beradaptasi pada konteks atau situasi kerja yang berbeda.

4. Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) per Fase

Pada akhir fase F yakni kelas XII ini, alur tujuan pembelajaran (ATP) yang dapat dilakukan sebagai berikut.



Gambar 2 Alur Tujuan Pembelajaran



Berikut penjelasan alasan pemilihan masing-masing bagian alur.

a. Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat (Materi A)

Alasan pemilihan Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat sebagai materi yang pertama disampaikan ialah sebagai berikut.

- 1) Dasar operasional alat berat, *engine* adalah sumber tenaga utama. Pemahaman tentang prinsip kerja, komponen (seperti *piston*, *liner*, dan lain-lain), dan *troubleshooting*-nya menjadi prasyarat untuk mempelajari sistem lain.
- 2) Kompetensi awal, tanpa memahami *engine*, murid tidak dapat menguasai sistem kelistrikan/*hydraulic* yang terintegrasi dengannya.

b. Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat (Materi B)

Alasan pemilihan Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat sebagai materi yang kedua ialah sebagai berikut.

- 1) Aplikasi tenaga *engine*, sistem *hydraulic* mengubah tenaga *engine* menjadi gerakan (silinder, pompa, *valve*).
- 2) Kompleksitas menengah, memerlukan pemahaman dasar *engine*.
- 3) Relevansi dengan *power train*, sistem *hydraulic* sering terintegrasi dengan transmisi, dan *undercarriage* (misalnya pada *hydraulic excavator*).

c. Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat (Materi C)

Alasan pemilihan Sistem Kelistrikan Alat Berat sebagai materi yang ketiga ialah sebagai berikut.

- 1) Fungsi pendukung *engine*, sistem kelistrikan (*starting* dan *charging system*) mendukung operasi *engine* dan kontrol modern.
- 2) Sistem kelistrikan merupakan kontrol bagi *system hydraulic* (misalnya *solenoid valve*) jadi diperlukan pemahaman *hydraulic* sebagai prasyarat.

d. Pemeliharaan *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat (Materi D)

Alasan pemilihan Pemeliharaan *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat sebagai materi yang keempat ialah sebagai berikut.

- 1) Distribusi tenaga, *power train* (transmisi, *differential*, *final drive*) mentransfer tenaga *engine* ke roda/*track*.
- 2) Struktur mekanis, *undercarriage* (*track*, *roller*, *idler*) ialah komponen penopang berat dan gerakan.
- 3) Prasyarat holistik, memerlukan pemahaman *engine* (sumber tenaga), *hydraulic* (bantuan gerak), dan kelistrikan (kontrol).



e. Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat (Materi E)

Alasan pemilihan Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat sebagai materi yang kelima ialah sebagai berikut.

- 1) Aplikasi akhir, perawatan mencakup semua sistem sebelumnya (*engine*, kelistrikan, *hydraulic*, *power train*, dan *undercarriage*).
- 2) Kompetensi tingkat tinggi, murid harus mampu mengintegrasikan pengetahuan untuk diagnosis, jadwal perawatan, dan tindakan pencegahan.

C. Kerangka Pembelajaran

Bagian kerangka pembelajaran meliputi praktik pedagogis, kemitraan pembelajaran, lingkungan pembelajaran, dan pemanfaatan digital.

1. Praktik Pedagogis

Berikut merupakan penjelasan tentang praktik pedagogis yang dirancang untuk mencapai tujuan pembelajaran kelima materi terkait alat berat. Praktik tersebut dirancang melalui pendekatan yang mendorong murid untuk bereksplorasi, mampu memecahkan masalah, dan mampu memahami secara mendalam melalui metode pembelajaran aktif.

a. Pemeliharaan *Engine* Alat Berat

- 1) Model pembelajaran: *problem-based learning* (PBL).
- 2) Strategi atau metode yang digunakan sebagai berikut.
 - a) Studi kasus, murid diberikan kasus nyata (misal: *engine overheating*, *loss of power*) untuk dianalisis penyebab dan solusinya.
 - b) Simulasi *troubleshooting*, menggunakan *engine simulator* atau *engine* nyata yang sengaja dibuat bermasalah. Contoh, penyetelan *valve clearance* tidak tepat.
 - c) Praktik langsung, demonstrasi pembongkaran/penyekatan komponen (*piston*, *turbocharger*) dengan panduan lembar kerja (*worksheet*).

Alasan pemilihan model dan strategi adalah PBL melatih dapat mengaitkan teori (prinsip kerja *engine*) dengan masalah nyata di lapangan. Simulasi dan praktik langsung memenuhi kebutuhan kompetensi teknis sekaligus keselamatan kerja.

b. Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat

- 1) Model pembelajaran: pembelajaran berbasis proyek (PjBL).
- 2) Strategi atau metode yang digunakan sebagai berikut.



- a) Proyek perancangan sistem, murid merancang sistem *hydraulic* sederhana (contoh, silinder angkat) menggunakan *software* simulasi (*FluidSIM*) atau kit praktik.
- b) Praktik lapangan, mengecek kebocoran, mengganti *seal*, dan mengukur tekanan *hydraulic* pada unit alat berat nyata.
- c) Analisis kegagalan, diskusi kelompok tentang penyebab *cavitation* atau *overheating* pada *hydraulic pump*.

Alasan pemilihan PjBL, memadukan teori *hydraulic* (Hukum Pascal, *flow rate*) dengan aplikasi praktis. Sementara itu, praktik langsung melatih keterampilan teknis dan analisis sistem.

c. Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat

- 1) Model pembelajaran: *discovery learning*.
- 2) Strategi atau metode yang digunakan sebagai berikut.
 - a) Eksperimen terbimbing, murid mengecek rangkaian kelistrikan (*starting system*, *charging system*) menggunakan *multimeter* dan *wiring diagram*.
 - b) Permainan peran (*role play*), sebagai teknisi yang harus mendiagnosis *fault code* menggunakan *diagnostic tool*. Contoh, *ECU error code P0251*.
 - c) Pembelajaran berbasis proyek (PjBL), membuat modul pengujian sistem kelistrikan sederhana. Misal, *engine can not start*.

Alasan *discovery learning* memungkinkan murid menemukan konsep sendiri melalui eksperimen, cocok untuk materi kelistrikan yang bersifat prosedural. Sementara itu, *role play* dan PjBL mengasah keterampilan diagnosa dan kreativitas.

d. Pemeliharaan *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat

- 1) Model pembelajaran: *inquiry learning*, *problem-based learning*, diskusi kontekstual, dan *project-based learning*.
- 2) Strategi dan metode yang digunakan sebagai berikut.
 - a) *Inquiry learning*, *problem-based learning*, dan diskusi kontekstual. Guru menjelaskan tentang komponen utama *power train hydraulic circuit* dan piping, nama, letaknya serta menjelaskan aliran oli pada sistem tersebut.
 - b) *Problem-based learning* dan *project-based learning*. Guru memberikan studi kasus gangguan pada *hydraulic and mechanical system*, kemudian meminta siswa merencanakan biaya, kebutuhan alat, bahan habis pakai, serta komponen yang harus diganti.

Alasan pemilihan metode tersebut ialah *inquiry learning*, PBL, dan PjBL melatih murid mengaitkan teori dengan masalah nyata di lapangan. Sementara itu, simulasi dan praktik langsung memenuhi kebutuhan kompetensi teknis sekaligus keselamatan kerja.

e. Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat

- 1) Model pembelajaran, *inquiry learning* dan *problem-based learning*.
- 2) Strategi dan metode yang digunakan sebagai berikut.
 - a) *Inquiry learning*, *problem-based learning*, dan diskusi kontekstual. Guru menjelaskan tentang pengoperasian dasar *monitor machine*.
 - b) *Problem-based learning*. Guru memberikan studi kasus gangguan yang muncul pada *machine monitor*. Selanjutnya, murid melakukan analisis dan tindakan perbaikannya.

Alasan pemilihan model ini ialah *inquiry learning*, PBL, dan PjBL melatih murid mengaitkan teori dengan masalah nyata di lapangan. Sementara itu, simulasi dan praktik langsung memenuhi kebutuhan kompetensi teknis sekaligus keselamatan kerja.

Prinsip pedagogis yang digunakan ada empat sebagai berikut.

- a) *Student-centered learning*, murid aktif mengeksplorasi (misal, eksperimen kelistrikan) dan memecahkan masalah (kasus *engine trouble*).
- b) Kontekstual, materi dikaitkan dengan dunia kerja. Contoh, penggunaan *diagnostic tool* dan SOP perawatan.
- c) *Scaffolding*, kompleksitas ditingkatkan bertahap (dari komponen tunggal ke sistem terintegrasi).
- d) Reflektif, murid diminta merefleksikan hasil praktik. Misal, penyebab kegagalan perbaikan *hydraulic*.

2. Kemitraan Pembelajaran

Bagian ini akan menjelaskan tentang konsep kemitraan pembelajaran dan inspirasi kemitraan sederhana untuk teknik alat berat.

a. Konsep Kemitraan Pembelajaran

Kemitraan pembelajaran melibatkan kolaborasi antara guru, murid, orang tua, industri, dan komunitas untuk menciptakan pengalaman belajar yang holistik dan kontekstual. Tujuannya ialah sebagai berikut:



- 1) memperkaya perspektif murid melalui interaksi dengan praktisi lapangan,
- 2) meningkatkan relevansi materi dengan kebutuhan industri, dan
- 3) membangun jejaring yang mendukung karier murid di bidang alat berat.

b. Inspirasi Kemitraan Sederhana untuk Teknik Alat Berat

- 1) Kolaborasi dengan Industri (Bengkel Alat Berat/Dealer)

Contoh aktivitasnya ialah kunjungan lapangan, murid mengunjungi bengkel alat berat untuk observasi perawatan *engine* atau *hydraulic system*, dipandu oleh teknisi. *Guest teacher* (guru tamu), teknisi dari dealer alat berat diundang ke kelas untuk berbagi studi kasus perbaikan *power train*. Magang singkat, murid magang 1–2 hari untuk praktik inspeksi *undercarriage*. Manfaat kegiatan ini murid melihat langsung aplikasi teori di dunia kerja, guru memperbarui materi berdasarkan perkembangan teknologi terbaru.

- 2) Kolaborasi Lintas Mata Pelajaran

Contoh aktivitasnya ialah proyek interdisipliner, seperti guru teknik alat berat berkolaborasi dengan guru fisika (analisis Hukum Pascal dalam sistem *hydraulic*), atau guru teknik alat berat berkolaborasi dengan guru kimia (studi material logam pada komponen *engine*). Selanjutnya, aktivitas lainnya ialah diskusi bersama dan murid mempresentasikan hasil proyek perawatan berkala di depan kelas kimia/ fisika.

Manfaatnya murid memahami keterkaitan ilmu teknik dengan sains dasar dan pembelajaran lebih integratif.

- 3) Kemitraan dengan Orang Tua/Komunitas

Contoh aktivitasnya ialah *sharing session*, yakni orang tua yang bekerja di industri konstruksi/tambang berbagi pengalaman penggunaan alat berat. Selain itu, dapat juga *community project*, murid dan komunitas lokal melakukan perawatan sederhana alat berat yang ada di desa-desa. Manfaat kemitraan ini, murid mendapat *insight* praktis dari lingkungan terdekat dan sekolah untuk membangun hubungan dengan masyarakat.

- 4) Mentoring Antarmurid Lintas Kelas

Contoh aktivitasnya ialah murid senior sebagai mentor, kelas XII membimbing kelas XI dalam praktik pengukuran keausan pada *undercarriage*. Contoh lain, kelompok campuran, murid dengan latar belakang kelistrikan dan mekanik berkolaborasi dalam proyek perbaikan sistem *hydraulic*. Manfaatnya mentoring ini ialah menguatkan pemahaman melalui *peer teaching*, dan meningkatkan *soft skills* (komunikasi dan kepemimpinan).

5) Kolaborasi dengan Komunitas Teknik (Ikatan Teknisi Alat Berat)

Contoh aktivitas kolaborasi dengan komunitas teknik ialah webinar bersama, komunitas teknisi alat berat mengadakan sesi *troubleshooting engine online* untuk murid. Kegiatan kolaborasi dapat juga dengan membuat kompetisi kecil, seperti lomba cepat tepat *troubleshooting* kelistrikan alat berat dengan juri dari komunitas. Manfaat kolaborasi ini ialah murid terpapar pengalaman praktisi dan membuka peluang magang atau jaringan kerja.

Kemitraan pembelajaran dalam teknik alat berat tidak harus rumit. Kegiatan kemitraan dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumber daya sekitar (orang tua, bengkel lokal, guru lain). Murid dapat memahami konteks nyata dari materi, mengembangkan jejaring profesional sejak dini, dan meningkatkan motivasi belajar melalui interaksi langsung dengan dunia kerja.

3. Lingkungan Pembelajaran

Lingkungan pembelajaran yang efektif harus mendukung eksplorasi aktif, kolaborasi, dan penerapan langsung materi teknik alat berat. Berikut anjuran untuk menciptakan ruang belajar fisik dan virtual yang sesuai untuk guru teknik alat berat.

a. Lingkungan Fisik

1) Bengkel/Laboratorium Alat Berat

Laboratorium alat berat memerlukan fasilitas yang menunjang, seperti ruang praktik dengan *engine stand*, sistem *hydraulic* miniatur, dan komponen *undercarriage* yang dapat bongkar-pasang. Perlengkapan keselamatan, seperti APAR (alat pemadam api ringan), alat ukur (*pressure gauge*, *multimeter*), dan *toolkit* dasar. Selanjutnya, penataan bengkel yang baik, seperti adanya zona kerja berkelompok (misal: area diagnosis *engine*, area perbaikan *hydraulic*) untuk memudahkan kolaborasi. Selain itu, adanya papan informasi berisi *flowchart troubleshooting* dan *checklist* perawatan dari buku panduan.

2) Kelas Interaktif

Adanya desain ruang kelas yang nyaman, seperti adanya meja berbentuk *island*, misalnya untuk diskusi kelompok dengan *display* komponen alat berat (contoh: *injector*, *solenoid valve*). Dinding yang dilengkapi poster diagram sistem (kelistrikan, *power train*) sebagai referensi visual. Selanjutnya, adanya alat bantu, seperti miniatur alat berat atau *augmented reality* (AR) untuk simulasi perakitan komponen.



3) Ruang Simulasi Lapangan

Konsepnya ialah adanya area *outdoor* dengan alat berat bekas (tidak operasional) untuk praktik inspeksi *undercarriage* atau *power train*. Simulasi kondisi lapangan (misal: medan berlumpur) untuk memahami tantangan perawatan di lokasi proyek.

b. Lingkungan Virtual

1) Platform Pembelajaran (*Learning Management System/LMS*)

Platform LMS akan sangat memberikan lingkungan yang nyaman dalam hal pembelajaran di sekolah bagi guru dan murid, tetapi tentu saja disesuaikan dengan anggaran sekolah, kondisi, dan situasi yang ada. Platform LMS dapat dimaksimalkan untuk keperluan forum diskusi untuk berbagi pengalaman perbaikan alat berat, kuis interaktif berbasis kasus (contoh, “Apa penyebab tekanan *hydraulic* turun?”), hingga video tutorial dari buku panduan guru tentang langkah perawatan berkala.

2) Simulasi Digital

Pada tingkat lingkungan virtual yang lebih tinggi lagi, sesuai kemampuan sekolah, dapat pula dilengkapi dengan adanya *software*, seperti FluidSIM (simulasi sistem *hydraulic*/pneumatik), atau *diagnostic software* (contoh, ET untuk alat berat) untuk praktik *virtual troubleshooting*. Manfaat simulasi digital ialah murid dapat bereksperimen tanpa risiko merusak alat fisik.

3) Komunitas Online

Aktivitas yang biasa dilakukan di dalam komunitas ini, seperti grup Facebook atau WhatsApp dengan teknisi alat berat untuk konsultasi masalah teknis. Aktivitas lain, adanya webinar bersama industri tentang teknologi alat berat terbaru.

c. Prinsip Penciptaan Lingkungan Pembelajaran

Pada prinsipnya, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam upaya penciptaan lingkungan pembelajaran yang baik dan kondusif, yakni adanya *student-centered*, murid diberi kebebasan untuk memilih proyek (misal: perbaikan komponen yang disukai murid). Selanjutnya, disebutkan kontekstualnya. Maksudnya ialah adanya upaya menghadirkan masalah nyata (contoh, laporan kerusakan dari bengkel mitra) sebagai bahan diskusi. Selain itu, ada prinsip aman dan inklusif, yakni pastikan APD (alat pelindung diri) tersedia dan lingkungan ramah untuk semua murid. Prinsip terakhir, terbuka untuk kolaborasi, ruang fisik atau virtual harus mendukung kerja kelompok (misal, meja besar untuk perakitan komponen). Murid tidak hanya menguasai teori, tetapi juga terbiasa dengan dinamika pekerjaan di industri alat berat dengan lingkungan yang dirancang baik.

4. Pemanfaatan Digital

Teknologi digital telah menjadi bagian integral dalam pendidikan teknik, termasuk teknik alat berat. Penggunaan *e-learning*, simulasi, *augmented reality* (AR), dan kecerdasan buatan (AI) dapat meningkatkan aksesibilitas materi yang dapat diakses kapan saja, termasuk bagi murid di daerah terpencil. Interaktivitas dengan pembelajaran lebih menarik melalui simulasi dan eksperimen virtual. Selain itu, personalisasi, yaitu dengan adanya AI membantu menyesuaikan materi dengan kecepatan belajar murid.

Buku guru ini memberikan panduan praktis untuk mengintegrasikan teknologi digital dalam pembelajaran, sesuai dengan kurikulum dan kebutuhan industri.

a. Bentuk Pemanfaatan Digital

Bentuk pemanfaatan digital ialah sebagai berikut.

1) *E-Learning* dan Platform LMS

Contoh platform seperti Moodle dan Google Classroom dengan kegiatan seperti berikut.

- Membagikan modul digital (PDF, video) tentang perawatan *engine* atau sistem *hydraulic*.
- Kuis interaktif dengan soal berbasis kasus (misal, menganalisis kode *error* pada layar monitor).
- Forum diskusi untuk tanya jawab dengan teknisi ahli.

2) Simulasi Digital

Contoh *software* rekomendasi, yaitu FluidSIM (simulasi sistem *hydraulic/pneumatic*), dan ET/*Electronic Technician* (*software* diagnosis alat berat). Kegiatan yang dilakukan seperti berikut ini.

- Simulasi perbaikan *power train* atau *troubleshooting* sistem kelistrikan.
- Eksperimen virtual mengukur tekanan *hydraulic* tanpa risiko terhadap keselamatan.

3) *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR)

Contoh aplikasi yang digunakan seperti AR manual alat berat (menampilkan animasi 3D komponen *engine* saat kamera diarahkan ke gambar di buku), dan VR bengkel alat berat (praktik virtual perakitan *undercarriage* menggunakan *headset VR*). Kegiatan yang dapat dilakukan seperti murid memindai kode QR di buku untuk melihat tutorial AR perawatan berkala hingga tur virtual ke lokasi tambang untuk memahami konteks penggunaan alat berat.



4) Kecerdasan Buatan (AI)

Contoh penerapan seperti *chatbot* pembelajaran yang mana AI menjawab pertanyaan siswa tentang prosedur perawatan (misalnya, "Bagaimana cara kalibrasi *pressure relief valve*?") Selanjutnya, ada *adaptive learning* yang mana sistem AI ini dapat menyesuaikan materi berdasarkan tingkat pemahaman siswa (contohnya memberikan latihan tambahan untuk murid yang kesulitan memahami diagram *hydraulic*).

b. Strategi Integrasi dalam Pembelajaran dalam Memanfaatkan Ruang Digital

Strategi integrasi dalam pembelajaran dalam memanfaatkan ruang digital berkolaborasi dengan ruang fisik. Beberapa strategi yang dapat direkomendasikan sebagai berikut.

1) *Blended Learning* (Kombinasi *Online-Offline*)

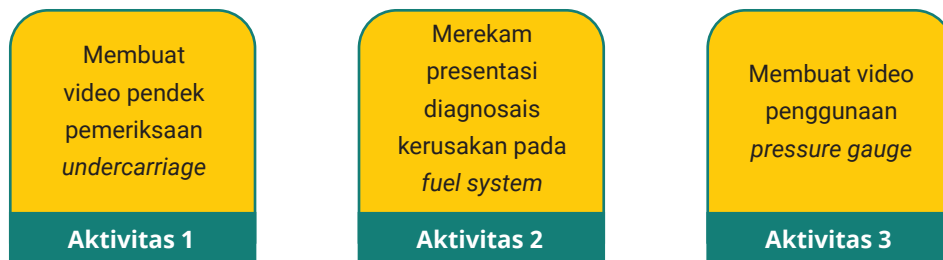
Contoh aktivitas



Gambar 3 Contoh Flowchart Blended Learning

2) Proyek Berbasis Digital

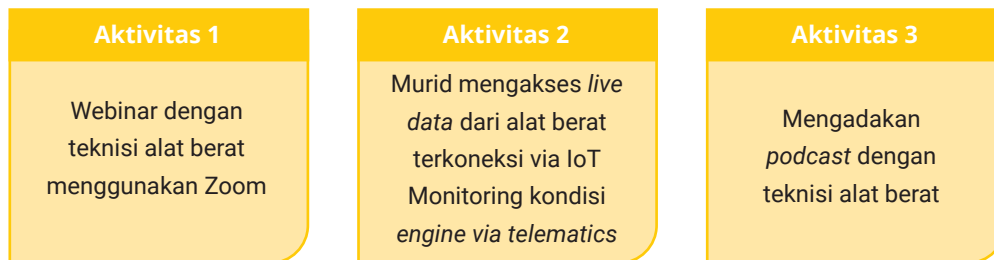
Contoh aktivitas



Gambar 4 Contoh Aktivitas Berbasis Digital

3) Kolaborasi dengan Industri via Digital

Contoh aktivitas



Gambar 5 Contoh Aktivitas Kolaborasi dengan Industri via Digital

c. Manfaat untuk Murid dan Guru

Manfaat yang dirasakan dengan pemanfaatan digital ini ialah bagi murid sendiri akan lebih siap menghadapi industri 4.0 yang berbasis digital. Selain itu, murid dapat mengulang materi-materi pelajaran yang tergolong sulit untuk dipahami dengan hanya melakukan atau mendengarkan satu kali saja (misal: simulasi *hydraulic circuit* secara mandiri). Sementara itu, manfaat untuk guru adalah dapat mempermudah proses penilaian melalui *digital assessment* dan guru akan memiliki bank data kasus-kasus nyata untuk dapat menjadi bahan ajar selanjutnya.

d. Tantangan dan Solusi

Integrasi teknologi digital dalam pembelajaran teknik alat berat bukan hanya menjadi sebuah tren, tetapi sebuah kebutuhan yakni meningkatkan efektivitas pembelajaran, mendekatkan murid dengan realitas industri dan mempermudah guru dalam menyampaikan materi yang kompleks. Dengan pemanfaatan digital, pembelajaran teknik alat berat menjadi lebih interaktif, inklusif, dan relevan dengan perkembangan zaman.

Tabel 4 Tantangan dan Solusi

No.	Tantangan	Solusi
1.	Keterbatasan akses perangkat	Gunakan laboratorium komputer sekolah atau gunakan <i>mobile learning</i> via HP
2.	Kurangnya konten lokal	Guru dapat membuat video tutorial sederhana
3.	Murid kurang tertarik	Gabungkan gamifikasi (misalnya kuis dengan <i>badge digital</i>)

Prinsip Pembelajaran

Mata pelajaran teknik alat berat mempelajari tentang prinsip kerja, perawatan, perbaikan, dan operasional alat-alat berat seperti *excavator*, *bulldozer*, *crane*, dan lainnya. Agar pembelajaran efektif, diperlukan pendekatan yang sesuai dengan karakteristik materi dan kebutuhan murid. Tiga prinsip utama yang dapat diterapkan ialah berkesadaran, bermakna, dan menyenangkan. Berikut penjelasannya dalam konteks teknik alat berat.

1. Pembelajaran Berkesadaran (*Mindful Learning*)

Pembelajaran berkesadaran menekankan pada pemahaman mendalam tentang konsep dan penerapannya dalam dunia nyata. Dalam teknik alat berat, murid tidak hanya menghafal komponen alat berat, tetapi juga memahami hal berikut.

- Fungsi setiap bagian (misalnya *hydraulic system* pada *excavator*).
- Prinsip kerja dan sistem kontrol.
- Dampak kesalahan operasi terhadap keselamatan dan produktivitas.

Contoh penerapannya, seperti murid diajak menganalisis kasus kerusakan alat berat dan mencari solusi berdasarkan pemahaman teknis, atau diskusi tentang keselamatan kerja (K3) dalam pengoperasian alat berat untuk meningkatkan kesadaran risiko.

2. Pembelajaran Bermakna (*Meaningful Learning*)

Pembelajaran bermakna menghubungkan materi baru dengan pengetahuan dan pengalaman murid sebelumnya. Dalam teknik alat berat, dapat dilakukan melalui hal berikut.

- Menghubungkan teori dengan praktik, misalnya membandingkan sistem transmisi alat berat dengan kendaraan biasa.
- Proyek berbasis masalah, seperti merancang perawatan rutin untuk memperpanjang usia pakai alat berat.
- Studi kasus industri, seperti menganalisis efisiensi alat berat di proyek konstruksi nyata.

Contoh penerapannya ialah murid diminta membandingkan alat berat tradisional dengan teknologi terbaru (seperti alat berat berbasis IoT) untuk memahami perkembangan industri.

3. Pembelajaran Menyenangkan (*Joyful Learning*)

Pembelajaran menyenangkan membuat murid lebih termotivasi dan aktif. Dalam teknik alat berat, metode yang dapat digunakan, antara lain sebagai berikut.

- a) Simulasi dan permainan peran (*role-play*), seperti praktik mengoperasikan alat berat menggunakan simulator.
- b) Kompetisi atau kuis teknikal tentang *troubleshooting* alat berat.
- c) Kunjungan lapangan ke bengkel atau proyek konstruksi untuk pengalaman langsung.
- d) Media interaktif, seperti video animasi cara kerja *diesel engine* pada *bulldozer*.

Contoh penerapannya ialah mengadakan lomba cepat tepat tentang komponen alat berat dengan hadiah berupa kesempatan praktik langsung di bengkel sekolah.

Dalam pembelajaran teknik alat berat, tiga prinsip tersebut saling melengkapi, yakni berkesadaran (memastikan murid memahami konsep dan implikasinya), bermakna (menghubungkan materi dengan dunia nyata), dan menyenangkan (meningkatkan motivasi dan keterlibatan murid). Murid tidak hanya menguasai teori, tetapi juga siap menghadapi tantangan di dunia kerja industri alat berat dengan menggabungkan ketiga prinsip tersebut. Pendekatan ini juga mendukung Kurikulum Merdeka yang menekankan pada pembelajaran mendalam, kontekstual, dan berpusat pada murid.

Asesmen

Asesmen (penilaian) dalam pembelajaran teknik alat berat bertujuan untuk mengukur pemahaman, keterampilan, dan kompetensi murid terkait prinsip kerja, perawatan, perbaikan, dan operasional alat berat. Dalam buku ini, terdapat dua bentuk asesmen utama, yaitu asesmen formatif dan asesmen sumatif.

1. Asesmen Formatif (*Formative Assessment*)

Asesmen formatif dilakukan selama proses pembelajaran untuk memantau perkembangan murid, memberikan umpan balik, dan memperbaiki strategi pembelajaran. Asesmen ini terdiri dari dua jenis, yaitu sebagai berikut.

a. Asesmen Awal *Pre-assessment*)

Tujuan dari asesmen ini ialah untuk mengetahui pengetahuan awal murid sebelum memulai pembelajaran. Contoh dalam teknik alat berat seperti berikut.

- 1) Kuis singkat tentang nama-nama komponen alat berat.
- 2) Diskusi terbuka tentang pengalaman murid saat melakukan PKL.
- 3) Tes diagnostik untuk mengidentifikasi kesenjangan pemahaman.



b. Asesmen Saat Pembelajaran (*Ongoing Assessment*)

Tujuan dari asesmen ini ialah untuk memantau kemajuan murid secara berkala dan memberikan umpan balik segera. Contoh asesmen saat pembelajaran dalam teknik alat berat sebagai berikut.

- 1) Observasi praktik (misalnya, saat murid melakukan perawatan harian *excavator*).
- 2) Kuis atau refleksi singkat di akhir sesi (contoh: jelaskan langkah-langkah penggantian oli *hydraulic*).
- 3) Tugas proyek kecil, seperti membuat laporan inspeksi alat berat.
- 4) Diskusi kelompok tentang studi kasus kerusakan alat berat.

Manfaat asesmen formatif ialah membantu guru menyesuaikan metode pembelajaran, memberi kesempatan murid memperbaiki kesalahan sebelum ujian akhir, dan meningkatkan partisipasi aktif murid.

2. Asesmen Sumatif (*Summative Assessment*)

Asesmen sumatif dilakukan di akhir pembelajaran untuk mengevaluasi pencapaian kompetensi murid secara menyeluruh. Tujuannya ialah untuk mengukur tingkat penguasaan materi dan keterampilan murid setelah menyelesaikan suatu unit atau modul. Contoh penerapan asesmen sumatif dalam teknik alat berat sebagai berikut.

- a) Ujian tertulis (soal pilihan benar salah, soal esai, atau pilihan ganda).
- b) Ujian praktik (misalnya, demonstrasi pengoperasian *forklift* dengan prosedur yang benar).
- c) Proyek akhir, seperti presentasi analisis penyebab kerusakan *engine* pada *wheel loader*.
- d) Portofolio (kumpulan laporan praktikum, sertifikasi K3 alat berat, atau hasil perbaikan komponen).

Manfaat asesmen sumatif ialah membantu memberikan gambaran komprehensif tentang kemampuan murid dan digunakan sebagai acuan kelulusan atau sertifikasi kompetensi. Selain itu, menjadi bahan evaluasi efektivitas kurikulum.

3. Teknik dan Instrumen

Buku Teknik Alat Berat menggunakan berbagai teknik dan instrumen asesmen untuk mengevaluasi kompetensi siswa sesuai dengan lima subbab pembelajaran. Asesmen dirancang untuk mengukur pemahaman teoritis, keterampilan praktik, sikap kerja, dan kemampuan pemecahan masalah (HOTS).

a. Teknik Asesmen

Teknik asesmen yang digunakan meliputi hal berikut.

1) Tes Tertulis

Tes tertulis digunakan untuk menilai pemahaman konsep (misalnya, prinsip kerja *diesel engine*, sistem *hydraulic*, dll.). Pada buku siswa terdapat soal pilihan ganda, esai, atau uraian tentang *troubleshooting*.

2) Tes Lisan (Wawancara/Quiz)

Guru dapat menggunakan tes ini untuk menilai kemampuan komunikasi teknis. Contohnya murid diminta menjelaskan prosedur pemeriksaan *torque converter* dalam *power train system* pada alat berat.

3) Penugasan (Tugas Individu/Kelompok)

Murid diminta untuk membuat laporan setelah melakukan aktivitas, baik aktivitas mandiri maupun aktivitas kelompok.

4) Penilaian Diri (*Self-Assessment*)

Murid mengevaluasi kemajuan belajarnya sendiri, contohnya ialah kuesioner refleksi setelah praktik perbaikan *fuel injection system*.

5) Penilaian Antarteman (*Peer Assessment*)

Murid saling menilai dalam kerja kelompok, contohnya evaluasi partisipasi teman saat praktik *electrical system troubleshooting*.

6) Observasi (Pengamatan Langsung)

Guru mengamati sikap kerja dan prosedur praktik, contohnya penggunaan *checklist* keselamatan saat mengganti oli *hydraulic*.

7) Kinerja (*Performance Test*)

Menilai keterampilan langsung di bengkel atau lapangan, contohnya demonstrasi *bleeding air* pada *fuel system*.

8) Produk dan Proyek

Produk pada bidang otomotif atau teknik alat berat di sini bukan berarti berupa barang, melainkan lebih ke arah jasa. Contohnya, merakit *mock-up power train* atau membuat video tutorial perawatan *final drive*.

9) Portofolio

Portofolio merupakan kumpulan dokumen (laporan praktik, sertifikasi, foto perbaikan).



b. Instrumen Asesmen

Instrumen yang digunakan untuk menilai meliputi hal yang dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 5 Instrumen Asesmen

Instrumen	Deskripsi	Contoh Penggunaan
Rubrik penilaian	Kriteria penilaian terstruktur skala 1–4	Mengevaluasi prosedur perawatan <i>diesel engine</i>
<i>Checklist</i>	Daftar verifikasi langkah kerja	Memastikan semua tahap <i>hydraulic system maintenance</i> sudah terpenuhi
Catatan anekdotal	Deskripsi naratif perilaku murid	Mencatat sikap murid saat praktik <i>electrical system repair</i>
Grafik perkembangan	Visualisasi kemajuan belajar	Memantau peningkatan kemampuan <i>troubleshooting</i>
Soal HOTS	Pertanyaan analitis dan evaluatif	Rancang jadwal perawatan berkala alat berat di proyek konstruksi

c. Pendekatan Penilaian

Empat pendekatan penilaian yang digunakan sebagai berikut.

1) Deskripsi Kriteria

Penjelasan rinci tentang indikator keberhasilan, contohnya murid mampu mengidentifikasi lima (5) komponen utama sistem *hydraulic* dengan benar.

2) Rubrik Skor

Skala penilaian (misal: 1 = Kurang, 4 = Sangat Baik).

Contoh Rubrik Kinerja:

Tabel 6 Rubrik Skor

Kriteria	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4
Ketepatan perbaikan	Tidak sesuai SOP	Cukup tepat	Tepat	Sangat presisi
K3	Tidak menggunakan APD	APD kurang lengkap	Menggunakan APD, tetapi taat hanya sebagian SOP	Bekerja aman sesuai SOP
Penggunaan peralatan	Penggunaan alat tidak sesuai fungsi	Penggunaan alat kurang efektif	Penggunaan tepat dan benar	Penggunaan optimal, efektif, dan efisien



3) Skala/Interval Nilai

Konversi skor ke nilai (misal: 80–100 = A, 70–79 = B).

4) Persentase Bobot

Pembagian nilai (contoh: 30% teori, 50% praktik, 20% sikap).

Pada bagian ini, guru dibebaskan untuk menggunakan teknik asesmen, instrumen asesmen, dan beberapa pendekatan di atas. Guru diharapkan menggunakan asesmen autentik yang beragam untuk mencakup aspek kognitif (tes HOTS, esai), psikomotor (kinerja, proyek), dan afektif (observasi sikap, penilaian diri). Pendekatan ini memastikan murid tidak hanya menguasai teori, tetapi juga siap bekerja di industri dengan kompetensi terstandar. Selain itu, terdapat pengalaman pembelajaran yang tidak hanya memahami, mengaplikasi, bahkan merefleksi karena aktivitas pembelajaran yang dilakukan sudah sesuai urutannya, yaitu mulai dari mengamati, melihat simulasi, melakukan dengan mencontoh, mengaplikasikan. Selanjutnya, mencatat hasil dan membandingkan dengan spesifikasi hingga melakukan analisis berdasarkan data yang dimiliki. Setelah itu, murid bersama sama guru melakukan diskusi hingga melakukan refleksi terhadap aktivitas yang telah dilakukan.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025
Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII
Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin
ISBN: 978-634-00-3309-0 (jil.2 PDF)

Bab
1

Panduan Khusus

Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat



Pendahuluan

Bab 1 Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat ini terdiri dari lima (5) subbab. Setiap subbab memuat materi dan aktivitas yang membangun pemahaman murid tentang perawatan pada *diesel engine*, yaitu dengan melakukan pembersihan, pemeriksaan, pengujian, hingga penyetelan. Data hasil perawatan tersebut kemudian menjadi modal awal bagi murid untuk melakukan analisis dan diagnosis hingga sampai pada kesimpulan dan rekomendasi. Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun *critical thinking* murid dan melatih murid untuk bekerja sama dalam kelompok (*team work*).

Guru dapat menggunakan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan, antara lain diskusi, pembelajaran berdiferensiasi, dan *teaching factory (TEFA)*. Guru dapat menggunakan metode pembelajaran lain yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya dan mendorong pembelajaran yang berpusat pada murid.

Melalui pendekatan pembelajaran mendalam, murid diarahkan untuk mengalami proses belajar yang utuh, yaitu memahami prinsip kerja dan tujuan perawatan pada *diesel engine*, mengaplikasikan prosedur dan teknik secara nyata dalam praktik kerja. Selain itu, merefleksikan pengalaman belajarnya untuk menarik kesimpulan, mengenali tantangan, dan meningkatkan kualitas kerja. Guru berperan penting sebagai fasilitator yang menciptakan ruang eksplorasi, dialog terbuka, dan refleksi kritis sehingga pembelajaran menjadi bermakna dan berdampak. Dengan pendekatan ini, murid tidak hanya tumbuh sebagai tenaga terampil, tetapi juga sebagai insan pembelajar yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masa depan bidang otomotif yang ramah lingkungan.

1. Tujuan Pembelajaran

Guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran agar pada akhir tujuan dapat mencapai Dimensi Profil Lulusan. Mata pelajaran Teknik Alat Berat bertujuan membekali murid dengan *hard skills* dan *soft skills* untuk menganalisis *engine* alat berat. Tujuan pembelajaran ini sangatlah ringkas sesuai dengan yang tertera pada dokumen Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, Nomor 046/H/KR/2025 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah. Elemen dan deskripsi elemen *engine* Teknik Alat Berat disajikan dalam tabel berikut.



Tabel 1.1 Elemen dan Deskripsi Elemen *Engine* Alat Berat

Elemen	Deskripsi
<i>Engine</i> Alat Berat	Meliputi komponen utama <i>engine</i> , sistem bahan bakar (<i>fuel system</i>), sistem pelumasan (<i>lubricating system</i>), sistem pendingin (<i>cooling system</i>), sistem pemasukan udara (<i>air induction system</i>), dan sistem pembuangan gas sisa hasil pembakaran (<i>exhaust system</i>).

Selanjutnya, dari elemen dan deskripsi elemen *engine* alat berat, diturunkanlah capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran sebagai berikut.

Tabel 1.2 Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran

Capaian Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran
Pada akhir Fase F, murid memiliki kemampuan sebagai berikut: menganalisis komponen-komponen utama <i>engine</i> serta beberapa sistem yang terdapat pada <i>engine</i> pada unit alat berat.	1.1 Memelihara sistem pembangkit tenaga mekanis. 1.2 Memelihara sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan. 1.3 Memelihara sistem bahan bakar. 1.4 Memelihara sistem pelumasan. 1.5 Memelihara sistem pendinginan.

Capaian pembelajaran menekankan analisis komponen utama (seperti *cylinder block*, *piston*, *fuel delivery system*, dll.) dan sistem pendukung (*cooling system*, *lubricating system*, dll.) pada *diesel engine* alat berat. Analisis membutuhkan data teknis, seperti kondisi komponen, tingkat keausan, atau kinerja sistem. Data tidak bisa diperoleh tanpa interaksi langsung dengan *engine*. Proses pengambilan data melibatkan pembersihan (membuka akses untuk inspeksi komponen), pemeriksaan (mendeteksi kerusakan/keausan yang terjadi pada komponen), pengujian (mengukur performa sistem), dan penyetelan (menyesuaikan komponen ke ketentuan spesifikasi). Semua kegiatan ini ialah bagian dari pekerjaan perawatan. Perawatan bukan hanya tindakan rutin, tetapi juga sebagai sumber data primer untuk analisis kesehatan *engine*. Tanpa perawatan, analisis komponen tidak dapat dilakukan secara akurat. Karena analisis *engine* bergantung pada data kegiatan perawatan, maka fokus pembahasan buku ialah pada perawatan *diesel engine* alat berat.

Tujuan pembelajaran di atas kemudian diturunkan ke dalam indikator-indikator sebagai berikut.

Tabel 1.3 Tujuan Pembelajaran dan Indikator

Tujuan Pembelajaran	Indikator	
Memelihara sistem pembangkit tenaga mekanis.	1.	Murid dapat melakukan pengujian <i>engine speed</i> dan menganalisis hasilnya.
	2.	Murid dapat melakukan pengujian tekanan kompresi dan menganalisis hasilnya.
	3.	Murid dapat melakukan penyetelan <i>valve clearance</i> dan menganalisis hasilnya.
Memelihara sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan.	1.	Murid dapat melakukan pembersihan dan penggantian <i>air cleaner</i> dan menguji <i>intake air pressure</i> dan menganalisis hasilnya.
	2.	Murid dapat melakukan pengujian warna <i>exhaust gas</i> dan tekanan <i>blow-by</i> dan menganalisis hasilnya.
Memelihara sistem bahan bakar	1.	Murid dapat melakukan pelepasan tekanan residu dan pengujian tekanan bahan bakar dan menganalisis hasilnya.
	2.	Murid dapat melakukan penanganan <i>reduced cylinder mode</i> dan penanganan <i>no-injection cranking</i> dan menganalisis hasilnya.
	3.	Murid dapat melakukan pengujian <i>fuel discharge, return & leak</i> , dan <i>bleeding air</i> dan menganalisis hasilnya.
Memelihara sistem pelumasan	1.	Murid dapat melakukan penggantian oli dan filter oli dan menganalisis hasilnya.
	2.	Murid dapat melakukan pengujian tekanan oli dan menganalisis hasilnya.
Memelihara sistem pendinginan	1.	Murid dapat melakukan pemeriksaan <i>radiator</i> dan <i>radiator cap</i> dan menganalisis hasilnya.
	2.	Murid dapat melakukan pemeriksaan <i>coolant</i> dan menganalisis hasilnya.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini adalah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai Tujuan Pembelajaran. Materi pemeliharaan *diesel engine* menyangkut pembersihan, penggantian, pengujian, penyetelan, dan penanganan operasi dari komponen-komponen pada sistem-sistem dari lima subbab yakni sistem pembangkit tenaga mekanis, sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan, sistem bahan bakar, sistem pelumasan, dan sistem pendinginan.





Gambar 1.1 Peta Materi Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat

Peta materi ini dibuat untuk mempermudah murid dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dapat mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah dipahami dan diaplikasikan.

a. Pokok Materi

Pokok materi pada bab ini disusun secara bertahap, mulai dari pemahaman konsep dasar hingga keterampilan praktis dalam melakukan pembersihan, pemeriksaan, penggantian, pengujian, dan penyetelan sistem-sistem pada *engine*. Setiap materi saling terhubung untuk membentuk kompetensi teknis sekaligus membangun karakter murid sesuai dimensi profil lulusan.

1) Memelihara Sistem Pembangkit Tenaga Mekanis

Pokok materi memelihara sistem pembangkit tenaga mekanis membekali murid tentang pentingnya melakukan *testing* dan *adjusting* yang merupakan bagian dari pekerjaan memelihara dan menganalisis pada *engine* alat berat secara bertahap dan sesuai prosedur keselamatan. Materi ini mencakup pengertian *engine speed*, tekanan kompresi, dan *valve clearance*, langkah-langkah pengujian dan penyetelan, pencatatan data hasil pengujian dan penyetelan, membandingkan dengan spesifikasi dari sumber referensi terkait, menganalisis hasilnya, hingga membuat kesimpulan. Materi ini sangat berkaitan dengan pengetahuan sistem pembangkit tenaga mekanis yang telah dipelajari di kelas XI. Hal itu karena untuk melakukan aktivitas pengujian dan penyetelan ini murid harus terlebih dahulu memahami prinsip, fungsi, karakteristik, dan cara kerja komponen-komponen dan sistemnya secara menyeluruh. Pemahaman murid menjadi pondasi penting agar mereka mampu melakukan aktivitas secara benar, paham akan yang dilakukan, optimal, aman dan berkelanjutan.

2) Memelihara Sistem Pemasukan Udara dan Sistem Pembuangan

Pokok materi memelihara sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan membekali murid tentang pentingnya melakukan pembersihan, penggantian, dan pengujian yang merupakan bagian dari pekerjaan memelihara dan menganalisis pada *engine* alat berat secara bertahap dan sesuai prosedur keselamatan. Materi ini mencakup deskripsi *air cleaner*, *after cooler* dan *intake air pressure*, warna *exhaust gas*, tekanan *blow-by*, dan langkah-langkah pembersihan. Selain itu, ada materi penggantian dan pengujian, pencatatan data hasil pengujian dan penyetelan, membandingkan dengan spesifikasi dari sumber referensi terkait, menganalisis hasilnya, dan membuat kesimpulan. Materi ini sangat berkaitan dengan pengetahuan sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan yang telah dipelajari di kelas XI. Hal itu karena untuk melakukan aktivitas pembersihan, penggantian dan pengujian ini murid harus terlebih dahulu memahami prinsip, fungsi, karakteristik, dan cara kerja komponen-komponen dan sistemnya secara menyeluruh. Pemahaman murid menjadi pondasi penting agar mereka mampu melakukan aktivitas secara benar, paham akan yang dilakukan, optimal, aman dan berkelanjutan.

3) Memelihara Sistem Bahan Bakar

Pokok materi memelihara sistem bahan bakar membekali murid tentang pentingnya melakukan pengujian yang merupakan bagian dari pekerjaan memelihara dan menganalisis pada *engine* alat berat secara bertahap dan sesuai prosedur keselamatan. Materi ini mencakup deskripsi tekanan residu, *fuel pressure*, *reduced cylinder mode*, *no injection cranking*, *fuel discharge*, *return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit*.



Selain itu, ada materi langkah-langkah pengujian, pencatatan data hasil pengujian, membandingkan dengan spesifikasi dari sumber referensi terkait, menganalisis hasilnya, dan membuat kesimpulan. Materi ini sangat berkaitan dengan pengetahuan sistem bahan bakar yang telah dipelajari di kelas XI. Hal itu karena untuk melakukan aktivitas pengujian ini, murid harus terlebih dahulu memahami prinsip, fungsi, karakteristik, dan cara kerja komponen-komponen dan sistemnya secara menyeluruh. Pemahaman murid menjadi pondasi penting agar mereka mampu melakukan aktivitas secara benar, paham akan yang dilakukan, optimal, aman, dan berkelanjutan.

4) Memelihara Sistem Pelumasan

Pokok materi memelihara sistem pelumasan membekali murid tentang pentingnya melakukan penggantian dan pengujian yang merupakan bagian dari pekerjaan menganalisis pada *engine* alat berat secara bertahap dan sesuai prosedur keselamatan. Materi ini mencakup deskripsi *engine oil* dan *filter*, dan tekanan oli, langkah langkah penggantian dan pengujian, pencatatan data hasil pengujian, membandingkan dengan spesifikasi dari sumber referensi terkait, menganalisa hasilnya, hingga membuat kesimpulan. Materi ini sangat berkaitan dengan pengetahuan sistem pelumasan yang telah dipelajari di kelas XI. Hal itu karena untuk melakukan aktivitas pengujian ini murid harus terlebih dahulu memahami prinsip, fungsi, karakteristik, dan cara kerja komponen-komponen dan sistemnya secara menyeluruh. Pemahaman murid menjadi pondasi penting agar mereka mampu melakukan aktivitas secara benar, paham akan yang dilakukan, optimal, aman dan berkelanjutan.

5) Memelihara Sistem Pendinginan

Pokok materi memelihara sistem pendinginan membekali murid tentang pentingnya melakukan pemeriksaan yang merupakan bagian dari pekerjaan menganalisis pada *engine* alat berat secara bertahap dan sesuai prosedur keselamatan. Materi ini mencakup deskripsi *radiator* dan *radiator cap*, dan *coolant*, dan langkah-langkah pemeriksaan. Selain itu, ada materi pencatatan data hasil pemeriksaan, membandingkan dengan spesifikasi dari sumber referensi terkait, menganalisis hasilnya, dan membuat kesimpulan. Materi ini sangat berkaitan dengan pengetahuan sistem pendinginan yang telah dipelajari di kelas XI. Hal itu karena untuk melakukan aktivitas pengujian ini, murid harus terlebih dahulu memahami prinsip, fungsi, karakteristik, dan cara kerja komponen-komponen dan sistemnya secara menyeluruh. Pemahaman murid menjadi pondasi penting agar mereka mampu melakukan aktivitas secara benar, memahami yang akan dilakukan, optimal, aman, dan berkelanjutan.

b. Hubungan Antara Pokok Materi dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran

Hubungan antara pokok materi yang satu dan yang lainnya akan dijelaskan dalam uraian berikut ini.

1) Memelihara Sistem Pembangkit Tenaga Mekanis

Tujuan dari memelihara sistem pembangkit tenaga mekanis ini ialah memastikan komponen utama *engine* (seperti *piston*, *connecting rod*, *crankshaft*) bekerja dengan presisi. Hal ini sangat berhubungan dengan keempat pokok materi lainnya. Hasil pengujian dan penyetelan di sini memengaruhi kinerja sistem lain, seperti sistem bahan bakar, sistem pelumasan, dan sistem pendinginan. Jika terjadi ketidakseimbangan mekanis, dapat memengaruhi efisiensi pembakaran (sistem bahan bakar) dan pendinginan (sistem pendinginan). Jadi, analisis yang dilakukan dalam aktivitas ini sangat berkaitan erat dengan sistem-sistem lainnya yang berada pada pokok materi lainnya dalam bab ini.

2) Memelihara Sistem Pemasukan Udara dan Sistem Pembuangan

Tujuan dari memelihara sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan ini ialah memastikan aliran udara masuk dan buang (melalui komponen seperti *air cleaner*, *turbocharger*, dan *after cooler*) tetap optimal untuk pembakaran sempurna. Hal ini sangat berhubungan dengan keempat pokok materi lainnya. Hasil pembersihan, penggantian dan pengujian di sini akan memengaruhi sistem lainnya pada *engine*. Jika *air intake* tersumbat, pembakaran tidak optimal, akan memengaruhi sistem bahan bakar. Jika *exhaust* yang terganggu dapat meningkatkan suhu *engine* yang berdampak pada terganggunya kinerja sistem pendinginan. Jadi, analisis yang dilakukan dalam aktivitas ini sangat berkaitan erat dengan sistem-sistem lain yang berada pada pokok materi lainnya dalam bab ini.

3) Memelihara Sistem Bahan Bakar

Tujuan dari memelihara sistem bahan bakar ini ialah memastikan pasokan bahan bakar tepat jumlah dan waktu. Hal ini sangat berhubungan dengan keempat pokok materi lainnya. Hasil pengujian di sini akan memengaruhi sistem lainnya pada *engine*. Jika injeksi bahan bakar tidak presisi, dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna yang mengakibatkan meningkatkan beban pada sistem pelumasan dan sistem pendinginan. Kinerja sistem bahan bakar tergantung pada kualitas udara (*air intake*) dan kondisi mekanis *engine* (sistem pembangkit tenaga mekanis). Jadi, analisis yang dilakukan dalam aktivitas ini sangat berkaitan erat dengan sistem-sistem lain yang berada pada pokok materi lainnya dalam bab ini.



4) Memelihara Sistem Pelumasan

Tujuan dari memelihara sistem pelumasan ini ialah memastikan pelumasan optimal untuk mengurangi gesekan dan panas. Hal itu sangat berhubungan dengan keempat pokok materi lainnya. Hasil penggantian dan pengujian di sini akan memengaruhi sistem lainnya pada *engine*. Jika oli tidak bersirkulasi dengan baik, komponen mekanis pada sistem pembangkit tenaga akan cepat aus. Sistem pelumasan yang buruk meningkatkan suhu *engine* dan memengaruhi sistem pendinginan.

5) Memelihara Sistem Pendinginan

Tujuan dari memelihara sistem pendinginan ialah memastikan pendinginan *engine* berfungsi untuk mencegah *overheating*. Hal ini sangat berhubungan dengan keempat pokok materi lainnya. Hasil pemeriksaan di sini akan memengaruhi sistem lainnya pada *engine*. *Overheating* dapat merusak komponen mekanis pada sistem pembangkit tenaga mekanis dan menurunkan viskositas oli pada sistem pelumasan. Kinerja sistem pendinginan dipengaruhi oleh efisiensi pembakaran pada sistem bahan bakar dan sistem pemasukan udara dan pelumasan pada sistem pelumasan.

c. Hubungan dengan Materi Lain

Pembelajaran bab *diesel engine* mengenai pemeliharaan dan analisis pada sistem-sistem di dalam *engine* memiliki keterkaitan erat dengan berbagai materi lain yang ada di mata pelajaran dan ilmu terkait di bidang alat berat. Keterkaitan ini terjadi karena teknologi perawatan dan perbaikan alat berat melibatkan berbagai disiplin ilmu dalam aplikasinya. Materi pembelajaran *diesel engine* khususnya dan teknik alat berat umumnya berkaitan, berhubungan erat dan memerlukan pengetahuan dan keterampilan dengan mata pelajaran terkait lainnya, yaitu sebagai berikut.

- 1) Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Otomotif
- 2) Mata Pelajaran Konsentrasi Keahlian Teknik Alat Berat
- 3) Mata Pelajaran Matematika
- 4) Mata Pelajaran Bahasa Inggris
- 5) Mata Pelajaran Praktik Kerja Lapangan

3. Saran Alokasi Waktu

Alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran Bab 1 Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat ini ialah lima pekan. Berdasarkan Permendikdasmen No.13 Tahun 2025, tentang perubahan atas Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12

Tahun 2024 tentang kurikulum pada pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan jenjang pendidikan menengah, pada SMK program 3 tahun, alokasi waktu dalam 1 tahun untuk mata pelajaran konsentrasi keahlian kelas XII SMK sebanyak 352 JP dengan asumsi 1 tahun 32 minggu, maka alokasi waktu mata pelajaran konsentrasi keahlian Teknik Alat Berat Kelas XII ialah 11 JP/minggu dengan 1 JP @ 45 menit dengan rincian seperti tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.4 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1	Pemeliharaan sistem pembangkit tenaga mekanis	22 JP
2	Pemeliharaan sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan	11 JP
3	Pemeliharaan sistem bahan bakar	33 JP
4	Pemeliharaan sistem pelumasan	11 JP
5	Pemeliharaan sistem pendinginan	11 JP
Total rekomendasi alokasi waktu		88 JP

Jumlah alokasi waktu ini hanyalah rekomendasi yang tidak mengikat. Guru dapat menambahkan atau mengurangi berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.

B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat

Sebelum mempelajari materi bab ini, murid harus memiliki kompetensi berikut ini.

1. Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), melaksanakan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), dan membuat *Job Safety Analysis* (JSA).
2. Mampu menggunakan *hand tools*, *measurement tools*, dan *parts book*.
3. Mampu membaca *operation & maintenance manual book*, dan *shop manual book*.
4. Mampu melakukan perawatan berkala 500 jam pada alat berat.
5. Mampu mengoperasikan (operator) alat berat.

Guru dapat memastikan murid telah menguasai kompetensi-kompetensi di atas agar proses pembelajaran dapat berjalan dengan baik dan lancar.



Kerangka Pembelajaran

Bab ini menerapkan pembelajaran mendalam. Penerapan pembelajaran mendalam tersebut memiliki kerangka pembelajaran sebagai berikut.

1. Praktik Pedagogis

Pembelajaran pada materi pemeliharaan *diesel engine* alat berat menekankan keterlibatan aktif murid dalam memahami sistem serta menerapkan keterampilan teknis sesuai kebutuhan industri energi terbarukan. Praktik pedagogis dilaksanakan melalui pendekatan berbasis praktik langsung, studi kasus, kolaborasi kelompok, hingga proyek pelaporan yang merefleksikan proses kerja nyata di lapangan. Guru memfasilitasi setiap tahap dengan model pembelajaran yang sesuai, seperti demonstrasi, *inquiry learning*, *cooperative learning*, *problem-based learning*, hingga *project-based learning*. Tujuan utamanya ialah membekali murid tidak hanya dengan pengetahuan teknis, tetapi juga kemampuan berpikir kritis, bekerja sama, memecahkan masalah, dan bertanggung jawab secara profesional.

Tabel 1.5 Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
1.	Pemeliharaan sistem pembangkit tenaga mekanis	Demonstrasi dan diskusi kontekstual	Guru memperagakan tahapan pengujian dan penyetelan pada sistem pembangkit tenaga mekanis. Murid mengamati dan mencatat hasil demonstrasi dan membuat laporan. Selanjutnya, murid di bawah bimbingan guru melakukan diskusi dan melakukan analisis dari hasil demonstrasi yang sudah diamati hingga mendapatkan suatu rumusan yang benar terkait SOP dari aktivitas tersebut.
2.	Pemeliharaan sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan	<i>Problem based learning</i> (PBL)	Murid diberikan studi kasus gangguan pada sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan, menguji kerusakan, menganalisis penyebab kerusakan dan mensimulasikan solusi perbaikan. Pendekatan ini melatih murid dalam berpikir sistematis, mengembangkan solusi teknis, dan mengasah kepercayaan diri dalam menghadapi masalah nyata di dunia kerja nantinya.

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
3.	Pemeliharaan sistem bahan bakar	<i>Inquiry learning</i>	Murid mengamati alur dari sistem bahan bakar, melakukan pengujian- pengujian, mencatat hasilnya dan membuat laporan. Selanjutnya, murid di bawah bimbingan guru melakukan analisis data untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, merumuskan hipotesis dan menarik kesimpulan berbasis data di lapangan.
4.	Pemeliharaan sistem pelumasan	<i>Project based learning (PjBL)</i>	Murid melakukan proyek yakni mengganti oli dan <i>filter</i> oli <i>engine</i> sebagai bagian dari perawatan berkala pada unit alat berat. Murid melakukan aktivitas dimulai dari merencanakan (baik biaya, kebutuhan alat dan bahan, dll.), menjalankan perawatan, hingga membuat laporan ke <i>customer</i> dan kepada guru untuk dipresentasikan sebagai proyek yang menunjukkan kemampuan teknis, kemampuan komunikasi, dan tanggung jawab profesional murid.
5.	Pemeliharaan sistem pendinginan	Praktik langsung (<i>hands on</i>)	Murid melakukan langsung pemeriksaan pada komponen-komponen sistem pendinginan, mencatat hasil pemeriksaan, dan membuat laporan. Guru memberi pendampingan teknis dan menekankan pentingnya ketelitian dan keselamatan kerja.

2. Kemitraan Pembelajaran

Kemitraan pembelajaran membentuk hubungan yang dinamis antara guru, murid, orang tua, komunitas, dan mitra profesional, seperti teknisi atau perusahaan di bidang perawatan dan perbaikan alat berat. Pendekatan ini memindahkan kontrol pembelajaran dari guru saja menjadi kolaborasi bersama yang melibatkan berbagai pihak untuk menghasilkan pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif. Dalam materi *diesel engine*, kemitraan dengan mitra profesional memungkinkan murid mendapatkan pengalaman langsung melalui bimbingan teknisi, demonstrasi lapangan, serta pengembangan keterampilan yang sesuai standar industri. Masyarakat sebagai *customer* juga dapat terlibat dalam mendukung praktik pemeliharaan *diesel engine* di lingkungan sekolah atau masyarakat sekitar. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berkelanjutan.



Tabel 1.6 Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi Dalam Bab

No.	Materi	Kemitraan Pembelajaran	Contoh Aktivitas
1.	Pemeliharaan sistem pembangkit tenaga mekanis	Guru–Murid–Mitra Profesional	Murid melakukan pengukuran tekanan kompresi <i>engine</i> dengan bimbingan guru dan supervisi teknisi dari bengkel mitra.
2.	Pemeliharaan sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan	Guru–Murid–Mitra Profesional	Murid mempraktikkan pembersihan <i>air cleaner</i> dipandu guru dan masukan dari teknisi bengkel mitra.
3.	Pemeliharaan sistem bahan bakar	Guru–Murid–Mitra Profesional	Murid melihat proses pengujian tekanan <i>injector</i> di bengkel mitra bersama sama guru.
4.	Pemeliharaan sistem pelumasan	Guru–Murid–Masyarakat–Orang Tua	Guru membimbing dan mengawasi jalannya proyek, murid melaksanakan proyek <i>testing oil pressure</i> , masyarakat sebagai <i>customer</i> , orang tua membantu akomodasi untuk pelaksanaan proyek di luar sekolah.
5.	Pemeliharaan sistem pendinginan	Guru–Murid–Mitra Profesional	Murid memeriksa level cairan <i>radiator</i> dan kondisi selang dengan pendampingan guru dan teknisi dari bengkel mitra.

3. Lingkungan Pembelajaran

Lingkungan pembelajaran yang efektif mengintegrasikan ruang fisik, ruang virtual, dan budaya belajar untuk mendukung pembelajaran mendalam pada materi *diesel engine*. Ruang fisik seperti laboratorium atau bengkel alat berat dirancang fleksibel agar murid dapat melakukan praktik langsung, kolaborasi kelompok, dan eksplorasi unit *machine* serta komponen *diesel engine*. Sementara itu, ruang virtual menyediakan akses ke simulasi digital, video tutorial, dan forum diskusi yang memperluas wawasan dan memungkinkan refleksi serta berbagi ide secara interaktif. Budaya belajar yang menekankan kolaborasi dan keterbukaan mendorong murid untuk aktif bertanya, bekerja sama, dan mengembangkan keterampilan *problem solving* yang penting dalam pengoperasian, evaluasi, serta pemeliharaan dan perbaikan *diesel engine* secara menyeluruh.

Tabel 1.7 Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
1.	Pemeliharaan sistem pembangkit tenaga mekanis	Simulasi dan praktik pengoperasian di lapangan	Video virtual, simulasi 3D <i>engine</i> , forum diskusi <i>online</i>	Kolaboratif, teliti, dan berorientasi pada keselamatan kerja

No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
2.	Pemeliharaan sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan	Bengkel sekolah/ lapangan praktik	<i>E-learning</i> modul, webinar dengan ahli, <i>augmented reality</i> (AR) untuk simulasi komponen.	Disiplin, menjaga kebersihan, dan patuh pada SOP
3.	Pemeliharaan sistem bahan bakar	Lab <i>engine</i> atau bengkel mitra	Simulator sistem bahan bakar, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kritis, analitis, dan mengutamakan presisi
4.	Pemeliharaan sistem pelumasan	Praktik pemeliharaan di bengkel/lapangan	<i>Cloud-based diagnostic tools</i> , group diskusi WhatsApp/Google Classroom	Mandiri, bertanggung jawab, dan komunikatif
5	Pemeliharaan sistem pendinginan	Praktik di bengkel/ lapangan	Virtual lab (simulasi <i>overheating</i>) rekaman inspeksi	Proaktif, hati-hati dan terbuka terhadap masukan ahli

4. Pemanfaatan Digital

Pemanfaatan teknologi digital berperan penting sebagai katalisator dalam menciptakan pembelajaran memelihara dan menganalisis *diesel engine* yang lebih interaktif, kolaboratif, dan kontekstual. Melalui berbagai sumber belajar digital seperti video tutorial, simulasi interaktif, platform diskusi *online*, dan modul pembelajaran berbasis *web*, murid dapat mengakses materi secara fleksibel sesuai kebutuhan dan gaya belajar mereka. Teknologi digital juga memfasilitasi kolaborasi antarsiswa dan guru lintas kelas serta memperkaya pengalaman belajar melalui praktik *virtual* yang mendekati kondisi nyata. Dengan begitu, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan menyiapkan murid untuk memahami sekaligus menguasai pengoperasian, evaluasi, pemeliharaan, serta perbaikan *diesel engine* secara komprehensif.

Tabel 1.8 Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi Dalam Bab

No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
1.	Pemeliharaan sistem pembangkit tenaga mekanis	Modul pembelajaran <i>online</i> dan video demonstrasi	Memberikan panduan langkah-langkah pemeliharaan secara detail dan berulang
2.	Pemeliharaan sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan	Video tutorial <i>troubleshooting</i> dan forum diskusi teknis	Mendukung murid mengenali masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial



No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
3.	Pemeliharaan sistem bahan bakar	Modul pembelajaran <i>online</i> dan video demonstrasi	Memberikan panduan langkah-langkah pemeliharaan secara detail dan berulang
4.	Pemeliharaan sistem pelumasan	Video tutorial perawatan berkala	Membantu murid memahami proses pelaksanaan perawatan berkala secara detail
5.	Pemeliharaan sistem pendinginan	Modul pembelajaran <i>online</i> dan video demonstrasi	Memberikan panduan langkah-langkah pemeliharaan secara detail dan berulang

D. Apersepsi

Tiap bab disajikan apersepsi yang dibutuhkan untuk menggugah motivasi murid dalam belajar. Apersepsi disajikan dengan memberikan informasi berupa narasi dan pertanyaan pemantik. Pada bab ini apersepsi disajikan berupa pengalaman hidup sehari-hari di bidang otomotif. Hal yang sederhana ialah pengalaman melihat unit alat berat yang sedang mogok atau rusak dengan asumsi sekolah sudah memiliki unit alat berat. Jika sekolah tidak memiliki unit alat berat, guru dapat mengajak murid ke dealer alat berat atau kontraktor alat berat atau bengkel alat berat yang memiliki alat berat terdekat yang sudah memiliki kerja sama dengan pihak sekolah.

Apersepsi pada buku siswa sifatnya tidak wajib, guru dapat menambahkan atau justru menggantinya dengan yang lebih relevan sesuai dengan kondisi dan situasi di sekolah.

E. Formatif Awal

Penilaian sebelum pembelajaran diberikan untuk mengetahui kemampuan awal murid terhadap materi yang akan disampaikan. Bentuk penilaian sebelum pembelajaran berupa soal yang dapat dilakukan secara lisan. Murid diminta mengangkat tangan pada jawaban yang dipilih. Guru dapat langsung melihat berapa banyak murid yang mempunyai pemahaman dasar tentang materi yang akan diberikan melalui formatif awal.



Tahukah Kamu?

Tahukah kamu bahwa *testing* dan *adjusting* berkala pada *engine* sangat penting? Tanpa pengujian dan penyetelan rutin, performa *engine* bisa menurun, boros bahan bakar, bahkan umur *engine* menjadi lebih pendek. Pemeriksaan komponen, seperti sistem pembakaran, pelumasan, dan emisi secara teratur, dapat mengoptimalkan kinerja *engine*, menghemat biaya operasional, dan mencegah kerusakan parah di kemudian hari. Jadi, *testing* dan *adjusting* bukan hanya untuk perbaikan, tetapi juga investasi agar *engine* tetap awet dan efisien.



Pada buku murid, penilaian sebelum pembelajaran diberikan setelah murid mengamati video yang diberikan QR Code dan *link*. Ada dua pertanyaan di buku siswa. Guru dapat mengembangkan berbagai pertanyaan berdasarkan video tersebut. Guru juga dapat mengembangkan pertanyaan diluar materi yang ada di video, tetapi harus tetap berkaitan dengan materi yang akan dipelajari.

Berikut contoh pertanyaan yang dapat disampaikan guru untuk melakukan penilaian sebelum pembelajaran.

1. Apa yang kamu ketahui tentang cara kerja sistem bahan bakar?
2. Mengapa perawatan dan pemeriksaan penting dilakukan pada *diesel engine* alat berat?
3. Menurutmu alat pelindung diri (APD) apa saja yang dibutuhkan saat melakukan pekerjaan pengujian kecepatan *engine* pada alat berat?

Alternatif lain, guru dapat memberikan soal formatif awal dengan memilih salah satu jawaban yang benar. Untuk jenis soal dan banyaknya soal formatif awal ini tentu saja diberikan kebebasan kepada guru untuk menentukan sendiri sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan.

Panduan Pembelajaran Buku Siswa

Tahapan kegiatan pembelajaran memiliki peranan yang sangat penting sehingga perlu disusun dengan perencanaan yang matang. Bab ini dibagi menjadi lima subbab yang masing-masing akan dijelaskan proses pembelajarannya. Proses pembelajaran yang disajikan bertujuan sebagai inspirasi bagi guru. Guru diharapkan dapat mengadaptasi dan mengembangkan kegiatan pembelajaran sesuai dengan karakter murid, ketersediaan sarana dan prasarana, serta kondisi lingkungan sekolah.

1. Pemeliharaan Sistem Pembangkit Tenaga Mekanis

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu memelihara dan menganalisis sistem pembangkit tenaga mekanis dengan tiga submateri di dalam buku siswa, yaitu pengujian *engine speed*, penyetelan *valve clearance*, dan pengujian tekanan kompresi.

Tabel 1.9 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pembangkit Tenaga Mekanis

Tujuan	:	Memelihara dan menganalisis sistem pembangkit tenaga mekanis
Submateri	:	a. Pengujian <i>engine speed</i> b. Penyetelan <i>valve clearance</i> c. Pengujian tekanan kompresi
Alokasi Waktu	:	22 JP (disajikan dalam 2 minggu). Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.



a. Pengujian *Engine Speed*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu sebagai yang tertera dalam tabel berikut.

Tabel 1.10 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengujian *Engine Speed*

Tujuan	:	Memahami prosedur pengujian <i>engine speed</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat untuk memastikan kinerja <i>engine</i> yang optimal.
Indikator	:	Murid mampu melakukan pengujian <i>engine speed</i> sesuai standar dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	11 JP (disajikan dalam 1 minggu). Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pengujian *engine speed diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.11 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pengujian *Engine Speed*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengujian <i>engine speed</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Simulasi pengujian <i>engine speed</i>	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses pengujian <i>engine speed</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain.
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pengujian *engine speed* yang mengajak murid memahami langkah awal pengujian secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pengujian *engine speed*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pengujian *engine speed*, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya, berbagi pengalaman, dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengujian *engine speed* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengujian *engine speed* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara, seperti membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa *engine* dapat langsung dinyalakan tanpa pemeriksaan atau *unit machine* dapat langsung digerakkan tanpa adanya prosedur pemberian *warning* (menyalakan klakson) terlebih dahulu sesuai SOP yang terdapat pada *manual book*. Untuk itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting yang dimulai dengan membuat JSA, seperti penggunaan APD, pemeriksaan *unit machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar *unit machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik Penilaian Aktivitas Mandiri 1.1 Tahapan Persiapan Mengukur Suhu Fluida pada *Diesel Engine*

Tabel 1.12 Rubrik Penilaian Tahapan Persiapan

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Identifikasi Langkah Persiapan	Menyebutkan seluruh langkah dengan urutan dan istilah teknis yang tepat	Menyebutkan sebagian besar langkah dengan urutan yang cukup jelas	Menyebutkan beberapa langkah, tetapi ada kekeliruan	Tidak mampu menyebutkan langkah penting secara benar atau hanya menyebut umum
Penjelasan Pentingnya Verifikasi	Penjelasan rinci, logis, dan mengaitkan aspek teknis serta keselamatan	Penjelasan cukup tepat dan logis	Penjelasan masih umum, kurang mendalam	Penjelasan kurang tepat, tidak menunjukkan pemahaman teknis
Pemahaman Risiko Tanpa Persiapan	Menjelaskan risiko secara lengkap dan logis	Menjelaskan beberapa risiko dengan cukup tepat	Menjelaskan risiko secara terbatas atau hanya sebagian umum	Tidak dapat menjelaskan risiko dengan tepat atau tidak menjawab

Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada tabel di bagian panduan umum.



b) Rubrik Penilaian Aktivitas Mandiri 1.1 Simulasi Mengukur Suhu Fluida pada *Diesel Engine*

Aktivitas ini masih sebatas melihat simulasi yang dicontohkan dan dilakukan oleh guru. Oleh karena itu, aspek-aspek yang diminta untuk dikuasai oleh murid ialah mampu menjelaskan kembali apa yang sudah disimulasikan.

Tabel 1.13 Rubrik Penilaian Tahapan Simulasi

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Tahapan utama persiapan	Menjelaskan semua tahapan utama secara lengkap dan tepat	Menjelaskan sebagian besar tahapan dengan tepat	Menjelaskan beberapa tahapan, tetapi kurang lengkap	Menjelaskan tahapan dengan salah atau sangat kurang lengkap
Pemahaman fungsi tahapan	Menjelaskan fungsi tiap tahapan dengan jelas dan tepat	Menjelaskan fungsi tahapan dengan cukup jelas	Menjelaskan fungsi tahapan secara umum, kurang detail.	Kurang memahami fungsi tahapan dan penjelasan kurang tepat.
Pengalaman/prinsip pembelajaran	Menguraikan pengalaman dengan reflektif dan menyeluruh	Menguraikan pengalaman dengan cukup baik	Menyebutkan pengalaman, tetapi kurang mendalam	Tidak menguraikan pengalaman atau tidak relevan
Perbaikan untuk praktik ulang	Memberikan perbaikan yang sangat realistis dan tepat sasaran	Memberikan perbaikan yang realistis	Memberikan perbaikan yang kurang spesifik	Tidak memberikan perbaikan atau perbaikan tidak relevan

c) Rubrik Penilaian Aktivitas Mandiri 1.1 Proses Mengukur Suhu Fluida pada *Diesel Engine*

Tabel 1.14 Rubrik Penilaian Tahapan Proses

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Kepatuhan terhadap prosedur keselamatan	Menjelaskan semua tahapan utama secara lengkap dan tepat	Menjelaskan sebagian besar tahapan dengan tepat	Menjelaskan beberapa tahapan, tetapi kurang lengkap	Menjelaskan tahapan dengan salah atau sangat kurang lengkap

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Ketepatan pengukuran dan penggunaan alat	Menjelaskan fungsi tiap tahapan dengan jelas dan tepat	Menjelaskan fungsi tahapan dengan cukup jelas	Menjelaskan fungsi tahapan secara umum, kurang detail.	Kurang memahami fungsi tahapan dan penjelasan kurang tepat
Kontribusi dalam diskusi kelompok	Menguraikan pengalaman dengan reflektif dan menyeluruh	Menguraikan pengalaman dengan cukup baik	Menyebutkan pengalaman, tetapi kurang mendalam	Tidak menguraikan pengalaman atau tidak relevan
Kedalaman identifikasi masalah dan solusi	Memberikan perbaikan yang sangat realistis dan tepat sasaran	Memberikan perbaikan yang realistis	Memberikan perbaikan yang kurang spesifik	Tidak memberikan perbaikan atau perbaikan tidak relevan

Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada tabel berikut.

Tabel 1.15 Rubrik Penilaian Diskusi

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Partisipasi aktif	Aktif berbicara, memberikan ide/gagasan secara konsisten	Berbicara beberapa kali dengan kontribusi berarti	Hanya sedikit berbicara dan pasif	Hanya diam dan tidak berkontribusi
Kualitas kontribusi	Ide/gagasan orisinal, relevan, dan mendalam	Memberikan ide yang jelas dan relevan	Ide kurang berkembang atau kurang relevan	Kontribusi tidak jelas/ tidak sesuai topik
Kerja sama	Mendengarkan dengan baik, menghargai pendapat orang lain, dan memimpin kelompok	Bekerja sama dengan baik dan menerima masukan	Kurang aktif dalam berkolaborasi, mendominasi atau justru pasif	Tidak bekerja sama, mengganggu diskusi
Kedalaman pemikiran	Analisis mendalam, argumen logis, dan didukung contoh/ fakta	Argumen jelas, tetapi kurang mendalam	Argumen sederhana, kurang analisis	Argumen tidak jelas/ tanpa dasar



Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Sikap dan etika diskusi	Santun, sabar, dan menghargai perbedaan pendapat	Bersikap baik, tetapi sesekali memotong pembicaraan	Kurang santun atau tidak sabar	Bersikap tidak sopan atau mengganggu

Selanjutnya, pada bagian materi ini terdapat aktivitas kelompok 1.2 tentang pengukuran *engine speed*. Pada aktivitas tersebut, ada delapan jenis pengujian *engine speed* yang dibahas di buku siswa. Namun, pada praktiknya dapat menyesuaikan kondisi dan situasi di sekolah. Jadi, tidak harus semua jenis pengujian *engine speed* dilaksanakan.

3) Alternatif Pembelajaran

Jika sekolah tidak memiliki alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik di unit alat berat, berikut dijelaskan beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi pengujian *engine speed* pada *diesel engine* alat berat di SMK, beserta penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Diesel Engine* Sederhana yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *diesel engine* untuk genset atau *diesel engine* kendaraan tua yang sudah tidak digunakan sekalipun, asalkan masih dapat dihidupkan, ini bisa menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan pengukuran *engine speed* menggunakan *tachometer* manual (alat ukur sederhana yang terjangkau). Untuk pengukuran *low idle speed* dan *high idle speed* dapat disimulasikan dengan mengaplikasikan variasi *throttle*. Jika *engine* tidak bisa dinyalakan, guru dapat menunjukkan komponen pengatur kecepatan *engine* (*governor* atau *fuel pump*) dan simulasi cara kerjanya.

b) Simulasi Mekanis dengan Alat Sederhana

Alternatif lainnya ialah dengan membuat simulasi fisik menggunakan komponen *diesel engine* yang dilepas (misal, *fuel pump* dan *governor*) dan dijelaskan hubungannya dengan kecepatan *engine*. Di sini guru dapat menunjukkan cara perubahan posisi *throttle* pada *fuel pump* memengaruhi suplai bahan bakar, lalu dikaitkan dengan teori kecepatan *engine*. Murid dapat diminta memutar *pulley*/poros *engine* secara manual, sementara guru menjelaskan konsep *low/high idle*.

c) Video Praktik Nyata dari Industri atau Bengkel

Alternatif selanjutnya ialah dengan memutar video rekaman pengujian *engine speed* di bengkel alat berat atau industri, lalu murid menganalisis data rpm yang ditampilkan. Sumber video bisa didapatkan dari YouTube atau dokumentasi hasil

magang/PKL murid terdahulu atau dari program magang guru. Murid pada kegiatan ini melakukan aktivitas dengan mencatat data rpm dari video dan membandingkan dengan standar *manual book*. Selanjutnya, dilakukan diskusi tentang penyebab deviasi rpm (misal, *governor* rusak, *injector* kotor).

b. Penyetelan *Valve Clearance*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.16 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyetelan *Valve Clearance*

Tujuan	:	Memahami prosedur penyetelan <i>valve clearance</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat sesuai spesifikasi pabrik.
Indikator	:	Murid mampu melakukan penyetelan <i>valve clearance</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat dengan tepat menggunakan alat ukur yang sesuai.
Alokasi Waktu	:	5 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi penyetelan *valve clearance diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.17 Tahapan Aktivitas Penyetelan *Valve Clearance*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan penyetelan <i>valve clearance</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan penyetelan <i>valve clearance</i>	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses penyetelan <i>valve clearance</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan penyetelan *valve clearance* yang mengajak murid memahami langkah awal penyetelan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi penyetelan *valve clearance*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses penyetelan *valve*



clearance, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya, berbagi pengalaman, dan menyusun langkah langkah evaluatif secara kolaboratif, yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses penyetelan *valve clearance* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran penyetelan *valve clearance* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara, seperti membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa *engine* tidak boleh diputar ke kanan dan ke kiri, tetapi lebih karena arah putaran *engine* disesuaikan dengan arah putaran kita saat memutar *crankshaft* untuk menentukan top kompresi, misalnya sesuai SOP yang terdapat pada *manual book*. Untuk itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting yang dimulai dengan membuat JSA, seperti penggunaan APD, pemeriksaan unit *machine*, dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar unit *machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas penyetelan *valve clearance* tidak diminta secara eksplisit. Namun, guru diberi kebebasan untuk memilih akan melakukan aktivitas praktik langsung bagi murid atau hanya sekadar dijelaskan secara teoritis.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk penyetelan *valve clearance* pada *diesel engine* alat berat. Hal tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- a) Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik penyetelan *valve clearance*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi dapat dilakukan di *engine stand* berjenis *diesel* atau *gasoline engine*.



- b) Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah penyetelan *valve clearance*, baik melalui YouTube atau video yang dimiliki sekolah sendiri.
- c) Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

c. Pengujian Tekanan Kompresi

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.18 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengujian Tekanan Kompresi

Tujuan	:	Memahami prosedur pengujian tekanan kompresi pada <i>diesel engine</i> alat berat untuk menilai kondisi <i>engine</i> .
Indikator	:	Murid mampu melakukan pengujian tekanan kompresi menggunakan alat ukur yang tepat dan menganalisis hasil pengukuran dengan baik.
Alokasi Waktu	:	6 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pengujian tekanan kompresi *diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.19 Tahapan Aktivitas Pengujian Tekanan Kompresi

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengujian tekanan kompresi	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan pengujian tekanan kompresi	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses pengujian tekanan kompresi	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pengujian tekanan kompresi. Tahapan awal tersebut mengajak murid memahami langkah awal pengujian secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pengujian tekanan kompresi, pembelajaran menjadi



bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pengujian tekanan kompresi, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengujian tekanan kompresi secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengujian tekanan kompresi ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti pengujian kompresi dapat dilakukan tanpa memanaskan *engine* terlebih dahulu, makin tinggi tekanan kompresi, makin baik. Selain itu, adanya pendapat bahwa hasil pengujian akurat meskipun *battery* dalam kondisi lemah untuk menstarter/putaran motor starter rendah. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting yang dimulai dengan membuat JSA, seperti penggunaan APD, pemeriksaan unit *machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar unit *machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas pengujian tekanan kompresi tidak diminta secara eksplisit. Namun, guru diberi kebebasan untuk memilih, akan melakukan aktivitas praktik langsung bagi siswa atau hanya sekadar dijelaskan secara teoritis.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk pengujian tekanan kompresi pada *diesel engine* alat berat yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah

- Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik pengujian tekanan kompresi. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* berjenis *diesel* atau *gasoline engine*.
- Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah pengujian tekanan kompresi, baik melalui YouTube atau video yang dimiliki sekolah sendiri.
- Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

2. Pemeliharaan Sistem Pemasukan Udara dan Sistem Pembuangan

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu memelihara dan menganalisis sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan, dengan dua submateri di dalam buku siswa, yakni pembersihan & penggantian *air cleaner* dan pengujian *intake air pressure*, dan pengujian warna *exhaust gas*.

Tabel 1.20 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pemasukan Udara dan Sistem Pembuangan

Tujuan	:	Memelihara dan menganalisis sistem pemasukan udara dan sistem pembuangan
Submateri	:	Pembersihan & penggantian <i>air cleaner</i> dan pengujian <i>intake air pressure</i> Pengujian warna <i>exhaust gas</i>
Alokasi Waktu	:	11 JP (disajikan dalam 1 minggu). Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

a. Pembersihan & Penggantian *Air Cleaner* dan Pengujian *Intake Air Pressure*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu sebagai berikut.

Tabel 1.21 Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Pembersihan, Penggantian *Air Cleaner* dan Pengujian *Intake Air Pressure*

Tujuan	:	Memahami prosedur pembersihan, penggantian <i>air cleaner</i> , dan pengujian <i>intake air pressure</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat untuk menjaga performa <i>engine</i> .
Indikator	:	Murid mampu membersihkan atau mengganti <i>air cleaner</i> serta mengukur <i>intake air pressure</i> sesuai standar operasional prosedur dan menganalisis hasil pengujiannya.
Alokasi Waktu	:	11 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.



1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pembersihan dan penggantian *air cleaner*, dan pengujian *intake air pressure diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.22 Tahapan Aktivitas Pembersihan, Penggantian *Air Cleaner* dan Pengujian *Intake Air Pressure*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pembersihan, penggantian <i>air cleaner</i> , dan pengujian <i>intake air pressure</i> .	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan pembersihan, penggantian <i>air cleaner</i> , dan pengujian <i>intake air pressure</i> .	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses pembersihan, penggantian <i>air cleaner</i> , dan pengujian <i>intake air pressure</i> .	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pembersihan, penggantian *air cleaner* dan pengujian *intake air pressure*. Pada tahapan tersebut mengajak murid memahami langkah awal penyetelan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pembersihan, penggantian *air cleaner*, dan pengujian *intake air pressure*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata. Konteks nyata tersebut dapat dilakukan melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem dan menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pembersihan, penggantian *air cleaner*, dan pengujian *intake air pressure*, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, berbagi pengalaman dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif yang dapat memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pembersihan, penggantian *air cleaner*, dan pengujian *intake air pressure* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pembersihan, penggantian *air cleaner*, dan pengujian *intake air pressure* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai

miskonsepsi umum, seperti pembersihan *air cleaner* dapat dilakukan serutin mungkin atau membersihkan *air cleaner* dengan tekanan kompresor yang tinggi tidak masalah. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting yang dimulai dengan pembuatan JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *unit machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar *unit machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas pembersihan dan penggantian *air cleaner* disebutkan secara eksplisit pada Aktivitas Mandiri 1.3. Selanjutnya, terdapat aktivitas pembelajaran berupa pengujian *intake air pressure*, materi ini dapat dilakukan melalui praktik langsung atau hanya dibahas sebatas teori di kelas atau dapat juga dilakukan simulasi. Semua kegiatan tersebut tergantung dari kondisi dan situasi di sekolah masing-masing.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk pengujian *intake air pressure* pada *diesel engine* alat berat yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- a) Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru, kemudian murid dapat meniru dan melakukan praktik pengujian tekanan *intake air pressure*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* berjenis *diesel* atau *gasoline engine*.
- b) Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah langkah pengujian tekanan *intake air pressure*, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- c) Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.



b. Pengujian Warna *Exhaust Gas* & Tekanan *Blow By*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu ialah sebagai berikut.

Tabel 1.23 Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Pengujian Warna *Exhaust Gas*, dan Tekanan *Blow-By*

Tujuan	:	Memahami prosedur pengujian warna <i>exhaust gas</i> dan tekanan <i>blow-by</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat untuk mendeteksi kondisi <i>engine</i> .
Indikator	:	Murid mampu melakukan pengujian warna <i>exhaust gas</i> dan mengukur tekanan <i>blow by</i> sesuai standar teknis pabrik dan menganalisis hasil pengujiannya.
Alokasi Waktu	:	11 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pengujian warna *exhaust gas* dan tekanan *blow-by diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.24 Tahapan Aktivitas Pengujian Warna *Exhaust Gas* dan Tekanan *Blow-By*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengujian warna <i>exhaust gas</i> dan tekanan <i>blow-by</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan pengujian warna <i>exhaust gas</i> dan tekanan <i>blow-by</i>	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses pengujian warna <i>exhaust gas</i> dan tekanan <i>blow-by</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pengujian warna *exhaust gas* dan tekanan *blow-by*. Pada tahapan ini, kegiatan dilakukan dengan mengajak murid memahami langkah awal penyetaan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pengujian warna *exhaust gas* dan tekanan *blow-by*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata. Konteks nyata tersebut dilakukan melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem dan menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pengujian warna *exhaust gas* dan tekanan *blow-by*,

suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, berbagi pengalaman dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengujian warna *exhaust gas* dan tekanan *blow-by* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengujian warna *exhaust gas* dan tekanan *blow-by* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti asap hitam selalu menunjukkan masalah yang serius atau pada *engine* baru pasti tekanan *blow-by*-nya rendah. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *unit machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar *unit machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas pengujian warna *exhaust gas* diminta dilakukan secara eksplisit pada Aktivitas Kelompok 1.4.

Selanjutnya, terdapat aktivitas berupa pengujian tekanan *blow-by*. Guru di sini dapat menyesuaikan aktivitas, hanya sebatas menjelaskan dan membuat diskusi di kelas teori atau dapat juga menyimulasikan atau melakukan praktik langsung. Semua aktivitas tersebut, tergantung dari kesiapan sekolah dalam hal fasilitas praktiknya.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk pengujian tekanan *blow-by* pada *diesel engine* alat berat. Alternatif pembelajaran tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- a) Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik



pengujian tekanan *blow-by*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand*.

- b) Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah pengujian tekanan *blow-by*, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- c) Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

3. Pemeliharaan Sistem Bahan Bakar

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu memelihara dan menganalisis sistem bahan bakar dengan tiga submateri di dalam buku siswa. Submateri tersebut, yaitu melepas tekanan residu pada sistem bahan bakar dan pengujian *fuel pressure*, penanganan *reduced cylinder mode & no-injection cranking*, dan pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit*.

Tabel 1.25 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Bahan Bakar

Tujuan	:	Memelihara dan menganalisis sistem bahan bakar
Submateri	:	a. Melepas tekanan residu <i>fuel system</i> & pengujian <i>fuel pressure</i> b. Penanganan <i>reduced cylinder mode & no-injection cranking</i> c. Pengujian <i>fuel discharge, return & leak</i>, dan <i>bleeding air</i> pada <i>fuel circuit</i>
Alokasi Waktu	:	33 JP (disajikan dalam 3 minggu). Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

a. Melepas Tekanan Residu *Fuel System* & Pengujian *Fuel Pressure*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.26 Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Melepas Tekanan Residu *Fuel System*, dan Pengujian *Fuel Pressure*

Tujuan	:	Memahami prosedur melepas tekanan residu pada sistem bahan bakar dan pengujian <i>fuel pressure</i> .
Indikator	:	Murid dapat melakukan melepas tekanan residu pada sistem bahan bakar dan menguji <i>fuel pressure</i> sesuai standar operasional prosedur dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	6 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi melepas tekanan residu pada sistem bahan bakar dan pengujian *fuel pressure diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.27 Tahapan Aktivitas Melepas Tekanan Residu Sistem Bahan Bakar dan Pengujian *Fuel Pressure*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan melepas tekanan residu pada sistem bahan bakar dan pengujian <i>fuel pressure</i> .	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan melepas tekanan residu sistem bahan bakar dan pengujian <i>fuel pressure</i> .	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses melepas tekanan residu sistem bahan bakar dan pengujian <i>fuel pressure</i> .	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain.
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan melepas tekanan residu sistem bahan bakar dan pengujian *fuel pressure*. Tahapan ini mengajak murid memahami langkah awal penyetelan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi melepas tekanan residu *fuel system* dan pengujian *fuel pressure*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses melepas tekanan residu *fuel system* dan pengujian *fuel pressure*, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses melepas tekanan residu *fuel system* dan pengujian *fuel pressure* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran melepas tekanan residu pada sistem bahan bakar dan pengujian *fuel pressure* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai



miskonsepsi umum, tidak perlu melepas tekanan residu sebelum melakukan *service/* perawatan pada *engine*, cukup matikan *engine* maka tekanan akan hilang dengan sendirinya. Miskonsepsi lainnya, seperti *fuel pressure* rendah hanya akan memengaruhi tenaga *engine* saja atau cukup periksa *pressure* saat *idle* dan tidak perlu pada rpm tinggi. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting yang dimulai dari membuat JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan unit *machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar unit *machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Pada buku siswa diberikan alternatif aktivitas berupa pengamatan cara kerja *fuel system* pada *diesel engine*, yakni Aktivitas Mandiri 1.5.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk melepas tekanan residu sistem bahan bakar dan pengujian *fuel pressure* pada *diesel engine* alat berat yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- a) Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru, kemudian siswa dapat meniru dan melakukan praktik pengujian tekanan tekanan residu *fuel system* dan pengujian *fuel pressure*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* apakah itu *diesel* atau *gasoline engine*.
- b) Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah langkah pengujian tekanan residu *fuel system* dan pengujian *fuel pressure*, baik melalui YouTube atau video yang dimiliki sekolah sendiri.
- c) Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

b. Penanganan *Reduced Cylinder Mode & No-Injection Cranking*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.28 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penanganan *Reduced Cylinder Mode & No Injection Cranking*

Tujuan	:	Memahami prosedur penanganan <i>reduced cylinder mode</i> dan <i>no-injection cranking</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat.
Indikator	:	Murid dapat melakukan penanganan <i>reduced cylinder mode</i> dan <i>no-injection cranking</i> dengan prosedur yang benar dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	6 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.29 Tahapan Aktivitas Penanganan *Reduced Cylinder Mode* dan *No-Injection Cranking*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan penanganan <i>reduced cylinder mode</i> dan <i>no-injection cranking</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan penanganan <i>reduced cylinder mode</i> dan <i>no-injection cranking</i>	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses penanganan <i>reduced cylinder mode</i> dan <i>no-injection cranking</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain.
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking*. Aktivitas tersebut mengajak murid memahami langkah awal penyetulan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata. Konteks nyata tersebut diterapkan melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik.



Pada aktivitas proses penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking*, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, berbagi pengalaman dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti pengujian kompresi dapat dilakukan tanpa memanaskan *engine* terlebih dahulu, dan makin tinggi tekanan kompresi semakin baik. Selain itu, adanya pendapat bahwa hasil pengujian akurat meskipun *battery* dalam kondisi lemah untuk menstarter/putaran motor starter rendah. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting yaitu dimulai dengan membuat JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan unit *machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar unit *machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking* tidak diminta secara eksplisit. Namun, guru diberi kebebasan untuk memilih, akan melakukan aktivitas praktik langsung bagi siswa atau hanya sekadar dijelaskan secara teoritis.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking* pada *diesel engine* alat berat. Alternatif metode pembelajaran dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah

- Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* berjenis *diesel* atau *gasoline engine*.
- Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah penanganan *reduced cylinder mode* dan *no-injection cranking*, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

c. Pengujian *Fuel Discharge, Return & Leak*, dan *Bleeding Air* pada *Fuel Circuit*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.30 Tujuan, Indikator dan Alokasi Waktu Pengujian *Fuel Discharge, Return & Leak*, dan *Bleeding Air* pada *Fuel Circuit*

Tujuan	:	Memahami prosedur pengujian <i>fuel discharge, return & leak</i> , dan <i>bleeding air</i> pada <i>fuel circuit</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat.
Indikator	:	Murid dapat melakukan pengujian <i>fuel discharge, return & leak</i> , dan <i>bleeding air</i> pada <i>fuel circuit</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	6 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.31 Tahapan Aktivitas Pengujian *Fuel Discharge, Return & Leak*, dan *Bleeding Air* pada *Fuel Circuit*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengujian <i>fuel discharge, return & leak</i> , dan <i>bleeding air</i> pada <i>fuel circuit</i> .	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan pengujian <i>fuel discharge, return & leak</i> , dan <i>bleeding air</i> pada <i>fuel circuit</i> .	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari



Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.3 Proses pengujian <i>fuel discharge, return & leak</i> , dan <i>bleeding air</i> pada <i>fuel circuit</i> .	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit*. Aktivitas tersebut mengajak murid memahami langkah awal penyetelan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata. Konteks nyata tersebut diterapkan melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit*, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti *fuel discharge* tinggi selalu menunjukkan pompa bahan bakar bagus, atau *fuel return* yang banyak mengalir menunjukkan hal yang normal, atau *bleeding* hanya perlu dilakukan saat ganti filter atau selang saja. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting dengan dimulai pembuatan JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *unit machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar *unit machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *fuel circuit* dilakukan secara eksplisit pada Aktivitas Kelompok 1.6.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air* pada *diesel engine* alat berat. Alternatif metode pembelajaran dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- a) Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* berjenis *diesel* atau *gasoline engine*.
- b) Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah pengujian *fuel discharge, return & leak*, dan *bleeding air*, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- c) Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

4. Pemeliharaan Sistem Pelumasan

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu memelihara dan menganalisis sistem pelumasan dengan dua submateri di dalam buku siswa, yakni penggantian *engine oil & filter* dan pengujian tekanan *engine oil*.

Tabel 1.32 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pelumasan

Tujuan	:	Memelihara dan menganalisis sistem pelumasan
Sub Materi	:	a. Penggantian <i>engine oil & filter</i> b. Pengujian tekanan <i>engine oil</i>
Alokasi Waktu	:	11 JP (disajikan dalam 1 minggu). Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.



a. Penggantian *Engine Oil* dan *Filter*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.33 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penggantian *Engine Oil* dan *Filter*

Tujuan	:	Memahami prosedur penggantian <i>engine oil</i> dan filter oli <i>diesel engine</i> .
Indikator	:	Murid dapat melakukan penggantian <i>engine oil</i> dan filter oli pada <i>diesel engine</i> alat berat sesuai standar operasional prosedur dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	6 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi penggantian *engine oil* & filter oli *diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.34 Tahapan Aktivitas Penggantian *Engine Oil* dan *Filter*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan penggantian <i>engine oil</i> dan filter oli	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan penggantian <i>engine oil</i> dan filter oli	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses penggantian <i>engine oil</i> dan filter oli	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan penggantian *engine oil* dan filter oli. Aktivitas tersebut mengajak murid memahami langkah awal secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi penggantian *engine oil* dan *filter* oli, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata. Konteks nyata tersebut diterapkan melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses penggantian *engine oil* dan *filter* oli, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah langkah evaluatif secara kolaboratif

yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses penggantian *engine oil* dan *filter* oli secara menyeluruh.

Pada pembelajaran penggantian *engine oil* dan *filter* oli ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti oli masih bersih berarti masih bisa dipakai, semua oli *diesel engine* itu sama, filter oli bisa dibersihkan atau dicuci dan dipakai lagi, atau saat ganti oli tidak perlu ganti filter misalnya. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting dimulai dengan membuat JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan unit *machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar unit *machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas penggantian *engine oil* dan *filter* oli dilakukan secara eksplisit pada Aktivitas Mandiri 1.7.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk penggantian *engine oil* dan *filter* oli pada *diesel engine* alat berat. Alternatif metode pembelajaran tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik penggantian *engine oil* dan *filter* oli. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* apakah itu *diesel* atau *gasoline engine*.
- Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah penggantian *engine oil* dan *filter* oli, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation* dan *maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.



b. Pengujian Tekanan *Engine Oil*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.35 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengujian Tekanan *Engine Oil*

Tujuan	:	Memahami prosedur pengujian tekanan oli <i>diesel engine</i> .
Indikator	:	Murid dapat melakukan pengujian tekanan <i>engine oil</i> dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	6 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pengujian tekanan oli *diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.36 Tahapan Aktivitas Pengujian Tekanan *Engine Oil*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengujian tekanan oli	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan pengujian tekanan oli	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses pengujian tekanan oli	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pengujian tekanan oli. Tahapan tersebut mengajak murid memahami langkah awal penyetalan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pengujian tekanan oli, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata. Konteks nyata tersebut diterapkan melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pengujian tekanan oli, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman, dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengujian tekanan oli secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengujian tekanan oli ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti pengujian kompresi dapat dilakukan tanpa memanaskan *engine* terlebih dahulu, makin tinggi tekanan kompresi makin baik. Selain itu, contoh lain adanya pendapat bahwa hasil pengujian akurat, meskipun *battery* dalam kondisi lemah untuk menstarter/putaran motor starter rendah. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting dimulai dengan membuat JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *unit machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar *unit machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas pengujian tekanan oli dilakukan secara eksplisit pada Aktivitas Kelompok 1.8.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk pengujian tekanan oli yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- a) Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik pengujian tekanan oli. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* berjenis *diesel* atau *gasoline engine*.
- b) Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah pengujian tekanan oli, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- c) Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.



5. Pemeliharaan Sistem Pendinginan

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu memelihara dan menganalisis sistem pendinginan, dengan dua submateri di dalam buku siswa, yakni pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap*, serta pemeriksaan *coolant*.

Tabel 1.37 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem Pendinginan

Tujuan	:	Memelihara dan menganalisis sistem pendinginan
Sub Materi	:	a. Pemeriksaan <i>radiator</i> dan <i>radiator cap</i> b. Pemeriksaan <i>coolant</i>
Alokasi Waktu	:	11 JP (disajikan dalam 1 minggu). Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

a. Pemeriksaan *Radiator* dan *Radiator Cap*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.38 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeriksaan *Radiator* dan *Radiator Cap*

Tujuan	:	Memahami prosedur pemeriksaan <i>radiator</i> dan <i>radiator cap</i> pada <i>cooling system diesel engine</i> .
Indikator	:	Murid dapat melakukan pemeriksaan <i>radiator</i> dan <i>radiator cap</i> pada <i>diesel engine</i> alat berat dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	6 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap* pada *cooling system diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.39 Tahapan Aktivitas Pemeriksaan *Radiator* dan *Radiator Cap*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pemeriksaan <i>radiator</i> dan <i>radiator cap</i> pada <i>cooling system</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan pemeriksaan <i>radiator</i> dan <i>radiator cap</i> pada <i>cooling system</i>	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari.

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.3 Proses pemeriksaan <i>radiator</i> dan <i>radiator cap</i> pada <i>cooling system</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain.
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap* pada *cooling system diesel engine*. Tahapan tersebut mengajak murid memahami langkah awal pemeriksaan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap* pada *cooling system*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap* pada *cooling system*, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pemeriksaan dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut akan memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap* pada *cooling system* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap* pada *cooling system* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti *radiator cap* hanya penutup biasa dan tidak perlu diperiksa atau memeriksa tekanan pada *radiator* hanya saat terjadi *overheating* pada *engine* saja. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting dimulai dengan pembuatan JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan unit *machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar unit *machine*, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15



Pada buku siswa, aktivitas pemeriksaan *radiator fins* pada *cooling system* diminta secara eksplisit pada Aktivitas Mandiri 1.9. Aktivitas pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap* pada *cooling system* dilakukan secara eksplisit pada Aktivitas Kelompok 1.10.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap*. Alternatif metode pembelajaran tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* apakah itu *diesel* atau *gasoline engine*.
- Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah pemeriksaan *radiator* dan *radiator cap*, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

b. Pemeriksaan Coolant

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 1.40 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeriksaan Coolant

Tujuan	:	Memahami prosedur pemeriksaan <i>coolant</i> pada <i>cooling system diesel engine</i> .
Indikator	:	Murid dapat melakukan pemeriksaan <i>coolant</i> pada <i>cooling system diesel engine</i> alat berat dan menganalisis hasilnya.
Alokasi Waktu	:	5 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pemeriksaan *coolant* pada *cooling system diesel engine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.41 Tahapan Aktivitas Pemeriksaan *Coolant*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pemeriksaan <i>coolant</i> pada <i>cooling system</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
1.2 Peragaan pemeriksaan <i>coolant</i> pada <i>cooling system</i>	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
1.3 Proses pemeriksaan <i>coolant</i> pada <i>cooling system</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain.
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan pemeriksaan *coolant* pada *cooling system*. Tahapan pembelajaran tersebut mengajak murid memahami langkah awal pemeriksaan secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas simulasi pemeriksaan *coolant* pada *cooling system*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata. Konteks nyata tersebut diterapkan melalui pemeriksaan dan pengujian komponen atau sistem, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik. Pada aktivitas proses pemeriksaan *coolant* pada *cooling system*, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk melakukan pengujian dan merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah-langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pemeriksaan *coolant* pada *cooling system* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pemeriksaan *coolant* pada *cooling system* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca SOP, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti semua *coolant* sama dan bisa dipakai bergantian atau dicampur, atau *coolant* tidak perlu diganti selama tidak habis. Untuk itu, penekanan pada prosedur sesuai SOP dan prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting dimulai dengan pembuatan JSA. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan unit *machine* dan *engine* sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar unit *machine*, dan lain-lain.



2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran. Guru dapat menggunakan beberapa rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 1.12
- b) Rubrik penilaian aktivitas tahapan simulasi: Tabel 1.13
- c) Rubrik penilaian aktivitas tahapan proses: Tabel 1.14
- d) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 1.15

Pada buku siswa, aktivitas pemeriksaan *coolant* pada *cooling system* tidak diminta secara eksplisit. Namun, guru diberi kebebasan untuk memilih akan melakukan aktivitas praktik langsung bagi siswa atau hanya sekadar dijelaskan secara teoritis.

3) Alternatif Pembelajaran

Berikut beberapa alternatif metode pembelajaran untuk pemeriksaan *coolant* pada *cooling system*. Alternatif metode tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia di sekolah.

- a) Pembelajaran praktik langsung, yakni dengan melakukan demonstrasi terlebih dahulu oleh guru. Selanjutnya, murid dapat meniru dan melakukan praktik pemeriksaan *coolant* pada *cooling system*. Bahan *engine* tidak mesti di unit alat berat, tetapi bisa dilakukan di *engine stand* berjenis *diesel* atau *gasoline engine*.
- b) Pembelajaran *e-learning*, yakni dengan melihat video tutorial langkah-langkah pemeriksaan *coolant* pada *cooling system*, baik melalui YouTube maupun video yang dimiliki sekolah sendiri.
- c) Pembelajaran berbasis dokumen, yakni belajar melalui buku panduan resmi pabrik seperti *operation & maintenance manual book* atau *service manual* pada beberapa merek untuk dibandingkan dan dipelajari bersama.

Sumatif

Soal uji kompetensi untuk asesmen sumatif terbagi menjadi tiga bagian, yakni lima (5) soal pilihan benar atau salah, sepuluh (10) soal pilihan ganda, dan lima (5) soal uraian. Hal tersebut dibuat agar ada variasi soal yang dikerjakan oleh murid. Selain itu, murid tidak bosan dengan soal yang memiliki jenis yang sama.

1. Pembahasan Soal Asesmen Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang benar dari setiap soal!

1. Seorang teknisi melakukan pengujian *engine speed* pada alat berat dan menemukan bahwa rpm (*rotation per minute*) *engine* tidak stabil saat diberi beban penuh. Analisis data menunjukkan bahwa *governor* tidak merespons dengan baik saat terjadi perubahan beban. Langkah paling efektif untuk memastikan penyebab masalah ini ialah
 - a. mengganti seluruh sistem bahan bakar tanpa pemeriksaan lebih lanjut
 - b. memeriksa dan mengkalibrasi ulang *governor* serta memastikan tidak ada kebocoran pada *actuator*
 - c. meningkatkan rpm maksimum *engine* tanpa memperhatikan spesifikasi pabrik
 - d. mengabaikan masalah karena fluktuasi rpm dianggap normal pada alat berat
 - e. membersihkan atau mengganti filter bahan bakar dan memeriksa pasokan bahan bakar sebelum tindakan lebih lanjut

Jawaban: b

Memeriksa dan mengkalibrasi ulang *governor* serta memastikan tidak ada kebocoran pada *actuator*.

Alasan:

- 1) Gejala utama (*rpm* tidak stabil saat beban penuh + *governor* tidak merespons) menunjukkan bahwa masalah terletak pada sistem *governor* atau kontrol mekanis/*hydraulic*, bukan hanya sistem bahan bakar.
- 2) Governor berfungsi untuk mengatur *rpm engine* secara otomatis saat beban berubah. Jika tidak merespons, penyebabnya sebagai berikut.
 - a) Kalibrasi *governor* tidak tepat (misalnya pegas atau *linkage* rusak/aus).
 - b) Kebocoran pada *actuator*/sistem *hydraulic governor* (misalnya seal rusak atau oli bocor).
 - c) Sensor atau input *governor* terganggu (pada sistem elektronik).
2. Sebuah *diesel engine* alat berat menunjukkan hasil pengujian tekanan kompresi yang berbeda secara signifikan antarsilinder (misal: 4 silinder dengan tekanan 300 psi, 280 psi, 250 psi, 310 psi). Analisis berikut yang paling tepat untuk menentukan penyebab perbedaan tekanan tersebut ialah



- a. hanya pemeriksaan kekencangan baut *cylinder head* yang diperlukan
- b. kerusakan pada injektor pasti menjadi penyebab utama perbedaan tekanan
- c. perbedaan tekanan dapat disebabkan oleh keausan *ring piston*, kebocoran *valve*, atau kerusakan gasket *cylinder head* sehingga diperlukan pemeriksaan lebih lanjut
- d. tekanan kompresi yang berbeda adalah normal dan tidak perlu tindakan perbaikan
- e. melakukan *leak-down test* untuk mengidentifikasi sumber kebocoran (*ring piston*, *valve*, atau *gasket*) sebelum mengambil tindakan perbaikan

Jawaban: e

Melakukan *leak-down test* untuk mengidentifikasi sumber kebocoran (*ring piston*, *valve*, atau *gasket*) sebelum mengambil tindakan perbaikan.

Alasan

- 1) Perbedaan tekanan kompresi yang signifikan antarsilinder menunjukkan adanya kebocoran kompresi di satu atau lebih silinder. Penyebabnya dapat beragam, seperti berikut.
 - a) Keausan *ring piston* (kebocoran ke *crankcase*).
 - b) Kebocoran *valve* (*intake/exhaust valve* tidak menutup rapat).
 - c) Kerusakan gasket *cylinder head* (kebocoran antarsilinder atau ke sistem pendingin).
 - d) Kerusakan dinding silinder (*scoring* atau aus).
- 2) *Leak-down test* adalah metode diagnostik yang paling akurat untuk hal berikut.
 - a) Mengidentifikasi sumber kebocoran dengan mengukur persentase kebocoran dan lokasinya.
 - e) Membedakan lokasi kebocoran terjadi, di *ring piston*, *valve*, atau *gasket*.
3. Setelah melakukan penyetelan *valve clearance* pada *diesel engine* alat berat, teknisi menemukan suara ketukan (*knocking*) pada *cylinder head* saat *engine* beroperasi. Tindakan paling tepat untuk mendiagnosis masalah ini ialah
 - a. mengabaikan suara tersebut karena merupakan hal normal setelah penyetelan
 - b. memeriksa kembali celah katup karena kemungkinan terlalu rapat (*too tight*) sehingga katup tidak menutup sempurna
 - c. langsung mengganti injektor karena *knocking* pasti disebabkan oleh *timing* bahan bakar yang salah
 - d. menambah kekencangan baut kepala silinder untuk mengurangi getaran
 - e. memeriksa apakah ada katup yang bengkok (*bent valve*) akibat kesalahan penyetelan atau interferensi piston-katup.

Jawaban: b

Memeriksa kembali *valve clearance* karena kemungkinan terlalu rapat (*too tight*) sehingga katup tidak menutup sempurna.

Alasan

Knocking setelah penyetelan *valve clearance* sangat mungkin disebabkan oleh hal berikut.

- 1) *Valve clearance* terlalu ketat (*too tight*), membuat *valve* tidak menutup sempurna saat *engine* panas, akibatnya:
 - a) katup tidak duduk dengan benar → kebocoran kompresi, dan
 - b) katup *overheating* (karena tidak transfer panas dengan baik ke *seat*) → bisa bengkok atau terbakar.
 - 2) Jika *clearance* terlalu longgar, biasanya menyebabkan suara “*ticking*”, bukan *knocking* berat.
4. Sebuah *excavator* menunjukkan gejala *engine* sering *overheat* dan tenaga berkurang. Teknisi melakukan pemeriksaan *air cleaner* dan menemukan kondisinya sangat kotor. Namun, setelah dibersihkan, gejalanya tidak membaik. Langkah diagnosis berikut yang paling tepat ialah
- a. mengganti *air cleaner* dengan tipe *aftermarket* yang lebih murah
 - b. memeriksa kebocoran pada saluran *intake* setelah *air cleaner* menggunakan *smoke test*
 - c. meningkatkan rpm mesin secara paksa untuk membersihkan karbon di *intake manifold*
 - d. melakukan *flushing* sistem pendingin karena *overheating* pasti disebabkan oleh radiator tersumbat
 - e. celah *exhaust valve* disetel terlalu rapat (kurang dari 0,30 mm)

Jawaban: b

Memeriksa kebocoran pada saluran *intake* setelah *air cleaner* menggunakan *smoke test*.

Alasan:

- 1) Gejala (*overheat* + tenaga berkurang) dan temuan awal (*air cleaner* kotor) menunjukkan potensi masalah aliran udara masuk (*intake system*), tetapi karena membersihkan *air cleaner* tidak menyelesaikan masalah, maka perlu pemeriksaan lebih lanjut sebagai berikut. Kebocoran udara setelah *air cleaner* (misal: sambungan *intake manifold*, *turbocharger*, atau *intercooler*) akan menyebabkan:



- a) udara tidak terfilter masuk ke *engine*, membawa debu yang mempercepat keausan komponen, dan
 - b) rasio udara-bahan bakar tidak seimbang → pembakaran tidak optimal → tenaga turun dan *overheat*.
- 2) *Smoke test* adalah metode terbaik untuk mendeteksi kebocoran udara di sistem *intake* secara akurat dan cepat.
5. Sebuah *bulldozer* dengan *diesel engine* menunjukkan asap knalpot berwarna hitam pekat saat bekerja *under load*. Tindakan paling tepat untuk mendiagnosis masalah tersebut ialah
- a. mengganti seluruh filter bahan bakar tanpa pemeriksaan lebih lanjut
 - b. memeriksa sistem *turbocharger* dan kalibrasi injektor
 - c. menambah aditif pada oli *engine* untuk mengurangi emisi
 - d. mengurangi beban kerja alat berat secara permanen
 - e. melakukan penggantian *catalytic converter* yang tersumbat

Jawaban: b

Memeriksa sistem *turbocharger* dan kalibrasi *injector*.

Alasan

Asap hitam pekat (*black smoke*) pada *diesel engine under load* umumnya disebabkan oleh pembakaran tidak sempurna akibat kelebihan bahan bakar (*over-fueling*) atau kekurangan udara. Penyebab utamanya ialah sebagai berikut.

- 1) *Turbocharger* tidak memberikan *boost pressure* cukup (udara kurang → AFR terlalu kaya).
 - 2) *Injector* bermasalah (bocor, *spray pattern* tidak baik, atau kalibrasi tekanan salah).
 - 3) *Air filter* tersumbat.
6. Setelah mematikan *diesel engine* pada unit *excavator*, teknisi akan melakukan perbaikan pada *fuel injection pump*. Langkah yang paling aman dilakukan sebelum melepas komponen *fuel system* ialah
- a. langsung melepas pipa tekanan tinggi karena tekanan sudah otomatis hilang saat *engine* mati
 - b. menunggu 30 menit saja tanpa tindakan khusus karena tekanan akan turun perlahan
 - c. melakukan prosedur pelepasan tekanan residu dengan membuka *bleeder screw* pada *fuel filter housing*



- d. memutar *ignition key* ke posisi *on* tanpa men-*start* untuk membuang tekanan sistem
- e. melepas terminal baterai untuk memastikan sistem elektrik tidak aktif

Jawaban: c

Melakukan prosedur pelepasan tekanan residu dengan membuka *bleeder screw* pada *fuel filter housing*.

Alasan

- 1) *Diesel fuel injection systems* (terutama *common rail* atau pompa injeksi mekanis) menyimpan tekanan sangat tinggi (1000+ psi), bahkan setelah *engine* dimatikan. Langsung membuka pipa bertekanan dapat menyebabkan semburan bahan bakar berbahaya (risiko kebakaran/cidera).
 - 2) Prosedur standar pelepasan tekanan bahan bakar: buka *bleeder screw* pada *filter housing* atau *relief valve* untuk melepas tekanan residu secara terkendali.
7. Sebuah *dump truck* dengan *diesel engine* 6-silinder menunjukkan gejala *misfire* pada silinder 3 setelah aktivasi *reduced cylinder mode*. Teknisi melakukan pemeriksaan dan menemukan tidak ada kode *error* di ECU, *compression test* normal, dan *injector pulse* terdeteksi oleh *diagnostic tool*. Tindakan diagnosis selanjutnya yang paling tepat ialah
- a. mengganti semua *glow plug* karena pasti rusak
 - b. memeriksa resistansi dan kontinuitas *wiring harness injector cylinder 3*
 - c. menonaktifkan *permanent reduced cylinder mode* karena tidak diperlukan
 - d. melakukan *overhaul engine* secara keseluruhan
 - e. memeriksa kualitas solar di tangki bahan bakar karena mungkin terkontaminasi

Jawaban: b

Memeriksa resistansi dan kontinuitas *wiring harness injector cylinder 3*.

Alasan

- 1) Gejala spesifik
 - a) *Misfire* hanya pada silinder 3 setelah *reduced cylinder mode* diaktifkan.
 - b) *Compression test* normal → Masalah bukan di mekanik *engine* (*ring piston, valve, dll*).
 - c) *Injector pulse* terdeteksi → ECU mengirim sinyal, tetapi belum tentu sampai dengan benar ke *injector*.
- 2) Diagnosa logis

Sinyal listrik terputus-putus di *wiring harness injector* nomor 3 dapat menyebabkan hal berikut.



- a) *Injector* tidak membuka sempurna meskipun ada *pulse* dari *ECU*.
- b) Masalah ini sering terjadi setelah pengaktifan *fitur cylinder deactivation* (karena beban termal/elektrik berbeda).

Pemeriksaan yang diperlukan sebagai berikut.

- a) Ukur resistansi kabel *injector* (harus sesuai spesifikasi, biasanya 0.5–2 ohm).
- b) Cek konektor *injector* untuk korosi atau kendur.

8. Sebuah *motor grader* dengan *diesel engine* mengalami penurunan performa. Hasil pengujian *fuel discharge volume* pada *injection pump* menunjukkan 20% lebih rendah dari spesifikasi, sedangkan *fuel return flow* berlebih. Diagnosis yang paling mungkin ialah
- a. tekanan *fuel feed pump* rendah
 - b. restriksi pada *fuel return line*
 - c. keausan internal pada *injection pump*
 - d. kerusakan *pressure regulator* di *common rail*
 - e. filter bahan bakar sekunder tersumbat sebagian

Jawaban: c

Keausan internal pada *injection pump*.

Alasan

- 1) Gejala utama sebagai berikut.
 - a) *Fuel discharge volume* rendah (20% di bawah spesifikasi) → Pompa tidak mampu menyuplai bahan bakar yang cukup.
 - b) *Fuel return flow* berlebih → bahan bakar “bocor” di dalam pompa karena keausan komponen internal.
 - 2) Analisis penyebab sebagai berikut.
 - a) Keausan pada *plunger* dan *barrel* di *injection pump* menyebabkan rendahnya tekanan injeksi (kebocoran internal), dan bahan bakar lebih banyak mengalir ke *return line* daripada ke *injector*.
 - b) Masalah ini umum terjadi pada pompa mekanis (seperti *rotary/distributor pump*) setelah jam operasi tinggi.
9. Sebuah *excavator* dengan jumlah jam operasi 5.000 jam akan dilakukan penggantian oli *engine*. Teknisi menemukan oli lama sangat kental dan mengandung banyak *sludge*. Tindakan yang paling tepat sebelum mengisi oli baru ialah
- a. mengisi oli baru langsung tanpa *flushing* karena *sludge* akan larut sendiri
 - b. melakukan *engine flushing* dengan *flushing oil* khusus

- c. mencuci bagian luar *engine* dengan air bertekanan
- d. menambah aditif pembersih ke oli lama lalu mengoperasikan *engine* 1 jam
- e. mengganti filter oli saja tanpa mengganti oli untuk membersihkan *sludge* secara bertahap

Jawaban: b

Melakukan *engine flushing* dengan *flushing oil* khusus.

Alasan:

- 1) Kondisi oli kental dan banyak *sludge* menunjukkan akumulasi karbon dan deposit keras di dalam *engine* (*oil galleries*, *crankshaft*, dll.). Jika tidak dibersihkan, *sludge* dapat menyumbat saluran oli dan merusak komponen, seperti *bearing* atau *turbocharger*.
 - 2) *Engine flushing* dengan *flushing oil* khusus ialah solusi terbaik karena membersihkan *sludge* secara menyeluruh tanpa harus membongkar *engine*, mengurai deposit yang menempel di komponen internal, dan lebih aman dibanding aditif kimia (yang bisa menyumbat filter atau merusak *seal*).
10. Sebuah *excavator* menunjukkan gejala *overheating*, meskipun *level coolant* normal dan kipas radiator berfungsi dengan baik. Setelah inspeksi, ditemukan *radiator fins* tertutup oleh debu dan kotoran yang memadat. Dampak paling kritis, jika masalah ini tidak segera ditangani ialah
- a. meningkatnya tekanan *coolant* dalam sistem
 - b. turunnya efisiensi pendinginan hingga 40%
 - c. kerusakan pada *water pump* akibat beban berlebih
 - d. timbulnya korosi pada *radiator core*
 - e. baterai cepat soak karena suhu ruang *engine* tinggi

Jawaban: b

Turunnya efisiensi pendinginan hingga 40%.

Alasan:

Dampak utama penurunan efisiensi pendinginan. *Radiator fins* yang tertutup debu/kotoran menghalangi aliran udara sehingga panas tidak dapat dibuang secara optimal dari *coolant*, efisiensi *radiator* turun drastis (bisa mencapai 40–50% berdasarkan studi industri), dan *overheating* akan makin parah saat beban kerja tinggi atau suhu lingkungan panas.



2. Pembahasan Soal Asesmen Benar atau Salah

Tentukan benar atau salah setiap pernyataan-pernyataan berikut ini!

1. Perhatikan gejala berikut.

Sebuah *diesel engine* alat berat mengalami putaran *idle* tidak stabil (naik-turun) dan asap hitam keluar dari knalpot. Jika pemeriksaan awal menunjukkan tidak ada masalah pada sistem bahan bakar, kemungkinan penyebabnya ialah kerusakan pada *governor* atau *throttle linkage*. Pernyataan tersebut

- a. benar
- b. salah

Jawaban: benar (a)

Alasan: *governor* dan *throttle linkage* berperan penting dalam mengatur kecepatan *idle*. Jika keduanya rusak atau tidak terkalibrasi dengan baik, dapat menyebabkan rpm tidak stabil dan pembakaran tidak sempurna (asap hitam), terutama jika sistem bahan bakar sudah diperiksa dan tidak bermasalah.

2. Cermati gejala pada pernyataan berikut.

Jika *diesel engine* alat berat mengalami kehilangan tenaga (*power loss*) dan asap berwarna hitam (*black smoke*) keluar dari knalpot, penyebab utamanya pasti tersumbatnya *air cleaner*. Pernyataan tersebut

- a. benar
- b. salah

Jawaban: salah (b)

Alasan: asap hitam dan *power loss* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk masalah sistem bahan bakar (seperti *injector* rusak atau timing injeksi tidak tepat), *turbocharger* bermasalah, atau udara *intake* tidak cukup. Meskipun *air intake filter* tersumbat dapat mengurangi pasokan udara, perlu pemeriksaan lebih lanjut karena gejala ini tidak selalu menjadi satu-satunya penyebab.

3. Perhatikan studi kasus berikut ini:

Dua orang teknisi sedang berdiskusi tentang masalah pada *excavator* dengan *diesel engine* yang sulit hidup dan tenaga berkurang. Setelah pemeriksaan awal, ditemukan bahwa *fuel filter* sudah kotor dan terdapat gelembung udara pada *fuel line*.

- 1) Kata teknisi A, “Cukup ganti *fuel filter* dan *bleed* sistem bahan bakar, masalah pasti selesai karena udara dan kotoran di filter merupakan penyebab utama gangguan *fuel delivery*.”

- 2) Tanggapan teknis B, “Selain ganti *filter* dan *bleeding*, kita harus cek juga *fuel injection pump* dan *nozzle injector* karena kerusakan di sana dapat menyebabkan gejala yang sama.”

Pernyataan:

Jika *fuel filter* sudah diganti dan sistem sudah dibersihkan dari udara, tidak perlu mengecek komponen lain, seperti *injection pump* atau *nozzle injector*. Pernyataan tersebut

- a. benar
- b. salah

Jawaban: salah (b)

Alasan: meskipun mengganti *fuel filter* dan melakukan *bleeding* sistem bahan bakar dapat mengatasi masalah udara dan kotoran, gejala seperti mesin sulit hidup dan tenaga berkurang tidak selalu hanya disebabkan oleh dua faktor tersebut.

4. Perhatikan studi kasus berikut ini:

Sebuah *bulldozer* dengan diesel *engine* menunjukkan indikasi tekanan oli rendah (*low oil pressure*) pada panel instrumen. Dua teknisi memberikan pendapat berbeda sebagai berikut.

- 1) Kata teknisi A, “Ini pasti karena oli *engine* sudah kotor atau levelnya rendah, cukup ganti oli dan *filter*, lalu tambah oli sampai level normal.”
- 2) Tanggapan teknisi B, “Selain itu, kita harus periksa juga *oil pump* dan *relief valve* karena tekanan oli rendah dapat disebabkan oleh kerusakan mekanis pada komponen tersebut.”

Pernyataan:

Jika tekanan oli rendah pada *engine bulldozer*, penyebabnya selalu karena oli kotor atau level oli rendah sehingga tidak perlu memeriksa komponen lain seperti *oil pump* atau *relief valve*. Pernyataan tersebut

- a. benar
- b. salah

Jawaban: salah (b)

Alasan: tekanan oli rendah tidak hanya disebabkan oleh oli kotor atau level rendah, tetapi juga bisa terjadi karena *oil pump* yang rusak, *relief valve* bermasalah, *bearing* pada *engine* aus, atau kebocoran pada sistem pelumasan. Diagnosis yang lengkap diperlukan untuk memastikan penyebabnya.



5. Kata seorang teknisi, “Jika temperatur *engine excavator* sering *overheating*, tetapi *coolant* tidak berkurang, masalah pasti terletak pada *thermostat* yang macet tertutup atau kipas pendingin yang tidak berfungsi.”

Pernyataan teknisi tersebut

- a. benar
- b. salah

Jawaban: salah (b)

Alasan: meskipun *thermostat* yang macet tertutup atau kipas pendingin yang tidak berfungsi dapat menyebabkan *overheating* tanpa kehilangan *coolant*, bukan berarti hanya dua komponen itu saja yang mungkin menjadi penyebabnya.

3. Pembahasan Soal Asesmen Uraian

Jawablah dengan penjelasan yang singkat dan jelas!

1. Sebuah *excavator* dengan *diesel engine* 4-silinder menunjukkan gejala berikut. Saat *excavator* bekerja terdengar suara “tik-tik” keras yang terus-menerus dari area *cylinder head*. Selain itu, tenaga *engine* turun saat mengangkat *bucket* dan konsumsi bahan bakar lebih boros dari biasanya. Setelah diperiksa tidak ada kebocoran oli atau *coolant*, tidak ada asap abnormal dari knalpot, dan *engine* tetap mudah distarter.

Pertanyaan:

Berdasarkan gejala di atas, komponen apa yang paling mungkin bermasalah? Jelaskan pendapat dan alasanmu secara singkat!

Jawaban:

Komponen yang paling mungkin bermasalah ialah *valve clearance* terlalu longgar.

Alasan:

- 1) Suara “tik-tik” khas dari *rocker arm* yang longgar.
 - 2) Tenaga turun karena bukaan *valve* tidak optimal.
 - 3) Bahan bakar boros karena pembakaran tidak sempurna.
 - 4) Gejala lain normal → bukan masalah sistem bahan bakar/kompresi.
2. Sebuah *motor grader* bekerja di area berdebu menunjukkan gejala *engine* tersendat saat rpm tinggi, ada debu menempel di bagian dalam *intake manifold*, dan indikator *air cleaner* berwarna merah.

Pertanyaan:

Mengapa kondisi tersebut menyebabkan kerusakan serius pada *engine*? Jelaskan secara singkat!

Jawaban:

Kondisi ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada *engine* karena hal berikut.

- 1) Debu masuk ke sistem pembakaran.
 - a) Indikator *air cleaner* merah menandakan filter udara sudah sangat kotor dan tidak menyaring debu dengan efektif.
 - b) Debu yang masuk ke *intake manifold* akan terbawa ke ruang bakar, menyebabkan abrasi pada silinder, *piston*, dan *ring piston (accelerated wear)*.
- 2) Gangguan pembakaran dan kerusakan komponen.
 - a) Debu yang bercampur dengan udara–bahan bakar mengganggu proses pembakaran, menyebabkan *engine* tersendat (*misfire*) dan *overheating*.
 - c) Partikel debu bersifat abrasif, merusak dinding silinder, *turbocharger* (jika ada), dan *injector nozzle* dalam jangka panjang.
- 3) Kinerja *engine* menurun.
 - a) Penyumbatan aliran udara mengurangi efisiensi pembakaran, menyebabkan tenaga turun dan konsumsi bahan bakar boros.
 - b) Jika dibiarkan, dapat menyebabkan *engine seizure* (macet total) akibat keausan ekstrem.
3. *Forklift* dengan *diesel engine* di gudang sering mogok saat bekerja. Gejala yang muncul *engine* sulit distart, terutama pagi hari, tenaga berkurang saat mengangkat beban, dan terdapat rembesan bahan bakar di sekitar *fuel injection pump*.

Pertanyaan:

Jelaskan dua tindakan perawatan preventif yang harus dilakukan pada sistem bahan bakar *forklift* tersebut beserta alasannya!

Jawaban:

- 1) Ganti *fuel filter* secara berkala. Alasan: mencegah penyumbatan yang menghambat aliran solar ke *injection pump*.
- 2) Periksa dan kencangkan sambungan selang bahan bakar. Alasan: kebocoran solar menyebabkan tekanan bahan bakar turun dan udara masuk ke sistem .



4. Sebuah *genset diesel engine* 100 kVA menunjukkan gejala lampu indikator tekanan oli menyala saat *engine* beroperasi, suara *knocking* halus dari bagian *crankcase*, dan oli cepat hitam sebelum mencapai interval ganti.

Pertanyaan:

Apa kemungkinan penyebab utama masalah tersebut? Berikan dua alasan disertai penjelasan singkat!

Jawaban:

- 1) Oli *engine* kualitas rendah/tidak sesuai spesifikasi. Penjelasan: viskositas tidak stabil → pelumasan tidak optimal → tekanan oli turun.
 - 2) *Oil pump* rusak atau *strainer* oli tersumbat. Penjelasan: aliran oli terhambat → suplai ke komponen berkurang → knocking dan tekanan tidak stabil
5. Sebuah *hauling truck* 30 ton sering mengalami gejala temperatur *engine* naik drastis saat di tanjakan, *coolant* berkurang 2 liter per minggu, dan tidak ada tanda kebocoran di radiator atau selang.

Pertanyaan:

Apa kemungkinan penyebab utama masalah tersebut? Tuliskan hasil analisismu!

Jawaban:

Kemungkinan penyebab utamanya ialah adanya kebocoran internal *head gasket* sehingga terjadi hal berikut.

- 1) *Coolant* masuk ruang bakar → volume berkurang tanpa tanda kebocoran eksternal.
- 2) Gas buang bocor ke *water jacket* → suhu *coolant* naik cepat saat beban berat, ditandai dengan gelembung di *radiator* saat *engine* hidup, atau oli berwarna susu (jika *coolant* bercampur oli).

Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar murid di lingkungan sekolah masing-masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi murid yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan murid tentang gambar teknik. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Murid yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan murid yang terdepan dalam pembelajaran.

Refleksi

1. Refleksi Murid

Refleksi pada buku siswa intinya berisi pertanyaan, ajakan, ulasan, persepsi, dan sejenisnya terkait manfaat yang dirasakan oleh murid setelah mempelajari bab pemeliharaan *diesel engine* alat berat. Oleh karena itu, guru dapat memberikan pertanyaan kunci yang membantu murid untuk merefleksikan kegiatan pembelajaran, di antaranya dengan pertanyaan berikut.

- a. Bagaimana kamu melihat peranmu sebagai bagian dari mewujudkan keahlian di bidang alat berat setelah mempelajari pemeliharaan *diesel engine* alat berat?
- b. Apa yang paling kamu nikmati dari mempelajari pemeliharaan *diesel engine*?
- c. Jika kamu diberi kesempatan magang di industri alat berat seperti distributor, kontraktor pertambangan, pertanian dan konstruksi yang menggunakan alat berat, apa yang ingin kamu pelajari lebih dalam dan mengapa?
- d. Ceritakan satu hal baru yang kamu pelajari dari materi ini yang menurutmu bermanfaat untuk kehidupan di luar sekolah!
- e. Apa keterampilan teknis dan sikap kerja yang perlu kamu latih agar siap melakukan pemeliharaan *diesel engine* alat berat secara profesional?
- f. Bagaimana menurutmu cara terbaik untuk menjaga keselamatan kerja saat pemeliharaan *diesel engine* alat berat?
- g. Apakah kamu merasa lebih percaya diri setelah mempelajari materi ini? Jelaskan hal yang membuat kamu yakin atau belum yakin!
- h. Jika kamu menjadi mentor untuk murid (adik kelasmu), materi mana yang ingin kamu ajarkan dan bagaimana cara kamu menyampaikannya?



2. Refleksi Guru

- a. Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah mendorong murid memahami tidak hanya apa dan bagaimana, tetapi juga mengapa pemeliharaan *diesel engine* alat berat penting di pekerjaan dalam skala besar?
- b. Bagian mana dari materi pemeliharaan *diesel engine* yang paling membangkitkan antusias murid? Apa indikator keterlibatan mereka?
- c. Sudahkah saya memberikan kesempatan bagi murid untuk terlibat aktif, berpikir kritis, dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas-tugas bermakna terkait pemeliharaan *diesel engine* alat berat?
- d. Bagaimana saya mengaitkan materi ini dengan dunia kerja (Iduka) dan konteks kehidupan nyata murid agar lebih relevan dan kontekstual?
- e. Apa praktik baik yang saya lakukan dalam memfasilitasi pembelajaran mendalam pada materi ini, dan bagaimana dampaknya terhadap pemahaman dan sikap murid?
- f. Apa tantangan utama dalam mengajarkan materi ini, dan strategi apa yang bisa saya kembangkan untuk mengatasinya ke depan?
- g. Bagaimana saya menumbuhkan sikap tanggung jawab, ketelitian, dan kepedulian lingkungan melalui pembelajaran pemeliharaan *diesel engine* alat berat?
- h. Apa yang saya pelajari sebagai guru dari proses pembelajaran ini dan bagaimana hal tersebut memperkaya praktik mengajar saya ke depannya?

Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 1 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Shop Manual, PC200-8MO Hydraulic Excavator Komatsu*, Tahun 2012, Komatsu, *Printed in Japan* 07- 12 (01).
2. *Operation & Maintenance Manual, PC200-8MO Hydraulic Excavator Komatsu*, Tahun 2012, Komatsu, *Printed in Japan*, 08–12.
3. *Shop Manual, D375A-5 Komatsu*, Tahun 2005, Komatsu, *Printed in Japan*, 04–05 (03)

4. *Operation & Maintenance Manual, Galeo D375A-5 Bulldozer*, Tahun 2004, Komatsu, *Printed in USA*, Komatsu America Corp.
5. *Shop Manual, PC45MR-3 Hydraulic Excavator Komatsu*, Tahun 2009, Komatsu, *Printed in Japan* 07 – 09.
6. *Excavator Supplement for 3066 Engine, Disassembly and Assembly*, Supplemental Information, Caterpillar, Desember 2000.
7. Permendikdasmen No.13 Tahun 2025, tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024, tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025
Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII
Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin
ISBN: 978-634-00-3309-0 (jil.2 PDF)

Panduan Khusus

**Bab
2**

Pemeliharaan *Sistem Hydraulic* Alat Berat



A. Pendahuluan

Bab tentang Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat ini dirancang untuk membekali murid dengan pemahaman dan keterampilan dalam pemeliharaan sistem *hydraulic*, melakukan pengukuran tekanan *hydraulic* menggunakan *pressure gauge* dan *machine monitor*. Selain itu, juga membekali murid tentang prosedur dalam hal penyetelan dan pengujian berdasarkan *manual book*. Pembelajaran tidak hanya diarahkan pada penguasaan teknis, tetapi juga mendorong murid untuk memahami konsep secara mendalam, mengaitkan dengan konteks dunia nyata seperti kasus di industri. Selain itu, mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara mandiri dan kelompok.

Melalui pendekatan pembelajaran mendalam, murid diarahkan untuk mengalami proses belajar yang utuh, yaitu memahami pemeliharaan sistem *hydraulic* seperti penyebab utama kerusakan pada komponen-komponen pada sistem *hydraulic*, pemeliharaan pencegahan berupa *Kawashima Project*, inspeksi, dan *schedule maintenance* peralatan sistem *hydraulic*. Selain itu, mengaplikasikan prosedur dan teknik yang tertuang dalam *manual book* secara nyata dalam praktik kerja, merefleksikan pengalaman belajarnya untuk menarik kesimpulan, mengenali tantangan, dan meningkatkan kualitas kerja. Guru berperan penting sebagai fasilitator yang menciptakan ruang eksplorasi, dialog terbuka, dan refleksi kritis sehingga pembelajaran menjadi bermakna dan berdampak. Dengan pendekatan ini, murid tidak hanya tumbuh sebagai tenaga terampil, tetapi juga sebagai insan pembelajar yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masa depan energi berkelanjutan.

1. Tujuan Pembelajaran

Pada bab Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* ini, guru perlu mencermati tujuan pembelajaran agar pada akhir tujuan dapat mencapai dimensi profil lulusan dan tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajarannya, yaitu murid mampu melakukan pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat, pengukuran tekanan sistem *hydraulic*, dan melakukan *testing* dan *adjusting relief valve*. Tujuan pembelajaran bab ini pada Buku Siswa dibuat ringkas untuk memudahkan murid memahaminya.

Adapun tujuan yang ringkas di buku siswa itu terdiri atas tiga tujuan pembelajaran yang diturunkan dari capaian pembelajaran elemen sistem *hydraulic* alat berat. Elemen sistem *hydraulic* alat berat diturunkan menjadi sembilan tujuan pembelajaran. Di kelas XII, hanya dipelajari tiga tujuan pembelajaran.



Tabel 2.1 CP Elemen Sistem *Hydraulic* Alat Berat dan Tujuan Pembelajarannya di Kelas XII

Capaian Pembelajaran Fase	Tujuan Pembelajaran
1. Murid memiliki pengetahuan dan dapat menyebutkan mengenai nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen-komponen sistem <i>hydraulic</i> yang digunakan pada alat berat, termasuk di dalamnya komponen pendukung lainnya	1.1 Melakukan pemeliharaan sistem <i>hydraulic</i> alat berat 1.2 Melakukan pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i> 1.3 Melakukan <i>testing</i> dan <i>adjusting relief valve</i>

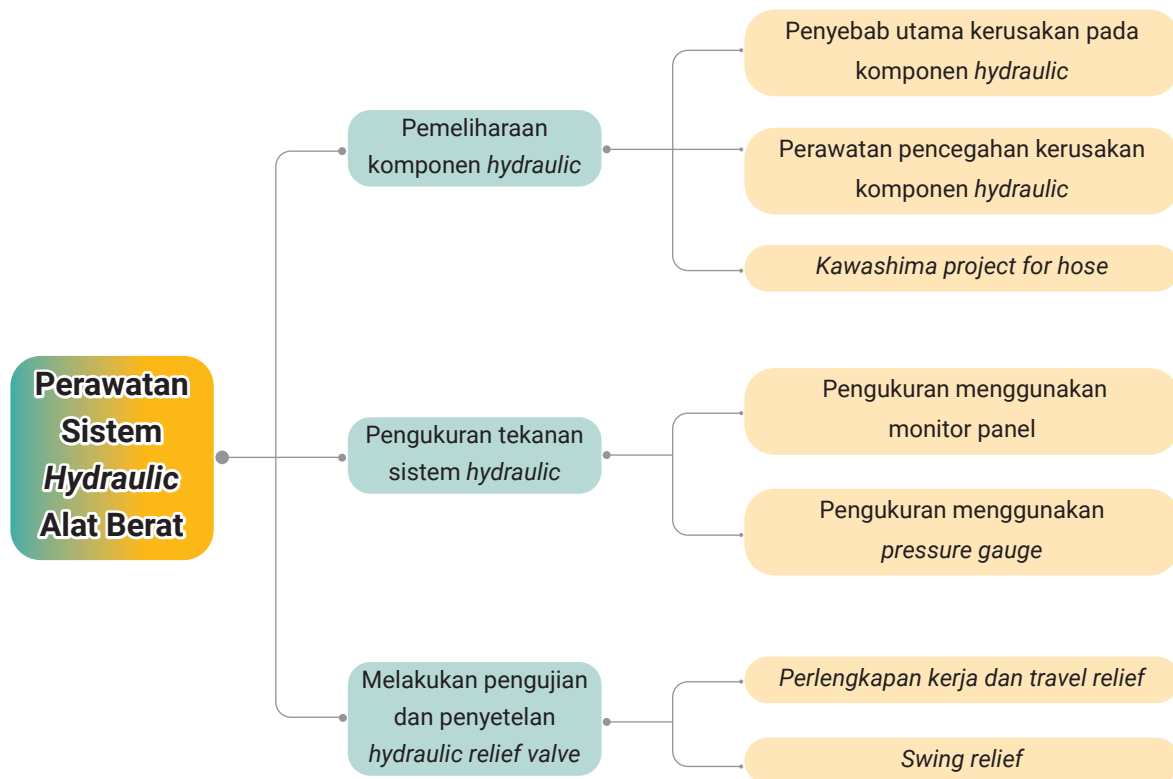
Tujuan pembelajaran tersebut, kemudian diturunkan ke dalam indikator seperti yang disajikan dalam Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Tujuan Pembelajaran dan Indikator Sistem *Hydraulic* Alat Berat Kelas XII

Tujuan Pembelajaran	Indikator	
1.1 Melakukan pemeliharaan sistem <i>hydraulic</i> alat berat	1	Murid dapat menjelaskan penyebab utama kerusakan pada komponen <i>hydraulic</i> .
	2	Murid mampu melakukan perawatan pencegahan kerusakan komponen <i>hydraulic</i> .
	3	Murid mampu melakukan inisiatif yang berada pada <i>Kawashima project for hose</i> .
1.2 Melakukan pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i>	4	Murid dapat melakukan pengukuran menggunakan <i>monitor panel</i> .
	5	Murid dapat melakukan pengukuran menggunakan <i>pressure gauge</i> .
1.3 Melakukan pengujian dan penyetelan <i>hydraulic relief valve</i>	6	Murid dapat melakukan pengujian dan penyetelan perlengkapan kerja dan <i>travel relief</i> .
	7	Murid dapat melakukan pengujian dan penyetelan <i>swing relief</i>

2. Peta Materi

Peta materi menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi tersebut menyangkut pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat, pengukuran tekanan sistem *hydraulic*, dan melakukan *testing* dan *adjusting relief valve*. Keseluruhannya merupakan bagian dari pembelajaran pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat.



Gambar 2.1 Peta Materi Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat

a. Pokok Materi

Pokok materi pada bab ini disusun secara bertahap, mulai dari pemahaman konsep dasar hingga keterampilan praktis dalam pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat. Setiap materi saling terhubung untuk membentuk kompetensi teknis sekaligus membangun karakter murid sesuai dimensi profil lulusan.

1) Pemeliharaan Komponen *Hydraulic* Alat Berat

Pokok materi pemeliharaan komponen alat berat murid dibekali dengan pemahaman dan keterampilan dalam menentukan penyebab utama kerusakan pada komponen *hydraulic*. Selain itu, perawatan pencegahan kerusakan komponen *hydraulic* dan melakukan inisiatif dalam *Kawashima project for hose*. Materi ini merupakan tingkat lanjut dari sistem *hydraulic* alat berat yang telah dipelajari di kelas XI. Hal itu karena keberhasilan dalam perawatan alat berat sangat bergantung pada kompetensi mekanik, infrastruktur, dan sarana serta konsistensi kualitas setiap proses pemeliharaan. Pemahaman dan keterampilan murid dalam pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat merupakan pondasi penting agar mereka mampu memelihara sistem secara optimal, aman, dan andal.



2) Pengukuran Tekanan Sistem *Hydraulic*

Pokok materi ini memberikan pemahaman dan keterampilan kepada murid tentang pentingnya nilai tekanan yang selalu pada rentang nilai standar. Tujuannya agar kinerja *hydraulic* alat berat dalam kondisi bertenaga dan waktu pergerakan yang optimal serta aman digunakan dalam jangka panjang. Materi ini mencakup pengukuran tekanan sistem *hydraulic* dengan dua cara, yaitu menggunakan alat ukur pengukuran tekanan (*pressure gauge*) dan menggunakan *machine monitor*. Pengecekan tekanan *hydraulic* secara berkala merupakan kegiatan perawatan berdasarkan kondisi alat (*condition base maintenance*) yang membantu unit dalam kondisi yang *best performance*.

3) Pengujian dan Penyetelan *Hydraulic Relief Valve*

Pokok materi pengujian dan penyetelan *hydraulic relief valve* ini memberikan pemahaman serta tentunya keterampilan kepada murid tentang penyetelan yang benar pada *relief valve* sistem *hydraulic* alat berat serta pengujiannya. Tujuannya agar didapatkan nilai tekanan sistem yang selalu sesuai dengan nilai tekanan standar unit. Pengujian dan penyetelan ini merupakan dua aktivitas dari lima aktivitas dalam memelihara alat berat karena pemeliharaan yang baik hanya dapat dilakukan jika murid memahami cara kerja sistem saat beroperasi. Sebaliknya, pengoperasian yang lancar dan efisien juga bergantung pada perawatan rutin yang dilakukan secara tepat dan terjadwal.

b. Hubungan Antarpokok Materi dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran

Materi dengan materi yang lain saling berhubungan dalam mencapai tujuan pembelajaran. Berikut penjelasan tentang hubungan antarpokok materi tersebut.

- 1) Pemeliharaan komponen *hydraulic* alat berat memberikan dasar keterampilan bagi murid dalam perawatan sistem *hydraulic* alat berat yang sesuai dengan prosedur dalam *manual book*. Melalui materi ini, murid dilatih untuk bekerja secara teliti dan bertanggung jawab dalam melakukan pemeliharaan sistem *hydraulic*, sekaligus menerapkan prinsip keselamatan dan kesehatan kerja.
- 2) Pengukuran tekanan *hydraulic* alat berat merupakan salah satu perawatan yang didasarkan pada kondisi alat berat agar selalu menjaga kondisi alat berat dalam performa terbaiknya. Pada materi ini, murid dilatih untuk melakukan pekerjaan pengukuran yang sesuai dengan prosedur. Pengukuran tersebut dilakukan pada kondisi dan urutan pengukuran yang sesuai dengan *manual book*. Tujuannya agar didapatkan nilai yang akurat dan tetap mengutamakan keselamatan. Dengan demikian, saat bekerja pekerja dan alat beratnya selamat.

- 3) Pengujian dan penyetelan *hydraulic relief valve* merupakan tindak lanjut dari kegiatan pengukuran tekanan sistem *hydraulic*. Apabila diperoleh hasil pengukuran tidak berada pada nilai standarnya, nilai yang sesuai akan menjadi alat berat dalam kondisi yang terbaiknya begitu sebaliknya. Murid dilatih agar mampu menyetel *relief valve* sesuai nilai standarnya dan dapat menganalisis dampak yang akan terjadi, apabila nilai tekanan sistem *hydraulic* tidak sesuai standar.

Keterkaitan antara pokok materi ini, murid akan memiliki pemahaman komprehensif dari mulai konsep dasar pemeliharaan, sistem *hydraulic* hingga aplikasi praktis. Dengan demikian, murid mampu mencapai tujuan pembelajaran.

c. Hubungan dengan Materi Lain

Pembelajaran bab Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat memiliki keterkaitan erat dengan berbagai materi lain yang ada di mata pelajaran dan ilmu terkait di bidang teknik. Keterkaitan ini terjadi karena pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat melibatkan berbagai disiplin ilmu dalam aplikasinya. Berikut ini hubungan pembelajaran pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat dengan mata pelajaran terkait.

1) Dasar-Dasar Teknik Alat Berat

Dasar-Dasar Teknik Alat Berat merupakan mata pelajaran dasar yang memberikan pengenalan tentang komponen, fungsi, dan prinsip kerja sistem pada alat berat. Selain itu, juga mengenalkan tentang sistem *hydraulic* yang termasuk dalam sistem utama alat berat. Jadi pemahaman dasar tentang sistem *hydraulic* mulai dikenalkan dari sini.

Murid belajar prinsip dasar fluida, tekanan, dan gaya yang menjadi dasar kerja sistem *hydraulic*. Pembelajaran pemeliharaan sistem *hydraulic* nantinya mengembangkan pemahaman ini ke tingkat yang lebih aplikatif dan teknis.

2) Gambar Teknik

Untuk memahami sistem *hydraulic*, murid perlu membaca dan menginterpretasikan simbol serta diagram sistem *hydraulic*. Pemeliharaan sistem *hydraulic* memerlukan kemampuan membaca diagram *hydraulic* untuk mengetahui alur kerja fluida dan posisi komponen. Murid akan kesulitan memahami sistem yang kompleks tanpa memiliki kemampuan menggambar atau membaca gambar teknik.

3) Pekerjaan Dasar Teknik Mesin

Pekerjaan Dasar Teknik Mesin melatih keterampilan dasar murid, seperti penggunaan alat tangan, pembongkaran dan perakitan komponen, serta pengukuran presisi. Pemeliharaan sistem *hydraulic* sering melibatkan pembongkaran komponen, seperti



silinder, pompa, atau katup. Keterampilan teknik dasar ini diperlukan agar pekerjaan pemeliharaan dilakukan dengan benar dan aman.

4) *Tool* (Alat Kerja Teknik)

Penggunaan alat secara tepat dan aman merupakan dasar penting dalam melakukan perawatan atau perbaikan sistem *hydraulic*. Banyak pekerjaan *hydraulic* memerlukan alat diagnostik, seperti alat pengukuran tekanan *hydraulic* (*pressure gauge*) dan alat khusus (*special tools*) yang hanya diajarkan dalam pelajaran *Tool*. Pelajaran Alat Kerja Teknik ini melatih keterampilan teknis untuk menghindari kerusakan komponen karena penggunaan alat yang salah.

5) Pemeliharaan Alat Berat

Pemeliharaan Alat Berat merupakan pelajaran lanjutan dan terapan yang langsung terkait dengan sistem *hydraulic*. Murid belajar cara melakukan inspeksi, *troubleshooting*, perbaikan, dan perawatan sistem *hydraulic* pada alat berat. Hal tersebut menjadi inti dari pembelajaran pemeliharaan sistem *hydraulic*.

3. Saran Alokasi Waktu

Rekomendasi alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran bab ini ialah empat bulan. Hal itu termasuk untuk pekan *ice breaking*, pengenalan, dan asesmen awal. Adapun untuk pembelajaran materi bab ini yang terdiri atas tiga subbab dapat dialokasikan waktu empat belas (14) pekan. Selanjutnya, dua pekan terakhir dapat dikhususkan untuk kegiatan refleksi dan asesmen bagi murid.

Guru perlu mencermati ketentuan dan keperluan pembelajaran yang nyata di sekolah. Pembelajaran ini dapat dilakukan dalam dua jam pelajaran atau jumlah lainnya dalam sepekan. Guru hendaknya mampu beradaptasi dengan berbagai kemungkinan yang ada.

B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat

Sebelum mempelajari materi bab ini, murid harus telah memiliki kompetensi berikut.

1. Kompetensi menggunakan alat pelindung diri (APD) dalam kesehatan dan keselamatan kerja (K3).
2. Kompetensi menggunakan perkakas praktik, terutama *common tool*.
3. Kompetensi membaca gambar teknik sirkuit *hydraulic*.
4. Kompetensi menggunakan alat ukur dan alat diagnostik.

5. Kompetensi mengetahui posisi pengukuran pada komponen *hydraulic* dan dapat memasang alat diagnostiknya (*pressure gauge*).
6. Kompetensi mengeksplorasi monitor panel untuk keperluan pengukuran tekanan *hydraulic*.

Guru dapat memastikan murid telah menguasai kompetensi-kompetensi tersebut. Tujuannya agar proses pembelajaran dapat berjalan dengan baik dan lancar

Kerangka Pembelajaran

Bab ini menerapkan pembelajaran mendalam. Penerapan pembelajaran mendalam tersebut memiliki kerangka pembelajaran sebagai berikut.

1. Praktik Pedagogis

Pembelajaran pada materi pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat menekankan keterlibatan aktif murid dalam memahami sistem dan menerapkan keterampilan teknis sesuai kebutuhan industri alat berat. Praktik pedagogis dilaksanakan melalui pendekatan berbasis praktik langsung, studi kasus, kolaborasi kelompok, hingga proyek pelaporan yang merefleksikan proses kerja nyata di lapangan. Guru memfasilitasi setiap tahap dengan model pembelajaran yang sesuai, seperti demonstrasi, *inquiry learning*, *cooperative learning*, *problem-based learning*, hingga *project-based learning*. Tujuan utamanya ialah membekali murid tidak hanya dengan pengetahuan teknis, tetapi juga kemampuan berpikir kritis, bekerja sama, komunikasi, memecahkan masalah, dan bertanggung jawab secara profesional.

Tabel 2.3 Model Pembelajaran di Praktik Pedagogis pada Materi Bab

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
1.	Pemeliharaan komponen <i>hydraulic</i> : a. Penyebab utama kerusakan pada komponen <i>hydraulic</i>	Demonstrasi dan diskusi kontekstual	Guru memperagakan pemeliharaan komponen <i>hydraulic</i> diawali dengan hal apa saja yang dapat merusak komponen <i>hydraulic</i> yakni oli <i>hydraulic</i> yang tercampur dengan debu, air, udara serta kekentalan oli yang menurun akibat panas karena suhu operasi alat berat. Murid mengamati, mencatat, dan berdiskusi mengenai dampak oli yang telah terkontaminasi dan terdeteriorasi tadi, jika di gunakan pada alat berat.

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
2.	Pemeliharaan komponen <i>hydraulic</i>: b. Perawatan pencegahan kerusakan komponen <i>hydraulic</i> c. <i>Kawashima project for hose</i>	Praktik langsung (<i>hands-on</i>)	Murid melakukan langsung perawatan pencegahan dan <i>initiative</i> pada <i>Kawashima Project</i> untuk <i>hose</i> . Guru memberi pendampingan teknis dan menekankan pentingnya kualitas pekerjaan, ketelitian, dan keselamatan kerja yang terpandu oleh dokumen pekerjaan pemeliharaan pencegahan dan <i>job safety analysis</i> (JSA).
3.	Pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i>: Pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i> menggunakan monitor panel dan <i>pressure gauge</i>	<i>Cooperative learning</i> dan simulasi	Dalam kelompok, murid melakukan simulasi pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i> menggunakan monitor panel dan alat ukur tekanan (<i>pressure gauge</i>) sesuai petunjuk di dalam <i>manual book</i> . Praktik ini menumbuhkan kerja sama, keterampilan teknis, dan kesadaran terhadap pentingnya pemeliharaan berdasarkan kondisi alat berat berat (<i>condition base maintenance</i>).
4.	Pengujian dan penyetelan <i>hydraulic relief valve</i>	<i>Cooperative learning</i> dan simulasi	Masih dalam kelompok yang sama pada kegiatan pengukuran tekanan <i>hydraulic</i> , murid melakukan simulasi penyetelan <i>relief valve</i> sesuai dengan prosedur dalam <i>manual book</i> . Praktik ini menumbuhkan kerja sama, keterampilan teknis, dan kesadaran terhadap pentingnya penyesuaian kembali nilai <i>relief valve</i> pada nilai standarnya.
5.	Kasus industri: Kecepatan dan tenaga pada semua perlengkapan kerja, <i>travel</i> dan <i>swing</i> lemah	<i>Problem-based learning</i> (PBL)	Murid diberikan studi kasus gangguan sistem <i>hydraulic</i> , yaitu "Kecepatan dan tenaga pada semua perlengkapan kerja, <i>travel</i> , dan <i>swing</i> lemah". Murid menganalisis penyebab kerusakan, menentukan, dan melakukan kriteria, prosedur penyelesaian masalah serta merancang dan menyimulasikan solusi perbaikan. Pendekatan ini melatih murid dalam berpikir sistematis, mengembangkan solusi teknis, dan mengasah kepercayaan diri dalam menghadapi masalah nyata.

2. Kemitraan Pembelajaran

Kemitraan pembelajaran membentuk hubungan yang dinamis antara guru, murid, orang tua, komunitas, dan mitra profesional, seperti teknisi atau perusahaan di bidang alat berat. Pendekatan ini memindahkan kontrol pembelajaran dari guru saja menjadi kolaborasi bersama yang melibatkan berbagai pihak untuk menghasilkan pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif. Dalam materi pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat, kemitraan dengan mitra profesional memungkinkan murid mendapatkan pengalaman langsung melalui bimbingan teknisi, demonstrasi lapangan, serta pengembangan keterampilan yang sesuai standar industri. Orang tua dan komunitas juga dapat terlibat dalam mendukung praktik pemeliharaan sistem di lingkungan sekolah atau masyarakat sekitar. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berkelanjutan.

Tabel 2.4 Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Kemitraan Pembelajaran	Contoh Aktivitas
1.	Pemeliharaan komponen <i>hydraulic</i>	Murid → Murid lain kelas → Guru mata pelajaran lain (IPAS/Teknologi, Bahasa Indonesia/Komunikasi)	Murid dari kelas berbeda saling bertukar pengalaman praktik pemeliharaan, dibantu guru IPAS memberikan teori, guru bahasa membantu penyusunan laporan teknis dan presentasi.
2.	Pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i>	Guru → Mitra profesional (teknisi) → Guru Teknik Alat Berat	Guru dan teknisi mendampingi praktik pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i> menggunakan monitor panel dan <i>pressure gauge</i> .
3.	Pengujian dan penyetelan <i>hydraulic relief valve</i>	Guru → Mitra profesional (teknisi) → Guru Teknik Alat Berat	Guru dan teknisi mendampingi praktik penyetelan dan pengujian <i>relief valve</i> .
4.	Laporan Pemeliharaan, studi kasus dan rekomendasi	Guru → Murid → Orang tua → Mitra profesional	Murid mempresentasikan laporan kepada guru dan murid sekelas, orang tua, dan mitra profesional memberikan masukan.

3. Lingkungan Pembelajaran

Lingkungan pembelajaran yang efektif mengintegrasikan ruang fisik, ruang virtual, dan budaya belajar untuk mendukung pembelajaran mendalam pada materi pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat. Ruang fisik, seperti *workshop* alat berat dirancang sesuai standar industri agar murid dapat melakukan praktik secara aman, kolaborasi kelompok, dan eksplorasi alat serta komponen sistem *hydraulic* dan unit alat berat. Sementara itu, ruang virtual menyediakan akses ke simulasi digital, video tutorial, dan forum diskusi yang



memperluas wawasan dan memungkinkan refleksi serta berbagi ide secara interaktif. Budaya belajar yang menekankan kolaborasi dan keterbukaan mendorong murid untuk aktif bertanya, bekerja sama, dan mengembangkan keterampilan *problem solving* yang penting dalam pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat secara menyeluruh.

Tabel 2.5 Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
1.	Pemeliharaan komponen <i>hydraulic</i>	Praktik pemeliharaan pencegahan alat berat dan <i>initiative Kawashima</i> pada <i>hose</i>	Modul pelatihan pemeliharaan <i>online</i>	Kerja sama kelompok dan <i>coaching</i> teknisi
2.	Pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i>	Pengukuran dan pengujian langsung di unit alat berat	Pengolahan data hasil pengujian secara digital	Diskusi hasil evaluasi dan analisis kritis
3.	Pengujian dan penyetelan <i>hydraulic relief valve</i>	Pengukuran dan pengujian langsung di unit alat berat	Pengolahan data hasil pengujian secara digital	Diskusi hasil evaluasi dan analisis kritis
4.	Laporan pemeliharaan, studi kasus dan rekomendasi	Penyusunan laporan manual dan presentasi di kelas	<i>Platform</i> kolaborasi pembuatan laporan <i>online</i>	Presentasi dan umpan balik antarmurid

4. Pemanfaatan Digital

Pemanfaatan teknologi digital berperan penting sebagai katalisator dalam menciptakan pembelajaran pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat yang lebih interaktif, kolaboratif, dan kontekstual. Melalui beragam sumber belajar digital seperti video tutorial, simulasi interaktif, platform diskusi *online*, dan modul pembelajaran berbasis web, murid dapat mengakses materi secara fleksibel sesuai kebutuhan dan gaya belajar mereka. Teknologi digital juga memfasilitasi kolaborasi antarmurid dan guru lintas kelas serta memperkaya pengalaman belajar melalui praktik virtual yang mendekati kondisi nyata. Dengan begitu, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan menyiapkan murid untuk memahami sekaligus menguasai pemeliharaan, penyelesaian gangguan sederhana secara komprehensif.

Tabel 2.6 Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
1.	Pemeliharaan komponen <i>hydraulic</i>	Modul pembelajaran <i>online</i> dan video demonstrasi	Memberikan panduan langkah-langkah pemeliharaan secara detail dan berulang

No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
2.	Prosedur pengukuran tekanan sistem <i>hydraulic</i>	Aplikasi pengolahan data dan grafik	Memudahkan analisis hasil evaluasi dan memvisualisasikan performa sistem
3.	Pengujian dan penyetelan <i>hydraulic relief valve</i>	Aplikasi pengolahan data dan grafik	Memudahkan analisis hasil evaluasi dan memvisualisasikan performa sistem
4.	Laporan pemeliharaan, studi kasus, dan rekomendasi	Platform kolaborasi <i>online</i> dan templat laporan	Mempermudah penyusunan, revisi, dan presentasi laporan secara kolaboratif

D. Apersepsi

Sebelum memulai pembelajaran, guru menayangkan sebuah video mengenai sebuah alat berat kehilangan tenaga *hydraulic*-nya. Guru meminta murid untuk menyimak video dengan saksama dan mencatat bagian-bagian penting yang berkaitan dengan tekanan dan *flow oli*. Setelah menyaksikan video, guru memberikan beberapa pertanyaan pemantik sebagai berikut.

1. Apakah kira-kira penyebab sebuah alat berat kehilangan tenaga *hydraulic*-nya? Apakah karena tekanan *hydraulic* atau *flow oli* yang kurang?
2. Bagaimana cara membedakan *hydraulic low power* karena kurangnya tekanan *hydraulic* dan karena kurangnya *flow rate* (debit) oli?

Sebagai pengayaan bahan apersepsi, murid dapat mengakses video tersebut melalui kode QR atau tautan di samping.



E. Formatif Awal

Penilaian sebelum pembelajaran diberikan untuk mengetahui kemampuan awal murid terhadap materi yang akan disampaikan. Bentuk penilaian sebelum pembelajaran berupa soal yang dapat dilakukan secara lisan. Murid diminta mengangkat tangan pada jawaban yang dipilih. Dari sini, guru dapat langsung melihat berapa banyak murid yang mempunyai pemahaman dasar tentang materi yang akan diberikan.

Penilaian sebelum pembelajaran diberikan setelah murid mengamati video melalui kode QR dan tautan di buku siswa. Ada sebuah pertanyaan di buku siswa. Guru dapat



mengembangkan berbagai pertanyaan berdasarkan video tersebut. Guru juga dapat mengembangkan pertanyaan di luar materi yang ada di video, tetapi harus tetap berkaitan dengan materi yang akan dipelajari.

Berikut contoh pertanyaan yang dapat disampaikan guru untuk melakukan penilaian sebelum pembelajaran.

1. Apa yang kamu ketahui tentang aliran oli pada sistem *hydraulic* alat berat?
2. Apa bedanya tekanan dan debit (*flow rate*) oli, serta dampaknya terhadap tenaga *hydraulic* pada alat berat?
3. Mengapa perawatan dan pemeriksaan rutin penting dalam ketersediaan dan performa alat berat?
4. Bagaimana cara membuat *job safety analysis* (JSA)? Pada pekerjaan apa saja yang memerlukan JSA?
5. Menurutmu, alat pelindung diri (APD) apa saja yang mungkin dibutuhkan saat bekerja pada bidang pemeliharaan alat berat dan mengapa itu penting?

Alternatif lain guru dapat memberikan soal formatif awal seperti berikut ini.

Pilihlah jawaban yang benar!

1. Berikut yang termasuk dalam *pressure control valve* ialah
 - a. *Main Relief Valve*
 - b. *Check Valve*
 - c. *Safety Valve*
 - d. *Unload Valve*
 - e. *Compensating Valve*
 - f. *Throttle Valve*
2. Pernyataan berikut ini yang benar tentang *hydraulic pump* ialah
 - a. mengubah energi mekanis menjadi energi kinetik oli
 - b. mengubah energi kinetik oli menjadi energi mekanis
 - c. menghasilkan debit
 - d. menyerap torsi dan kecepatan putar
 - e. *gear pump* dapat mengubah *flow rate* dari sudut pompanya

Panduan Pembelajaran Buku Siswa

Tahapan kegiatan pembelajaran memiliki peranan yang sangat penting sehingga perlu disusun dengan perencanaan yang matang. Bab ini dibagi menjadi tiga subbab yang masing-masing akan dijelaskan proses pembelajarannya. Proses pembelajaran yang disajikan bertujuan sebagai inspirasi bagi guru. Guru diharapkan dapat mengadaptasi dan mengembangkan kegiatan pembelajaran sesuai dengan karakter murid, ketersediaan sarana prasarana, serta kondisi lingkungan sekolah.

Pemeliharaan Komponen *Hydraulic*

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu murid dapat melakukan pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat. Tujuan pembelajaran ini diturunkan menjadi tiga indikator. Di dalam buku siswa, ada subbab pemeliharaan komponen *hydraulic*, pengukuran tekanan sistem *hydraulic*, dan melakukan pengujian dan penyetelan *hydraulic relief valve*.

Tabel 2.7 Tujuan, Subpokok Materi, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat

Tujuan	:	Menerapkan Pemeliharaan Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat
Subpokok Materi	:	Pemeliharaan Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat
Alokasi Waktu	:	36 JP (disajikan dalam 14 minggu). Rancangan pembelajaran pada contoh ini disajikan dalam 14 kali pertemuan. Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai kebutuhan di sekolah.

a. Pemeliharaan Komponen *Hydraulic* Alat Berat

Tabel 2.8 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan Komponen *Hydraulic* Alat Berat

Tujuan	:	Menerapkan Pemeliharaan Komponen <i>Hydraulic</i> Alat Berat
Alokasi Waktu	:	10 JP x 45 Menit (4 Pertemuan)
Indikator	:	Murid dapat menentukan penyebab utama kerusakan pada komponen <i>hydraulic</i> , perawatan pencegahan kerusakan komponen <i>hydraulic</i> , menerapkan inisiatif <i>Kawashima project for hose</i> .

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pemeliharaan komponen *hydraulic* alat berat dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.9 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pemeliharaan *Hydraulic* Alat Berat

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Penyebab utama kerusakan pada komponen <i>hydraulic</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
Perawatan pencegahan kerusakan komponen <i>hydraulic</i>	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
<i>Kawashima project for hose</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir



Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas menelusuri penyebab utama kerusakan pada komponen *hydraulic* dengan mengajak murid untuk memahami empat penyebab utama kerusakan komponen *hydraulic* hingga 70%. Penentuan penyebab utama kerusakan secara sadar, melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap kualitas oli pelumas. Pada aktivitas demonstrasi dan diskusi kontekstual, pembelajaran menjadi bermakna karena murid melakukan pengamatan, pencatatan, dan berdiskusi mengenai dampak oli yang telah terkontaminasi dan terdeteriorasi.

Sementara itu, pada aktivitas praktik langsung (*hands-on*) pada subbab perawatan pencegahan kerusakan komponen *hydraulic* dan *Kawashima project for hose*. Murid tidak hanya memahami prosedur, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata melalui pengukuran dan pemeriksaan komponen, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik.

Pada pembelajaran pemeliharaan komponen *hydraulic* alat berat, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara, seperti membaca *manual book*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa bekerja tanpa *job safety analysis* (JSA) dapat dilakukan. Untuk itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja (K3) sangat penting, seperti pembuatan JSA terlebih dahulu sebelum bekerja dengan *tagline No JSA No Job*, lalu penggunaan APD sesuai kebutuhan pekerjaan.

2) Formatif Pembelajaran

Pada buku siswa, Aktivitas 2.1, 2.2, 2.3, dan 2.4 menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi pemeliharaan komponen *hydraulic* alat berat dan rubik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.

a) Rubik Penilaian Aktivitas 2.1

Tabel 2.10 Rubrik Penilaian Aktivitas 2.1

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Pencarian Referensi yang Akurat	Mendapatkan seluruh referensi dari sumber yang terpercaya	Mendapatkan sebagian referensi dari sumber yang terpercaya	Menyebutkan beberapa referensi dari sumber yang terpercaya	Tidak mendapatkan referensi dari sumber yang terpercaya

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Pemahaman KPI Pemeliharaan Alat Berat	Penjelasan rinci, logis, dan mengaitkan aspek teknis serta keselamatan	Penjelasan cukup tepat dan logis	Penjelasan masih umum, kurang mendalam	Penjelasan kurang tepat, tidak menunjukkan pemahaman teknis
Mengaplikasikan Pemeliharaan Alat Berat dari Sisi Oli <i>Hydraulic</i>	Mengaplikasikan prosedur, penggunaan oli, <i>refill capacity</i> sesuai <i>manual book</i> secara menyeluruh	Mengaplikasikan prosedur, penggunaan oli, <i>refill capacity</i> sesuai <i>manual book</i> secara sebagian	Mengaplikasikan prosedur, penggunaan oli, <i>refill capacity</i> sesuai <i>manual book</i> beberapa bagian	Tidak mengaplikasikan prosedur, penggunaan oli, <i>refill capacity</i> sesuai <i>manual book</i>

Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat di Panduan Umum, Tabel 5 tentang instrumen asesmen.

b) Rubik Penilaian Aktivitas 2.2

Tabel 2.11 Rubrik Penilaian Aktivitas 2.2

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Pembuatan <i>Mind Map</i>	Memahami dan membuat semua kegiatan <i>air bleeding</i> pada <i>mind map</i>	Memahami dan membuat sebagian kegiatan <i>air bleeding</i> pada <i>mind map</i>	Memahami dan membuat beberapa kegiatan <i>air bleeding</i> pada <i>mind map</i>	Tidak memahami dan membuat kegiatan <i>air bleeding</i> pada <i>mind map</i>
Pembuatan JSA	Memahami dan membuat JSA secara menyeluruh/ lengkap	Memahami dan membuat JSA sebagian lengkap	Memahami dan membuat JSA beberapa bagian	Tidak memahami dan membuat JSA

Untuk penilaian diskusi dan parktik, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat di Panduan Umum, Tabel 5 tentang instrumen asesmen.

3) Alternatif Pembelajaran

Alternatif pembelajaran untuk materi pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat dapat dilakukan melalui *project-based learning* berbasis kolaborasi antarkelas atau jenjang.



Dalam model ini, murid dari kelas berbeda membentuk tim untuk merancang dan mempresentasikan pemeliharaan komponen *hydraulic* alat berat yang sesuai dengan *manual book*. Presentasi lengkap dengan simulasi cara melakukan pemeliharaan komponen alat berat, penyiapan sekaligus cara pengisian formulir pemeliharaan dan JSA, serta penggunaan APD yang sesuai dengan pekerjaan pemeliharaan komponen alat berat. Proyek dilakukan di *workshop* atau lapangan terbuka sekolah untuk area praktik dan presentasi, serta didukung oleh pembimbing guru mata pelajaran teknis dan proyek kreatif dan kewirausahaan. Kegiatan ini menumbuhkan rasa tanggung jawab, kepemimpinan, dan kerja sama lintas usia. Selain itu, sekaligus menghadirkan pembelajaran yang kontekstual, berkesadaran terhadap keamanan kerja, dan menyenangkan melalui eksplorasi serta penampilan kreatif hasil kerja tim.

b. Pengukuran Tekanan Sistem *Hydraulic*

Tabel 2.12 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pengukuran Sistem *Hydraulic*

Tujuan	:	Menerapkan Pengukuran Tekanan Sistem <i>Hydraulic</i>
Alokasi Waktu	:	10 JP x 45 Menit (4 Pertemuan)
Indikator	:	Murid mampu melakukan pengukuran pada sistem <i>hydraulic</i> dengan menggunakan monitor panel dan <i>pressure gauge</i> sesuai dengan <i>manual book</i> .

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi menerapkan pengukuran tekanan sistem *hydraulic* alat berat, dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.13 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pengukuran Tekanan Sistem *Hydraulic*

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Pengukuran menggunakan monitor panel	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata (pada monitor panel alat berat)
Pengukuran menggunakan <i>pressure gauge</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata (pada alat ukur)

2) Formatif Pembelajaran

Pada buku siswa, Aktivitas 2.3 menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi pengukuran tekanan pada sistem *hydraulic* alat berat dan rubrik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.

Tabel 2.14 Rubrik Penilaian Aktivitas 2.3

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Pengukuran tekanan <i>relief valve</i> pada sistem <i>hydraulic</i> alat berat	Melakukan semua prosedur pengukuran secara lengkap dan tepat	Melakukan sebagian prosedur pengukuran secara lengkap dan tepat	Melakukan beberapa prosedur pengukuran secara lengkap dan tepat	Tidak melakukan prosedur pengukuran secara lengkap dan tepat

3) Alternatif Pembelajaran

Untuk kegiatan alternatif pembelajaran untuk materi pengukuran tekanan sistem *hydraulic* dapat menggunakan metode *inquiry-based learning*. Pendekatan tersebut mengajak murid untuk mengeksplorasi berbagai skenario gangguan sistem *hydraulic* secara mandiri dengan cara mengamati, mengajukan pertanyaan, merumuskan dugaan penyebab, dan menguji solusi teknis yang sesuai. Kegiatan dilakukan di *workshop* Teknik Alat Berat sekolah dengan unit alat berat atau simulator *hydraulic* yang dapat menampilkan gejala kerusakan tertentu.

Alternatif pembelajaran ini diperkaya dengan dokumentasi visual dan lembar observasi untuk membantu murid mencatat temuan dan refleksi mereka. Cara tersebut dapat membuat murid tidak hanya mengembangkan pemahaman teknis yang kuat, tetapi juga mengalami proses belajar yang aktif, berkesadaran, dan bermakna. Selain itu, juga memberikan rasa pencapaian yang menggembirakan saat berhasil menemukan dan memperbaiki masalah yang disimulasikan.

c. Pengujian dan Penyetelan *Hydraulic Relief Valve*

Tabel 2.15 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyetelan *Hydraulic Relief Valve*

Tujuan	:	Menerapkan Pengujian dan Penyetelan <i>Hydraulic Relief Valve</i>
Alokasi Waktu	:	10 JP x 45 Menit (4 Pertemuan)
Indikator	:	Murid mampu melakukan penyetelan menuju nilai standar dan pengujian yang benar sesuai <i>manual book</i> .

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas Pembelajaran pada buku siswa dengan materi menerapkan pengujian dan penyetelan *hydraulic relief valve* pada alat berat, dapat dilihat dalam tabel berikut.



Tabel 2.16 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyetelan *Hydraulic Relief Valve*

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Pengujian dan penyetelan <i>relief valve</i> pada perlengkapan kerja dan <i>travel hydraulic</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata, yakni pada <i>relief valve</i> perlengkapan kerja dan <i>travel (two stage relief valve)</i>
Pengujian dan penyetelan <i>relief valve</i> pada sistem <i>swing</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata yakni pada <i>relief valve swing (safety valve)</i>

2) Formatif Pembelajaran

Pada buku siswa, Aktivitas 2.4 menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi pengujian dan penyetelan *hydraulic relief valve* pada alat berat. Rubrik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.

Tabel 2.17 Rubrik Penilaian Aktivitas 2.4

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Pengujian dan penyetelan <i>relief valve</i>	Melakukan pengujian dan penyetelan yang benar sesuai prosedur dalam manual	Melakukan pengujian dan penyetelan yang benar sebagian sesuai prosedur dalam <i>manual book</i>	Melakukan pengujian dan penyetelan yang benar beberapa bagian sesuai prosedur dalam <i>manual book</i>	Tidak melakukan pengujian dan penyetelan yang benar sesuai prosedur dalam <i>manual book</i>

3) Alternatif Pembelajaran

Untuk kegiatan alternatif pembelajaran untuk materi pengujian dan penyetelan *hydraulic relief valve* dapat pula menggunakan metode *inquiry-based learning*. Pendekatan ini mengajak murid untuk mengeksplorasi berbagai skenario gangguan sistem *hydraulic* akibat nilai *setting pressure* pada *relief valve* tidak sesuai dengan standar. Skenario ini dilakukan tim dengan cara mengamati, mengajukan pertanyaan, merumuskan dugaan penyebab, dan menguji solusi teknis yang sesuai.

Kegiatan dilakukan di *workshop* Teknik Alat Berat sekolah dengan unit alat berat atau simulator *hydraulic* yang dapat menampilkan gejala kerusakan tertentu. Pembelajaran ini diperkaya dengan dokumentasi visual dan lembar observasi untuk membantu murid

mencatat temuan dan refleksi mereka. Cara tersebut dapat membuat murid tidak hanya mengembangkan pemahaman teknis yang kuat, tetapi juga mengalami proses belajar yang aktif, berkesadaran, dan bermakna. Selain itu, memberikan rasa pencapaian yang menggembirakan saat berhasil menemukan dan memperbaiki masalah yang disimulasikan.

d. Penyusunan Laporan Studi Kasus dan Rekomendasi Perbaikan

Tabel 2.18 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyusunan Laporan Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan

Tujuan	:	Menerapkan Penyusunan Laporan Studi Kasus dan Rekomendasi Perbaikan
Alokasi Waktu	:	6 JP x 45 Menit (2 Pertemuan)
Indikator	:	Murid mampu menyusun laporan pemeliharaan dan kasus sistem <i>hydraulic</i> , seperti pada industri berdasarkan hasil inspeksi dan memberikan rekomendasi teknis untuk perbaikan atau pencegahan.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Pada Aktivitas 2.4, murid melakukan praktik pengukuran *relief valve* pada sistem *hydraulic* alat berat menggunakan monitor panel dan alat ukur tekanan *hydraulic*. Setelah itu, dilanjutkan dengan melakukan Aktivitas 2.5 terkait analisis terhadap *relief valve* pada perlengkapan kerja, *travel* dan *swing*. Guna objektivitas akan kedua aktivitas ini efektif, maka dibuatkan aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi penerapan penyusunan laporan, studi kasus, dan rekomendasi perbaikan, dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.19 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyusunan Laporan Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Penyusunan laporan studi kasus	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid melalui tata cara pembuatan laporan yang benar
	Mengaplikasi	Presentasi dan umpan balik antarmurid, kolaborasi pembuatan laporan dengan pihak dan media <i>online</i>
Rekomendasi perbaikan	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir, memperluas, dan menerapkan ide
	Mengaplikasi	Menghubungkan hasil pengukuran, penyebab masalah, dan alternatif solusinya



Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid melalui perbedaan nilai tekanan pada tiga jenis (perlengkapan kerja, <i>travel</i> , dan <i>swing</i>)

2) Formatif Pembelajaran

Peningkatan pemahaman murid dapat dilakukan dengan guru dan murid bersama-sama mengevaluasi pembelajaran. Aktivitas ini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi menerapkan penyusunan laporan studi kasus dan rekomendasi perbaikan. Rubrik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.

Tabel 2.20 Rubrik Penyusunan Laporan Studi Kasus dan Rekomendasi Perbaikan

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Penyusunan Laporan Studi Kasus dan Rekomendasi Perbaikan	Melakukan pembuatan laporan yang benar, mempresentasikan, dan adanya rekomendasi perbaikan	Melakukan salah dua dari pembuatan laporan, presentasi, dan rekomendasi perbaikan	Melakukan salah satu dari pembuatan laporan, presentasi, dan rekomendasi perbaikan	Tidak melakukan pembuatan laporan, presentasi, dan rekomendasi perbaikan

3) Alternatif Pembelajaran

Guru dapat menggunakan pendekatan *role-play* audit teknis dalam alternatif pembelajaran ini, pada topik penyusunan laporan studi kasus dan rekomendasi perbaikan sistem *hydraulic* alat berat. Murid berperan sebagai teknisi dan auditor dalam simulasi pemeliharaan dan perbaikan sistem *hydraulic* alat berat.

Aktivitas dilakukan di ruang kreatif sekolah untuk menciptakan suasana kerja teknis yang kontekstual dan menyenangkan. Dalam skenario ini, satu kelompok melakukan simulasi inspeksi dan perawatan. Sementara itu, kelompok lain bertindak sebagai tim peninjau yang memberi umpan balik terhadap laporan yang disusun. Model ini tidak hanya memperkuat pemahaman terhadap struktur dan isi laporan, tetapi juga mengembangkan keterampilan komunikasi teknis dan tanggung jawab profesional. Hal tersebut sejalan dengan prinsip pembelajaran yang bermakna dan menggembirakan.

Sumatif

Asesmen sumatif dilakukan pada bagian uji kompetensi merupakan penilaian dalam instrumen tes tertulis dengan bentuk pilihan ganda dan uraian. Untuk lebih jelas, guru dapat melihat tabel rubrik penilaian.

Kunci Jawaban

1. Pilihan Ganda

- 1) b (*main relief valve/high pressure*)
- 2) c (menonaktifkan *swing lock switch*)
- 3) e (36,7–39,7) MPa
- 4) c (*swing safety valve* yang bekerja)
- 5) d (nilai pengukuran ini di bawah standar, jadi perlu dilakukan penyetelan *relief valve* dengan memutar judgment *relief valve* ke kanan sejauh $2,5 \times$ putaran)

2. Uraian

- 1) Oli *hydraulic* yang direkomendasikan dalam sistem *hydraulic* PC200-8M0 ialah TO10 dan HO46-HM. Carilah *data sheet* untuk kedua jenis tersebut!

Jawaban:

- a. *Physical and Chemical Properties* HO46

Physical state	<i>Liquid</i>
Colour	<i>Amber [Light]</i>
Odour	<i>Not available</i>
Flash point	<i>190 oC (closed cup) Pensky-Matens</i>
Vapour pressure	<i>Not available</i>
Vapour density	<i>Not available</i>
Viscosity	<i>Kinematic: 46 mm²/s (46 cSt) at 40°C</i> <i>Kinematic: 6,65 mm²/s (6,65 cSt) at 100°C</i>
pH	<i>Not available</i>
Boilling point/range	<i>Not available</i>
Melting point/range	<i>Not available</i>
Pour point	<i>-24°C</i>
Relative density/specific gravity	<i>Not available</i>
Density	<i>857 kg/m³ (0,857 g/cm³) at 15°C</i>
Solubility	<i>Insoluble in water</i>

Sumber: *Material Safety Data Sheet* Komatsu Hydraulic Oil HO46



b. *Physical and Chemical Properties TO10*

Colour	Amber
Physical state	Liquid at ambient temperature
Odour	Characteristic mineral oil
pH Value	Data not Available
Vapour pressure	Expected to be less than 0,5 Pa at 20°C
Initial boiling point	Expected to be above 280°C
Solubility in water	Negligible
Density	885 kg/m ³ at 15 oC
Flash point	200°C (PMCC)
Flammable limits-upper	10% (V/V)
Flammable limits-lower	1% (V/V)
Auto-Ignition temperature	Expected to be above 320°C
Kinematic viscosity	35 mm ² /s at 40°C
Evaporation rate	Data not available
Vapour density (air = 1)	Greater than 1
Partition co-efficient, n-octanol/water	Log pow expected to be greater than 6
Pour point	-39 °C

Sumber: Material Safety Data Sheet Komatsu Transmission Oil TO10

- 2) Kerusakan oli *hydraulic* disebabkan oleh beberapa faktor. Sebutkan dan jelaskan penyebab kerusakan oli *hydraulic* tersebut!

Jawaban:

a) Perubahan Warna/*Discoloration*

Partikel keras yang menjadi kontaminan, seperti hasil keausan partikel logam, pasir atau kotoran sebagai akibat *scuffing* pada *sliding surface*. Partikel keras kontaminan ini akan mempercepat laju perubahan keasaman oli *hydraulic*. Secara umum, perubahan warna distandarkan dengan NAS Grade. Oli *hydraulic* harus berada di dalam Kelas NAS Grade 10. Apabila oli *hydraulic* memiliki NAS Grade di atas 12, maka oli *hydraulic* mesti dilakukan pergantian. Namun, jika didapatkan NAS Grade oli *hydraulic* 11 dan 12 sering dapat digunakan kembali jika minyak dibersihkan lebih dahulu.

b) Kadar Air/*Water Content*

Apabila air tercampur ke dalam oli *hydraulic*, maka oli tidak dapat melumasi dengan benar. Hal itu akan menyebabkan keausan, *seizure*, dan karat (*rusting*) pada komponen-komponen *hydraulic*. Standar untuk kadar air yang masih diperbolehkan tercampur dengan oli *hydraulic* maksimal 0,2% dari volume oli *hydraulic*. Apabila kadar air di atas dari 0,2%, oli *hydraulic* harus diganti atau dibersihkan.

c) Kavitasi

Jika udara masuk ke dalam oli *hydraulic*, akan menimbulkan gelembung-gelembung udara. Saat gelembung-gelembung ini meledak karena mengalami tekanan tinggi yang tiba-tiba pada titik tertentu, akan menyebabkan kebisingan atau getaran. Khususnya, di sekitar saluran keluaran pompa *hydraulic*. Hal itu, menyebabkan kerusakan akibat erosi.

d) Suhu Oli *Hydraulic Naik*

Jika oli *hydraulic* dibiarkan naik di atas suhu yang ditentukan, viskositas/kekentalan oli akan menurun dan jumlah oli yang dikeluarkan pompa *hydraulic* akan berkurang karena kebocoran dalam (*internal leakage*). Selain itu, *oil film* akan hilang sehingga menyebabkan keausan dan *seizure* serta juga akan memajukan perubahan asam oli *hydraulic*.

- 3) Sistem *hydraulic* pada alat berat senantiasa dirawat agar terhindar dari kerusakan. Jelaskan melalui diagram tentang perawatan pencegahan pada sistem *hydraulic* alat berat!

Jawaban:

Untuk mencegah sebelum terjadinya kegagalan pada alat berat dan untuk memungkinkan alat berat berfungsinya 100% (*best performance*) perlu selalu mengetahui kondisinya. Khususnya untuk menyadari kebisingan yang tidak normal/abnormal, keausan partikel logam yang terlarut dalam oli pelumas, serta tingkat pelumas oli. Selain itu, dengan melakukan pemeliharaan dengan benar sesuai arahan penggunaan jenis oli yang terdaftar dalam *manual operasi* (OMM), maka sebagian besar kerusakan dapat dicegah. Namun, pastikan pengguna/user melakukan poin-poin berikut dengan benar.

- a) Selalu gunakan oli *hydraulic* yang *genuine* (sesuai rekomendasi OMM), tetap jaga interval penggantian oli sesuai yang ditentukan, dan gunakan oli pelumas yang sesuai dengan perubahan suhu sekitar (*ambient temperature*).
- b) Selalu melakukan *warm up* alat berat secara menyeluruh, hindari sejauh mungkin penggunaan alat berat dengan beban yang lebih secara tiba-tiba, akselerasi mendadak, atau berhenti tiba-tiba.
- c) Ketika operator merasa ada kelainan pada alat beratnya, ia harus berhenti menggunakan alat berat dengan segera dan cari penyebabnya, jika perlu panggil pengawas atau mekanik untuk membantu.
- d) Melakukan analisis oli secara berkala dan melakukan segala upaya untuk mencegah kegagalan di alat berat.



- 4) Nilai *relief pressure* pada *swing* relatif rendah dibandingkan dengan *main relief pressure* perlengkapan kerja dan *travel*. Ungkapkan pendapatmu tentang hal tersebut!

Jawaban:

	Testing oil pressure	Unit	Standard value for new machine	Service limit value
Standard value	A (Control circuit source pressure)	MPa {kg/cm ² }	2.93 to 3.43 {30 to 35}	2.74 to 3.43 {28 to 35}
	B (Work equipment relief pressure, low)		33.6 to 36.3 {343 to 370}	33.1 to 37.2 {338 to 380}
	C (Work equipment relief pressure, high)		36.1 to 38.7 {368 to 395}	36.1 to 39.7 {368 to 405}
	D (Unload pressure)		D1 to D2 = 2.5 to 4.5 {26 to 46}	D1 to D2 = 2.5 to 4.5 {26 to 46}
	E (LS differential pressure)		E1 to E2 = 1.7 to 1.9 {17 to 19}	E1 to E2 = 1.7 to 1.9 {17 to 19}
	F (Swing relief pressure)		28.8 to 31.8 {295 to 325}	28.4 to 32.3 {290 to 330}
	G (Travel relief pressure)		36.7 to 39.7 {375 to 405}	36.8 to 40.2 {375 to 410}

Apabila merujuk pada *Shop Manual* PC200-8M0, terlihat nilai *relief pressure* pada *swing* sebesar 295–325kg/cm² yang lebih rendah dibandingkan dengan *main relief pressure* pada perlengkapan kerja yang sebesar 242–270kg/cm² pada *low setting*, dan 368–395kg/cm² pada *high setting*-nya. Hal itu dikarenakan *pressure relief valve* yang bekerja berbeda, *relief valve* pada *swing system* menggunakan *safety valve* yang terpasang pada *swing motor*, berada secara sirkuit *hydraulic* di antara *control valve* dan *swing motor* dengan *setting pressure* 295–325 kg/cm². Sementara itu, *relief valve* pada perlengkapan kerja dan *travel* menggunakan *main relief valve* yang terpasang pada *control valve directional* dengan posisi pada sirkuit *hydraulic* berada *hydraulic pump* dan *directional control valve* dengan *setting pressure* 242–270kg/cm² dan 368–395kg/cm².

- 5) Suatu permasalahan yang ditemukan pada *hydraulic* ialah kecepatan dan tenaga pada semua perlengkapan kerja, *travel*, dan *swing* lemah. Berikan tiga penyebab terjadinya permasalahan tersebut!

Jawaban:

Berikut beberapa jawaban dari pertanyaan nomor lima, guru dapat membandingkan dengan jawaban murid.

- Katup *unload* (*unload valve*): katup *unload* rusak, ganti katup *unload*, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.
- Katup relief utama (*main relief valve*): katup relief utama rusak, sesuaikan katup relief utama. Jika tekanan oli yang benar tidak tercapai setelah penyetelan, ganti katup tersebut, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.

- c) Katup pengurang tekanan mandiri (*self-pressure reducing valve*): katup pengurang tekanan mandiri rusak, ganti katup pengurang tekanan mandiri, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.
- d) Katup PC-EPC (*PC-EPC valve*): katup PC-EPC rusak, ganti katup PC-EPC, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.
- e) Katup PC (*PC valve*): katup PC rusak, sesuaikan katup PC. Jika tekanan oli yang benar tidak tercapai setelah penyetelan, ganti katup PC, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.
- f) Katup LS-EPC (*LS-EPC valve*): katup LS-EPC rusak, ganti katup LS-EPC, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.
- g) Katup LS (*LS valve*): katup LS rusak, sesuaikan katup LS. Jika tekanan oli yang benar tidak tercapai setelah penyetelan, ganti katup tersebut, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.
- h) Piston servo (*servo piston*): piston servo rusak, ganti *piston servo*, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.
- i) Pemeriksaan ulang item inspeksi: pompa piston mungkin rusak, ganti pompa piston, lanjutkan ke “pemeriksaan perbaikan”.

3. Presentasi/Pemaparan Hasil Praktik dan Analisis

Peserta yang tergabung pada tim atau mandiri untuk pengerjaan Aktivitas 2.2, 2.3, 2.4, dan 2.5 dapat menyajikan hasil pengukuran dan analisisnya pada materi presentasi. Selanjutnya, berikan waktu pemaparan 15 menit dan 30 menit tanya jawab. Guru pengampu dapat melakukan penilaian secara menyeluruh atas aktivitas kepada murid, penilaian dapat mengacu pada formulir penilaian berikut.



FORM PENILAIAN PRESENTASI STUDI KASUS

Nama Team :

Ketua :

Anggota 1 :

Anggota 2 :

Anggota 3 :

Kelas :

Materi Uji :

Electric Troubleshooting :

Beri tanda "✓" pada box yang tepat.

Nomor	Item	Evaluation					Jumlah	Remark
	Nonteknis (bobot 25%)	5 Istimewa	4 Baik	3 Cukup	2 Kuning	1 Buruk		
I	Opening							
	1 a. Pembukaan							
	b. Penampilan							
	Communication Skill							
	a. Sistematis							
	b. Bahasa							
	2 c. Tulisan dan Suara							
	d. Bahasa Tubuh dan Ekspresi Wajah							
	e. Percaya Diri dan Antusias							
	Interpersonal Skill							
	a. Penguasaan dan Kontak Pandang Audien							
	b. Pengatur Waktu							
	c. Menanggapi dan Melempar Pertanyaan							
	Subtotal							



II	TEKNIS (Bobot 75%)									
	1	Structure and Function								
		Machine Inspection Program								
		Machine Trouble Analysismachine Conduction Report								
		Subtotal								

....., 20....
.....

Guru Penilai

I. Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu pengayaan bagi murid yang telah mencapai kompetensi dan remedial bagi yang belum. Pengayaan bertujuan memperluas wawasan, sedangkan remedial memperkuat pemahaman dasar murid.

1. Pengayaan

Pengayaan diberikan kepada murid yang telah mencapai kriteria ketercapaian dari tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Kegiatan pengayaan dapat dilakukan sebagai berikut.

- Murid diarahkan untuk mengeksplorasi kompetensi dengan membaca materi pada buku siswa bagian pengayaan yang membahas lebih dalam tentang pemeliharaan komponen *hydraulic* alat berat dan melakukan pengukuran tekanan sistem *hydraulic*. Selain itu, melakukan *testing* dan *adjusting relief valve* dan termasuk standar keselamatan kerja serta metode penyelesaian gangguan sederhana pada sistem *hydraulic*.
- Untuk memperdalam pemahaman tentang pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat, murid diharapkan mencari lebih banyak informasi terkait prosedur pemeliharaan preventif dan korektif. Penyebab utama kerusakan pada komponen *hydraulic* dan penggunaan alat ukur tekanan *hydraulic*, seperti *pressure gauge* dan monitor panel



serta dapat melakukan penyetelan dan pengujian *pressure valve* pada sistem *hydraulic*. Informasi tersebut dapat diperoleh melalui buku, *website*, YouTube, atau media lainnya. Dengan melakukan eksplorasi ini, murid akan memiliki pemahaman teknis yang lebih mendalam.

- c. Murid diberi kesempatan untuk melakukan pemeliharaan sistem alat berat, menggunakan alat ukur tekanan untuk pengukuran tekanan pada sistem *hydraulic* dan melakukan penyetelan dan pengujian *pressure valve*. Melalui video tutorial yang disediakan, murid dapat mempelajari cara pemeliharaan dan pengukuran pada sistem *hydraulic*, serta penyetelan dan pengujian *relief valve* dilakukan secara *real-time* dan terstruktur.
- d. Murid dianjurkan untuk mengeksplorasi studi kasus nyata tentang gangguan sederhana dalam sistem *hydraulic* alat berat seperti “kecepatan dan tenaga pada semua perlengkapan kerja, *travel* dan *swing* lemah”. Informasi ini dapat dicari melalui berbagai media, seperti *manual book* guna menambah wawasan mengenai penerapan lapangan dan tantangan teknis yang dihadapi teknisi alat berat (mekanik).

2. Remedial

Bagi murid yang kemampuannya masih berada di bawah Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP), guru dapat melakukan beberapa upaya berikut.

- a. Memberikan bimbingan secara individu maupun dalam kelompok kecil sesuai kebutuhan murid.
- b. Menyampaikan kembali materi pembelajaran dengan menggunakan pendekatan atau metode yang berbeda agar lebih mudah dipahami.
- c. Mengoptimalkan peran tutor sebaya, yaitu murid yang sudah memahami materi membantu teman sekelasnya melalui kelompok belajar. Dalam kelompok ini, murid yang lebih mampu berperan sebagai pendamping atau narasumber bagi temannya.

Refleksi

1. Refleksi Murid

Refleksi pada buku siswa intinya berisi pertanyaan, ajakan, ulasan, persepsi, dan sejenisnya terkait manfaat yang dirasakan oleh murid setelah mempelajari bab pemeliharaan sistem alat berat. Oleh karena itu, guru dapat memberikan pertanyaan kunci yang membantu murid untuk merefleksikan kegiatan pembelajaran, di antaranya dengan pertanyaan berikut.

- a. Bagaimana kamu melihat peranmu sebagai bagian dari *expertise* alat berat setelah mempelajari sistem *hydraulic* alat berat?

- b. Apa yang paling kamu nikmati dari mempelajari pemeliharaan dan pengukuran tekanan sistem alat berat serta penyetelan dan pengujian *pressure valve*? Jelaskan alasanmu!
- c. Jika kamu diberi kesempatan magang di industri alat berat, seperti distributor, kontraktor pertambangan, pertanian, dan konstruksi yang menggunakan alat berat, apa yang ingin kamu pelajari lebih dalam dan mengapa?
- d. Ceritakan satu hal baru yang kamu pelajari dari materi ini yang menurutmu bermanfaat untuk kehidupan di luar sekolah!
- e. Apa keterampilan teknis dan sikap kerja yang perlu kamu latih agar siap menangani pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat secara profesional?
- f. Bagaimana menurutmu cara terbaik untuk menjaga keselamatan kerja saat pemeliharaan dan pengukuran tekanan sistem alat berat serta penyetelan dan pengujian *pressure valve*?
- g. Apakah kamu merasa lebih percaya diri setelah mempelajari materi ini? Jelaskan hal yang membuat kamu yakin atau belum yakin!
- h. Jika kamu menjadi mentor untuk murid kelas di bawahmu, bagian mana dari materi ini yang ingin kamu ajarkan dan bagaimana cara kamu menyampaikannya?

2. Refleksi Guru

- a. Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah mendorong murid memahami tidak hanya *apa* dan *bagaimana*, tetapi juga *mengapa* pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat penting di pekerjaan dalam skala besar?
- b. Bagian mana dari materi pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat yang paling membangkitkan antusias murid? Apa indikator keterlibatan mereka?
- c. Sudahkah saya memberikan kesempatan bagi murid untuk terlibat aktif, berpikir kritis, dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas-tugas bermakna terkait pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat?
- d. Bagaimana saya mengaitkan materi ini dengan dunia kerja (Iduka) dan konteks kehidupan nyata murid agar lebih relevan dan kontekstual?
- e. Apa praktik baik yang saya lakukan dalam memfasilitasi pembelajaran mendalam pada materi ini, dan bagaimana dampaknya terhadap pemahaman dan sikap murid?
- f. Apa tantangan utama dalam mengajarkan materi ini, dan strategi apa yang dapat saya kembangkan untuk mengatasinya ke depan?
- g. Bagaimana saya menumbuhkan sikap tanggung jawab, ketelitian, dan kepedulian lingkungan melalui pembelajaran pemeliharaan alat berat?
- h. Apa yang saya pelajari sebagai guru dari proses pembelajaran ini dan bagaimana hal tersebut memperkaya praktik mengajar saya ke depannya?



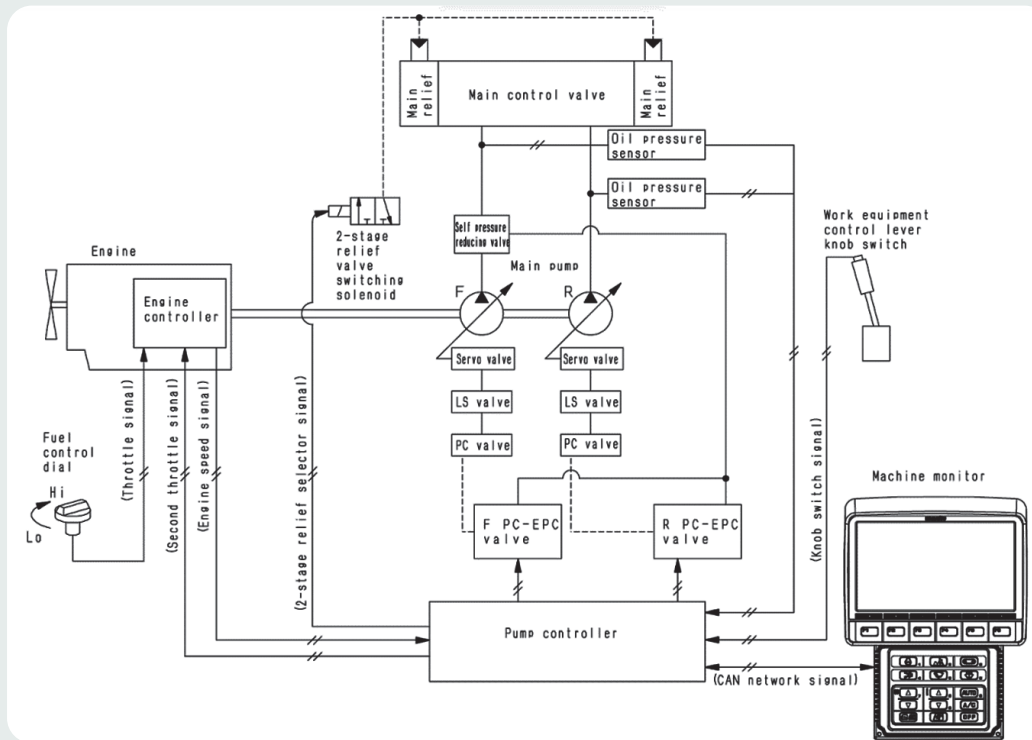
Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 2 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. Buku *Guidance for Reusable Parts: Hydraulic Cylinder*, Shop Manual, Komatsu, 1998
2. *Operation and Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0*, Komatsu
3. *Shop Manual PC200, 200LC-8M0*, Komatsu
4. *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT* United Tractors, Tbk/ 2012
5. *Periodic Service 1000 Hour PC300-8 : Penggantian Hydraulic Oil Filter Element*
6. #UTTips - Cara Mengganti Breather Element pada Tangki Hydraulic
7. *Periodic Service 2000 Hour PC300-8 : Membersihkan Hydraulic Tank Strainer*
8. #UTTips - Pemeriksaan Level Oli Tangki Hydraulic
9. #UTTips - Bleeding Udara dari Hydraulic Pump Excavator
10. #UTTips - Bleeding Udara dari Hydraulic Cylinder Excavator
11. #UTTips - Bleeding Udara dari Travel Motor Excavator
12. PPM Chassis : PC300-8 : Pengukuran Travel Main Relief Valve Oil Pressure
13. PPM Chassis : PC300-8 : Pengukuran Self Pressure Reducing Valve/Control Pressure

Fungsi

POWER MAXIMIZING pada PC200-8M0



Sumber: Shop Manual PC200-8M0/Komatsu

Fungsi *power maximizing* memungkinkan operator meningkatkan tenaga untuk jangka waktu tertentu dengan mengoperasikan *control lever knob switch*. Fungsi ini digunakan untuk menambah gaya gali (*digging force*) selama periode waktu (misalnya saat menggali batu besar). Menekan sakelar kenop kiri pada mode kerja P, E, atau ATT akan meningkatkan gaya *hydraulic* sekitar 7% dan tenaga *engine* (*horsepower*) sekitar 3% sehingga meningkatkan gaya gali (*digging force*).

Pengaturan ini akan otomatis kembali (*reset*) setelah 8,5 detik ketika sakelar ditekan. Pada saat ini, setiap fungsi akan otomatis disetel seperti yang ditunjukkan di samping kanan ini.

Fungsi *power maximizing* pada dasarnya menaikkan tekanan relief pada pekerjaan normal adalah 34,8 MPa {355 kg/cm²}, menjadi tekanan *relief* akan meningkat menjadi sekitar 37,2 MPa {380 kg/cm²}. Hal itu merupakan lima dari fungsi *2-stage relief* dan terdapat empat operasi lainnya guna mengaktifkan fungsi *2-stage relief* agar gaya *hydraulic* dapat meningkat lebih lanjut.

Function	Setting
Engine and pump control	Matching at rated output point
2-stage relief function	34.8 Mpa {355 kg/cm ² } ↓ 37.2 MPa {380 kg/cm ² }
Software cut-off function	Cancel

Operating condition for turning on 2-stage relief function	Relief Pressure
- During travel - When swing lock switch is turned to the ON position - When boom is lowered - When power maximizing function is turned on - When L mode is operated	34.8 Mpa {355 kg/cm ² } ↓ 37.2 MPa {380 kg/cm ² }

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025
Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII
Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin
ISBN: 978-634-00-3309-0 (jil.2 PDF)

Bab
3

Panduan Khusus

Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat



A. Pendahuluan

Materi Bab 3 tentang Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat ini dirancang untuk membekali murid dengan pemahaman dan keterampilan dalam pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat dan pelepasan dan pemasangan *motor starter*. Selain itu, bab ini membahas tentang *charging alternator* sesuai prosedur *manual book* agar tetap memperhatikan keselamatan kerja dan *critical point* dan melakukan penyelesaian masalah sederhana pada rangkaian *starting*, *preheating*, dan *charging system*. Pembelajaran tidak hanya diarahkan pada penguasaan teknis, tetapi juga mendorong murid untuk memahami konsep secara mendalam dan mengaitkan dengan konteks dunia nyata, seperti kasus di industri. Selain itu, mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah secara mandiri maupun kelompok.

Melalui pendekatan pembelajaran mendalam, murid diarahkan untuk mengalami proses belajar yang utuh, yaitu memahami pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat, seperti penanganan peralatan kelistrikan pada alat berat dan perawatan pencegahan kerusakan komponen kelistrikan. Selain itu, memahami tentang *Kawashima project for wiring*, pelepasan pemasangan *starter motor* dan *alternator* serta melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat. Murid juga mampu mengaplikasikan prosedur dan teknik yang tertuang dalam *manual book* secara nyata dalam praktik kerja. Setelah itu, merefleksikan pengalaman belajarnya untuk menarik kesimpulan, mengenali tantangan, dan meningkatkan kualitas kerja. Guru berperan penting sebagai fasilitator yang menciptakan ruang eksplorasi, dialog terbuka, dan refleksi kritis sehingga pembelajaran menjadi bermakna dan berdampak. Penerapan pendekatan tersebut diharapkan murid tidak hanya tumbuh sebagai tenaga terampil. Akan tetapi, juga sebagai insan pembelajar yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masa depan energi berkelanjutan.

1. Tujuan Pembelajaran

Pada bab Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat ini, guru perlu mencermati tujuan pembelajaran agar pada akhir tujuan dapat mencapai Dimensi Profil Lulusan dan tujuan pembelajaran. Tujuan pembelajarannya, yaitu murid mampu melakukan pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat dan pelepasan dan pemasangan *motor starter*. Selain itu, mampu melakukan *charging alternator* sesuai prosedur *manual book* agar tetap memperhatikan keselamatan kerja dan *critical point*. Setelah itu, diharapkan murid mampu melakukan penyelesaian masalah sederhana pada sistem kelistrikan alat berat. Tujuan pembelajaran bab ini pada buku siswa dibuat ringkas untuk memudahkan murid untuk memahaminya.



Adapun tujuan yang ringkas di buku siswa terdiri atas tiga tujuan pembelajaran yang diturunkan dari capaian pembelajaran elemen sistem kelistrikan alat berat. Elemen sistem kelistrikan alat berat diturunkan menjadi dua belas tujuan pembelajaran. Di kelas XII, hanya dipelajari empat tujuan pembelajaran.

Tabel 3.1 CP Elemen Sistem Kelistrikan Alat Berat dan Tujuan Pembelajarannya di Kelas XII

Capaian Pembelajaran Fase	Tujuan Pembelajaran
1. Murid memiliki pengetahuan dan dapat menyebutkan nama, fungsi, lokasi, struktur, dan prinsip kerja komponen dan sistem kelistrikan, serta murid dapat melakukan pemeliharaan dalam sistem kelistrikan alat berat, dapat melakukan pekerjaan lepas pasang komponen kelistrikan, seperti <i>starting motor</i> dan <i>alternator</i> dan dapat menyelesaikan masalah sederhana pada rangkaian kelistrikan alat berat.	1.1 Melakukan pemeliharaan pada <i>battery</i> , <i>motor starter</i> , dan <i>charging alternator</i> 1.2 Melepas dan memasang <i>motor starter</i> 1.3 Melepas dan memasang <i>charging alternator</i> 1.4 Melakukan penyelesaian masalah sederhana pada sistem kelistrikan alat berat

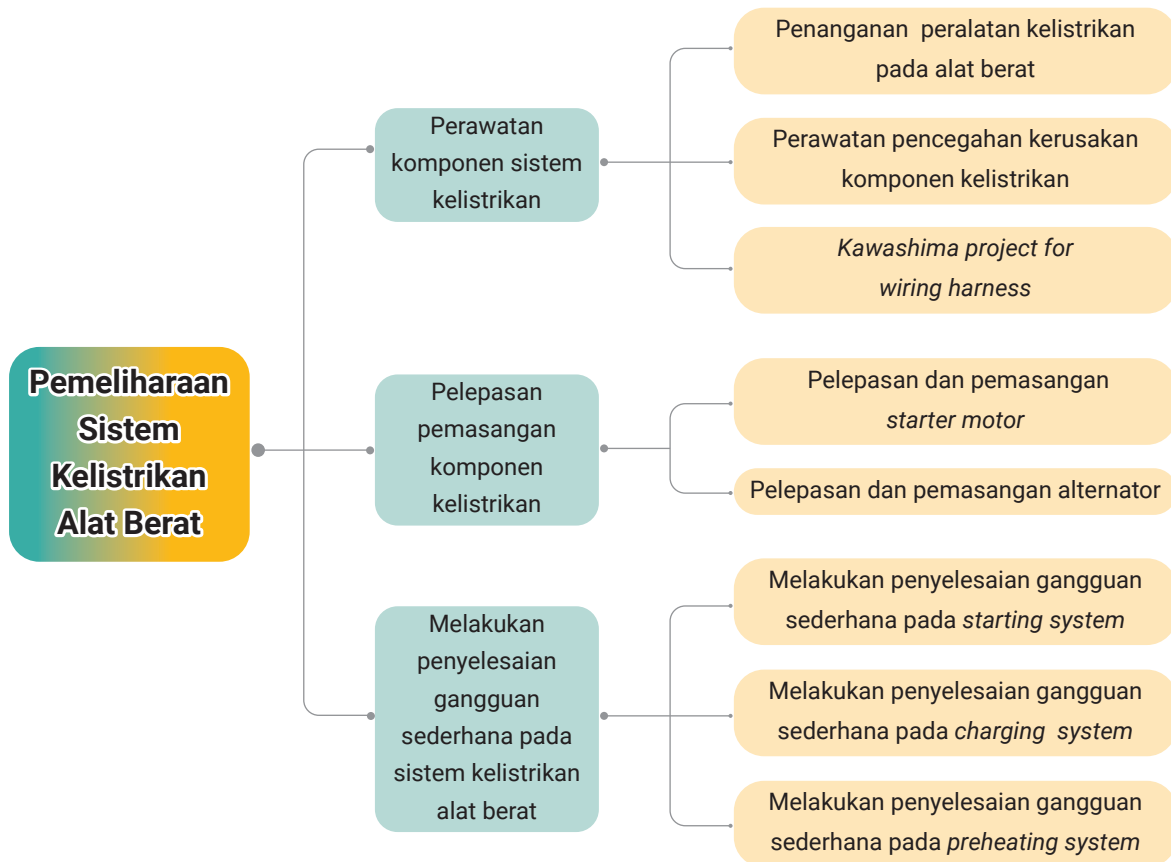
Tujuan pembelajaran tersebut, kemudian diturunkan ke dalam indikator seperti yang disajikan dalam Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Tujuan Pembelajaran dan Indikator Sistem Kelistrikan Alat Berat Kelas XII

Tujuan Pembelajaran	Indikator
1.1 Melakukan pemeliharaan pada <i>battery</i> , <i>motor starter</i> , dan <i>charging alternator</i>	1. Murid dapat menjelaskan penanganan peralatan kelistrikan pada alat berat.
	2. Murid dapat melakukan perawatan pencegahan kerusakan komponen kelistrikan.
	3. Murid mampu melakukan inisiatif yang berada pada <i>Kawashima project for wiring</i> .
1.2 Melakukan pelepasan dan pemasangan <i>motor starter</i>	4. Murid mampu melakukan pelepasan pemasangan <i>motor starter</i> .
1.3 Melakukan pelepasan dan pemasangan <i>charging alternator</i>	5. Murid mampu melakukan pelepasan alternator.
1.4 Melakukan penyelesaian masalah sederhana pada sistem kelistrikan alat berat	6. Murid dapat melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>starting system</i> alat berat.
	7. Murid dapat melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>preheating system</i> alat berat.
	8. Murid dapat melakukan penyelesaian gangguan sederhana <i>charging system</i> alat berat.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bagian ini merupakan bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai Tujuan Pembelajaran. Materi tersebut menyangkut melakukan pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat, pelepasan dan pemasangan *motor starter*, *charging alternator* pada penyelesaian masalah sederhana pada sistem kelistrikan alat. Keseluruhannya merupakan bagian dari pembelajaran pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat.



Gambar 3.1 Peta Materi Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat

a. Pokok Materi

Pokok materi pada bab ini disusun secara bertahap, mulai dari pemahaman konsep dasar hingga keterampilan praktis dalam pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat. Tiap materi saling terhubung untuk membentuk kompetensi teknis sekaligus membangun karakter murid sesuai dimensi profil lulusan.

1) Pemeliharaan pada *Battery*, *Motor Starter*, dan *Charging Alternator*

Pokok materi pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat membekali murid dengan pemahaman dan keterampilan dalam penanganan peralatan kelistrikan pada alat berat. Selain itu, perawatan pencegahan kerusakan komponen kelistrikan dan melakukan inisiatif yang berada pada *Kawashima project for wiring*. Materi ini merupakan tingkat lanjut dari sistem kelistrikan alat berat yang telah dipelajari di kelas XI. Hal itu karena keberhasilan dalam perawatan komponen kelistrikan alat berat sangat bergantung pada kompetensi mekanik, infrastruktur, dan sarana serta konsistensi kualitas setiap proses pemeliharaan. Pemahaman dan keterampilan murid dalam pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat merupakan fondasi penting agar mereka mampu memelihara sistem secara optimal, aman, dan andal.

2) Pelepasan dan Pemasangan *Motor Starter* dan *Alternator*

Pokok materi ini memberikan pemahaman dan keterampilan kepada murid tentang pelepasan dan pemasangan *starting motor* dan *alternator* yang sesuai dengan prosedur dalam *manual book*. Dengan demikian, kualitas pekerjaan dapat tercapai tanpa *redo*, efisien, dan tentunya aman dalam keselamatan kerja. Kegiatan pelepasan dan pemasangan dua komponen ini merupakan kegiatan dalam perawatan pencegahan kategori *midlife component*. Artinya, digantikan secara berkala yakni setiap 8.000HM atau setengah dari umur unit alat berat dan juga dilakukan jika terjadi gangguan pada komponen ini sebelum waktunya *midlife*.

3) Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Sistem Kelistrikan Alat Berat

Pokok materi penyelesaian gangguan pada sistem kelistrikan alat berat yang meliputi sistem *starting*, *preheating*, dan *charging*. Materi tersebut, memberikan pemahaman dan tentunya keterampilan kepada murid tentang penyelesaian gangguan sederhana. Pemahaman dan keterampilan tersebut dimulai dengan pencarian kemungkinan-kemungkinan penyebab gangguan, pengumpulan data dengan observasi, inspeksi dan pengukuran. Data-data yang diperoleh dianalisis sehingga ditemukan *suspect cause* untuk dilakukan penyelesaiannya dan perbaikan, serta berharap gangguan ini tidak terulang lagi. Ketepatan dan waktu penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan ini tergantung pada kemampuan teknis serta cara berpikir kritis dan kreatif murid.

b. Hubungan Antarpokok Materi dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran

Materi dengan materi yang lain saling berhubungan dalam mencapai tujuan pembelajaran. Berikut penjelasan tentang hubungan antarpokok materi tersebut.

- 1) Pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat memberikan dasar keterampilan bagi murid dalam perawatan sistem kelistrikan alat berat yang sesuai prosedur dalam *manual book*. Melalui materi ini, murid dilatih untuk bekerja secara teliti dan bertanggung jawab dalam melakukan pemeliharaan sistem kelistrikan, sekaligus menerapkan prinsip keselamatan dan kesehatan kerja.
- 2) Pelepasan dan pemasangan *starting motor* dan *alternator* merupakan salah satu perawatan pencegahan pada alat berat yang didasarkan pada waktu, setiap setengah umur unit sekitar 8.000HM atau dikenal sebagai *midlife*. Kegiatan pelepasan dan pemasangan komponen ini bertujuan agar unit alat berat selalu siap pakai dalam kondisi prima. Pada materi ini murid dilatih untuk melakukan pekerjaan pelepasan dan pemasangan *starting motor* dan *alternator* yang sesuai dengan prosedur. Pekerjaan dilakukan dengan kondisi dan urutan pengukuran yang sesuai dengan *manual book*. Tujuannya agar didapatkan nilai yang akurat serta tetap mengutamakan keselamatan dan bekerja agar selamat pekerja dan alat beratnya.
- 3) Penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat merupakan aktivitas dalam menurunkan waktu *breakdown* unit yang tidak terjadwal. Kemampuan teknis, komunikasi, berpikir kritis, dan kreatif sangat diperlukan pada penyelesaian gangguan sederhana ini. Dengan demikian, didapatkan penyebab gangguan sampai pada akarnya serta mempersingkat *breakdown* unit yang membuat unit akan memiliki ketersediaan fisik tinggi. Murid dilatih agar mampu menyelesaikan gangguan sederhana sesuai prosedur dalam *manual book* agar terarah dan cepat menemukan penyebab gangguan.

Keterkaitan antara pokok materi ini, murid akan memiliki pemahaman komprehensif dari mulai konsep dasar pemeliharaan, sistem kelistrikan hingga aplikasi praktis. Dengan demikian, murid mampu mencapai tujuan pembelajaran.

c. Hubungan dengan Materi Lain

Pembelajaran bab Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat memiliki keterkaitan erat dengan berbagai materi lain yang ada di mata pelajaran dan ilmu terkait di bidang teknik. Keterkaitan ini terjadi karena pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat melibatkan berbagai disiplin ilmu dalam aplikasinya. Berikut ini hubungan pembelajaran pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat dengan mata pelajaran terkait.

1) Dasar-Dasar Kelistrikan dan Elektronika

Materi ini menjadi fondasi utama dalam memahami sistem kelistrikan alat berat. Pemahaman tentang arus listrik, tegangan, hambatan, hukum Ohm, dan rangkaian



seri-paralel. Hal tersebut sangat penting untuk menganalisis dan memperbaiki sistem kelistrikan pada alat berat, seperti sistem starter, alternator, dan sistem penerangan.

2) Gambar Teknik

Dalam pemeliharaan sistem kelistrikan, teknisi harus bisa membaca dan menafsirkan diagram kelistrikan (*wiring diagram*). Gambar teknik membantu dalam mengenali jalur kabel, konektor, sensor, dan aktuator pada alat berat.

3) Mekanika Teknik

Sistem kelistrikan sangat mendukung kerja sistem mekanik. Misalnya, starter motor menghidupkan mesin dan sensor-sensor membaca parameter dari komponen mekanik (seperti suhu oli, tekanan bahan bakar). Oleh karena itu, teknisi harus memahami cara komponen mekanik bekerja agar bisa mendiagnosis kegagalan yang berhubungan dengan sistem kelistrikan.

4) Tool (Alat Kerja Teknik)

Penggunaan alat secara tepat dan aman ialah dasar penting dalam melakukan pemeliharaan dan penyelesaian gangguan pada sistem kelistrikan alat berat. Banyak pekerjaan yang menyangkut sistem kelistrikan memerlukan alat diagnostik, seperti alat pengukuran tegangan, hambatan, arus listrik, frekuensi, ketersambungan dan alat khusus *refractometer*, *megger tester* yang hanya diajarkan dalam pelajaran *Tool*. Melatih keterampilan teknisi untuk menghindari kerusakan komponen karena penggunaan alat yang salah.

5) Sistem *Hydraulic*

Sistem kelistrikan juga mengontrol sistem *hydraulic* melalui *electro-hydraulic valves* atau *solenoid valve*. Pemeliharaan sistem kelistrikan juga berarti memastikan komponen kelistrikan yang mengatur aktuasi *hydraulic* bekerja dengan baik.

6) Pemeliharaan Alat Berat

Pemeliharaan alat berat merupakan pelajaran lanjutan dan terapan yang langsung terkait dengan sistem kelistrikan alat berat. Murid belajar cara melakukan inspeksi, *troubleshooting*, perbaikan, dan perawatan sistem kelistrikan alat berat dan menjadi inti dari pembelajaran pemeliharaan sistem kelistrikan.

7) Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Pemeliharaan sistem kelistrikan mengandung risiko kesetrum, kebakaran, dan ledakan. Oleh karena itu, teknisi harus memahami prosedur K3 saat bekerja dengan sistem kelistrikan alat berat.

3. Saran Alokasi Waktu

Rekomendasi alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran bab ini ialah empat bulan. Hal itu termasuk untuk pekan *ice breaking*, pengenalan, dan asesmen awal. Adapun untuk pembelajaran materi bab ini yang terdiri atas tiga subbab dapat dialokasikan waktu empat belas pekan. Selanjutnya, dua pekan terakhir dapat dikhususkan untuk kegiatan refleksi dan asesmen bagi murid.

Guru perlu mencermati ketentuan dan keperluan pembelajaran yang nyata di sekolah. Pembelajaran ini dapat dilakukan dalam tiga jam pelajaran atau jumlah lainnya dalam sepekan. Guru hendaknya mampu beradaptasi dengan berbagai kemungkinan yang ada.

B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat

Sebelum mempelajari materi bab ini, murid harus telah memiliki kompetensi berikut.

1. Kompetensi menggunakan alat pelindung diri (APD) dalam kesehatan dan keselamatan kerja (K3).
2. Kompetensi menggunakan perkakas praktik dan terutama *multitester*.
3. Kompetensi membaca gambar teknik *electrical circuit*.
4. Kompetensi menggunakan alat ukur dan alat diagnosis.
5. Kompetensi mengetahui posisi pengukuran pada komponen listrik alat berat dan dapat menggunakan alat diagnostiknya (*refractormeter* dan *multitester*)
6. Kompetensi mengeksplorasi monitor panel untuk keperluan pengukuran besaran-besaran listrik dari komponen listrik yang terintegrasi dengan sistem kontrol alat berat.

Guru dapat memastikan murid telah menguasai kompetensi-kompetensi tersebut. Tujuannya agar proses pembelajaran dapat berjalan dengan baik dan lancar.

C. Kerangka Pembelajaran

Bab ini menerapkan pembelajaran mendalam. Penerapan pembelajaran mendalam tersebut memiliki kerangka pembelajaran sebagai berikut.

1. Praktik Pedagogis

Pembelajaran pada materi pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat menekankan keterlibatan aktif murid dalam memahami sistem dan menerapkan keterampilan teknis sesuai kebutuhan industri alat berat. Praktik pedagogis dilaksanakan melalui pendekatan berbasis praktik langsung, studi kasus, kolaborasi kelompok, hingga proyek pelaporan



yang merefleksikan proses kerja nyata di lapangan. Guru memfasilitasi tiap tahap dengan model pembelajaran yang sesuai, seperti demonstrasi, *inquiry learning*, *cooperative learning*, *problem-based learning*, hingga *project-based learning*. Tujuan utamanya ialah membekali murid tidak hanya dengan pengetahuan teknis, tetapi juga kemampuan berpikir kritis dan kreatif, bekerja sama, komunikasi, memecahkan masalah, dan bertanggung jawab secara profesional.

Tabel 3.3 Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
1.	pemeliharaan pada <i>battery</i>, <i>motor starter</i>, dan <i>charging alternator</i> a. Penanganan peralatan kelistrikan pada alat berat b. Perawatan pencegahan kerusakan komponen kelistrikan c. Inisiatif yang berada pada <i>Kawashima project for wiring</i>	Demonstrasi, diskusi kontekstual, dan praktik langsung (<i>hands-on</i>)	Guru memperagakan pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat diawali dengan cara penanganan peralatan kelistrikan pada alat berat, kemudian murid mengamati, mencatat, dan berdiskusi, lalu murid melakukan langsung perawatan pencegahan dan initiative pada <i>Kawashima project</i> untuk <i>wiring</i> .
2.	Pelepasan pemasangan komponen kelistrikan	Praktik langsung (<i>hands-on</i>)	Murid melakukan langsung pelepasan dan pemasangan komponen kelistrikan alat berat dalam hal ini motor stater dan alternator. Guru memberi pendampingan teknis dan menekankan pentingnya kualitas pekerjaan, ketelitian, dan keselamatan kerja yang terpandu oleh dokumen pekerjaan pemeliharaan pencegahan dan <i>job safety analysis</i> (JSA).
3.	Penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat	<i>Cooperative learning</i> dan simulasi	Dalam kelompok, murid melakukan simulasi aliran arus listrik yang bekerja pada sistem kelistrikan alat berat meliputi sistem <i>starting</i> , <i>charging</i> , dan <i>preheating</i> yang tergambarkan pada <i>electrical circuit</i> pada buku siswa yang bersumber dari <i>manual book</i> . Praktik ini menumbuhkan kerja sama, keterampilan teknis, dan kesadaran

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
			terhadap pentingnya pengaturan sistem kelistrikan dalam mempercepat pengidentifikasian masalah pada gangguan sederhana sistem kelistrikan.
4.	Kasus Industri: <i>Engine</i> tidak dapat start	<i>Problem-based learning</i> (PBL)	Murid diberikan studi kasus gangguan sederhana sistem kelistrikan alat berat yakni “ <i>Engine</i> tidak dapat start”, menganalisis penyebab kerusakan, menentukan dan melakukan kriteria, prosedur penyelesaian masalah, serta merancang dan menyimulasikan solusi perbaikan. Pendekatan ini melatih murid dalam berpikir sistematis, kritis dan kreatif, mengembangkan solusi teknis, dan mengasah kepercayaan diri dalam menghadapi masalah nyata.

2. Kemitraan Pembelajaran

Kemitraan pembelajaran membentuk hubungan yang dinamis antara guru, murid, orang tua, komunitas, dan mitra profesional, seperti teknisi atau perusahaan di bidang alat berat. Pendekatan ini memindahkan kontrol pembelajaran dari guru saja menjadi kolaborasi bersama yang melibatkan berbagai pihak untuk menghasilkan pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif. Dalam materi pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat, kemitraan dengan mitra profesional memungkinkan murid mendapatkan pengalaman langsung melalui bimbingan teknisi, demonstrasi lapangan, serta pengembangan keterampilan yang sesuai standar industri. Orang tua dan komunitas juga dapat terlibat dalam mendukung praktik pemeliharaan sistem di lingkungan sekolah atau masyarakat sekitar. Misalnya, pembimbingan murid dalam pembuatan laporan dan cara menyampaikannya serta komunitas atau masyarakat yang menggunakan alat berat dapat memberikan masukan tentang pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berkelanjutan.



Tabel 3.4 Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Kemitraan Pembelajaran	Contoh Aktivitas
1.	Pemeliharaan pada <i>battery</i> , <i>motor starter</i> , dan <i>charging alternator</i>	Murid ↔ Murid lain kelas ↔ Guru mata pelajaran lain (IPAS/Teknologi, Bahasa Indonesia/Komunikasi)	Murid dari kelas berbeda saling bertukar pengalaman praktik pemeliharaan, dibantu guru IPAS memberikan teori, guru bahasa membantu penyusunan laporan teknis dan presentasi.
2.	Pelepasan pemasangan komponen kelistrikan	Guru ↔ Mitra profesional (teknisi) ↔ Guru Teknik Alat Berat	Guru dan teknisi mendampingi praktik pelepasan dan pemasangan komponen kelistrikan, yakni <i>motor starter</i> dan <i>alternator</i> .
3.	Penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat	Guru ↔ Mitra profesional (teknisi) ↔ Guru Teknik Alat Berat	Guru dan teknisi mendampingi praktik penyelesaian gangguan sederhana pada sistem <i>starting</i> , <i>charging</i> , dan <i>preheating</i> .
4.	Laporan pemeliharaan, studi kasus dan rekomendasi	Guru ↔ Murid ↔ Orang tua ↔ Mitra profesional	Murid mempresentasikan laporan kepada guru dan murid sekelas, orang tua, dan mitra profesional memberikan masukan.

3. Lingkungan Pembelajaran

Lingkungan pembelajaran yang efektif mengintegrasikan ruang fisik, ruang virtual, dan budaya belajar untuk mendukung pembelajaran mendalam pada materi pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat. Ruang fisik seperti *workshop* alat berat dirancang sesuai standar industri agar siswa dapat melakukan praktik secara aman, kolaborasi kelompok, dan eksplorasi alat serta komponen sistem kelistrikan dan unit alat berat. Sementara itu, ruang virtual menyediakan akses ke simulasi digital, video tutorial dan forum diskusi yang memperluas wawasan dan memungkinkan refleksi serta berbagi ide secara interaktif. Budaya belajar yang menekankan kolaborasi dan keterbukaan mendorong siswa untuk aktif bertanya, bekerja sama, dan mengembangkan keterampilan *problem solving* yang penting dalam pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat secara menyeluruh.

Tabel 3.5 Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
1.	Pemeliharaan pada <i>battery</i> , <i>motor starter</i> , dan <i>charging alternator</i>	Praktik penanganan komponen kelistrikan, pemeliharaan pencegahan alat berat, dan <i>initiative Kawashima</i> pada <i>wiring</i>	Modul pelatihan pemeliharaan <i>online</i>	Kerja sama kelompok dan <i>coaching</i> teknisi



No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
2.	Pelepasan pemasangan komponen kelistrikan	Pelepasan dan pemasangan langsung di unit alat berat	Platform kolaborasi peninjauan prosedur kerja pada <i>manual book</i> serta pembuatan JSA	Ketelitian prosedur, jeli akan kritikal poin, serta analisis kritis
3.	Penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat	Penyelesaian gangguan sederhana pada sistem <i>starting, charging, dan preheating</i>	Penghimpunan, pengolahan, analisis data hasil penyelesaian gangguan	Diskusi hasil evaluasi dan analisis kritis
4.	Laporan pemeliharaan, studi kasus, dan rekomendasi	Penyusunan laporan manual dan presentasi di kelas	Platform kolaborasi pembuatan laporan <i>online</i>	Presentasi dan umpan balik antarmurid

4. Pemanfaatan Digital

Pemanfaatan teknologi digital berperan penting sebagai katalisator dalam menciptakan pembelajaran pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat yang lebih interaktif, kolaboratif, dan kontekstual. Melalui beragam sumber belajar digital seperti video tutorial, simulasi interaktif, platform diskusi *online*, dan modul pembelajaran berbasis web, murid dapat mengakses materi secara fleksibel sesuai kebutuhan dan gaya belajar mereka. Teknologi digital juga memfasilitasi kolaborasi antarmurid dan guru lintas kelas serta memperkaya pengalaman belajar melalui praktik virtual yang mendekati kondisi nyata. Dengan begitu, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan menyiapkan murid untuk memahami sekaligus menguasai pemeliharaan, penyelesaian gangguan sederhana secara komprehensif.

Tabel 3.6 Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
1.	Pemeliharaan pada <i>battery, motor starter, dan charging alternator</i>	Modul pembelajaran <i>online</i> dan video demonstrasi	Memberikan panduan langkah-langkah pemeliharaan secara detail dan berulang
2.	Pelepasan pemasangan komponen kelistrikan	Platform kontrol <i>procedure</i> (form <i>check list</i>) dan kolaborasi dokumen <i>online</i>	Memudahkan kontrol prosedur dan penyusunan serta revisi form JSA secara kolaboratif
3.	Penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat	Aplikasi pengolahan data dan grafik	Memudahkan analisis hasil evaluasi dan memvisualisasikan performa sistem
4.	Laporan pemeliharaan, studi kasus, dan rekomendasi	Platform kolaborasi <i>online</i> dan templat laporan	Mempermudah penyusunan, revisi dan presentasi laporan secara kolaboratif



D. Apersepsi

Sebelum memulai pembelajaran, guru menayangkan sebuah video mengenai gangguan yang terjadi pada sebuah alat berat yang tidak dapat dinyalakan atau *engine* tidak dapat *start*. Guru meminta murid untuk menyimak video dengan saksama dan mencatat langkah-langkah apa saja yang dilakukan untuk menyelesaikan gangguan tersebut. Setelah menyaksikan video, guru memberikan beberapa pertanyaan pemantik sebagai berikut.

1. Apa yang kalian lakukan apabila mendapati unit alat berat kalian tidak dapat menyala (*engine* tidak dapat *start/cranking*)?
2. Apa kira-kira penyebabnya sebuah alat berat tidak dapat dinyalakan dan alat ukur apa saja yang diperlukan?

Sebagai pengayaan bahan apersepsi, murid dapat mengakses video tersebut melalui kode QR atau tautan di samping.



E. Formatif Awal

Penilaian sebelum pembelajaran diberikan untuk mengetahui kemampuan awal murid terhadap materi yang akan disampaikan. Bentuk penilaian sebelum pembelajaran berupa soal yang dapat dilakukan secara lisan. Murid diminta mengangkat tangan pada jawaban yang dipilih. Dari sini, guru dapat langsung melihat berapa banyak murid yang mempunyai pemahaman dasar tentang materi yang akan diberikan.

Dalam buku siswa, penilaian sebelum pembelajaran diberikan setelah murid mengamati video melalui kode QR Code dan tautan di buku siswa. Ada sebuah pertanyaan di buku siswa. Guru dapat mengembangkan berbagai pertanyaan berdasarkan video tersebut. Guru juga dapat mengembangkan pertanyaan di luar materi yang ada di video, tetapi harus tetap berkaitan dengan materi yang akan dipelajari.

Berikut contoh pertanyaan yang dapat disampaikan guru untuk melakukan penilaian sebelum pembelajaran.

1. Apa yang kamu ketahui tentang tegangan, arus listrik, dan hambatan sistem kelistrikan?
2. Komponen apa saja yang berada pada sistem *starting* pada unit alat berat?
3. Apakah yang dimaksud dengan perawatan *midlife* pada alat berat dan apa saja aktivitasnya?



4. Bagaiman cara membuat *job safety analysis* (JSA) dan pada pekerjaan apa saja yang memerlukan JSA?
5. Menurutmu, alat pelindung diri (APD) apa saja yang mungkin dibutuhkan saat bekerja pada bidang pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat dan mengapa itu penting?

Alternatif lain guru dapat memberikan soal formatif awal seperti berikut ini.

Pilihlah jawaban yang benar!

1. Berikut ang termasuk dalam *komponen sistem charging* ialah
 - a. *battery*
 - b. *safety relay*
 - c. *alternator*
 - d. *starting motor*
 - e. *regulator*
 - f. *battery relay*
2. Berikut yang merupakan penanganan kontroler, yaitu
 - a. Jangan meletakkan benda apa pun di atas kontroler.
 - b. Tutup konektor kontrol dengan isolasi (*tape*) atau kantong plastik/vinil.
 - c. Diperbolehkan menyentuh kontak konektor.
 - d. Saat cuaca hujan, jangan biarkan kontroler berada di tempat yang terkena hujan.
 - e. Jangan letakkan kontroler di atas minyak, air, atau tanah, atau di tempat yang dapat menjadi sangat panas, meskipun hanya dalam waktu singkat.

F. Panduan Pembelajaran Buku Siswa

Tahapan kegiatan pembelajaran memiliki peranan yang sangat penting sehingga perlu disusun dengan perencanaan yang matang. Bab ini dibagi menjadi tiga subbab yang masing-masing akan dijelaskan proses pembelajarannya. Proses pembelajaran yang disajikan bertujuan sebagai inspirasi bagi guru. Guru diharapkan dapat mengadaptasi dan mengembangkan kegiatan pembelajaran sesuai dengan karakter murid, ketersediaan sarana prasarana, serta kondisi lingkungan sekolah.

Pemeliharaan pada Sistem Kelistrikan Alat Berat

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu murid dapat melakukan pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat. Tujuan pembelajaran ini diturunkan menjadi tiga indikator. Di dalam buku siswa, subbab pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat, pelepasan dan pemasangan *motor starter*, *charging alternator*, dan penyelesaian masalah sederhana pada sistem kelistrikan alat berat.



Tabel 3.7 Tujuan, Subpokok Materi, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat

Tujuan	:	Menerapkan Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat
Subpokok Materi	:	Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat
Alokasi Waktu	:	47 JP (disajikan dalam 14 minggu). Rancangan pembelajaran pada contoh ini disajikan dalam 14 kali pertemuan. Alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai kebutuhan di sekolah.

a. Pemeliharaan Komponen Kelistrikan Alat Berat

Tabel 3.8 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Pemeliharaan pada *Battery*, *Motor Starter*, dan *Charging Alternator*

Tujuan	:	Menerapkan Pemeliharaan pada <i>Battery</i> , <i>Motor Starter</i> , dan <i>Charging Alternator</i>
Alokasi Waktu	:	16 JP x 45 Menit (4 Pertemuan)
Indikator	:	Murid dapat melakukan penanganan peralatan kelistrikan, perawatan pencegahan, dan <i>initiative</i> pada <i>Kawashima Project</i> untuk <i>wiring</i> pada alat berat.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat, dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 3.9 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pemeliharaan Komponen Kelistrikan Alat Berat

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Penanganan peralatan kelistrikan	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
Perawatan pencegahan kerusakan komponen kelistrikan	Memahami	Menghubungkan dengan konteks nyata dan/atau kehidupan sehari-hari
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata atau bidang lain
<i>Kawashima project for wire</i>	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas penanganan komponen kelistrikan dengan mengajak murid untuk memahami cara penanganan soket, kontroler yang benar saat melakukan lepas, pasang, peletakan, dan pembersihan serta prosedur pengelasan agar tidak merusak sistem. Penanganan komponen kelistrikan secara sadar, melalui proses berpikir terstruktur dan kritis. Pada aktivitas demonstrasi, diskusi kontekstual, pembelajaran menjadi bermakna karena murid melakukan pengamatan, pencatatan dan berdiskusi mengenai penanganan soket, kontroler, dan prosedur pengelasan yang benar.

Sementara itu, pada aktivitas praktik langsung (*hands-on*) pada subbab perawatan pencegahan kerusakan komponen kelistrikan dan *Kawashima project for wire*, murid tidak hanya memahami prosedur. Akan tetapi, juga mengaitkannya langsung dengan konteks nyata melalui pengukuran dan pemeriksaan komponen, serta menerapkan pengetahuan pada situasi praktik.

Pada pembelajaran pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara, seperti membaca *manual book*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa bekerja tanpa *job safety analysis* (JSA) dapat dilakukan. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja (K3) sangat penting. Misalnya, pembuatan JSA terlebih dahulu sebelum bekerja dengan *tag line No JSA No Job*, lalu penggunaan APD sesuai kebutuhan pekerjaan.

2) Formatif Pembelajaran

Pada buku siswa, Aktivitas 3.1, 3.2, dan 3.3 menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat. Rubrik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.



a) Rubrik Penilaian Aktivitas 3.1

Tabel 3.10 Rubrik Penilaian Aktivitas 3.1

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Penanganan Soket dan Wire Harness	Mendapatkan seluruh referensi dari sumber <i>manual book</i>	Mendapatkan sebagian referensi dari <i>manual book</i>	Menyebutkan beberapa referensi dari <i>manual book</i>	Tidak mendapatkan referensi dari <i>manual book</i>
Pembuatan JSA pada kegiatan pemeriksaan level elektrolit baterai	Memahami dan membuat JSA secara menyeluruh/ lengkap	Memahami dan membuat JSA sebagian lengkap	Memahami dan membuat JSA beberapa bagian	Tidak memahami dan membuat JSA
Mengaplikasikan Kawahima for wire	Mengaplikasikan 3 <i>initiative Kawashima for Wire</i>	Mengaplikasikan 2 <i>initiative Kawashima for Wire</i>	Mengaplikasikan 1 <i>initiative Kawashima for Wire</i>	Tidak Mengaplikasikan <i>initiative Kawashima for Wire</i>

Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada Tabel 5 di Panduan Umum tentang instrumen asesmen.

b) Rubrik Penilaian Aktivitas 3.2

Tabel 3.11 Rubrik Penilaian Aktivitas 3.2

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Pembuatan JSA pada Kegiatan Pelepasan dan Pemasangan Motor Starter dan Alternator	Memahami dan membuat JSA secara menyeluruh/ lengkap	Memahami dan membuat JSA sebagian lengkap	Memahami dan membuat JSA beberapa bagian	Tidak memahami dan membuat JSA

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Penyampaian Informasi/ Presentasi JSA pada Kegiatan Pelepasan dan Pemasangan Motor Starter dan Alternator	Mengaplikasikan semua aspek kemampuan berkomunikasi (sistematis, bahasa, tulisan dan suara, bahasa tubuh, ekspresi wajah, percaya diri, dan antusias)	Mengaplikasikan sebagian besar aspek kemampuan berkomunikasi	Mengaplikasikan sebagian kecil aspek kemampuan berkomunikasi	Tidak mengaplikasikan aspek kemampuan berkomunikasi

Untuk penilaian diskusi dan praktik, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada Tabel 5 di bagian Panduan Umum tentang instrumen asesmen.

c) Rubik Penilaian Aktivitas 3.3

Tabel 3.12 Rubrik Penilaian Aktivitas 3.3

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Penyampaian Kerja Sistem Kelistrikan Alat Berat	Mengaplikasikan semua aspek kemampuan berkomunikasi	Mengaplikasikan sebagian besar aspek kemampuan berkomunikasi	Mengaplikasikan sebagian kecil aspek kemampuan berkomunikasi	Tidak mengaplikasikan aspek kemampuan berkomunikasi
Aspek kemampuan berkomunikasi: sistematis, bahasa, tulisan dan suara, bahasa tubuh, ekspresi wajah, percaya diri, dan antusias				

d) Kasus Industri



Gambar 3.2 Delapan (8) Langkah Penyelesaian Masalah

Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu



Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada Tabel 5 di bagian Panduan Umum dan untuk rubik penilain diri pada refleksi sebagai berikut.

Tabel 3.13 Rubrik Penilain Diri pada Refleksi

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Kedalaman Refleksi	Refleksi sangat mendalam, menunjukkan pemahaman mendalam tentang pentingnya pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat	Refleksi cukup mendalam dan memahami pentingnya pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat	Refleksi dangkal dan pemahaman terbatas	Refleksi sangat dangkal atau tidak relevan
Kejelasan Tulisan	Paragraf tersusun dengan jelas, runtut, dan mudah dipahami	Paragraf cukup jelas dan dapat dipahami	Paragraf kurang runtut, ada kalimat yang membingungkan	Paragraf tidak jelas dan sulit dipahami
Kejujuran dan Keterbukaan	Menunjukkan kejujuran tinggi dan keterbukaan terhadap pengalaman belajar	Menunjukkan kejujuran dan keterbukaan yang cukup.	Menunjukkan sedikit keterbukaan, tetapi terkesan formal saja	Tidak menunjukkan kejujuran atau refleksi pribadi
Penggunaan Bahasa	Bahasa sesuai kaidah dan tata bahasa baik	Bahasa cukup baik, ada sedikit kesalahan	Bahasa kurang tepat, banyak kesalahan tata bahasa	Bahasa tidak sesuai, sulit dimengerti

3) Alternatif Pembelajaran

Alternatif pembelajaran untuk materi pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat dapat dilakukan melalui *project-based learning* berbasis kolaborasi antarkelas atau jenjang. Dalam model ini, murid dari kelas berbeda membentuk tim untuk merancang dan mempresentasikan pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat yang sesuai dengan *manual book*. Presentasi lengkap dengan simulasi cara melakukan pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat, penyiapan sekaligus cara pengisian formulir pemeliharaan dan JSA, serta penggunaan APD yang sesuai dengan pekerjaan

pemeliharaan komponen alat berat. Proyek dilakukan di *workshop* atau lapangan terbuka sekolah untuk area praktik dan presentasi, serta didukung oleh pembimbingan guru mata pelajaran teknis dan proyek kreatif dan kewirausahaan.

Kegiatan tersebut dapat menumbuhkan rasa tanggung jawab, kepemimpinan, dan kerja sama lintas usia. Selain itu, menghadirkan pembelajaran yang kontekstual, berkesadaran terhadap keamanan kerja, dan menyenangkan melalui eksplorasi serta penampilan kreatif hasil kerja tim.

b. Pelepasan Pemasangan Komponen Kelistrikan

Tabel 3.14 Tujuan, Alokasi Waktu, dan Indikator Pelepasan dan Pemasangan Komponen Kelistrikan

Tujuan	:	Menerapkan Pelepasan dan Pemasangan Komponen Kelistrikan
Alokasi Waktu	:	12 JP x 45 Menit (4 Pertemuan)
Indikator	:	Murid mampu melakukan pelepasan pemasangan komponen kelistrikan sesuai dengan <i>manual book</i> .

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas Pembelajaran pada buku siswa dengan materi menerapkan pelepasan pemasangan komponen kelistrikan, dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 3.15 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pelepasan dan Pemasangan Komponen Kelistrikan

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Pelepasan dan pemasangan starter motor	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata yakni pelepasan dan pemasangan komponen sesuai prosedur
Pelepasan dan pemasangan alternator	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata yakni pelepasan dan pemasangan komponen sesuai prosedur

2) Formatif Pembelajaran

Pada buku siswa, Aktivitas 3.2 menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat. Rubrik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.

Tabel 3.16 Rubrik Penilaian Aktivitas 3.2

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Pembuatan JSA pada Kegiatan Pelepasan dan Pemasangan Motor Starter dan Alternator	Memahami dan membuat JSA secara menyeluruh/ lengkap	Memahami dan membuat JSA sebagian lengkap	Memahami dan membuat JSA beberapa bagian	Tidak memahami dan membuat JSA
Penyampaian Informasi/ Presentasi JSA pada Kegiatan Pelepasan dan Pemasangan Motor Starter dan Alternator	Mengaplikasikan semua aspek kemampuan berkomunikasi (sistematis, bahasa, tulisan, suara, bahasa tubuh, ekspresi wajah, percaya diri, dan antusias)	Mengaplikasikan sebagian besar aspek kemampuan berkomunikasi	Mengaplikasikan sebagian kecil aspek kemampuan berkomunikasi	Tidak mengaplikasikan aspek kemampuan berkomunikasi

3) Alternatif Pembelajaran

Untuk kegiatan alternatif pembelajaran untuk materi pelepasan pemasangan komponen kelistrikan dapat menggunakan metode *inquiry-based learning*. Dalam pendekatan ini, murid diajak untuk mengeksplorasi berbagai skenario kesalahan dalam pelepasan dan pemasangan *motor starter* dan alternator secara mandiri. Kegiatan dilakukan dengan cara mengamati, mengajukan pertanyaan terkait *critical point* pelepasan dan pemasangan *motor starter*, dan alternator.

Kegiatan dilakukan di unit alat berat atau *engine* yang ada di *workshop* Teknik Alat Berat sekolah yang memiliki kedua komponen kelistrikan tersebut. Pembelajaran ini diperkaya dengan dokumentasi visual dan lembar observasi untuk membantu murid mencatat temuan dan refleksi mereka. Cara tersebut dapat membuat murid tidak hanya mengembangkan pemahaman teknis yang kuat. Akan tetapi, juga mengalami proses belajar yang aktif, berkesadaran, dan bermakna, serta memberikan rasa pencapaian yang menggembirakan saat berhasil menemukan dan memperbaiki masalah yang disimulasikan.



c. Penyelesaian Gangguan Sederhana Sistem Kelistrikan Alat Berat

Tabel 3.17 Tujuan, Alokasi Waktu, dan Indikator Penyelesaian Gangguan Sistem Kelistrikan Alat Berat

Tujuan	:	Menerapkan Penyelesaian Gangguan Sederhana Sistem Kelistrikan Alat Berat
Alokasi Waktu	:	12 JP x 45 Menit (4 Pertemuan)
Indikator	:	Murid mampu melakukan penyelesaian gangguan sederhana sistem kelistrikan alat berat sesuai <i>manual book</i> .

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku didik dengan materi menerapkan penyelesaian gangguan sederhana sistem kelistrikan alat berat, dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 3.18 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyelesaian Gangguan Sistem Kelistrikan Alat Berat

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>starting system</i>	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir, memperluas dan menerapkan ide
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata yakni pelepasan dan pemasangan komponen sesuai prosedur
	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
Melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>charging system</i>	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir, memperluas, dan menerapkan ide
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata yakni pelepasan dan pemasangan komponen sesuai prosedur
	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid
Melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>preheating system</i>	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir, memperluas, dan menerapkan ide
	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata yakni pelepasan dan pemasangan komponen sesuai prosedur
	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid

2) Formatif Pembelajaran

Pada buku siswa, Aktivitas 3.3 menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat. Rubrik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.

Tabel 3.19 Rubik Penilaian Aktivitas 3.3

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Penyampaian Kerja Sistem Kelistrikan Alat Berat Aspek kemampuan berkomunikasi: sistematis, bahasa, tulisan, suara, bahasa tubuh, ekspresi wajah, percaya diri, dan antusias	Mengaplikasikan semua aspek kemampuan berkomunikasi	Mengaplikasikan sebagian besar aspek kemampuan berkomunikasi	Mengaplikasikan sebagian kecil aspek kemampuan berkomunikasi	Tidak mengaplikasikan aspek kemampuan berkomunikasi

Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada Tabel 5 di bagian Panduan Umum dan untuk rubik penilai diri pada refleksi sebagai berikut.

Tabel 3.20 Rubrik Penilai Diri pada Refleksi

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Kedalaman Refleksi	Refleksi sangat mendalam, menunjukkan pemahaman mendalam tentang pentingnya pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat	Refleksi cukup mendalam dan memahami pentingnya pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat	Refleksi dangkal dan pemahaman terbatas	Refleksi sangat dangkal atau tidak relevan
Kejelasan Tulisan	Paragraf tersusun dengan jelas, runtut, dan mudah dipahami	Paragraf cukup jelas dan dapat dipahami	Paragraf kurang runtut, ada kalimat yang membingungkan	Paragraf tidak jelas dan sulit dipahami

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Kejujuran dan Keterbukaan	Menunjukkan kejujuran tinggi dan keterbukaan terhadap pengalaman belajar	Menunjukkan kejujuran dan keterbukaan yang cukup	Menunjukkan sedikit keterbukaan, tetapi terkesan formal saja	Tidak menunjukkan kejujuran atau refleksi pribadi
Penggunaan Bahasa	Bahasa sesuai kaidah dan tata bahasa baik	Bahasa cukup baik, ada sedikit kesalahan	Bahasa kurang tepat, banyak kesalahan tata bahasa	Bahasa tidak sesuai, sulit dimengerti

3) Alternatif Pembelajaran

Untuk kegiatan alternatif pembelajaran untuk materi penyelesaian gangguan sederhana pada sistem *starting*, *charging*, dan *preheating* dapat juga menggunakan metode *inquiry-based learning*. Dalam pendekatan ini, murid diajak untuk mengeksplorasi berbagai skenario gangguan sistem kelistrikan akibat kegagalan fungsi komponen, hubungan singkat, ataupun putus. Skenario ini dilakukan tim dengan cara mengamati, mengajukan pertanyaan, merumuskan dugaan penyebab, dan menguji solusi teknis yang sesuai.

Kegiatan dilakukan di *workshop* Teknik Alat Berat sekolah dengan unit alat berat atau simulator *electric* yang dapat menampilkan gejala kerusakan tertentu. Pembelajaran ini diperkaya dengan dokumentasi visual dan lembar observasi untuk membantu murid mencatat temuan dan refleksi mereka. Cara tersebut dapat membuat murid tidak hanya mengembangkan pemahaman teknis yang kuat. Akan tetapi, juga mengalami proses belajar yang aktif, berkesadaran, dan bermakna, serta memberikan rasa pencapaian yang menggembirakan saat berhasil menemukan dan memperbaiki masalah yang disimulasikan.

d. Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan

Tabel 3.21 Tujuan, Alokasi Waktu, dan Indikator Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan

Tujuan	:	Menerapkan Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat
Alokasi Waktu	:	7 JP x 45 Menit (2 Pertemuan)
Indikator	:	Murid mampu menyusun laporan pemeliharaan dan kasus sistem kelistrikan, seperti pada industri berdasarkan hasil inspeksi dan memberikan rekomendasi teknis untuk perbaikan atau pencegahan.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Pada kasus industri terdapat contoh permasalahan terkait sistem kelistrikan alat berat, yakni *engine can't start* yang diselesaikan dengan delapan (8) langkah. Agar pembiasaan dalam penyelesaian gangguan, khususnya pada sistem alat berat, maka dibuatkan aktivitas pembelajaran tambahan dengan materi penerapan penyusunan laporan, studi kasus dan rekomendasi perbaikan. Tahapan aktivitasnya dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 3.22 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan

Kode dan Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
Penyusunan laporan studi kasus	Memahami	Menstimulasi proses berpikir murid melalui tata cara pembuatan laporan yang benar
	Mengaplikasi	Presentasi dan umpan balik antara murid Kolaborasi pembuatan laporan dengan pihak dan media <i>online</i>
Rekomendasi perbaikan	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir, memperluas, dan menerapkan ide
	Mengaplikasi	Menghubungkan hasil pengukuran, penyebab masalah, dan alternatif solusinya
	Memahami	Menstimulasi proses berpikir untuk kemungkinan-kemungkinan penyebab gangguan

2) Formatif Pembelajaran

Peningkatan pemahaman murid dapat dilakukan dengan cara guru dan murid bersama-sama mengevaluasi pembelajaran. Aktivitas ini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran untuk materi menerapkan penyusunan laporan, studi kasus, dan rekomendasi perbaikan. Rubrik penilaian aktivitasnya sebagai berikut.

Tabel 3.23 Rubik Penilaian Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Penyusunan Laporan, Studi Kasus, dan Rekomendasi Perbaikan	Melakukan pembuatan laporan yang benar, mempresentasikan, dan adanya rekomendasi perbaikan	Melakukan salah dua dari pembuatan laporan, presentasi, dan rekomendasi perbaikan	Melakukan salah satu dari pembuatan laporan, presentasi, dan rekomendasi perbaikan	Tidak melakukan pembuatan laporan, presentasi, dan rekomendasi perbaikan



3) Alternatif Pembelajaran

Sebagai alternatif pembelajaran pada topik penyusunan laporan pemeliharaan, studi kasus, dan rekomendasi perbaikan sistem kelistrikan alat berat, guru dapat menggunakan pendekatan *role-play* audit teknis. Pada pendekatan tersebut, murid berperan sebagai teknisi dan auditor dalam simulasi pemeliharaan dan perbaikan sistem kelistrikan alat berat.

Aktivitas dilakukan di ruang kreatif sekolah untuk menciptakan suasana kerja teknis yang kontekstual dan menyenangkan. Dalam skenario ini, satu kelompok melakukan simulasi inspeksi dan perawatan. Sementara itu, kelompok lain bertindak sebagai tim peninjau yang memberi umpan balik terhadap laporan yang disusun. Model ini tidak hanya memperkuat pemahaman terhadap struktur dan isi laporan. Akan tetapi, juga mengembangkan keterampilan komunikasi teknis dan tanggung jawab profesional, sejalan dengan prinsip pembelajaran yang bermakna dan menggembirakan.

Sumatif

Asesmen sumatif dilakukan pada bagian uji kompetensi merupakan penilaian dalam instrumen tes tertulis dengan bentuk pilihan ganda dan uraian. Untuk lebih jelas, guru dapat melihat tabel rubik penilaian.

Kunci Jawaban

1. Pilihan Ganda

- 1) d (*safety relay*)
- 2) d (II, IV, III, V, I)
- 3) b (*defective safety heater*)
- 4) d (diperbolehkan menyentuh kontak konektor)
- 5) e (PPC *lock hydraulic switch* mematikan dan mengaktifkan *starter cut relay* sehingga terminal C dari *starting switch* dapat menuju ke S *safety relay* melalui *personal cut relay* yang diaktifkan melalui *machine monitor*)

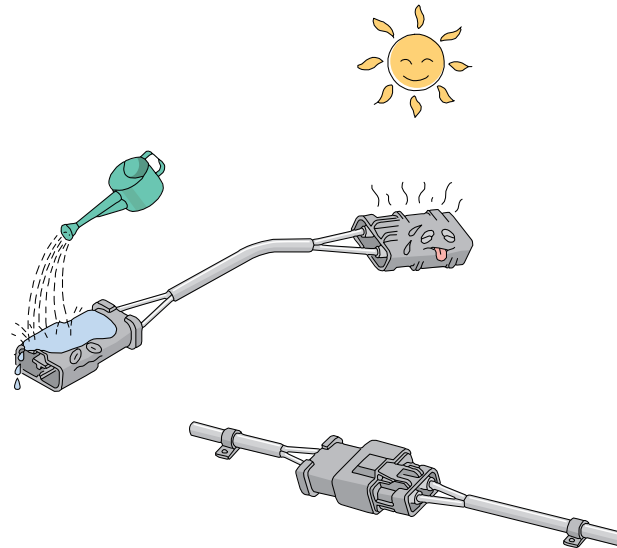
2. Kunci Evaluasi Esai

- 1) Carilah informasi terkait melepas, memasang, dan mengeringkan beberapa konektor serta kabel *harness* menggunakan *shop manual* unit!

Jawaban:

Menangani Kabel *Harness* dan Konektor

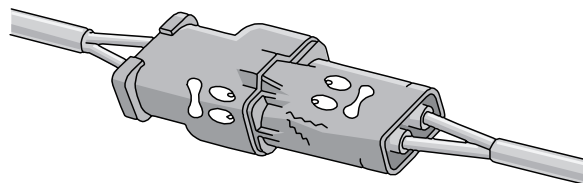
- a) Kabel *harness* rentan terhadap pengaruh langsung, seperti air hujan, panas, atau getaran. Selain itu, selama proses pemeriksaan dan perbaikan, kabel *harness* sering dilepas dan dipasang kembali sehingga berisiko mengalami deformasi (perubahan bentuk) atau kerusakan. Oleh karena itu, sangat penting untuk berhati-hati saat menangani kabel *harness*.



Gambar 3.3 Kabel *harness* lebih rentan terhadap pengaruh air hujan, panas, atau getaran.

Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu

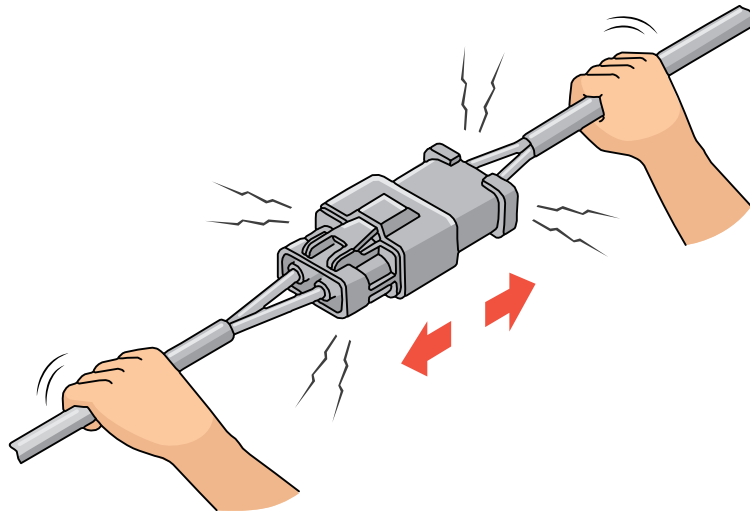
- b) Kontak tidak sempurna pada konektor (kontak tidak sempurna antara konektor jantan dan betina). Masalah kontak tidak sempurna dapat terjadi karena salah satu atau kedua konektor mengalami deformasi atau posisinya tidak sejajar dengan tepat, atau karena adanya korosi atau oksidasi pada permukaan kontak.



Gambar 3.4 Pemasangan Soket yang Tidak Tepat

Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu

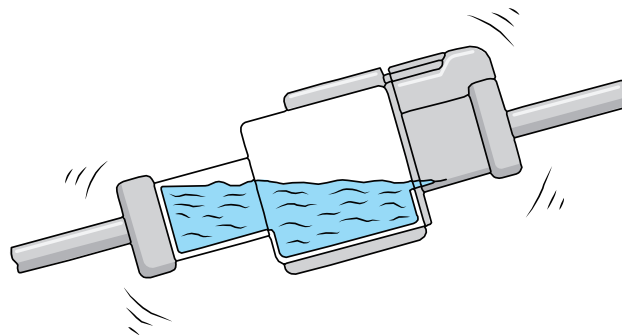
- c) Jika kabel *harness* ditarik untuk melepaskan konektor, atau komponen diangkat dengan *crane* sementara kabel *harness* masih terhubung, atau benda berat menabrak kabel *harness*, maka dapat terjadi *crimping* pada konektor terlepas, solderan rusak, atau kabel *harness* putus.



Gambar 3.5 Penarikan Kabel *Harness* untuk Melepas Konektor

Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu

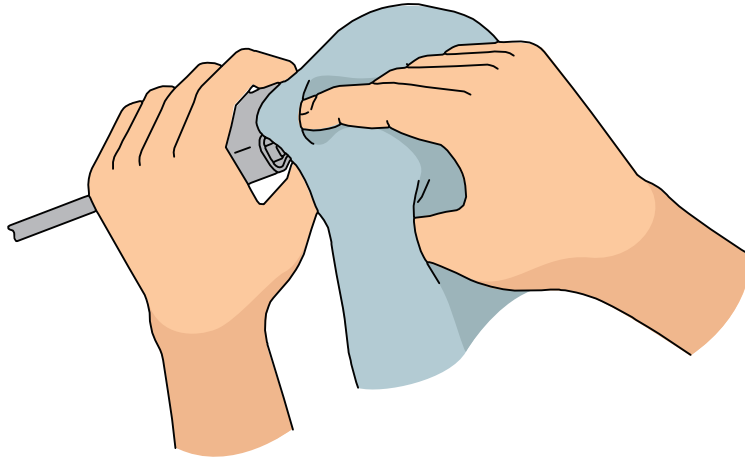
- d) Konektor dirancang agar air sulit masuk (struktur tahan tetesan air). Namun, jika semprotan air bertekanan tinggi diarahkan langsung ke konektor, air dapat masuk ke dalam konektor tergantung arah semprotan. Oleh karena itu, hindari menyemburkan air ke arah konektor. Jika air masuk ke dalam konektor maka pin dapat mengalami hubungan pendek (*short circuit*) akibat air tersebut. Jadi, segera keringkan konektor atau lakukan tindakan yang sesuai sebelum mengalirkan listrik melalui konektor tersebut.



Gambar 3.6 Air dalam Konektor

Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0/ Komatsu

- e) Saat membersihkan bagian sambungan konektor, jangan memberikan tekanan berlebih agar pin tidak berubah bentuk, jika udara bertekanan yang digunakan mengandung minyak atau air. Hal itu justru akan membuat kontak makin kotor. Jadi, pastikan udara bertekanan bebas dari minyak dan air sebelum digunakan untuk membersihkan konektor.



Gambar 3.7 Pembersihan Air atau Kotoran dari Konektor dengan Kain Lap

Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu

- 2) Buatlah *job safety analysis* (JSA) pelepasan dan pemasangan *starting motor*!

Jawaban:

Membuat *job safety analysis* (JSA) pelepasan dan pemasangan *starting motor*.

JSA pelepasan dan pemasangan alternator

Lembar Analisis Keselamatan Pekerjaan Pelepasan Pemasangan Alternator

AKTIVITAS atau PEKERJAAN				Nomor JEHSA :		
Remove and Install Alternator				Revisi : 0	Tanggal:	
Perusahaan/Divisi: PT United Tractors Tbk/Service		Dept/Section: Workshop		Bagian terkait :	Halaman: dari	
Alat Pelindung Diri yang disyaratkan: ☒ Safety Shoes ☒ Safety Glass ☒ Masker/Respirator ☒ Gloves/Sarung Tangan ☒ Safety Helmet ☒ Ear Plugs/Muff ☒ Safety Harness				Dibuat oleh:		Disetujui oleh:
No.	URUTAN PEKERJAAN		BAHAYA YANG ADA		PENGENDALIAN DAN PENCEGAHAN YANG DIPERLUKAN	
1	Menyiapkan dan mengembalikan peralatan kerja		1.1	Tangan lecet/luka	1.1.1	Gunakan alat pelindung diri yang dipersyaratkan saat melakukan pekerjaan seperti sarung tangan, helm, dan kaca mata.
					1.1.2	Periksa peralatan dan asesorisnya serta pastikan peralatan tersebut dalam keadaan baik.

		1.2	Cedera Punggung	1.2.1	Lakukan pengangkatan secara manual (<i>manual handling</i>) dengan benar.
				1.2.2	Saat pengangkatan pastikan tulang punggung tetap lurus dan pusatkan tumpuan beban pada tulang paha.
				1.2.3	Ambillah <i>tool</i> yang sesuai dengan untuk pekerjaan pembongkaran alternator.
2	Memasang ganjal roda	2.1	Terjepit	2.1.1	Pasang ganjal setelah unit benar-benar berhenti, pasang ganjal dan samping unit, ikuti prosedur <i>manual handling</i> .
3	Pasang <i>danger tag</i>	3.1	Terjepit	3.1.1	Pasang <i>danger tag</i> sesuai nama dan jumlah pekerja yang melakukan pekerjaan pada unit tersebut dengan menggunakan <i>pad log</i> .
4	Naikkan <i>jack</i> kabin	4.1	Terjepit	4.1.1	Gunakan <i>tool's</i> khusus untuk menaikkan kabin (<i>handle jack</i> kabin). Jika dibutuhkan <i>extention pipe</i> untuk meringankan beban, maka gunakan pipa yang layak pakai dan kondisi baik. Jangan pegang bagian ujung yang terhubung ke <i>tool</i> karena dapat menyebabkan tangan terjepit.
5	Buka konektor <i>cable</i> di alternator	5.1	Tersengat arus	5.1.1	Pastikan posisi <i>Switch Battery</i> kondisi <i>Off</i> . Atau jika memungkinkan membuka terminal <i>accu</i> , maka lakukan hal tersebut.
		5.2	Terjadi arus pendek	5.2.1	Pastikan kabel tidak teraliri arus dengan memfungsikan/memutar kontak atau pastikan <i>switch</i> dalam keadaan <i>off</i> .
6	Buka <i>adjuster screw alternator</i>	6.1	Terjepit	6.1.1	Gunakan <i>tool's</i> standar yang sudah dilakukan inspeksi
		6.2	Melepuh/luka bakar	6.2.1	Pastikan saat akan melakukan perbaikan/melepas alternator <i>engine</i> dalam kondisi dingin, lakukan pengetesan dengan meraba pada bagian <i>cover slinder head</i> .
				6.2.2	Gunakan sarung tangan saat melakukan pelepasan alternator dari unit.
7	Buka <i>screw bracket alternator</i>	7.1	Terjepit	7.1.1	Gunakan <i>tomy bar</i> sebagai pengungkit jika <i>braket</i> alternator macet, perhatikan pergerakan <i>tomy bar</i> jangan memukul dengan palu pada bagian dari alternator.
8	Melepas alternator	8.1	Terjepit	8.1.1	Pastikan sebelum melepas alternator sudah melakukan <i>Release V-Belt Alternator</i> dan melepaskan <i>V-Belt</i> dari <i>polly alternator</i> .
				8.1.2	Pengerjaan penggantian alternator tidak diperbolehkan dikerjakan oleh satu orang, minimum 2 orang.

Sumber: FORM JSA/ FORM 036/PROS-MFP-MLK3-006/United Tractors

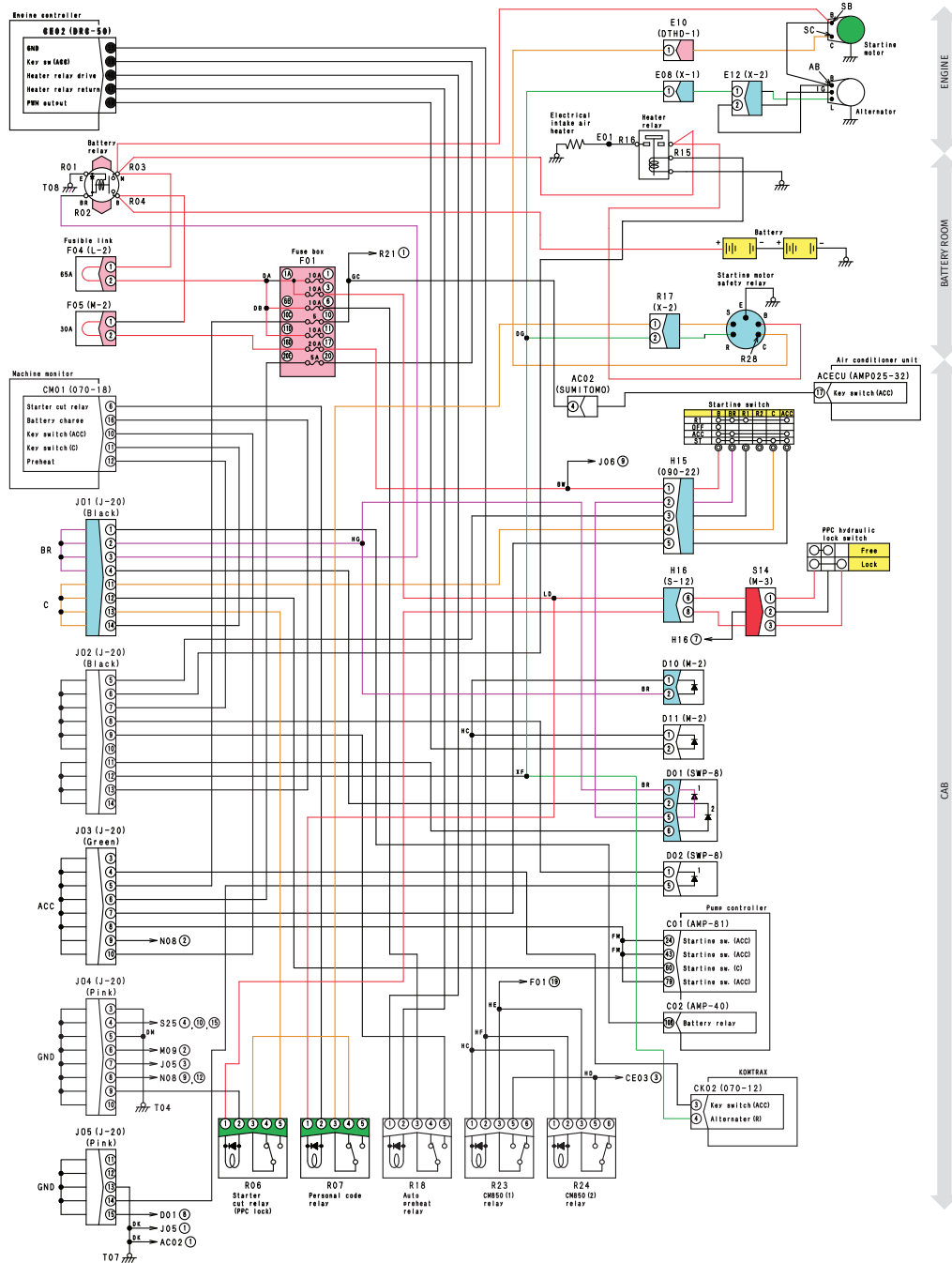
Format yang sama untuk membuat JSA lepas pasang *motor starter*.

- 3) Jelaskan cara kerja rangkaian pada Gambar 3.30 tentang rangkaian listrik terkait sistem *starting* pada PC200-8!

Jawaban:

Rangkaian Starting Sistem Hydraulic Excvator PC200-8M0

Circuit diagram related to engine box start



Gambar 3.8 Rangkaian Starting Sistem Hydraulic Excavator

Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu



Cara Kerja Rangkaian *Starting* pada Gambar 3.30 Buku Siswa

- a) Sisi positif baterai telah terhubung dengan terminal R04 (B) baterai relai dan terminal B *starting switch* melalui Fusible link F05, Fuse Box F01 (terminal 12-20A), Konektor M15 (pin 1). Pada saat *starting switch* pada posisi *start* guna penyalan *engine*, maka terminal B *starting switch* akan terhubung dengan terminal BR, C, ACC, dan R2.
- b) Pada kondisi ini, arus listrik mengalir ke terminal BR *starting switch* menuju ke konektor J01 Pin 2 melalui konektor H15 pin2 dan diode D01 konektor SWP-8 (pin 3 dan 1), dari konektor J01, arus listrik ini ada yang dihubungkan oleh konektor J01 di Pin 3 ke terminal R02 (BR) untuk mengaktifkan *battery relay* dan membuat terminal R04 (B) dan R03 terhubung. Dengan demikian, arus listrik dari *battery* akan tersedia (*stand by*) pada *starting motor*, *alternator*, dan *heater relay* terminal B-nya.
- c) Pada kondisi yang sama terjadi aliran arus listrik ke terminal C *starting switch* menuju *starter cut relay* PPC lock R06 pada Pin 5 yang berpadu pada kondisi terminal nomally open (NO), *relay* R06 ini akan aktif, apabila posisi PPC *hydraulic lock switch* pada posisi *lock*. Jika PPC *hydraulic lock switch* ini pada posisi LOCK, tegangan B baterai yang melalui *fusible link* F04, Fuse Box F01 terminal 3 (10A), Konektor H16 (Pin 6), Konektor S14 (Pin1) akan dihubungkan oleh PPC *hydraulic lock switch* ini ke *relay* R06 Pin 1 melalui konektor S14 (Pin 3) dan konektor H16 (Pin 8) membuat relay R06 aktif, dan membuat tegangan B baterai dari terminal C yang terhubung ke pin 5 R06 akan dilanjutkan ke pin 3 R06 ke *personal code relay* R07 Pin 4.
- d) Apabila, *personal code* tidak diaktifkan, maka B baterai akan berlanjut mengalir ke terminal pin 3 R07 menuju ke terminal S *safety relay* melalui konektor R17 Pin 1 untuk pengamanan.
- e) Pada awal penyalan *engine*, alternator belum dapat menghasilkan tegangan, maka terminal R alternator tidak cukup mampu memberikan perintah kepada *safety relay* ke terminal R-nya melalui konektor E12 Pin 1, E08 dan R17 pin 2. Dengan demikian, *safety relay* akan menghubungkan terminal B nya ke terminal C, maka arus listrik yang telah tersedia sebelumnya akan mengalir menuju ke terminal C *starting motor* melalui konektor E10, dan membuat *starting motor* berputar.
- f) Perputaran *motor starter* sebagai gerakan awal *engine* agar *engine* dapat menyala. Ketika *engine* berputar, maka putaran ini akan memutar alternator juga yang akan menghasilkan tegangan pada terminal R-nya guna sebagai pengisian ke baterai dan juga *signal* pemutusan kinerja *starting motor* yang melalui konektor E08 dan E12 Pin 1.

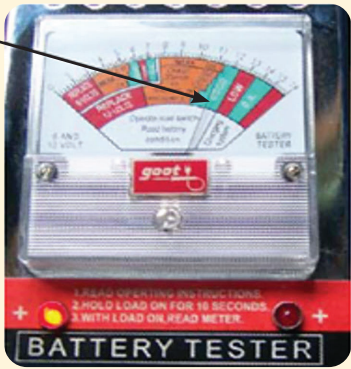
- 4) Jelaskan cara pengujian komponen-komponen kelistrikan sistem *starting* masih baik atau tidak! Komponen tersebut meliputi *battery*, *fusible links*, *starting switch*, *battery relay*, *safety relay*, dan *starting motor*.

Jawaban:

a) **Baterai**

Tabel 3.24 Pengukuran Komponen Kelistrikan (Baterai)

Perhatian Khusus	Langkah Kerja	Instruksi, Petunjuk, dan Penjelasan	Keterangan Gambar
Tegangan <i>battery</i>	Mengukur tegangan	- Pasang <i>clamp</i> merah ke terminal (+) <i>battery</i> dan <i>clamp</i> hitam ke terminal (-) <i>battery</i>. - Baca hasil ukur pada layar	 
	Mengukur tegangan per <i>cell</i>	- Pasang <i>clamp</i> merah ke tempat (+) <i>battery</i> dan celupkan <i>test lead</i> hitam (bukan <i>clamp</i> hitam) ke masing-masing <i>cell battery</i> 	

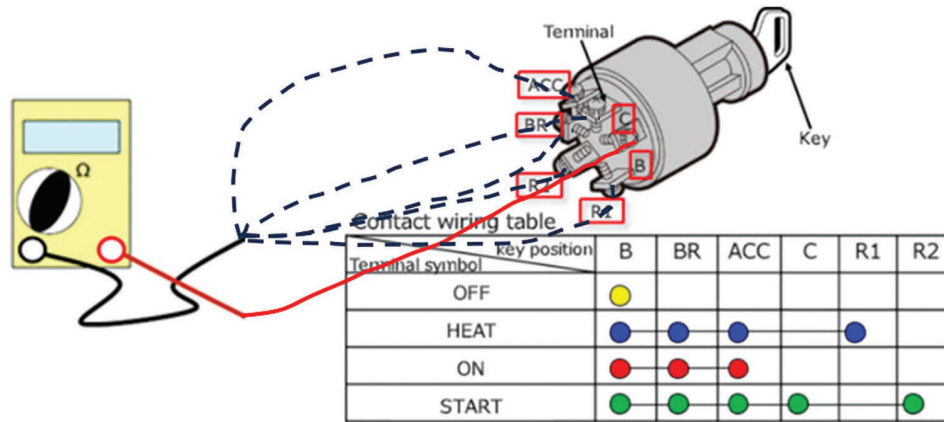
Perhatian Khusus	Langkah Kerja	Instruksi, Petunjuk, dan Penjelasan	Keterangan Gambar
<i>Test load battery</i>	Mengetes <i>load battery</i>	- Pasang clamp merah ke terminal (+) <i>battery</i> dan <i>clamp</i> hitam ke terminal (-) <i>battery</i>. - Tekan <i>test switch</i> selama 10 detik.	 
		- Baca hasil ukur pada layar setelah <i>test switch</i> dilepas. Baik: <i>pointer</i> di daerah hijau. Jelek: <i>pointer</i> di daerah merah.	

Sumber: Modul Praktik *Battery*, Training Centre, United Tractors

b) *Starting Switch*

Starting switch merupakan peralatan listrik untuk memutus dan menghubungkan rangkaian sesuai kondisi switch (*OFF*, *HEAT*, *ON*, *START*) sehingga pada pengujiannya dapat menggunakan ohm meter/pengukuran kontinuitasnya sesuai kondisi yang tertera pada *contact wiring table*.





Gambar 3.9 Starting Switch dan Contact Wiring Table

Sumber: Modul Praktik Battery, Training Centre, United Tractors

Posisi Starting Switch “OFF”:

- (1) Set multimeter dalam posisi Ohm
- (2) Pilih *range auto*
- (3) Ukur kontinuitas masing-masing terminal, yakni hubungkan *probe* merah ke terminal B, dan *probe* hitam ke terminal BR, ACC, C, R1, dan R2.
 - (a) Baik B-BR, B-ACC, B-C, B-R1, B-R2 > 1 MΩ
 - (b) Rusak B-BR, B-ACC, B-C, B-R1, B-R2 < 1 Ω

Posisi Starting Switch “HEAT”:

- (1) Set multimeter dalam posisi Ohm
- (2) Pilih *range auto*
- (3) Ukur kontinuitas masing-masing terminal, yakni hubungkan *probe* merah ke terminal B, dan *probe* hitam ke terminal BR, ACC, C, R1, dan R2.
 - (a) Baik B-BR, B-ACC, B-R1 < 1 Ω dan B-C, B-R2 > 1 MΩ
 - (b) Rusak B-BR, B-ACC, B-R1 > 1 MΩ dan B-C, B-R2 < 1 Ω

Posisi Starting Switch “ON”:

- (1) Set multimeter dalam posisi Ohm
- (2) Pilih *range auto*
- (3) Ukur kontinuitas masing-masing terminal yakni hubungkan *probe* merah ke terminal B, dan *probe* hitam ke terminal BR, ACC, C, R1, dan R2.
 - (a) Baik B-BR, B-ACC, < 1 Ω dan B-C, B-R2, B-R1 > 1 MΩ
 - (b) Rusak B-BR, B-ACC, B-R1 > 1 MΩ dan B-C, B-R2, B-R1 < 1 Ω

Posisi *Starting Switch* “START”:

- (1) Set multimeter dalam posisi Ohm
- (2) Pilih *range auto*
- (3) Ukur kontinuitas masing-masing terminal yakni hubungkan *probe* merah keterminal B, dan *probe* hitam keterminal BR, ACC, C, R1, dan R2
 - (a) Baik B-BR, B-ACC, B-C, B-R2, $< 1 \Omega$ dan B-R1 $> 1 M\Omega$
 - (b) Rusak B-BR, B-ACC, B-R1, B-C, B-R2, $> 1 M\Omega$ dan B-R1 $< 1 \Omega$

Sumber: *Handout Electrical 1*, Technical Training Department, United Tractors

c) *Fusible Link*

Tabel 3.25 Pengukuran Komponen Kelistrikan (*Fusible Link*)

Perhatian Khusus	Langkah Kerja	Instruksi, Petunjuk, dan Penjelasan	Keterangan Gambar
<i>Fuse tipe blade</i>	Pengenalaan <i>Fuse Blade</i>	- Set multimeter dalam posisi Ohm. - Pilih range AUTO. - Ukur <i>continuitas</i> masing-masing terminal <i>Blade Fuse</i>. - Baik: $< 1 \Omega$ - Rusak: $> 1 M\Omega$ (OL)	
<i>Fuse tipe Cartridge</i>	Pengenalan <i>Fuse Cartridge</i>	- Set multimeter dalam proses Ohm. - Pilih range AUTO. - Ukur <i>continuitas</i> masing-masing terminal <i>Cartridge Fuse</i>. - Baik: $< 1 \Omega$ - Rusak: $> 1 M\Omega$ (OL)	

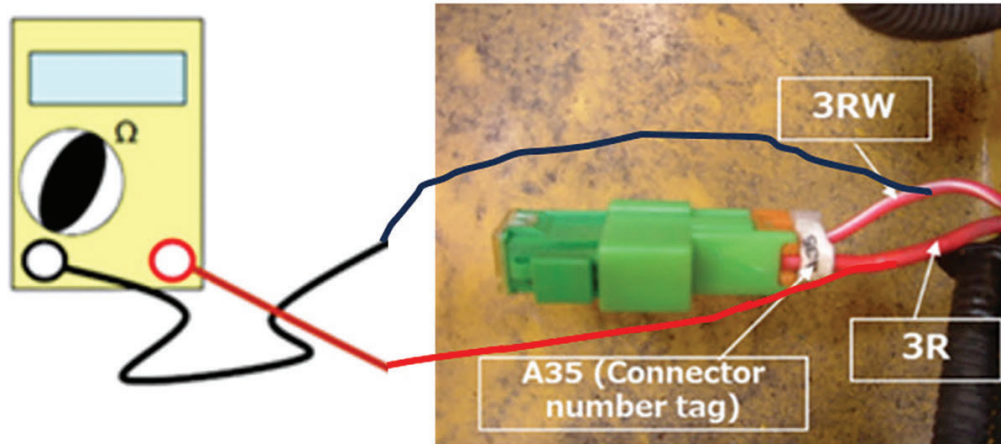
Fusible link merupakan jenis fuse juga sehingga pengukuran kondisinya pun sama dengan *fuse* lain, yaitu sebagai berikut.

- (1) Set multimeter dalam posisi Ohm
- (2) Pilih *range Auto*

(3) Ukur *continuitas* masing-masing terminal *Fusible link*.

(a) Baik < 1 Ω

(b) Rusak > 1 M Ω



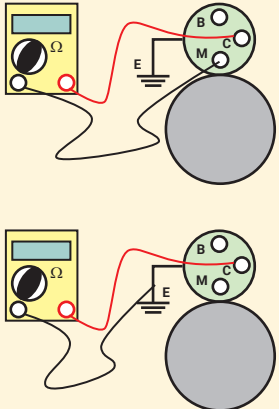
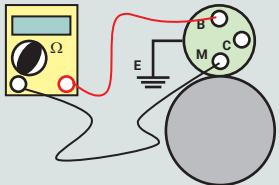
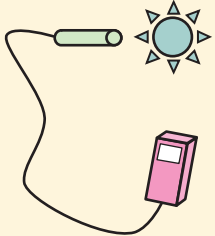
Gambar 3.10 Mengukur *continuitas* masing-masing terminal *fusible link*.

Sumber: Modul Praktik Accessories, Fuse, Training Centre, United Tractors

d) **Motor Starter**

Tabel 3.26 Pengukuran Komponen Kelistrikan (*Motor Starter*)

Perhatian Khusus	Langkah Kerja	Instruksi, Petunjuk, dan Penjelasan	Keterangan Gambar
<i>Starting motor</i>	<i>Check starting motor</i>	- Lepas hubungan antara terminal M Solenolide dengan terminal M <i>Starting motor</i>. - Ukur resistansi dari terminal M dan <i>Ground starting motor</i>. Baik: < 1 KΩ Rusak: > 1 MΩ - Ukur putaran <i>starting motor</i> saat diberi <i>power supply</i>. 3.5 kW : 8000 rpm. 5.2 kW : 6000 rpm. 7.5 kW – 11 kW : 5000 rpm.	

Perhatian Khusus	Langkah Kerja	Instruksi, Petunjuk, dan Penjelasan	Keterangan Gambar
Starting motor solenoide	Check starting motor solenoide	- Ukur Resistansi <i>Pull in Coil</i> (Terminal C-M). Baik: < 1 KΩ Rusak: > 1 MΩ - Ukur Resistansi <i>Hold in coil</i> (Terminal C-ground). Baik: < 1 KΩ Rusak: > 1 MΩ	
	Check Contactor solenoide	- Ukur <i>continuitas contactor</i> (Terminal B-M) saat <i>pull in coil</i> diberi <i>power supply</i>: Baik: < 1 Ω Rusak: > 1 MΩ (OL) - Ukur <i>continuitas contactor</i> saat <i>pull in coil</i> diberi <i>power supply</i> kemudian <i>supply</i> dipindah ke <i>hold in coil</i>: Baik: < 1 Ω Rusak: > 1 MΩ (OL) - Ukur <i>continuitas contactor</i> saat semua <i>coil</i> tidak diberi <i>power supply</i>: Baik: > 1 MΩ (OL) Rusak: < 1 Ω	
Starting motor Assy	Check Starting motor performance	- Hubungkan <i>starting motor</i> rangkaian yang telah diberikan. - <i>Idling test</i> Pasang tachometer, putar starting motor tanpa beban dan baca kecepatan motor.	

Sumber: Modul Praktik *Starting Motor*, Training Centre, United Tractors



e) **Battery Relay Positif**

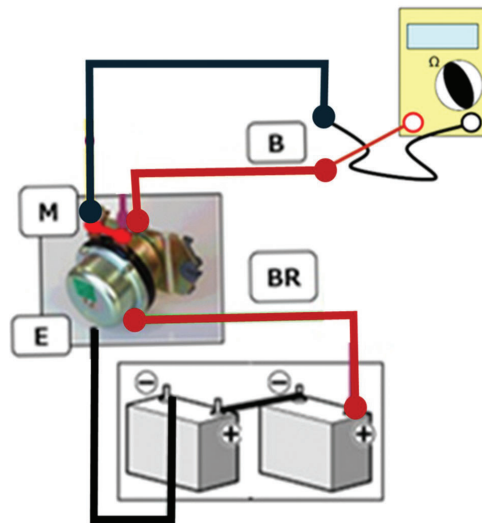
Cara melakukan pemeriksaan, sebagai berikut.

- (1) Pasang kabel positif (+) baterai ke terminal BR baterai relai (terminal *starting switch*).
- (2) Pasang kabel negatif (-) baterai ke terminal E baterai relai.
- (3) Atur posisi *rotary switch* pada Avometer ke posisi pengukuran hambatan (Ohm).
- (4) Lakukan pengukuran kontinuitas pada terminal B dan M baterai relai dengan cara:

Hubungan probe positif (merah) Avometer dengan terminal B baterai relai dan probe negative (hitam)nya ke terminal M baterai relai.

(a) Baik $< 1 \Omega$

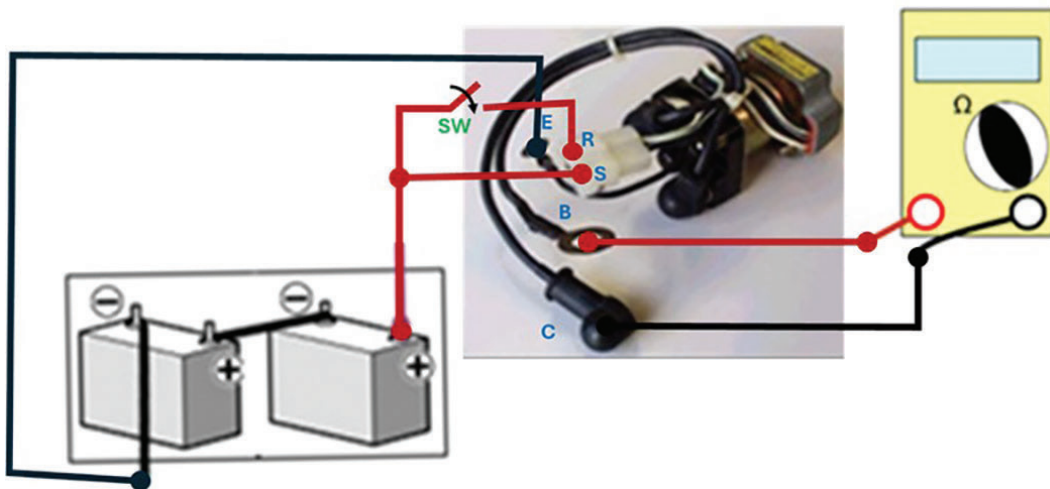
(b) Rusak $> 1 M\Omega$



Gambar 3.11 Battery Relay Positif

Sumber: Handout Electrical 1, Technical Training Department, United Tractors

f) **Safety Relay**



Gambar 3.12 Safety Relay

Sumber: Handout Electrical 1, Technical Training Department, United Tractors

Cara pemeriksaan safety relay sebagai berikut.

- (1) Hubungkan terminal positif (+) baterai dengan terminal S *safety relay* menggunakan kabel.
- (2) Hubungkan terminal negatif(-) baterai dengan terminal E *safety relay* menggunakan kabel.
- (3) Hubungkan terminal positif (+) baterai dengan *switch* (SW) di salah satu terminalnya dan ujung satunya ke terminal R *safety relay*.
- (4) Atur posisi *rotary switch* pada Avometer keposisi pengukuran hambatan (Ohm).
- (5) Lakukan Pengukuran kontinuitas pada terminal B dan C pada *safety relay* dengan cara:

Hubungan probe positif (merah) Avometer dengan terminal B *safety relay* dan probe negatif (hitam)nya ke terminal C *safety relay*.

- (a) Pada saat *switch* (SW) terbuka (terminal R *safety relay* terputus terminal positif (B) baterai):

Baik < 1 Ω

Rusak > 1 M Ω

- (b) Pada saat *switch* (SW) tertutup (terminal R *safety relay* terhubung terminal positif (B) baterai):

Baik < 1 M Ω

Rusak > 1 Ω

(Sumber: *Handout Electrical 1*, Technical Training Department, United Tractors)

- 5) Jelaskan delapan langkah dalam penyelesaian masalah pada sistem kelistrikan alat berat!

Langkah 1

Pemeriksaan, konfirmasi gejala

- a) Ketika permintaan perbaikan diterima, pertama-tama tanyakan hal berikut:
 - (1) nama pelanggan,
 - (2) jenis dan nomor seri mesin,
 - (3) rincian lokasi pekerjaan, dll.
- b) Ajukan pertanyaan untuk mendapatkan gambaran masalah:
 - (1) kondisi kerusakan,
 - (2) pekerjaan yang sedang dilakukan saat kerusakan terjadi,

- (3) lingkungan operasional,
- (4) riwayat masa lalu, rincian perawatan, dll.
- c) Periksa kondisi mesin dengan KOMTRAX:
 - (1) lokasi pengoperasian mesin,
 - (2) waktu pengoperasian mesin,
 - (3) kondisi terjadinya kesalahan,
 - (4) interval penggantian suku cadang, dll.

Langkah 2

Menentukan lokasi penyebab yang mungkin

Lihat bagian pemecahan masalah dalam buku manual bengkel untuk menemukan lokasi penyebab yang mungkin.

Langkah 3

Persiapan alat pemecahan masalah

- a) Lihat tabel alat pemecahan masalah di buku manual dan siapkan alat yang diperlukan:
 - (1) T-adapter
 - (2) Kit pengukur tekanan *hydraulic*, dll.
- b) Lihat dalam buku suku cadang dan siapkan suku cadang pengganti yang diperlukan.

Langkah 4

Pergi ke lokasi pekerjaan

Langkah 5

Tanyakan kepada operator untuk mengonfirmasi rincian kerusakan

- a) Apakah ada hal aneh pada mesin sebelum kerusakan terjadi?
- b) Apakah kerusakan terjadi secara tiba-tiba?
- c) Apakah ada perbaikan yang telah dilakukan sebelum kerusakan?

Langkah 6

Mereplikasi kerusakan

Jalankan dan operasikan unit alat berat untuk mengonfirmasi kondisinya dan menilai apakah benar-benar ada kerusakan.



Langkah 7

Tentukan lokasi kerusakan (lakukan pemecahan masalah)

Putuskan tindakan yang akan diambil

- a) Sebelum memulai pemecahan masalah, cari dan perbaiki kerusakan sederhana.
 - (1) Periksa *item* sebelum memulai
 - (2) Periksa *item* lainnya
- b) Lihat bagian pemecahan masalah dalam buku manual bengkel, pilih diagram alur pemecahan masalah yang sesuai dengan gejalanya, dan lakukan pemecahan masalah.

Langkah 8

Perbaiki di bengkel atau perbaiki di lokasi pekerjaan mana yang memungkinkan.

3. Presentasi/Pemaparan Hasil Praktik dan Analisis

Peserta yang tergabung pada tim untuk pengerjaan Kasus Industri, dapat menyajikan hasil pengukuran dan analisisnya pada materi presentasi, lalu berikan waktu pemaparan 15 menit dan 30 menit tanya jawab.

Guru pengampu dapat melakukan penilaian secara menyeluruh atas aktivitas murid kali ini, penilaian dapat mengacu pada formulir penilaian berikut.

FORM PENILAIAN PRESENTASI STUDI KASUS									
Nama Team :			Kelas :						
Ketua :			Materi Uji :						
Anggota 1 :			Electric Troubleshooting						
Anggota 2 :									
Anggota 3 :									
NOMOR	ITEM		EVALUASI ON TRAINING					JUMLAH	REMARK
I	NONTEKNIS (Bobot 25%)		5 Isti- mewa	4 Baik	3 Cukup	2 Kurang	1 Buruk		
	1	Opening							
		a. Pembukaan							
		b. Penampilan							
	2	Communication Skill							

		a. Sistematis							
		b. Bahasa							
		c. Tulisan dan Suara							
		d. Bahasa Tubuh Ekspresi Wajah							
		e. Percaya Diri dan Antusias							
	3	Interpersonal Skill							
		a. Penguasaan dan Kontak Pandang Audien							
		b. Pengaturan Waktu							
		c. Menanggapi dan Melempar Pertanyaan							
II	Subtotal								
	TEKNIS (Bobot 75%)								
	1	<i>Structure and Function</i>							
		<i>Machine Inspection Program</i>							
		<i>Machine Trouble Analysis</i>							
		<i>Machine Condition Report</i>							
		<i>Machine Cost Analysis</i>							
	Subtotal								
	TOTAL								

Saran-saran:

....., 20.....

.....

Guru Penilai

Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu pengayaan bagi murid yang telah mencapai kompetensi dan remedial bagi yang belum. Pengayaan bertujuan memperluas wawasan, sedangkan remedial memperkuat pemahaman dasar murid.

1. Pengayaan

Pengayaan diberikan bagi murid yang telah mencapai kriteria ketercapaian dari tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan. Kegiatan pengayaan dapat dilakukan sebagai berikut.

- a. Murid diarahkan untuk mengeksplorasi kompetensi dengan membaca materi pada buku siswa bagian pengayaan yang membahas lebih dalam tentang pemeliharaan komponen kelistrikan alat berat. Selain itu, melakukan pelepasan dan pemasangan *motor starter* dan alternator dan termasuk standar keselamatan kerja serta metode penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat.
- b. Untuk memperdalam pemahaman tentang pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat, murid diharapkan mencari lebih banyak informasi terkait prosedur pemeliharaan preventif dan korektif, pelepasan pemasangan motor stater dan alternator, serta penyebab utama kerusakan pada sistem kelistrikan alat berat. Informasi tersebut dapat diperoleh melalui buku, *website*, YouTube, atau media lainnya. Dengan melakukan eksplorasi ini, murid akan memiliki pemahaman teknis yang lebih mendalam.
- c. Murid diberi kesempatan untuk melakukan pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat, menggunakan alat ukur multimeter, refraktometer untuk pengukuran tegangan, arus, hambatan, *short and open circuit*, ketersambungan dan *specific grafity*. Melalui video tutorial yang disediakan, murid dapat mempelajari cara pemeliharaan, prosedur lepas pasang serta penyelesaian gangguan pada sistem kelistrikan secara terstruktur dengan memperhatikan kritikal poin dan berorientasi pada ketepatan *suspect cause*.
- d. Murid dianjurkan untuk mengeksplorasi studi kasus nyata tentang gangguan sederhana dalam sistem kelistrikan alat berat, seperti *engine* tidak dapat menyala/*start*. Informasi ini dapat dicari melalui berbagai media seperti *manual book* guna menambah wawasan mengenai penerapan lapangan dan tantangan teknis yang dihadapi teknisi alat berat (mekanik).

2. Remedial

Bagi murid yang kemampuannya masih berada di bawah kriteria ketercapaian tujuan pembelajaran (KKTP), guru dapat melakukan beberapa upaya berikut.

- Memberikan bimbingan secara individu maupun dalam kelompok kecil sesuai kebutuhan murid.
- Menyampaikan kembali materi pembelajaran dengan menggunakan pendekatan atau metode yang berbeda agar lebih mudah dipahami.
- Mengoptimalkan peran tutor sebaya, yaitu murid yang sudah memahami materi membantu teman sekelasnya melalui kelompok belajar. Dalam kelompok ini, murid yang lebih mampu berperan sebagai pendamping atau narasumber bagi temannya.

Refleksi

1. Refleksi Murid

Refleksi pada buku siswa intinya berisi pertanyaan, ajakan, ulasan, persepsi, dan sejenisnya terkait manfaat yang dirasakan oleh murid setelah mempelajari bab pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat. Oleh karena itu, guru dapat memberikan pertanyaan kunci yang membantu murid untuk merefleksikan kegiatan pembelajaran, di antaranya dengan pertanyaan berikut.

- Bagaimana kamu melihat peranmu sebagai bagian dari *expertise* alat berat setelah mempelajari sistem kelistrikan alat berat?
- Apa yang paling kamu nikmati dari mempelajari pemeliharaan, pelepasan pemasangan pada komponen kelistrikan alat berat hingga penyelesaian pada sistemnya?
- Jika kamu diberi kesempatan magang di industri alat berat seperti distributor, kontraktor pertambangan, pertanian dan konstruksi yang menggunakan alat berat, apa yang ingin kamu pelajari lebih dalam dan mengapa?
- Ceritakan satu hal baru yang kamu pelajari dari materi ini yang menurutmu bermanfaat untuk kehidupan di luar sekolah!
- Apa keterampilan teknis dan sikap kerja yang perlu kamu latih agar siap menangani pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat secara profesional?
- Bagaimana menurutmu cara terbaik untuk menjaga keselamatan kerja saat pemeliharaan, pelepasan, pemasangan pada komponen kelistrikan alat berat hingga penyelesaian pada sistemnya?



- g. Apakah kamu merasa lebih percaya diri setelah mempelajari materi ini? Jelaskan hal yang membuat kamu yakin atau belum yakin!
- h. Jika kamu menjadi mentor untuk murid (adik kelasmu), materi mana yang ingin kamu ajarkan dan bagaimana cara kamu menyampaikannya?

2. Refleksi Guru

- a. Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah mendorong murid memahami tidak hanya *apa* dan *bagaimana*, tetapi juga *mengapa* pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat penting di pekerjaan dalam skala besar?
- b. Bagian mana dari materi pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat yang paling membangkitkan antusias murid? Apa indikator keterlibatan mereka?
- c. Sudahkah saya memberikan kesempatan bagi murid untuk terlibat aktif, berpikir kritis, dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas-tugas bermakna terkait pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat?
- d. Bagaimana saya mengaitkan materi ini dengan dunia kerja (Iduka) dan konteks kehidupan nyata murid agar lebih relevan dan kontekstual?
- e. Apa praktik baik yang saya lakukan dalam memfasilitasi pembelajaran mendalam pada materi ini, dan bagaimana dampaknya terhadap pemahaman dan sikap murid?
- f. Apa tantangan utama dalam mengajarkan materi ini, dan strategi apa yang bisa saya kembangkan untuk mengatasinya ke depan?
- g. Bagaimana saya menumbuhkan sikap tanggung jawab, ketelitian, dan kepedulian lingkungan melalui pembelajaran pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat?
- h. Apa yang saya pelajari sebagai guru dari proses pembelajaran ini dan bagaimana hal tersebut memperkaya praktik mengajar saya ke depannya?

Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 3 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Operation and Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0*, Komatsu.
2. *Shop Manual PC200, 200LC-8M0*, Komatsu.
3. *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors*, Tbk, 2012.

4. #UTTips - Cara Memeriksa Level Elektrolit pada Baterai
5. #UTTips - Pemeriksaan Sistem Elektrikal pada *Hydraulic Excavator*
6. #UTTips - Pemeriksaan *Wiring Starting Motor* pada *Excavator* - YouTube
7. <https://youtu.be/d235EydR2rI>
8. *Operation and Maintenance Manual (OMM) D85SS-2A*, Komatsu
9. *Shop Manual (SM) D85SS-2A*, Komatsu
10. *Basic of Electrical Component*, 2018, Komatsu
11. *Training Aid, Unit Instruction Manual Komatsu Electrical System*
12. Modul Praktik *Starting Motor*, *Training Centre, United Tractors*
13. Modul Praktik *Accessories, Fuse*, *Training Centre, United Tractors*
14. Modul Praktik *Battery*, *Training Centre, United Tractors*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025
Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII
Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin
ISBN: 978-634-00-3309-0 (jil.2 PDF)

Bab
4

Panduan Khusus

Pemeliharaan Sistem *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat



Pendahuluan

Materi Bab 4 tentang Pemeliharaan *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat ini terdiri dari dua subbab. Setiap subbab memuat materi dan aktivitas yang membangun pemahaman dan keterampilan murid tentang pemeliharaan sistem *power train* dan *undercarriage* yang menitikberatkan pada penyelesaian gangguan sederhana pada sistem tersebut yang mengacu pada *shop manual*.

Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun *critical thinking* murid dan melatih murid untuk bekerja sama dalam kelompok (*team work*). Guru dapat menggunakan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolah. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan, antara lain, diskusi, pembelajaran berdiferensiasi, dan *project based learning*. Guru juga dapat menggunakan metode pembelajaran yang dapat mendorong untuk berpusat pada murid.

Melalui pendekatan pembelajaran mendalam, murid diarahkan untuk mengalami proses belajar yang utuh, yaitu memahami lokasi dan fungsi dari komponen pemipaan pada *hydraulic power train* dan memahami tentang sirkuit diagram *hydraulic power train*. Selain itu, memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah dan mengaplikasikan dalam menyelesaikan masalah pada *hydraulic and mechanical system (H-mode)*. Proses belajar yang utuh, juga dapat melalui cara merefleksikan pengalaman belajar untuk menarik kesimpulan, mengenal tantangan, dan meningkatkan kualitas kerja. Guru berperan penting sebagai fasilitator yang menciptakan ruang eksplorasi, dialog terbuka, dan refleksi kritis. Dengan demikian, pembelajaran menjadi bermakna dan berdampak. Penerapan pendekatan tersebut diharapkan murid tidak hanya tumbuh sebagai tenaga terampil. Akan tetapi, juga sebagai insan pembelajar yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masa depan bidang otomotif yang ramah lingkungan.

1. Tujuan Pembelajaran

Pada bab Pemeliharaan *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat ini, guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran agar pada akhir tujuan dapat mencapai Dimensi Profil Lulusan. Mata pelajaran Teknik Alat Berat bertujuan membekali murid dengan *hard skills* dan *soft skills* untuk menganalisis *power train* dan *undercarriage*. Tujuan pembelajaran ini sangatlah ringkas sesuai dengan yang tertera pada dokumen Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, Nomor 046/H/KR/2025 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.



Elemen dan deskripsi elemen pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) teknik alat berat dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 4.1 Elemen dan Deskripsi Elemen Pemindah Tenaga (*Power Train*) dan Kerangka Bawah (*Undercarriage*)

Elemen	Deskripsi
Pemindah tenaga (<i>power train</i>) dan kerangka bawah (<i>undercarriage</i>)	Meliputi komponen <i>direct drive</i> , <i>torqflow drive</i> , <i>electric drive</i> , <i>HST system</i> , <i>differential</i> , <i>final drive</i> , <i>wheel</i> dan <i>undercarriage</i> , <i>steering system</i> , serta <i>brake system</i> .

Selanjutnya, dari elemen dan deskripsi elemen pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) teknik alat berat, diturunkanlah capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran sebagai berikut.

Tabel 4.2 Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran

Capaian Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran
1. Menganalisis sistem pemindah tenaga (<i>power train</i>) dan kerangka bawah (<i>undercarriage</i>).	1.1 Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i> . 1.2 Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode).

Capaian pembelajaran menekankan pada analisis sistem pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*). Analisis membutuhkan pemahaman terhadap lokasi dan fungsi dari komponen pemipaan *hydraulic power train* yang sangat mendukung di dalam memahami *power train hydraulic circuit* dan *piping diagram*. Pemahaman-pemahaman ini akan menjadi modal bagi murid untuk melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode). Oleh karena itu, pembahasan dalam buku ini fokus pada penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*). Tujuan pembelajaran di atas, kemudian diturunkan ke dalam indikator-indikator sebagai berikut.

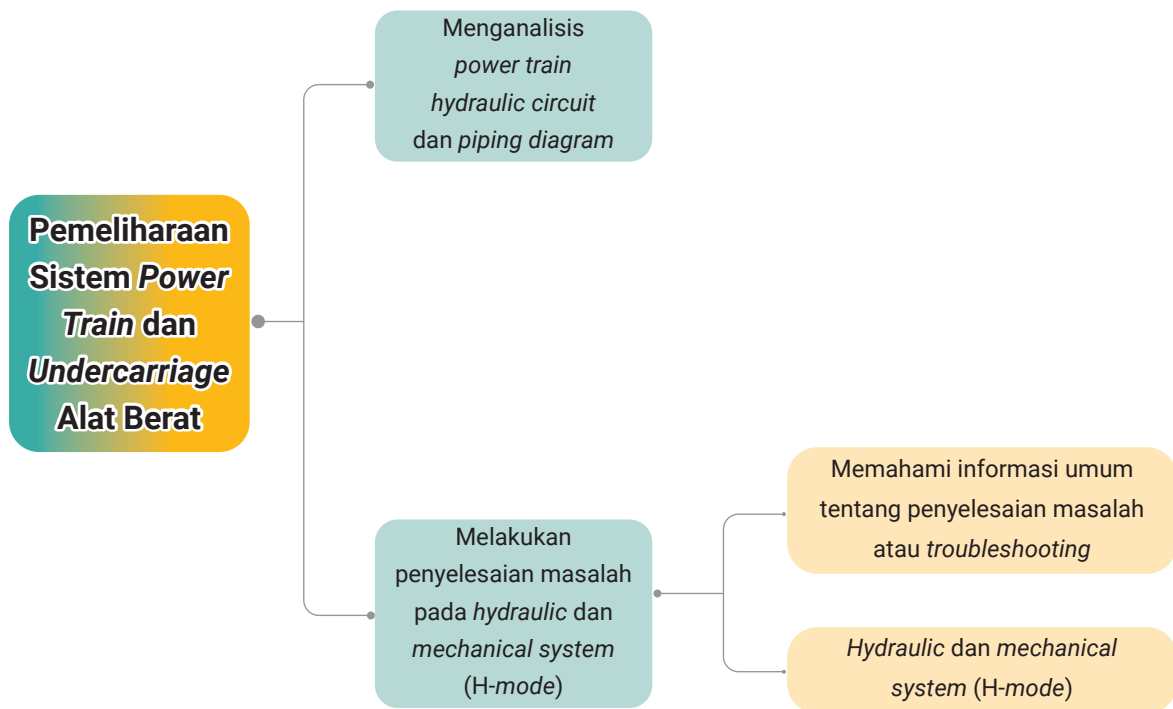
Tabel 4.3 Tujuan Pembelajaran dan Indikator

Tujuan Pembelajaran	Indikator
Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i> .	1. Murid mampu memahami nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan <i>hydraulic power train</i> . 2. Murid mampu memahami dan menganalisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram <i>hydraulic power train</i> .

Tujuan Pembelajaran	Indikator	
Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode).	1.	Murid mampu memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/troubleshooting.
	2.	Murid dapat melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode).

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini ialah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) mencakup pemahaman tentang nama, letak dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train*. Selain itu, juga mencakup pemahaman tentang aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train*, informasi umum tentang penyelesaian masalah/troubleshooting, dan *hydraulic and mechanical system* (H-mode).



Gambar 4.1 Peta Materi Pemeliharaan Power Train dan Undercarriage Alat Berat

Peta materi ini dibuat untuk mempermudah murid dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dapat mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah dipahami dan diaplikasikan.



a. Pokok Materi

Pokok materi pada bab ini disusun secara bertahap, mulai dari pemahaman konsep dasar hingga keterampilan praktis dalam melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*). Tiap materi saling terhubung untuk membentuk kompetensi teknik sekaligus membangun karakter murid sesuai dimensi profil lulusan.

1) Menganalisis *power train hydraulic circuit* dan *piping diagram*

Pokok materi menganalisis *power train hydraulic circuit* dan *piping diagram* membekali murid mengenai pentingnya pemahaman tentang nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train*, serta analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train*. Pemahaman murid menjadi dasar penting agar mereka mampu melakukan aktivitas penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode).

2) Melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode)

Pokok materi melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) membekali murid pentingnya pemahaman tentang informasi umum penyelesaian masalah/*troubleshooting*. Selain itu, melakukan pengecekan sebelum melakukan *troubleshooting* dan melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode). Pemahaman murid menjadi dasar penting agar mereka mampu melakukan aktivitas secara benar, paham atas apa yang dilakukan, optimal, aman, dan berkelanjutan.

b. Hubungan Antarmateri dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran

1) Menganalisis *power train hydraulic circuit* dan *piping diagram*

Tujuan dari menganalisis *power train hydraulic circuit* dan *piping diagram* ini ialah memastikan komponen-komponen penyusun sistem tersebut pada setiap *machine/ unit* alat berat ini benar-benar dapat dipahami dan diidentifikasi perbedaannya masing-masing mencakup nama, letak, dan fungsi. Hal tersebut disesuaikan dengan *machine/ unit* alat berat yang dimiliki di sekolah masing-masing maupun mengacu pada *shop manual* yang berbeda serta analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train* tersebut. Pemahaman terhadap analisis yang dilakukan dalam aktivitas ini sangat berkaitan erat dengan penyelesaian masalah yang terjadi pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode).

2) Melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode)

Tujuan dari melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) ialah memastikan kendala yang ditemukan pada *machine/unit* alat berat tersebut dapat diketahui penyebabnya serta tindakan perbaikan yang harus dilakukan. Hal ini sangat berkaitan erat dengan pemahaman murid tentang prinsip kerja dari aliran oli pada diagram *hydraulic power train* tersebut. Selain itu, juga didukung oleh pemahaman murid tentang komponen-komponen penyusun sistem tersebut baik dari sisi nama, letak, dan fungsinya.

c. Hubungan dengan Materi Lain

Pembelajaran bab pemeliharaan *power train* dan *undercarriage* memiliki keterkaitan erat dengan berbagai materi lain yang ada di mata pelajaran dan ilmu terkait di bidang alat berat. Keterkaitan ini terjadi karena teknologi perawatan dan perbaikan alat berat melibatkan berbagai disiplin ilmu dalam aplikasinya. Materi pembelajaran *power train* dan *undercarriage* khususnya dan teknik alat berat umumnya berhubungan erat dan memerlukan pengetahuan dan keterampilan dengan mata pelajaran lainnya, yaitu sebagai berikut.

- 1) Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Otomotif
- 2) Mata Pelajaran Konsentrasi Keahlian Teknik Alat Berat
- 3) Mata Pelajaran Matematika
- 4) Mata Pelajaran Bahasa Inggris
- 5) Mata Pelajaran Praktik Kerja Lapangan

3. Sasaran Alokasi Waktu

Alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran Bab 4 Pemeliharaan *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat ini ialah dua pekan. Berdasarkan Permendikdasmen No. 13 Tahun 2025, tentang perubahan atas Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah, pada SMK program 3 tahun, alokasi waktu dalam 1 tahun untuk mata pelajaran konsentrasi keahlian kelas XII SMK sebanyak 352 JP dengan asumsi 1 tahun 32 minggu, maka alokasi waktu mata pelajaran konsentrasi keahlian teknik alat berat kelas XII adalah 22 JP/minggu dengan 1 JP @ 45 menit dengan rincian tabel 4.1 berikut.



Tabel 4.4 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1.	Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i> .	22 JP
2.	Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode).	22 JP
Total rekomendasi alokasi waktu		44 JP

Jumlah alokasi waktu ini hanyalah rekomendasi yang tidak mengikat, dapat ditambahkan atau dikurangi berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.

B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat

Sebelum mempelajari materi bab ini, murid harus memiliki kompetensi berikut.

1. Menggunakan alat pelindung diri (APD), membuat JSA, dan melaksanakan kesehatan dan keselamatan kerja.
2. Mampu menggunakan *hands tools*, *measurement tools*, dan *special tools*.
3. Mampu menggunakan *operation & maintenance manual*, *shop manual*, dan *parts book*.
4. Mampu melakukan *periodic inspection* dan *periodic service*.
5. Mampu mengoperasikan *machine/unit* alat berat.

Guru dapat memastikan murid telah menguasai kompetensi-kompetensi di atas agar proses pembelajaran dapat berjalan dengan baik dan lancar.

C. Kerangka Pembelajaran

Bab ini menerapkan pembelajaran mendalam. Penerapan pembelajaran mendalam tersebut memiliki kerangka pembelajaran sebagai berikut.

1. Praktik Pedagogis

Pembelajaran pada materi *power train* dan *undercarriage* menekankan keterlibatan aktif murid dalam memahami sistem serta menerapkan keterampilan teknis sesuai kebutuhan industri alat berat. Praktik pedagogis dilaksanakan melalui pendekatan berbasis praktik langsung, studi kasus, kolaborasi kelompok, hingga proyek pelaporan yang merefleksikan proses kerja nyata di lapangan. Guru memfasilitasi setiap tahap dengan model pembelajaran yang sesuai, seperti demonstrasi, *inquiry learning*, *cooperative learning*, *problem-based learning*, hingga *project-based learning*. Tujuan utamanya ialah membekali murid, tidak

hanya dengan pengetahuan teknis, tetapi juga kemampuan berpikir kritis, bekerja sama, memecahkan masalah, dan bertanggung jawab secara profesional.

Tabel 4.5 Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
1.	Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i>	<i>Inquiry learning, problem-based learning</i> , dan diskusi kontekstual	Guru menjelaskan tentang komponen utama <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping</i> , nama, dan letaknya. Untuk melibatkan murid agar aktif dalam kegiatan belajar, dilanjutkan dengan mengerjakan Aktivitas 4.1. Murid diminta untuk mencari jawabannya pada <i>shop manual</i> yang dimiliki sekolah atau dapat menggunakan <i>shop manual</i> pada <i>link</i> yang telah diberikan pada buku siswa. Kegiatan belajar ini untuk menguatkan pemahaman murid terhadap <i>shop manual</i> , dilanjutkan dengan presentasi dan diskusi. Setelah itu, dilanjutkan guru menjelaskan aliran oli pada <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i> . Selanjutnya, murid di bawah bimbingan guru melakukan diskusi dan melakukan analisis terkait beberapa pertanyaan pada Aktivitas 4.2 hingga mendapatkan suatu rumusan yang benar terkait aliran oli pada <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i> . Pemahaman ini akan membantu murid untuk melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode).
2.	Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode)	<i>Problem-based learning</i> dan <i>project-based learning</i>	Murid diberikan studi kasus gangguan pada <i>hydraulic and mechanical system</i> . Studi kasus yang diberikan mengacu pada mode kegagalan (<i>failure mode</i>) yang terdapat pada <i>shop manual</i> . <i>Machine</i> /unit alat berat yang dijadikan sebagai contoh ialah <i>Bulldozer D85E-SS-2A</i> . Guru dapat menyesuaikan dengan <i>machine</i> /unit alat berat yang dimiliki di sekolah masing-masing. Jika di sekolah belum memiliki <i>machine</i> /unit alat berat, maka guru dapat menggunakan <i>shop manual</i> sebagai media belajar murid. Setelah murid menemukan sebab kegagalan dan tindakan perbaikannya, dilanjutkan dengan merencanakan (baik biaya, kebutuhan alat, bahan habis pakai, komponen yang harus diganti), melakukan perbaikan, hingga membuat laporan kepada <i>customer</i> dan kepada guru untuk dipresentasikan sebagai proyek yang menunjukkan kemampuan teknis, kemampuan komunikasi, dan tanggung jawab profesional murid.

2. Kemitraan Pembelajaran

Kemitraan pembelajaran membentuk hubungan yang dinamis antara guru, murid, orang tua, komunitas, dan mitra profesional, seperti teknisi atau perusahaan di bidang perawatan dan perbaikan alat berat. Pendekatan ini memindahkan kendali pembelajaran dari guru saja menjadi kolaborasi bersama yang melibatkan berbagai pihak untuk menghasilkan pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif. Dalam materi *power train* dan *undercarriage*, kemitraan dengan mitra profesional memungkinkan bagi murid untuk mendapatkan pengalaman langsung melalui bimbingan teknisi, demonstrasi lapangan, serta pengembangan keterampilan yang sesuai standar industri. Masyarakat sebagai *customer* juga dapat terlibat dalam mendukung praktik pemeliharaan *power train* dan *undercarriage* di lingkungan sekolah atau masyarakat sekitar. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berkelanjutan.

Tabel 4.6 Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Kemitraan Pembelajaran	Contoh Aktivitas
1.	Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i>	Guru-Murid-Mitra Profesional	Murid melakukan analisis masalah terkait aliran oli pada <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i> .
2.	Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode)	Guru-Murid-Masyarakat-Orang Tua	Murid melakukan studi kasus gangguan pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode). Guru membimbing dan mengawasi jalannya proyek, murid melaksanakan proyek, masyarakat sebagai <i>customer</i> , orang tua membantu menyiapkan alat di rumah untuk praktik.

3. Lingkungan Pembelajaran

Lingkungan pembelajaran yang efektif mengintegrasikan ruang fisik, ruang virtual, dan budaya belajar untuk mendukung pembelajaran mendalam pada materi *power train* dan *undercarriage*. Ruang fisik seperti laboratorium atau *workshop* alat berat dirancang fleksibel agar murid dapat melakukan praktik langsung, kolaborasi kelompok, dan eksplorasi *machine/unit* alat berat serta komponen *power train* dan *undercarriage*. Sementara itu, ruang virtual menyediakan akses ke simulasi digital, video tutorial, dan forum diskusi yang memperluas wawasan dan memungkinkan refleksi serta berbagai ide secara interaktif. Budaya belajar yang menekankan kolaborasi dan keterbukaan mendorong murid untuk aktif bertanya dan bekerja sama. Selain itu, mengembangkan keterampilan *problem solving* yang penting dalam pengoperasian, evaluasi, serta pemeliharaan dan perbaikan *power train* dan *undercarriage* secara menyeluruh.

Tabel 4.7 Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
1.	Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i> .	<i>Workshop</i> sekolah	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i>
2	Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode)	<i>Workshop</i> sekolah atau <i>workshop</i> mitra	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i> , berorientasi pada keselamatan kerja

4. Pemanfaatan Digital

Pemanfaatan teknologi digital berperan penting sebagai katalisator dalam menciptakan pembelajaran memelihara dan menganalisis *power train* dan *undercarriage* yang lebih interaktif, kolaboratif, dan kontekstual. Melalui berbagai sumber belajar digital, seperti video tutorial, simulasi interaktif, platform diskusi *online*, dan modul pembelajaran berbasis *web*, murid dapat mengakses materi secara fleksibel sesuai kebutuhan dan gaya belajar mereka. Teknologi digital juga memfasilitasi kolaborasi antarmurid dan guru lintas kelas serta memperkaya pengalaman belajar melalui praktik *virtual* yang mendekati kondisi nyata. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan menyiapkan murid untuk memahami sekaligus menguasai pengoperasian, evaluasi, pemeliharaan, serta perbaikan *power train* dan *undercarriage* secara komprehensif.

Tabel 4.8 Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
1.	Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i>	Modul pembelajaran <i>hard copy</i> , modul pembelajaran <i>online</i> dan video demonstrasi	Memberikan panduan langkah-langkah pemahaman terhadap <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i>
2	Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode)	Video tutorial <i>troubleshooting</i> dan forum diskusi teknis	Mendukung murid mengenai masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial



D. Apersepsi

Tiap bab disajikan apersepsi yang berfungsi untuk menggugah motivasi murid dalam belajar. Apersepsi disajikan dengan memberikan informasi berupa narasi dan pertanyaan pemantik. Pada bab ini, apersepsi disajikan berupa pengalaman hidup sehari-hari di bidang otomotif. Hal yang sederhana yang disajikan ialah pengalaman melihat *machine*/unit alat berat yang tidak dapat beroperasi dengan asumsi sekolah sudah memiliki *machine*/unit alat berat. Jika sekolah tidak memiliki *machine*/unit alat berat, guru dapat mengajak murid ke dealer atau kontraktor atau bengkel alat berat terdekat yang memiliki alat tersebut. Pihak sekolah dan tempat yang akan dikunjungi sudah memiliki kerja sama.

Apersepsi pada buku siswa sifatnya tidak wajib, guru dapat menambahkan atau justru menggantinya dengan yang lebih relevan sesuai dengan kondisi dan situasi di sekolah.



Tahukah Kamu?

Tahukah kamu betapa pentingnya memahami prosedur untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*) pada *machine*/unit alat berat? Kita dapat mengoptimalkan kinerja *machine*/unit alat berat, menghemat biaya operasional, dan mencegah kerusakan parah di kemudian hari dengan pemahaman tersebut.

E. Formatif Awal

Penilaian sebelum pembelajaran diberikan untuk mengetahui kemampuan awal murid terhadap materi yang akan disampaikan. Bentuk penilaian sebelum pembelajaran berupa soal yang dapat dilakukan secara lisan maupun tertulis. Guru dapat langsung melihat berapa banyak murid yang mempunyai pemahaman dasar tentang materi yang akan diberikan melalui formatif awal.

Berikut contoh pertanyaan yang dapat disampaikan guru untuk melakukan penilaian sebelum pembelajaran.

- 1) Sebutkan komponen utama pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *machine*/unit alat berat!
- 2) Jelaskan fungsi komponen utama pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *machine*/unit alat berat!
- 3) Sebutkan tiga contoh permasalahan yang terjadi pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) *machine*/unit alat berat!

- 4) Bagaimana langkah-langkah dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) *machine*/unit alat berat?
- 5) Hal apa saja yang harus diperhatikan dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) *machine*/unit alat berat?

Untuk jenis soal dan banyaknya soal formatif awal ini, tentu saja diberikan kebebasan kepada guru untuk menentukan sendiri sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan.

F. Panduan Pembelajaran Buku Siswa

Tahapan kegiatan pembelajaran memiliki peranan yang sangat penting sehingga perlu disusun dengan perencanaan yang matang. Bab ini dibagi menjadi dua subbab yang masing-masing akan dijelaskan proses pembelajarannya. Proses pembelajaran yang disajikan bertujuan sebagai inspirasi bagi guru. Guru diharapkan dapat mengadaptasi dan mengembangkan kegiatan pembelajaran sesuai dengan karakter murid, ketersediaan sarana dan prasarana, serta kondisi lingkungan sekolah.

1. Menganalisis *Power Train Hydraulic Circuit* dan *Piping Diagram*

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu menganalisis *power train hydraulic circuit* dan *piping diagram* dengan dua submateri di dalam buku siswa yakni komponen pemipaan *hydraulic power train* pada *bulldozer* dan sirkuit diagram *hydraulic power train*.

Tabel 4.9 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Sistem *Power Train Hydraulic Circuit* dan *Piping Diagram*

Tujuan	:	Menganalisis <i>power train hydraulic circuit</i> dan <i>piping diagram</i>
Submateri	:	a. Identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan <i>hydraulic power train</i> . b. Analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram <i>hydraulic power train</i> .
Alokasi Waktu	:	22 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

a. Identifikasi Nama, Letak, dan Fungsi Komponen Pemipaan *Hydraulic Power Train*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu disajikan dalam tabel berikut.



Tabel 4.10 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Identifikasi Nama, Letak, dan Fungsi Komponen Pemipaan *Hydraulic Power Train*

Tujuan	:	Memahami nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan <i>hydraulic power train</i> .
Indikator	:	Murid mampu mengidentifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan <i>hydraulic power train</i> .
Alokasi Waktu	:	11 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.11 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Identifikasi Nama, Letak, dan Fungsi Komponen Pemipaan *Hydraulic Power Train*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan <i>hydraulic power train</i>	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan <i>hydraulic power train</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan <i>hydraulic power train</i>	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* yang mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas mengidentifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train*, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata. Situasi nyata tersebut dapat diterapkan melalui identifikasi secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *shop manual* yang dimiliki. Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya, berbagi pengalaman, dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut akan memperkuat pemahaman mereka terhadap proses identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *shop manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine/unit* alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine/unit* alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik Penilaian Aktivitas 4.1 Mengidentifikasi Nama, Fungsi, dan Letak Komponen Pemipaan *Hydraulic Power Train* pada *Bulldozer*

Tabel 4.12 Rubrik Penilaian Tahapan Persiapan

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Identifikasi Langkah Persiapan	Menyebutkan seluruh langkah dengan urutan dan istilah teknis yang tepat	Menyebutkan sebagian besar langkah dengan urutan yang cukup jelas	Menyebutkan beberapa langkah, tetapi ada kekeliruan	Tidak mampu menyebutkan langkah penting secara benar atau hanya menyebut langkah umum
Penjelasan Pentingnya Verifikasi	Penjelasan rinci, logis, dan mengaitkan aspek teknis	Penjelasan cukup tepat dan logis	Penjelasan masih umum kurang mendalam	Penjelasan kurang tepat, tidak menunjukkan pemahaman teknis
Pemahaman Risiko Tanpa Persiapan	Menjelaskan risiko secara lengkap dan logis	Menjelaskan beberapa risiko dengan cukup tepat	Menjelaskan risiko secara terbatas atau hanya sebagian umum	Tidak dapat menjelaskan risiko dengan tepat atau tidak menjawab

- b) Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada tabel berikut.



Tabel 4.13 Rubrik Penilaian Diskusi

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Partisipasi	Aktif berbicara memberikan ide/gagasan secara konsisten	Berbicara beberapa kali dengan kontribusi berarti	Hanya sedikit berbicara dan pasif	Hanya diam dan tidak berkontribusi
Kualitas kontribusi	Ide/gagasan orisinal, relevan, dan mendalam	Memberikan ide yang jelas dan relevan	Ide kurang berkembang atau kurang relevan	Kontribusi tidak jelas/tidak sesuai topik
Kerja Sama	Mendengarkan dengan baik, menghargai pendapat orang lain, dan memimpin kelompok	Bekerja sama dengan baik dan menerima masukan	Kurang aktif dalam berkolaborasi, mendominasi atau justru pasif	Tidak bekerja sama, mengganggu diskusi
Kedalaman pemikiran	Analisis mendalam, argumen logis, dan didukung contoh/fakta	Argumen jelas, tetapi kurang mendalam	Argumen sederhana, kurang analisis	Argumen tidak jelas/tanpa dasar
Sikap dan etika diskusi	Santun, sabar dan menghargai perbedaan pendapat	Bersikap baik, tetapi sesekali memotong pembicaraan	Kurang santun atau tidak sabar	Bersikap tidak sopan atau mengganggu

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine*/unit alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine*/unit alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi mengidentifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* pada *machine*/unit alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine*/Unit Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine*/unit alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *dozer*), dapat menjadi bahan praktik alternatif yang

pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara mengidentifikasi pada *machine/unit* alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Shop Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *shop manual* yang dilampirkan pada tautan di buku siswa atau *shop manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara mengidentifikasi pada *machine/unit* alat berat berbasis *shop manual*. Kemampuan murid menggunakan *shop manual* akan membantu dalam melakukan identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* pada *machine/unit* alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah dengan melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk melakukan identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* pada *machine/unit* alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.

b. Analisis Kerja dari Aliran Oli pada Sirkuit Diagram *Hydraulic Power Train*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu disajikan sebagai berikut.

Tabel 4.14 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Analisis Kerja dari Aliran Oli pada Sirkuit Diagram *Hydraulic Power Train*

Tujuan	:	Memahami analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram <i>hydraulic power train</i> .
Indikator	:	Murid mampu menganalisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram <i>hydraulic power train</i> .
Alokasi Waktu	:	11 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train* dapat dilihat pada tabel berikut.



Tabel 4.15 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Analisis Kerja dari Aliran Oli pada Sirkuit Diagram *Hydraulic Power Train*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram <i>hydraulic power train</i>	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram <i>hydraulic power train</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram <i>hydraulic power train</i>	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train* yang mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas melakukan analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train*, pembelajaran menjadi bermakna. Hal itu karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui identifikasi secara langsung pada *machine/unit* alat berat atau pada *shop manual* yang dimiliki.

Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya dan berbagi pengalaman. Selain itu, menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif yang memperkuat pemahaman mereka terhadap proses identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train*, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *shop manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine/unit* alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine/unit* alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 4.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 4.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine/unit* alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine/unit* alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train* pada *machine/unit* alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine/Unit* Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine/unit* alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *Dozer*), dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara mengidentifikasi pada *machine/unit* alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Shop Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *shop manual* yang dilampiran pada *link* di buku siswa atau *shop manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara mengidentifikasi pada *machine/unit* alat berat berbasis *shop manual*. Kemampuan murid menggunakan *shop manual* akan membantu dalam melakukan analisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train* pada *machine/unit* alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk melakukan identifikasi nama, letak, dan fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* pada *machine/unit* alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.



2. Melakukan Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic and Mechanical System (H-Mode)*

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system (H-mode)* dengan tiga submateri di dalam buku siswa. Submateri tersebut, yaitu menganalisis kerja dari aliran oli pada sirkuit diagram *hydraulic power train*, melakukan pengecekan sebelum melakukan *troubleshooting*, melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system (H-mode)*.

Tabel 4.16 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic and Mechanical System (H-Mode)*

Tujuan	:	Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system (H-mode)</i> .
Sub Materi	:	a. Memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/ <i>troubleshooting</i> . b. Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system (H-mode)</i> .
Alokasi Waktu	:	22 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

a. Memahami Informasi Umum tentang Penyelesaian Masalah/*Troubleshooting*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 4.17 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Memahami Informasi Umum tentang Penyelesaian Masalah/*Troubleshooting*

Tujuan	:	Memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/ <i>troubleshooting</i> .
Indikator	:	Murid mampu memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/ <i>troubleshooting</i> .
Alokasi Waktu	:	11 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.18 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Memahami Informasi Umum tentang Penyelesaian Masalah/*Troubleshooting*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan memahami informasi umum dan langkah-langkah tentang melakukan penyelesaian masalah/ <i>troubleshooting</i> sederhana	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan pemeriksaan sebelum melakukan penyelesaian masalah/ <i>troubleshooting</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil pemeriksaan sebelum melakukan penyelesaian masalah/ <i>troubleshooting</i>	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* yang mengajak murid memahami langkah awal secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan. Informasi umum ini mencakup hal-hal penting sebelum melakukan penyelesaian gangguan sederhana dan langkah-langkah melakukan penyelesaian gangguan sederhana. Pada aktivitas ini, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui praktik secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *shop manual* yang dimiliki.

Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya, berbagi pengalaman, dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut akan memperkuat pemahaman mereka terhadap hal-hal penting sebelum melakukan penyelesaian gangguan sederhana dan langkah-langkah melakukan penyelesaian gangguan sederhana.

Pada pembelajaran memahami Informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *shop manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine*/unit alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine*/unit alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.



2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 4.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 4.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine*/unit alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine*/unit alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine*/Unit Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine*/unit alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *dozer*), dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* pada *machine*/unit alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Shop Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *shop manual* yang dilampiran pada *link* di buku siswa atau *shop manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* berbasis *shop manual*. Kemampuan murid menggunakan *shop manual* akan membantu dalam melakukan pemahaman informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah dengan melakukan kunjungan industri. Murid diajak untuk melakukan penerapan terhadap informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting* pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri yang menggunakan unit mereka.

b. Melakukan Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic and Mechanical System* (H-Mode)

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu ddijelaskan sebagai berikut.

Tabel 4.19 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Waktu Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic And Mechanical System* (H-Mode)

Tujuan	:	Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode).
Indikator	:	Murid dapat melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode).
Alokasi Waktu	:	11 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran di buku siswa dengan materi melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.20 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic and Mechanical System* (H-Mode)

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode)	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode)	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil penyelesaian masalah pada <i>hydraulic and mechanical system</i> (H-mode)	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas tahapan persiapan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) yang mengajak murid memahami langkah awal secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode), pembelajaran menjadi bermakna. Hal itu karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata praktik secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *shop manual* yang dimiliki.



Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut dapat memperkuat pemahaman mereka terhadap proses penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode).

Pada pembelajaran penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara, Misalnya, membaca *shop manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine/unit* alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine/unit* alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 4.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 4.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine/unit* alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine/unit* alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine/Unit* Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine/unit* alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *dozer*) dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara memahami melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) pada *machine/unit* alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Shop Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *shop manual* yang dilampiran pada *link* pada buku siswa atau *shop manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) berbasis *shop manual*. Kemampuan murid menggunakan *shop manual* akan membantu dalam melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah melakukan kunjungan industri. Murid diajak untuk melakukan penerapan terhadap melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic and mechanical system* (H-mode) pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.

Sumatif

Soal uji kompetensi pada asesmen sumatif, terbagi menjadi tiga bentuk, yaitu 10 soal pilihan ganda, 5 soal menjodohkan dan 5 soal uraian. Hal tersebut dibuat agar terdapat variasi soal yang dapat menstimulus kemampuan berpikir murid.

Kunci Jawaban

1. Pembahasan Soal Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang benar dari setiap soal!

- 1) Fungsi dari *main relief valve* ialah ...
 - a. mengatur tekanan yang ditentukan untuk *transmission*, *steering clutch*, dan *brake*
 - b. mengatur *horse power* untuk *transmission*
 - c. menaikkan *horse power engine*
 - d. untuk melindungi *torque converter*
 - e. mengurangi tekanan oli *differential*

Jawaban: a

Mengatur tekanan yang ditentukan untuk *transmission*, *steering clutch*, dan *brake*.



Alasan:

Horse power dihasilkan dari proses pembakaran pada *engine*.

Torque converter relief valve berfungsi melindungi *torque converter*.

- 2) Fungsi dari *torque converter relief valve* ialah
- mengatur tekanan yang ditentukan untuk *transmission*, *steering clutch*, dan *brake*
 - mengatur *horse power* untuk *transmission*
 - menaikkan *horse power engine*
 - untuk melindungi *torque converter* dari tekanan tinggi yang tidak normal
 - mengurangi tekanan oli *differential*

Jawaban: d

Untuk melindungi *torque converter* dari tekanan tinggi yang tidak normal

Alasan:

Horse power dihasilkan dari proses pembakaran pada *engine*.

Main relief valve berfungsi mengatur tekanan yang ditentukan untuk *transmission*, *steering clutch*, dan *brake*.

- 3) Tekanan spesifikasi dari *main relief* pada Bulldozer D85E-SS-2A ialah
- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| a. 3,2 kg/cm ² | d. 0,83 Mpa |
| b. 33,0 Mpa | e. 8,5 kg/cm ² |
| c. 3,2 Mpa | |

Jawaban: c (3,2 Mpa)

Alasan:

3,2 kg/cm² dan 33,0 MPa bukan tekanan spesifikasi dari *torque converter inlet*.

0,83 MPa dan 8,5 Kg/cm² tekanan spesifikasi dari *torque converter inlet*.

- 4) Tekanan spesifikasi dari *torque converter inlet* pada Bulldozer D85E-SS-2A ialah
- | | |
|---------------------------|-------------|
| a. 3,2 kg/cm ² | d. 0,83 MPa |
| b. 33.0 MPa | e. 8,5 MPa |
| c. 3,2 MPa | |

Jawaban: d (0,83 Mpa)

Alasan:

3,2 Kg/cm², 33.0 MPa, dan 8,5 MPa bukan tekanan spesifikasi dari *torque converter inlet*

3,2 MPa tekanan spesifikasi *main relief pressure*.

5) Kategori nomor kode *troubleshooting* untuk *power train, work equipment (hydraulic, mechanical system)* ialah

- | | |
|---------|---------|
| a. S-00 | d. M-00 |
| b. H-00 | e. N-00 |
| c. E-00 | |

Jawaban: b (H-00)

Alasan:

S-00: *Engine*

E-00: *electronic system*

M-00: *Machine monitor*

N-00: *tidak ada kode ini*

6) Kategori nomor kode *troubleshooting* untuk *electronic system* ialah

- | | |
|---------|---------|
| a. S-00 | d. M-00 |
| b. H-00 | e. N-00 |
| c. E-00 | |

Jawaban: c (E-00)

Alasan:

S-00: *Engine*

H-00: *Power train, work equipment (hydraulic, mechanical system)*

M-00: *Machine monitor*

N-00: *tidak ada kode ini*

7) Kategori nomor kode *troubleshooting* untuk *machine monitor* ialah

- | | |
|---------|---------|
| a. S-OC | d. M-OO |
| b. H-OC | e. N-OO |
| c. E-OO | |

Jawaban: d (M-00)

Alasan:

S-00: *Engine*

H-00: *Power train, work equipment (hydraulic, mechanical system)*

E-00: *electronic system*

N-00: *tidak ada kode ini*



- 8) Apabila terjadi *failure mode* dengan kode H-1, kerusakan yang terjadi pada *dozer* D85ESS-2A ialah
- a. sistem rem tidak bekerja
 - b. *dozer* tidak dapat berputar (dapat berjalan dalam garis lurus)
 - c. *dozer* tidak dapat bergerak ketika *engine start* dan tuas dipindahkan ke gigi 2nd atau 3rd
 - d. *dozer* hanya dapat berbelok dalam satu arah saja
 - e. suhu oli *power train* naik terlalu tinggi

Jawaban: a (sistem rem tidak bekerja)

Alasan:

H-2: *Dozer* tidak dapat berputar (dapat berjalan dalam garis lurus)

H-7: *Dozer* tidak dapat bergerak ketika *engine start* dan tuas dipindahkan ke gigi 2nd atau 3rd

H-4: *Dozer* hanya dapat berbelok dalam satu arah saja

H-9: Suhu oli *power train* naik terlalu tinggi

- 9) Apabila terjadi *failure mode* dengan kode H-6, kerusakan yang terjadi pada *dozer* D85ESS-2A ialah
- a. sistem rem tidak bekerja
 - b. *dozer* tidak dapat berputar (dapat berjalan dalam garis lurus)
 - c. *dozer* tidak dapat bergerak ketika *engine start* dan tuas dipindahkan ke gigi 2nd atau 3rd
 - d. *dozer* hanya dapat bergerak dalam satu arah saja (maju atau mundur)
 - e. suhu oli *power train* naik terlalu tinggi

Jawaban: d

Dozer hanya dapat bergerak dalam satu arah saja (maju atau mundur).

Alasan:

H-1: Sistem rem tidak bekerja

H-2: *Dozer* tidak dapat berputar (dapat berjalan dalam garis lurus)

H-7: *Dozer* tidak dapat bergerak ketika *engine start* dan tuas dipindahkan ke gigi 2nd atau 3rd

H-9: Suhu oli *power train* naik terlalu tinggi

10) Spesifikasi tekanan *hydraulic* pada *brake* saat pedal rem tidak ditekan dan *engine* pada posisi *low idling* ialah

- a. 0 MPa
- b. 0 kg/cm²
- c. 2,2 kg/cm²
- d. 22 MPa
- e. 2,2 MPa

Jawaban: e (2,2 Mpa)

Alasan:

0 MPa dan 0 kg/cm² Spesifikasi tekanan pada *Clutch*

2.2 kg/cm² salah pada satuan

22 MPa salah pada satuan

2. Pembahasan Soal Menjodohkan

Jodohkan pernyataan pada kolom sebelah kiri dengan kolom di sebelah kanan!

- 1) Untuk soal menjodohkan pada nomor 1 murid menuliskan angka pada kolom nomor yang kosong yang ada pada *standar value* sesuai dengan jawaban yang benar pada *check item*. Referensi jawaban dapat dirujuk pada *shop manual* D85ESS-2A di *testing adjusting* pada *standard value table for chassis*.

Tabel 4.21 Standard ValueTable for Chassis

No.	Check Item	No	Standar Value
1	Torque converter stall speed	3	77 ± 12 mm
2	Brake pedal	1	1.690 ± 100 rpm
3	Riper control lever (Hold – Raise)	2	79 ± 12 mm
4	Decelerator pedal	5	58 ± 9 mm
5	Blade control lever (Hold-Lower)	4	58 ± 10 mm

- 2) Untuk soal menjodohkan pada nomro 2, murid menuliskan angka pada kolom nomor yang kosong yang ada pada *standar value* sesuai dengan jawaban yang benar pada *check item*. Referensi jawaban dapat dirujuk pada *shop manual* D85ESS-2A di *testing adjusting* pada *standard value table for chassis*.

Tabel 4.22 Standard ValueTable for Chassis

No.	Check Item	No.	Standar Value
1	Torque converter stall speed	2	79 ± 12 mm
2	Brake pedal	3	65 ± 10 mm
3	Riper control lever (Hold – Lower)	5	81 ± 12 mm



No.	Check Item	No.	Standar Value
4	Gear shift lever	1	1.690 ± 100 rpm
5	Blade control lever (Hold-Raise)	4	39 ± 6 mm

- 3) Untuk soal menjodohkan pada nomor 3, murid menuliskan angka pada kolom nomor yang kosong yang ada pada *part number* sesuai dengan jawaban yang benar pada *part name*. Referensi jawaban dapat dirujuk pada *shop manual* D85ESS-2A di *testing adjusting* pada *tool list for testing and adjusting*.

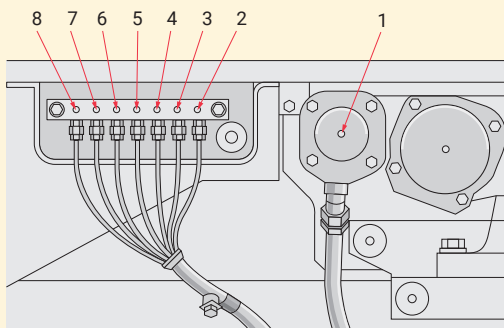
Tabel 4.23 Part Number dan Part Name Tool

No.	Part No.	No.	Part Name
1	799-101-5001	5	Elbow
2	790-261-1203	4	Adapter
3	799-401-2320	3	Hydraulic gauge
4	790-261-1311	2	Digital hydraulic tester
5	790-261-1350	1	Hydraulic tester

- 4) Untuk soal menjodohkan pada nomor 4, murid menuliskan angka pada kolom nomor yang kosong sesuai dengan jawaban yang benar pada *measurement location*. Referensi jawaban dapat dirujuk pada *shop manual* D85ESS-2A di *testing adjusting* pada *measuring power train oil pressure*.

Tabel 4.24 Measuring Power Train Oil Pressure

Measurement Location	Nomor
Transmission main relief pressure	1
Left brake actuating pressure	2
Right brake actuating pressure	3
Torque converter inlet pressure	7
Torque converter outlet pressure	8



Gambar 4.2 Measuring Power Train Oil Pressure
Sumber: Shop Manual D85ESS-2A

- 4) Untuk soal menjodohkan pada nomor 5, murid menuliskan angka pada kolom nomor yang kosong yang ada pada *clutches* dengan jawaban yang benar pada *combination of speed*. Referensi jawaban dapat dirujuk pada *shop manual* D85ESS-2A di *testing adjusting* pada *measuring power train oil pressure*.

Tabel 4.25 *Combination of Speed and Clutches*

No.	Combination of Speed	No.	Clutches
1	F1	5	No. 1 dan No. 4
2	F2	4	No. 1 dan No. 5
3	F3	3	No. 2 dan No. 3
4	R1	2	No. 2 dan No. 4
5	R2	1	No. 2 dan No. 5

3. Pembahasan Soal Uraian

Jawablah dengan penjelasan yang singkat dan jelas

- 1) Operator *Dozer* D85SESS-2A ketika melakukan pekerjaan tiba-tiba *dozer* tidak dapat bergerak. Operator kemudian melaporkan kondisi tersebut kepada pimpinannya bahwa *dozer* tidak dapat bergerak ketika *engine start* dan tuas dipindahkan ke gigi 2nd atau 3rd. Silakan diskusikan kasus ini dengan teman sebangkumu. Buatlah analisis kemungkinan penyebabnya dan tindakan apa yang harus dilakukan!

Jawaban:

Tabel 4.26 Analisis Penyebab dan Tindakan

Cause	Remedy
<i>Dragging brake</i>	<i>See H-1</i>
<i>Defective part inside transmission</i>	<i>Repair or replace</i>
<i>Defective steering clutch</i>	<i>See H-2</i>
<i>Defective part inside torque converter</i>	<i>Repair or replace</i>
<i>Defective transmission valve</i>	<i>Repair or replace</i>
<i>Defective power train pump</i>	<i>Replace</i>
<i>Defective spring, scuffing of spool, clogged with dirt</i>	<i>Repair or replace, clean</i>
<i>Defective adjustment of linkage</i>	<i>Adjust</i>
<i>Defective adjustment of parking brake linkage</i>	<i>Adjust</i>

Untuk soal uraian nomor 1 dapat merujuk pada *shop manual* D85ESS-2A tentang *troubleshooting of hydraulic, mechanical system* (H Mode) yakni H-7.



- 2) Kamu adalah seorang teknisi. Setelah melakukan analisis kerusakan pada *Dozer D85SESS-2A*, kamu diarahkan untuk melakukan penggantian *brake disc* dan *plate*. Buatlah langkah-langkah melakukan penggantian pada komponen tersebut!

Jawaban:

a) Persiapan

- 1) Membuat JSA
- 2) Menyiapkan *shop manual D85ESS-2A*
- 3) Menyiapkan peralatan untuk penggantian *brake disc* dan *plate*
- 4) Menyiapkan peralatan *safety*
- 5) Menyiapkan *brake disc* dan *plate* yang sesuai *part number*nya

b) Unjuk kerja

Untuk penggantian *brake disc* dan *plate* ikuti langkah-langkah yang ada pada *shop manual D85ESS-2A* pada topik *disassembly and assembly*, subtopik *steering case*, sub-subtopik *disassembly of steering case assembly point 4 clutch, brake assembly*. Untuk langkah-langkah detail, guru dapat meminta murid menuliskan langkah-langkah yang ada pada *shop manual D85ESS-2A*.

c) Membuat Laporan

Buat laporan hasil penggantian *brake disc* dan *plate*.

- 3) Kamu adalah seorang teknisi. Setelah melakukan analisis kerusakan pada *Dozer D85SESS-2A*, kamu diarahkan untuk melakukan pengukuran tekanan *main relief*. Buatlah langkah-langkah melakukan pengukuran tersebut, lakukan pengukuran, dan buatlah kesimpulan dari hasil yang didapatkan!

Jawaban:

a) Persiapan

- (1) Membuat JSA
- (2) Menyiapkan *shop manual D85ESS-2A*
- (3) Menyiapkan peralatan untuk mengukur tekanan *main relief*
- (4) Menyiapkan peralatan *safety*

b) Unjuk kerja

- (1) Parkir *machine* pada permukaan tanah yang rata dan menurunkan peralatan kerja ke tanah serta aktifkan *parking brake*.
- (2) Bersihkan terlebih dahulu pasir dan tanah yang berada disekitar *nipple* dan *plug*.

- (3) Menaikkan temperatur oli *power train* pada 70°C–80°C sebelum melakukan pengukuran.
 - (4) Ikuti langkah-langkah yang ada pada *shop manual* D85ESS-2A *testing adjusting* topik tentang *measuring power train oil pressure*, subtopik *measuring transmission oil pressure*. Untuk langkah-langkah detail, guru dapat meminta murid menuliskan langkah-langkah yang ada pada *shop manual* D85ESS-2A.
 - (5) Catat hasil pengukuran.
- c) Membuat laporan

Buat laporan hasil pengukuran tekanan *main relief*.

- 4) Kamu adalah seorang teknisi. Setelah melakukan analisis kerusakan pada *Dozer* D85SESS-2A, kamu diarahkan untuk melakukan pengukuran tekanan *main relief*. Tuliskan peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan tersebut beserta *part number*nya!

Jawaban:

Tabel 4.27 Peralatan yang Digunakan

Symbol	Part No.	Part Name	Remarks
C	799-101-5001	Hydraulic tester	Pressure gauge: 5.9 MPa/60 kg/cm ²

Untuk soal uraian pada nomor 4, dapat merujuk pada *shop manual* D85ESS-2A di *testing adjusting* pada *tool list for testing and adjusting*.

- 5) Operator *Dozer* D85SESS-2A memberikan laporan kepadamu sebagai seorang mekanik bahwa temperatur oli *power train* meningkat lebih tinggi. Kamu melakukan analisis, melakukan pengecekan, dan pengukuran pada *power train oil temperature sensor*. *Tool* apakah yang digunakan dan berapa *part number*nya?

Jawaban:

Tabel 4.28 Tool yang Digunakan

Symbol	Part No.	Part Name	Remarks
M	Commercially available	Tester	-



Untuk soal uraian pada nomor 5, dapat merujuk pada *shop manual* D85ESS-2A di *testing adjusting* pada *tool list for testing and adjusting*.

Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar murid di lingkungan sekolah masing-masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi murid yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan murid tentang menyelesaikan gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) mengacu pada *shop manual*. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Murid yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan murid yang terdepan dalam pembelajaran.

Refleksi

1. Refleksi Murid

Refleksi pada buku siswa intinya berisi pertanyaan, ajakan, ulasan, persepsi, dan sejenisnya terkait manfaat yang dirasakan oleh murid setelah mempelajari bab pemeliharaan *power train* dan *undercarriage* alat berat. Oleh karena itu, guru dapat memberikan pertanyaan kunci yang membantu murid untuk merefleksikan kegiatan pembelajaran, di antaranya dengan pertanyaan berikut.

- a. Bagaimana kamu melihat peranmu sebagai bagian dari mewujudkan keahlian di bidang alat berat setelah mempelajari pemeliharaan *power train* dan *undercarriage* alat berat?
- b. Apa yang paling kamu nikmati dari mempelajari penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*)?
- c. Jika kamu diberi kesempatan magang di industri alat berat seperti distributor, kontraktor pertambangan, pertanian dan konstruksi yang menggunakan alat berat, apa yang ingin kamu pelajari lebih dalam dan mengapa?
- d. Ceritakan satu hal baru yang kamu pelajari dari materi ini yang menurutmu bermanfaat untuk kehidupan di luar sekolah!

- e. Apa keterampilan teknis dan sikap kerja yang perlu kamu latih agar siap menangani penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*) alat berat secara profesional?
- f. Bagaimana menurutmu cara terbaik untuk menjaga keselamatan kerja saat menangani penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*) alat berat?
- g. Apakah kamu merasa lebih percaya diri setelah mempelajari materi ini? Jelaskan hal yang membuat kamu yakin atau belum yakin!
- h. Jika kamu menjadi mentor untuk murid (adik kelasmu), materi mana yang ingin kamu ajarkan dan bagaimana cara kamu menyampaikannya?

2. Refleksi Guru

- a. Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah mendorong murid memahami tidak hanya apa dan bagaimana, tetapi juga mengapa penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*) alat berat penting di pekerjaan dalam skala besar?
- b. Bagian mana dari materi penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*) yang paling membangkitkan antusias murid? Apa indikator keterlibatan mereka?
- c. Sudahkah saya memberikan kesempatan bagi murid untuk terlibat aktif, berpikir kritis, dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas-tugas bermakna terkait penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*) alat berat?
- d. Bagaimana saya mengaitkan materi ini dengan dunia kerja (Iduka) dan konteks kehidupan nyata murid agar lebih relevan dan kontekstual?
- e. Apa praktik baik yang saya lakukan dalam memfasilitasi pembelajaran mendalam pada materi ini, dan bagaimana dampaknya terhadap pemahaman dan sikap murid?
- f. Apa tantangan utama dalam mengajarkan materi ini, dan strategi apa yang bisa saya kembangkan untuk mengatasinya ke depan?
- g. Bagaimana saya menumbuhkan sikap tanggung jawab, ketelitian, dan kepedulian lingkungan melalui pembelajaran penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*under carriage*) alat berat?
- h. Apa yang saya pelajari sebagai guru dari proses pembelajaran ini dan bagaimana hal tersebut memperkaya praktik mengajar saya ke depannya?



Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 4 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. Modul Teknisi Layanan Caterpillar, “*Fundamental Power Train*”, 2005.
2. Modul Teknisi Layanan Caterpillar, “*Caterpillar Machine & Engine Designation*”, 2005.
3. *Direct Drive System*, UT School, 2009.
4. *Direct Drive System, Upskilling & Reskilling Guru Kejuruan SMK*, UT School, 2020.
5. *Steering dan Brake System 1*, Basic Course 1, UT School, 2008.
6. *Torqflow Drive System, Upskilling & Reskilling Guru Kejuruan SMK*, UT School, 2020.
7. *Torqflow System, Basic Mechanic Course*, PT United Tractor Tbk, Training Center Dept., 2007.
8. *Steering Brake System*, BC2 Magang Mechanic, PT United Tractor Tbk, Training Center Dept, 2007.

Bapak/Ibu Guru Teknik Alat Berat, untuk topik pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada BAB 4 ini, menitikberatkan pada kemampuan untuk memahami langkah-langkah pemecahan masalah (*troubleshooting*) sistem pemindah tenaga dan kerangka bawah yang ada pada *shop manual*. Berdasarkan pada peningkatan materi pembelajaran yang berfokus pada aspek kognitif C1 (mengingat), C2 (memahami), dan C3 (menerapkan) pada kelas XI, ditingkatkan ke level yang lebih tinggi, yaitu C4 (menganalisis) dan C5 (mengevaluasi) di kelas XII.

Kemampuan untuk memahami langkah-langkah pemecahan masalah (*troubleshooting*) sistem pemindah tenaga dan kerangka bawah yang ada pada *shop manual*, menjadi modal bagi siswa untuk melakukan perbaikan ketika mereka berada di industri. Mengingat tidak mudah bagi sekolah, jika melakukan praktik pada komponen-komponen sistem pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*).

Untuk praktik pemeliharaan sistem *power train* dan *undercarriage* yang meliputi komponen *direct drive*, *torqflow drive*, *electric drive*, *HST susyem*, *differential*, *final drive*, *wheel* dan *undercarriage*, *steering system*, serta *brake system*, dapat dilakukan terintegrasi ketika melakukan perawatan berkala pada unit alat berat hingga 1.000 jam.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025
Panduan Guru Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII
Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin
ISBN: 978-634-00-3309-0 (jil.2 PDF)

Panduan Khusus

Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat

**Bab
5**



Pendahuluan

Materi Bab 5 tentang Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat ini terdiri dari enam subbab. Tiap subbab memuat materi dan aktivitas yang membangun pemahaman dan keterampilan murid tentang prosedur penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat. Materi yang diberikan menitikberatkan pada penyelesaian gangguan sederhana pada sistem unit alat berat yang mengacu pada *operation & maintenance manual*. Aktivitas-aktivitas dalam bab ini disajikan untuk membangun *critical thinking* murid dan melatih murid untuk bekerja sama dalam kelompok (*team work*).

Guru dapat menggunakan metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kondisi di sekolahnya. Beberapa pilihan metode pembelajaran yang dapat digunakan, antara lain, diskusi, pembelajaran berdiferensiasi, dan *project based learning*. Guru juga dapat menggunakan metode pembelajaran yang dapat mendorong untuk berpusat pada murid. Pembelajaran dilakukan melalui pendekatan pembelajaran mendalam. Murid diarahkan untuk mengalami proses belajar yang utuh, yaitu pengoperasian dasar pada monitor *machine* pada saat kondisi normal, pengoperasian dasar pada monitor *machine* jika terjadi ketidaknormalan/kelainan pada saat menghidupkan *engine*, dan pengoperasian dasar pada monitor *machine* pada saat terjadi ketidaknormalan/kelainan selama operasi. Selain itu, murid belajar tentang tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi, jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan. Setelah itu, murid merefleksikan pengalaman belajarnya untuk menarik kesimpulan, mengenal tantangan, dan meningkatkan kualitas kerja. Guru berperan penting sebagai fasilitator yang menciptakan ruang eksplorasi, dialog terbuka, dan refleksi kritis sehingga pembelajaran menjadi bermakna dan berdampak. Penerapan pendekatan tersebut diharapkan murid tidak hanya tumbuh sebagai tenaga terampil. Akan tetapi, juga sebagai insan pembelajar yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan masa depan di bidang otomotif yang ramah lingkungan.

1. Tujuan Pembelajaran

Pada bab Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat, guru perlu untuk mencermati tujuan pembelajaran agar pada akhir tujuan dapat mencapai Dimensi Profil Lulusan. Mata pelajaran Teknik Alat Berat bertujuan membekali murid dengan *hard skills* dan *soft skills* untuk menganalisis penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat. Tujuan pembelajaran ini sangatlah ringkas sesuai dengan yang tertera pada dokumen Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, Nomor 046/H/KR/2025 tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.



Elemen dan deskripsi elemen perawatan berkala unit alat berat teknik alat berat dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 5.1 Elemen dan Deskripsi Elemen Perawatan Berkala Unit Alat Berat

Elemen	Deskripsi
Perawatan Berkala Unit Alat Berat	Meliputi <i>paper works</i> , perawatan harian, perawatan berkala hingga 1.000 jam, dan penyelesaian gangguan sederhana.

Selanjutnya, dari elemen dan deskripsi elemen perawatan berkala unit alat berat, diturunkanlah capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran sebagai berikut.

Tabel 5.2 Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran

Capaian Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran
1. Menerapkan pembuatan <i>paper works</i> dan perawatan harian, perawatan berkala, penyelesaian gangguan sederhana, dan prosedur pengoperasian alat berat dalam lingkup perawatan berkala.	1.1 Melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.

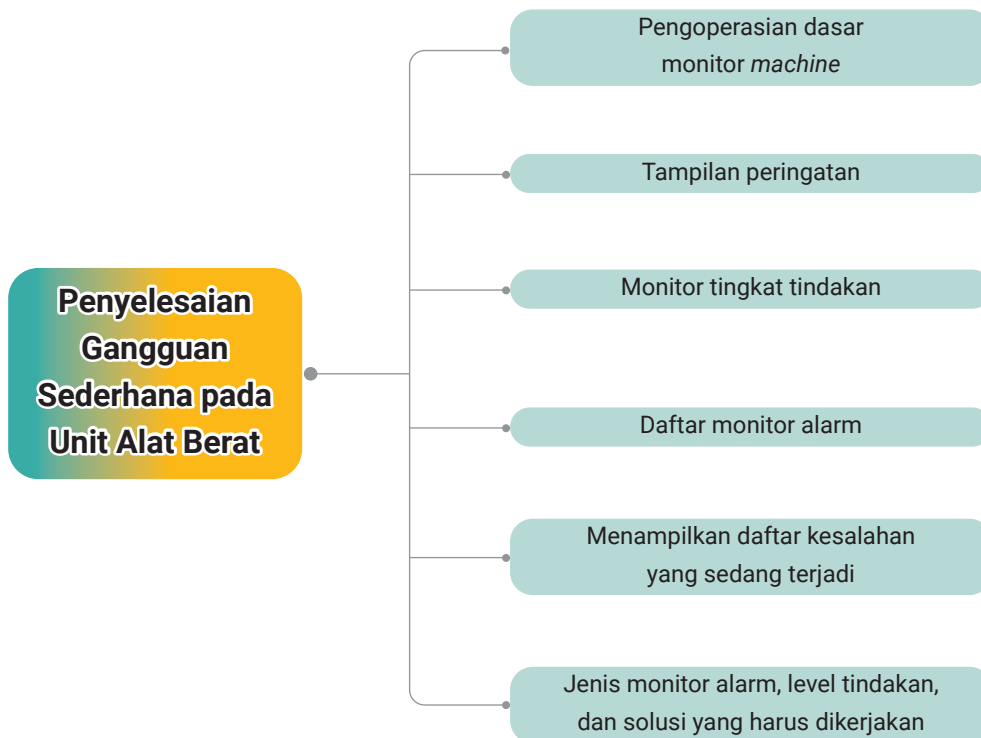
Capaian pembelajaran menekankan pada analisis penyelesaian gangguan sederhana *machine*/unit alat berat. Analisis membutuhkan pemahaman terhadap pengoperasian dasar monitor *machine*, tampilan peringatan, dan monitor tingkat tindakan. Selain itu, pemahaman tentang daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan. Pemahaman-pemahaman ini akan menjadi modal bagi murid untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana. Oleh karena itu, pembahasan dalam buku ini fokus pada penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat. Tujuan pembelajaran di atas, kemudian diturunkan ke dalam indikator-indikator sebagai berikut.

Tabel 5.3 Tujuan Pembelajaran dan Indikator

Tujuan Pembelajaran	Indikator
Melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.	1. Murid mampu memahami pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> .
	2. Murid mampu memahami tampilan peringatan.
	3. Murid mampu memahami monitor tingkat tindakan.
	4. Murid mampu memahami daftar monitor alarm.
	5. Murid mampu memahami daftar kesalahan yang sedang terjadi, dan jenis monitor alarm.
	6. Murid mampu menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan.

2. Peta Materi

Peta materi dalam bab ini ialah bagan yang menunjukkan materi yang perlu dikuasai untuk mencapai tujuan pembelajaran. Materi penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat mencakup pemahaman tentang pengoperasian dasar monitor *machine*, dan tampilan peringatan. Selain itu, juga mencakup tentang monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan.



Gambar 5.1 Peta Materi Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Perawatan Unit Alat Berat

Peta materi ini dibuat untuk mempermudah murid dan guru dalam proses pembelajaran. Guru dapat mengembangkan sendiri peta materi yang paling mudah dipahami dan diaplikasikan.

a. Pokok Materi

Pokok materi pada bab ini disusun secara bertahap, mulai dari pemahaman konsep dasar hingga keterampilan praktis dalam melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat. Tiap materi saling terhubung untuk membentuk kompetensi teknik sekaligus membangun karakter murid sesuai dimensi profil lulusan.

- 1) Memahami pengoperasian dasar monitor *machine*, tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, dan jenis monitor alarm. Pokok materi ini membekali murid pentingnya pemahaman tentang pengoperasian dasar monitor *machine*, tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, dan jenis monitor alarm. Pemahaman murid menjadi dasar penting agar mereka mampu menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan.
- 2) Menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan. Pokok materi ini membekali murid pentingnya pemahaman tentang menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan. Pemahaman murid menjadi dasar penting agar mereka mampu melakukan aktivitas secara benar, paham atas apa yang dilakukan, optimal, aman dan berkelanjutan.

b. Hubungan Antarmateri dalam Mencapai Tujuan Pembelajaran

- 1) Memahami pengoperasian dasar monitor *machine*, tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, dan jenis monitor alarm. Tujuan dari materi ini ialah memastikan pengoperasian dasar monitor *machine* pada saat kondisi normal, ketika terjadi ketidaknormalan pada saat menghidupkan *engine*, ketika terjadi ketidaknormalan selama operasi. Selain itu, memastikan tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, dan jenis monitor alarm disesuaikan dengan *machine*/unit alat berat yang dimiliki di sekolah masing-masing maupun mengacu pada *operation & maintenance manual* yang berbeda. Pemahaman terhadap analisis yang dilakukan dalam aktivitas ini sangat berkaitan erat dengan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat.
- 2) Menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan. Tujuan dari menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan ialah memastikan kendala yang ditemukan pada *machine*/unit alat berat tersebut dapat diketahui penyebabnya. Selain itu, memastikan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan. Hal tersebut didukung oleh pemahaman murid tentang pengoperasian dasar monitor *machine*, tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, dan jenis monitor alarm tersebut.

c. Hubungan dengan Materi Lain

Pembelajaran bab penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat memiliki keterkaitan erat dengan berbagai materi lain yang ada di mata pelajaran dan ilmu terkait

di bidang alat berat. Keterkaitan ini terjadi karena teknologi perawatan dan perbaikan alat berat melibatkan berbagai disiplin ilmu dalam aplikasinya. Materi pembelajaran perawatan berkala unit alat berat khususnya dan teknik alat berat umumnya, berhubungan erat dan memerlukan pengetahuan dan keterampilan dengan mata pelajaran lain sebagai berikut.

1. Mata Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Otomotif
2. Mata Pelajaran Konsentrasi Keahlian Teknik Alat berat
3. Mata Pelajaran Matematika
4. Mata Pelajaran Bahasa Inggris
5. Mata Pelajaran Praktik Kerja Lapangan

3. Sasaran Alokasi Waktu

Alokasi waktu yang diperlukan untuk pembelajaran Bab 5 Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat ini ialah dua pekan. Berdasarkan Permendikdasmen No. 13 Tahun 2025, tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah, pada SMK program 3 tahun, alokasi waktu dalam 1 tahun untuk mata pelajaran konsentrasi keahlian kelas XII SMK sebanyak 352 JP dengan asumsi 1 tahun 32 minggu, maka alokasi waktu mata pelajaran konsentrasi keahlian teknik alat berat kelas XII ialah 22 JP/minggunya dengan 1 JP @ 45 menit dengan rincian Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Alokasi Waktu Pembelajaran

No.	Subbab	Alokasi Waktu
1.	Pengoperasian dasar monitor <i>machine</i>	2 JP
2.	Tampilan peringatan	2 JP
3.	Monitor tingkat tindakan	2 JP
4.	Daftar minotor alarm	2 JP
5.	Menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi	14 JP
6.	Jenis monitor alarm, level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan	22 JP
Total rekomendasi alokasi waktu		44 JP

Jumlah alokasi waktu ini hanyalah rekomendasi yang tidak mengikat, dapat ditambahkan atau dikurangi berdasarkan kebutuhan, situasi, dan kondisi di sekolah.



B. Konsep dan Keterampilan Prasyarat

Sebelum mempelajari materi bab ini, murid harus memiliki kompetensi berikut ini.

1. Menggunakan alat pelindung diri (APD), membuat JSA, dan melaksanakan kesehatan dan keselamatan kerja.
2. Mampu menggunakan *hands tools*, *measurement tools*, dan *special tools*.
3. Mampu menggunakan *operation & maintenance manual*, *shop manual*, dan *parts book*.
4. Mampu melakukan *periodic inspection* dan *periodic service*.
5. Mampu mengoperasikan *machine/unit* alat berat.

Guru dapat memastikan murid telah menguasai kompetensi-kompetensi tersebut agar proses pembelajaran dapat berjalan dengan baik dan lancar.

C. Kerangka Pembelajaran

Bab ini menerapkan pembelajaran mendalam. Penerapan pembelajaran mendalam tersebut memiliki kerangka pembelajaran sebagai berikut.

1. Praktik Pedagogis

Pembelajaran pada materi penyelesaian gangguan sederhana pada *machine/unit* alat berat menekankan keterlibatan aktif murid dalam memahami sistem serta menerapkan keterampilan teknis sesuai kebutuhan industri alat berat. Praktik pedagogis dilaksanakan melalui pendekatan berbasis praktik langsung, studi kasus, kolaborasi kelompok, hingga proyek pelaporan yang merefleksikan proses kerja nyata di lapangan. Guru memfasilitasi tiap tahap dengan model pembelajaran yang sesuai, seperti demonstrasi, *inquiry learning*, *cooperative learning*, *problem-based learning*, hingga *project-based learning*. Tujuan utamanya ialah membekali murid tidak hanya dengan pengetahuan teknis, tetapi juga kemampuan berpikir kritis, bekerja sama, memecahkan masalah, dan bertanggung jawab secara profesional.

Tabel 5.5 Model Pembelajaran Praktik Pedagogis pada Materi Bab

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
1	Pengoperasian dasar monitor <i>machine</i>	<i>Inquiry learning</i> , dan diskusi kontekstual	Guru menjelaskan tentang pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> mengacu pada <i>operation & maintenance manual</i> dalam tiga keadaan. Saat kondisi normal, saat terjadi ketidaknormalan pada saat <i>engine</i> hidup maupun pada saat <i>machine</i> di operasikan. Untuk melibatkan murid agar aktif dalam kegiatan belajar, dilanjutkan dengan mengerjakan Aktivitas 5.1, murid diminta untuk mengoperasikan monitor <i>machine</i> dan melakukan pengujian dalam tiga keadaan tersebut. Setelah itu, dilanjutkan dengan presentasi dan diskusi. Pemahaman ini akan membantu murid untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.
2	Tampilan peringatan	<i>Problem-based learning</i>	Guru menjelaskan dan menunjukkan tentang tampilan peringatan pada monitor <i>machine</i> jika terjadi ketidaknormalan dan murid diminta untuk mengamati. Untuk melibatkan murid agar aktif dalam kegiatan belajar, dilanjutkan dengan mengerjakan Aktivitas 5.2, murid diminta secara berkelompok melakukan pengujian dalam tiga keadaan tersebut dan guru telah memberikan permasalahan pada <i>machine</i> /unit alat berat. Setelah itu, dilanjutkan dengan presentasi dan diskusi. Pemahaman ini akan membantu murid untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.
3	Monitor tingkat tindakan	<i>Problem-based learning</i>	Guru menjelaskan dan menunjukkan tentang monitor tingkat tindakan pada monitor <i>machine</i> , jika terjadi ketidaknormalan dan murid diminta untuk mengamati. Untuk melibatkan murid agar aktif dalam kegiatan belajar, dilanjutkan dengan mengerjakan Aktivitas 5.2, murid diminta secara berkelompok untuk melakukan pengujian dalam tiga keadaan tersebut dan guru telah memberikan permasalahan pada <i>machine</i> /unit alat berat. Setelah itu, dilanjutkan dengan presentasi dan diskusi. Pemahaman ini akan membantu murid untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.
4	Daftar monitor alarm	<i>Inquiry learning</i> , dan diskusi kontekstual	Guru menjelaskan tentang daftar monitor alarm mengacu pada <i>operation & maintenance manual</i> . Untuk melibatkan murid agar aktif dalam kegiatan belajar, dilanjutkan dengan mengerjakan aktivitas 5.2, murid diminta secara berkelompok untuk

No.	Materi	Model Pembelajaran	Praktik Pedagogis
			melakukan pengujian dalam tiga keadaan tersebut dan guru telah memberikan permasalahan pada <i>machine</i> /unit alat berat. Setelah itu, dilanjutkan dengan presentasi dan diskusi. Pemahaman ini akan membantu murid untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.
5	Menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi	<i>Problem-based learning</i>	Guru menjelaskan dan menunjukkan tentang menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi pada monitor <i>machine</i> , jika terjadi ketidaknormalan dan murid diminta untuk mengamati. Untuk melibatkan murid agar aktif dalam kegiatan belajar, dilanjutkan dengan mengerjakan Aktivitas 5.2, murid diminta secara berkelompok untuk melakukan pengujian dalam tiga keadaan tersebut dan guru telah memberikan permasalahan pada <i>machine</i> /unit alat berat. Setelah itu, dilanjutkan dengan presentasi dan diskusi. Pemahaman ini akan membantu murid untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.
6	Jenis monitor alarm, level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan	<i>Problem-based learning</i>	Guru menjelaskan dan menunjukkan tentang jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan pada monitor <i>machine</i> , jika terjadi ketidaknormalan dan murid diminta untuk mengamati. Untuk melibatkan murid agar aktif dalam kegiatan belajar, guru memberikan studi kasus dengan mengerjakan Aktivitas 5.2. Murid dibagi menjadi beberapa kelompok untuk melakukan pengujian dalam tiga keadaan. Studi kasus yang diberikan mengacu pada monitor alarm yang terdapat pada <i>operation & maintenance manual</i> . <i>Machine</i> /unit alat berat yang dijadikan sebagai contoh ialah Excavator PC 200-8M0A. Guru dapat menyesuaikan dengan <i>machine</i> /unit alat berat yang dimiliki di sekolah masing-masing. Jika di sekolah belum memiliki <i>machine</i> /unit alat berat, guru dapat menggunakan <i>operation & maintenance manual</i> sebagai media belajar murid. Setelah murid menemukan monitor alarm dan tindakan perbaikannya, dilanjutkan dengan membuat laporan untuk dipresentasikan sebagai proyek yang menunjukkan kemampuan teknis, kemampuan komunikasi, dan tanggung jawab profesional murid. Setelah itu, dilanjutkan dengan presentasi dan diskusi. Pemahaman ini akan membantu murid untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat.

2. Kemitraan Pembelajaran

Kemitraan pembelajaran membentuk hubungan yang dinamis antara guru, murid, orang tua, komunitas, dan mitra profesional, seperti teknisi atau perusahaan di bidang perawatan dan perbaikan alat berat. Pendekatan ini memindahkan kendali pembelajaran berpusat pada guru menjadi kolaborasi bersama yang melibatkan berbagai pihak untuk menghasilkan pembelajaran yang lebih kontekstual dan aplikatif. Dalam materi penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat, kemitraan dengan mitra profesional memungkinkan bagi murid untuk mendapatkan pengalaman langsung melalui bimbingan teknisi, demonstrasi lapangan, serta pengembangan keterampilan yang sesuai standar industri. Masyarakat sebagai *customer* juga dapat terlibat dalam mendukung praktik penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat di lingkungan sekolah atau masyarakat sekitar. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berkelanjutan.

Tabel 5.6 Kemitraan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Kemitraan Pembelajaran	Contoh Aktivitas
1.	Pengoperasian dasar monitor <i>machine</i>	Guru-Murid-Mitra Profesional-Orang Tua	Murid melakukan analisis masalah terkait pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> .
2.	Tampilan peringatan	Guru-Murid-Mitra Profesional-Orang Tua	Murid melakukan studi kasus tampilan peringatan. Guru membimbing dan mengawasi aktivitas murid.
3.	Monitor tingkat tindakan	Guru-Murid-Mitra Profesional-Orang Tua	Murid melakukan studi kasus monitor tingkat tindakan. Guru membimbing dan mengawasi aktivitas murid.
4.	Daftar monitor alarm	Guru-Murid-Mitra Profesional-Orang Tua	Murid melakukan studi kasus monitor alarm. Guru membimbing dan mengawasi aktivitas murid.
5.	Menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi	Guru-Murid-Mitra Profesional-Orang Tua	Murid melakukan studi kasus menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi. Guru membimbing dan mengawasi aktivitas murid.
6.	Jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan	Guru-Murid-Mitra Profesional-Orang Tua	Murid melakukan studi kasus monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan. Guru membimbing dan mengawasi aktivitas murid.

3. Lingkungan Pembelajaran

Lingkungan pembelajaran yang efektif mengintegrasikan ruang fisik, ruang virtual, dan budaya belajar untuk mendukung pembelajaran mendalam pada materi penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat. Ruang fisik, seperti laboratorium atau *workshop* alat berat dirancang fleksibel agar murid dapat melakukan praktik langsung, kolaborasi kelompok, dan eksplorasi *machine*/unit alat berat. Sementara itu, ruang virtual menyediakan akses ke simulasi digital, video tutorial, dan forum diskusi yang memperluas wawasan dan memungkinkan refleksi serta berbagai ide secara interaktif. Budaya belajar yang menekankan kolaborasi dan keterbukaan mendorong murid untuk aktif bertanya, bekerja sama, dan mengembangkan keterampilan *problem solving* yang penting dalam penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat secara menyeluruh.

Tabel 5.7 Lingkungan Pembelajaran dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
1.	Pengoperasian dasar monitor <i>machine</i>	<i>Workshop</i> sekolah atau <i>workshop</i> mitra	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , berorientasi pada keselamatan kerja
2.	Tampilan peringatan	<i>Workshop</i> sekolah atau <i>workshop</i> mitra	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , berorientasi pada keselamatan kerja
3.	Monitor tingkat tindakan	<i>Workshop</i> sekolah atau <i>workshop</i> mitra	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , berorientasi pada keselamatan kerja
4.	Daftar monitor alarm	<i>Workshop</i> sekolah atau <i>workshop</i> mitra	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , berorientasi pada keselamatan kerja
5.	Menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi	<i>Workshop</i> sekolah atau <i>workshop</i> mitra	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , berorientasi pada keselamatan kerja

No.	Materi	Ruang Fisik	Ruang Virtual	Budaya Belajar
6.	Jenis monitor alarm, level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan	<i>Workshop</i> sekolah atau <i>workshop</i> mitra	Video virtual, <i>e-learning</i> modul, webinar dengan ahli/industri, kuis interaktif, video <i>troubleshooting</i>	Kolaboratif, teliti, kritis, analitis, patuh pada <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , berorientasi pada keselamatan kerja

4. Pemanfaatan Digital

Pemanfaatan teknologi digital berperan penting sebagai katalisator dalam menciptakan pembelajaran penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat yang lebih interaktif, kolaboratif, dan kontekstual. Melalui berbagai sumber belajar digital, seperti video tutorial, simulasi interaktif, platform diskusi *online*, dan modul pembelajaran berbasis *web*, murid dapat mengakses materi secara fleksibel sesuai kebutuhan dan gaya belajar mereka. Teknologi digital juga memfasilitasi kolaborasi antarmurid dan guru lintas kelas serta memperkaya pengalaman belajar melalui praktik *virtual* yang mendekati kondisi nyata. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan menyiapkan murid untuk memahami sekaligus menguasai penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat secara komprehensif.

Tabel 5.8 Pemanfaatan Digital dengan Aktivitas dan Materi dalam Bab

No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
1.	Pengoperasian dasar monitor <i>machine</i>	Modul pembelajaran <i>hard copy</i> , <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , modul pembelajaran <i>online</i> , video demonstrasi, dan forum diskusi teknis	Memberikan panduan langkah-langkah pemahaman terhadap pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> dan mendukung murid mengenai masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial
2.	Tampilan peringatan	Modul pembelajaran <i>hard copy</i> , <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , modul pembelajaran <i>online</i> , video demonstrasi, dan forum diskusi teknis	Memberikan panduan langkah-langkah pemahaman terhadap pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> dan mendukung murid mengenai masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial
3.	Monitor tingkat tindakan	Modul pembelajaran <i>hard copy</i> , <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , modul pembelajaran <i>online</i> , video demonstrasi, dan forum diskusi teknis	Memberikan panduan langkah-langkah pemahaman terhadap pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> dan mendukung murid mengenai masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial

No.	Materi	Sumber Belajar Digital	Fungsi dalam Pembelajaran
4.	Daftar monitor alarm	Modul pembelajaran <i>hard copy</i> , <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , modul pembelajaran <i>online</i> , video demonstrasi, dan forum diskusi teknis	Memberikan panduan langkah-langkah pemahaman terhadap pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> dan mendukung murid mengenai masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial
5.	Menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi	Modul pembelajaran <i>hard copy</i> , <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , modul pembelajaran <i>online</i> , video demonstrasi, dan forum diskusi teknis	Memberikan panduan langkah-langkah pemahaman terhadap pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> dan mendukung murid mengenai masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial
6.	Jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan	Modul pembelajaran <i>hard copy</i> , <i>shop manual</i> , <i>operation & maintenance manual</i> , modul pembelajaran <i>online</i> , video demonstrasi, dan forum diskusi teknis	Memberikan panduan langkah-langkah pemahaman terhadap pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> dan mendukung murid mengenai masalah dan mencari solusi lewat diskusi dan tutorial

D. Apersepsi

Setiap bab disajikan apersepsi yang berfungsi untuk menggugah motivasi murid dalam belajar. Apersepsi disajikan dengan memberikan informasi berupa narasi dan pertanyaan pemantik. Pada bab ini, apersepsi disajikan berupa pengalaman hidup sehari-hari di bidang alat berat. Hal yang sederhana yang disajikan ialah pengalaman melihat *machine/unit* alat berat yang tidak dapat beroperasi dengan asumsi sekolah sudah memiliki *machine/unit* alat berat. Jika sekolah tidak memiliki *machine/unit* alat berat, guru dapat mengajak murid ke dealer atau kontraktor atau bengkel alat berat terdekat yang memiliki alat tersebut. Pihak sekolah dan tempat yang akan dikunjungi sudah memiliki kerja sama.

Apersepsi pada buku siswa sifatnya tidak wajib, guru bisa menambahkan atau justru menggantinya dengan yang lebih relevan sesuai dengan kondisi dan situasi di sekolahnya.



Tahukah Kamu?

Tahukah kamu perawatan berkala *machine/unit* alat berat sangat penting? Tanpa perawatan berkala rutin, performa *machine/unit* alat berat dapat menurun, bahkan umur *machine/unit* alat berat menjadi lebih pendek. Dengan perawatan berkala secara rutin dan teratur, kita dapat mengoptimalkan kinerja *machine/unit* alat berat. Selain itu, dapat menghemat biaya operasional dan mencegah kerusakan parah di kemudian hari. Jadi, perawatan berkala bukan hanya untuk perbaikan, tetapi juga suatu investasi agar *machine/unit* alat berat tetap awet dan efisien.



Formatif Awal

Penilaian sebelum pembelajaran diberikan untuk mengetahui kemampuan awal murid terhadap materi yang akan disampaikan. Bentuk penilaian sebelum pembelajaran berupa soal yang dapat dilakukan secara lisan maupun tertulis. Guru dapat langsung melihat berapa banyak murid yang mempunyai pemahaman dasar tentang materi yang akan diberikan melalui formatif awal. Berikut contoh pertanyaan yang dapat disampaikan guru untuk melakukan penilaian sebelum pembelajaran.

- 1) Apakah tujuan dilaksanakannya perawatan secara berkala pada *machine*/unit alat berat?
- 2) Meliputi apa saja kegiatan perawatan berkala pada *machine*/unit alat berat?
- 3) Sebutkan jenis-jenis perawatan berkala pada *machine*/unit alat berat!
- 4) Berikan lima contoh *basic symbol* pada *machine*/unit alat berat!
- 5) Berikan lima contoh *advanced symbols* pada *machine*/unit alat berat!

Untuk jenis soal dan banyaknya soal formatif awal ini tentu saja diberikan kebebasan kepada guru untuk menentukan sendiri sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan.

Panduan Pembelajaran Buku Siswa

Tahapan kegiatan pembelajaran memiliki peranan yang sangat penting sehingga perlu disusun dengan perencanaan yang matang. Bab ini dibagi menjadi enam subbab yang masing-masing akan dijelaskan proses pembelajarannya. Proses pembelajaran yang disajikan bertujuan sebagai inspirasi bagi guru. Guru diharapkan dapat mengadaptasi dan mengembangkan kegiatan pembelajaran sesuai dengan karakter murid, ketersediaan sarana prasarana, serta kondisi lingkungan sekolah.

1. Penyelesaian Gangguan Sederhana

Subbab ini merupakan implementasi dari tujuan pembelajaran, yaitu melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat, dengan enam submateri di dalam Buku Siswa yakni pemahaman tentang pengoperasian dasar monitor *machine*, tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, daftar kesalahan yang sedang terjadi, jenis monitor alarm, level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan.



Tabel 5.9 Tujuan, Submateri, dan Alokasi Waktu Pengoperasian Dasar Monitor *Machine*

Tujuan	:	Melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat
Sub Materi	:	a. Murid mampu memahami pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> b. Murid mampu memahami tampilan peringatan c. Murid mampu memahami monitor tingkat tindakan d. Murid mampu memahami daftar monitor alarm e. Murid mampu memahami daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm f. Murid mampu menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan
Alokasi Waktu	:	22 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

a. Pengoperasian Dasar Monitor *Machine*

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 5.10 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Pengoperasian Dasar Monitor *Machine*

Tujuan	:	Memahami pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> .
Indikator	:	Murid mampu memahami pengoperasian dasar monitor <i>machine</i> .
Alokasi Waktu	:	2 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi pengoperasian dasar monitor *machine* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.11 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Pengoperasian Dasar Monitor *Machine*

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengoperasian dasar pada monitor <i>machine</i>	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan pengoperasian dasar pada monitor <i>machine</i>	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil pengoperasian dasar pada monitor <i>machine</i>	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas persiapan pengoperasian dasar pada monitor *machine* yang mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas, murid melakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine*. Pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui identifikasi secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *operation & maintenance manual* yang dimiliki. Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya, berbagi pengalaman, dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut akan memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengoperasian dasar pada monitor *machine* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengoperasian dasar monitor *machine* ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *operation & maintenance manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine*/unit alat berat tidak sedang dioperasikan, tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine*/unit alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

a) Rubrik Penilaian Aktivitas 5.1 pengoperasian dasar monitor *machine*.

Tabel 5.12 Rubrik Penilaian Tahapan Persiapan

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Identifikasi Langkah Persiapan	Menyebutkan seluruh langkah dengan urutan dan istilah teknis yang tepat	Menyebutkan sebagian besar langkah dengan urutan yang cukup jelas	Menyebutkan beberapa langkah, tetapi ada kekeliruan	Tidak mampu menyebutkan langkah penting secara benar atau hanya menyebut langkah umum

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Penjelasan Pentingnya Verifikasi	Penjelasan rinci, logis, dan mengaitkan aspek teknis	Penjelasan cukup tepat dan logis	Penjelasan masih umum kurang mendalam	Penjelasan kurang tepat, tidak menunjukkan pemahaman teknis
Pemahaman Risiko Tanpa Persiapan	Menjelaskan risiko secara lengkap dan logis	Menjelaskan beberapa risiko dengan cukup tepat	Menjelaskan risiko secara terbatas atau hanya sebagian umum	Tidak dapat menjelaskan risiko dengan tepat atau tidak menjawab

- b) Untuk penilaian diskusi, guru dapat mengacu pada rubrik yang terdapat pada tabel berikut.

Tabel 5.13 Rubrik Penilaian Diskusi

Aspek	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Pendalaman (1)
Partisipasi	Aktif berbicara memberikan ide/gagasan secara konsisten	Berbicara beberapa kali dengan kontribusi berarti	Hanya sedikit berbicara dan pasif	Hanya diam dan tidak berkontribusi
Kualitas kontribusi	Ide/gagasan orisinal, relevan, dan mendalam	Memberikan ide yang jelas dan relevan	Ide kurang berkembang atau kurang relevan	Kontribusi tidak jelas/tidak sesuai topik
Kerja sama	Mendengarkan dengan baik, menghargai pendapat orang lain, dan memimpin kelompok	Bekerja sama dengan baik dan menerima masukan	Kurang aktif dalam berkolaborasi, mendominasi atau justru pasif	Tidak bekerja sama, mengganggu diskusi
Kedalaman pemikiran	Analisis mendalam, argumen logis, dan didukung contoh/fakta	Argumen jelas, tetapi kurang mendalam	Argumen sederhana, kurang analisis	Argumen tidak jelas/tanpa dasar
Sikap dan etika diskusi	Santun, sabar, dan menghargai perbedaan pendapat	Bersikap baik, tetapi sesekali memotong pembicaraan	Kurang santun atau tidak sabar	Bersikap tidak sopan atau mengganggu



3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine*/unit alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine*/unit alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi pengoperasian dasar monitor *machine* pada *machine*/unit alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine*/Unit Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine*/unit alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *excavator*), dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara pengoperasian dasar monitor *machine* pada *machine*/unit alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Operation & Maintenance Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *operation & maintenance manual* yang dilampirkan pada tautan di buku siswa atau *operation & maintenance manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara menggunakan *operation & maintenance manual* pada *machine*/unit alat berat *Excavator*. Kemampuan murid menggunakan *operation & maintenance manual* akan membantu dalam melakukan melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah dengan melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk melakukan melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.

b. Tampilan Peringatan

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 5.14 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Tampilan Peringatan

Tujuan	:	Memahami tampilan peringatan.
Indikator	:	Murid mampu memahami tampilan peringatan.
Alokasi Waktu	:	2 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.



1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi tampilan peringatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.15 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Tampilan Peringatan

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengoperasian tampilan peringatan	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan pengoperasian tampilan peringatan	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil pengoperasian tampilan peringatan	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas persiapan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan tampilan peringatan yang mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas, murid melakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan tampilan peringatan. Pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui identifikasi secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *operation & maintenance manual* yang dimiliki.

Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman, dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut dapat memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengoperasian dasar pada monitor *machine* secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengoperasian dasar monitor *machine*, berkaitan dengan tampilan peringatan ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *operation & maintenance manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine*/unit alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine*/unit alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan Aktivitas 5.2 pada buku siswa disini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 5.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: tabel 5.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine*/unit alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine*/unit alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan tampilan peringatan pada *machine*/unit alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine*/Unit Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine*/unit alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *excavator*) dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan tampilan peringatan pada *machine*/unit alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Operation & Maintenance Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *operation & maintenance manual* yang dilampiran pada tautan di buku siswa atau *operation & maintenance manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara menggunakan *operation & maintenance manual* pada *machine*/unit alat berat *excavator*. Kemampuan murid menggunakan *operation & maintenance manual* akan membantu dalam melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan tampilan peringatan pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah dengan melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan tampilan peringatan pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.



c. Monitor Tingkat Tindakan

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 5.16 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Monitor Tingkat Tindakan

Tujuan	:	Memahami monitor tingkat tindakan.
Indikator	:	Murid mampu memahami monitor tingkat tindakan
Alokasi Waktu	:	2 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi monitor tingkat tindakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.17 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Monitor Tingkat Tindakan

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengoperasian monitor tingkat tindakan	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan pengoperasian monitor tingkat tindakan	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil pengoperasian monitor tingkat tindakan	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas persiapan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan yang mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas, murid melakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan. Pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui identifikasi secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *operation & maintenance manual* yang dimiliki.

Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman, dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut memperkuat pemahaman mereka terhadap proses

pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *operation & maintenance manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine/unit* alat berat tidak sedang dioperasikan, tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine/unit* alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan aktivitas 5.2 pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 5.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 5.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine/unit* alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine/unit* alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif tersebut untuk materi pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan pada *machine/unit* alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine/Unit* Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine/unit* alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini adalah *excavator*), dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan pada *machine/unit* alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Operation & Maintenance Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *operation & maintenance manual* yang dilampirkan pada tautan di buku siswa atau *operation & maintenance manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara menggunakan *operation & maintenance*



manual pada *machine*/unit alat berat *excavator*. Kemampuan murid menggunakan *operation & maintenance manual* akan membantu dalam melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah dengan melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan monitor tingkat tindakan pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.

d. Daftar Monitor Alarm

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 5.18 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Daftar Monitor Alarm

Tujuan	:	Memahami daftar monitor alarm.
Indikator	:	Murid mampu memahami daftar monitor alarm.
Alokasi Waktu	:	2 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi daftar monitor alarm dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.19 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Daftar Monitor Alarm

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengoperasian daftar monitor alarm	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan pengoperasian daftar monitor alarm	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil pengoperasian daftar monitor alarm	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas persiapan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan daftar monitor alarm yang mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur

dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas, murid melakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan daftar monitor alarm. Pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui identifikasi secara langsung pada *machine/unit* alat berat atau pada *operation & maintenance manual* yang dimiliki.

Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya, berbagi pengalaman, dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut dapat memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan daftar monitor alarm secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar monitor alarm ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *operation & maintenance manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine/unit* alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine/unit* alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan Aktivitas 5.2 pada buku siswa di sini menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 5.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 5.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine/unit* alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine/unit* alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif untuk materi pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar monitor alarm pada *machine/unit* alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine/Unit* Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine/unit* alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini adalah *excavator*), dapat menjadi bahan praktik alternatif



yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan daftar monitor alarm pada *machine*/unit alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Operation & Maintenance Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *operation & maintenance manual* yang dilampiran pada tautan di buku siswa atau *operation & maintenance manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara menggunakan *operation & maintenance manual* pada *machine*/unit alat berat *excavator*. Kemampuan murid menggunakan *operation & maintenance manual* akan membantu dalam melakukan melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar monitor alarm pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar monitor alarm pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.

e. Daftar Kesalahan yang Sedang Terjadi dan Jenis Monitor Alarm

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran, dan alokasi waktu dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 5.20 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Daftar Kesalahan yang Sedang Terjadi, dan Jenis Monitor Alarm

Tujuan	:	Memahami daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm.
Indikator	:	Murid mampu memahami daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm.
Alokasi Waktu	:	14 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.21 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Daftar Monitor Alarm

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan pengoperasian daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan pengoperasian daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil pengoperasian daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas persiapan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm. Kegiatan pada tahapan tersebut mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas, murid melakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm. Pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui identifikasi secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *operation & maintenance manual* yang dimiliki.

Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah evaluatif secara kolaboratif. Hal tersebut memperkuat pemahaman mereka terhadap proses pengoperasian dasar pada monitor *machine* berkaitan dengan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm secara menyeluruh.

Pada pembelajaran pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *operation & maintenance manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadaikan miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine*/unit alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD,



pemeriksaan *machine*/unit alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan Aktivitas 5.2 di buku siswa, menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 5.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: tabel 5.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine*/unit alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine*/unit alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif untuk materi pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm pada *machine*/unit alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine*/Unit Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine*/unit alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *excavator*), dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm pada *machine*/unit alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Operation & Maintenance Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *operation & maintenance manual* yang dilampirkan pada tautan pada buku siswa atau *operation & maintenance manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara menggunakan *operation & maintenance manual* pada *machine*/unit alat berat *excavator*. Kemampuan murid menggunakan *operation & maintenance manual* akan membantu dalam melakukan melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah dengan melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk melakukan pengoperasian dasar monitor *machine* berkaitan dengan daftar kesalahan yang sedang terjadi dan jenis monitor alarm pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.

f. Level Tindakan dan Solusi yang Harus Dikerjakan

Tujuan, indikator pencapaian tujuan pembelajaran dan alokasi waktu dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 5.22 Tujuan, Indikator, dan Alokasi Level Tindakan serta Solusi yang Harus Dikerjakan

Tujuan	:	Menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan.
Indikator	:	Murid mampu menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan.
Alokasi Waktu	:	22 JP, alokasi waktu dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di sekolah.

1) Aktivitas Pembelajaran dan Materi

Aktivitas pembelajaran pada buku siswa dengan materi level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.23 Tahapan Aktivitas Pembelajaran Level Tindakan dan Solusi yang Harus Dikerjakan

Judul Aktivitas	Pengalaman Belajar	Karakteristik
1.1 Tahapan persiapan menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan	Memahami	Menstimulus proses berpikir murid
1.2 Melakukan menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan	Mengaplikasi	Menerapkan pengetahuan ke dalam situasi nyata
1.3 Membuat laporan hasil menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan	Merefleksi	Menerapkan strategi berpikir

Tahapan pembelajaran dimulai dari aktivitas persiapan menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan mengajak murid memahami langkah awal identifikasi secara sadar melalui proses berpikir terstruktur dan kritis terhadap keselamatan serta fungsi sistem. Pada aktivitas menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan, pembelajaran menjadi bermakna karena murid tidak hanya memahami teori. Akan tetapi, juga mengaitkannya langsung dengan situasi nyata melalui identifikasi secara langsung pada *machine*/unit alat berat atau pada *operation & maintenance manual* yang dimiliki.

Pada aktivitas membuat laporan, suasana pembelajaran yang menggembirakan tercipta saat murid diberi ruang untuk merefleksikan hasil praktik bersama kelompoknya. Selain itu, murid berbagi pengalaman dan menyusun langkah evaluatif



secara kolaboratif. Hal tersebut memperkuat pemahaman mereka terhadap proses menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan secara menyeluruh.

Pada pembelajaran menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan ini, diferensiasi dilakukan dengan memberi ruang bagi murid untuk memahami materi melalui berbagai cara. Misalnya, membaca *operation & maintenance manual*, diskusi kelompok, dan praktik langsung sesuai gaya belajar masing-masing. Guru perlu mewaspadai miskonsepsi umum, seperti anggapan bahwa ketika *machine/unit* alat berat tidak sedang dioperasikan tidak perlu melakukan pemasangan LOTO. Oleh karena itu, penekanan pada prosedur keselamatan kerja dan lingkungan hidup (K3LH) sangat penting. Misalnya, penggunaan APD, pemeriksaan *machine/unit* alat berat sebelum dihidupkan, pemeriksaan keamanan area sekitar, dan lain-lain.

2) Formatif Pembelajaran

Kegiatan Aktivitas 5.2 pada buku siswa menjadi kegiatan formatif pada saat pembelajaran dengan rubrik penilaian sebagai berikut.

- a) Rubrik penilaian aktivitas tahapan persiapan: Tabel 5.12
- b) Rubrik penilaian diskusi: Tabel 5.13

3) Alternatif Pembelajaran

Sekolah yang tidak memiliki *machine/unit* alat berat atau kesulitan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang langsung praktik pada *machine/unit* alat berat, ada beberapa alternatif metode pembelajaran. Alternatif untuk materi menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan pada *machine/unit* alat berat di SMK. Berikut penjelasan dan implementasinya.

a) Menggunakan *Machine/Unit* Alat Berat yang Ada di Sekolah

Jika sekolah memiliki *machine/unit* alat berat yang masih beroperasi (pada pembelajaran kali ini ialah *excavator*), dapat menjadi bahan praktik alternatif yang pertama. Guru dapat mendemonstrasikan cara menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan pada *machine/unit* alat berat tersebut.

b) Menggunakan *Operation & Maintenance Manual*

Alternatif lainnya ialah menggunakan *operation & maintenance manual* yang dilampirkan pada tautan di buku siswa atau *operation & maintenance manual* yang dimiliki sekolah yang berkaitan dengan materi pembelajaran yang sedang dibahas. Guru dapat mendemonstrasikan cara menggunakan *operation & maintenance manual* pada *machine/unit* alat berat *excavator*. Kemampuan murid menggunakan

operation & maintenance manual akan membantu dalam menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan pada *machine*/unit alat berat yang sebenarnya.

c) Melakukan Kunjungan Industri

Alternatif selanjutnya ialah dengan melakukan kunjungan industri. Murid akan diajak untuk menerapkan level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan pada *machine*/unit alat berat bersama pihak industri menggunakan unit mereka.

G. Sumatif

Soal uji kompetensi pada asesmen sumatif dibagi dalam dua bentuk, yaitu 15 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian. Soal tersebut dibuat bervariasi dengan harapan dapat menstimulus kemampuan berpikir murid.

H. Kunji Jawaban

1. Pembahasan Soal Asesmen Pilihan Ganda

- 1) Apabila pada monitor *machine* muncul tanda “!”, informasi apa yang dapat kalian pahami ialah
- error existing* (sedang terjadi kesalahan)
 - working mode* (mode kerja)
 - action level* (level tindakan)
 - suhu cairan pendingin *engin* terlalu tinggi
 - suhu cairan pendingin *engin* terlalu rendah

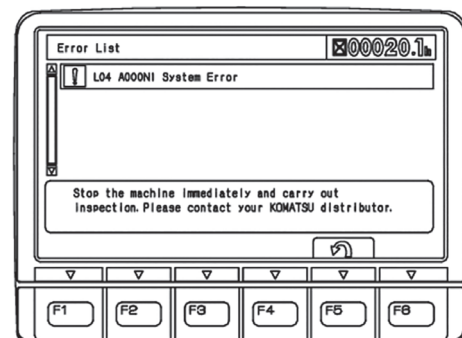
Jawaban: a

Error existing (sedang terjadi kesalahan).

Alasan: pilihan b, c, d, dan e salah

- 2) Suatu kesalahan (*error existing*) pada monitor *machine* muncul, untuk menampilkan daftar kesalahan yang **sedang terjadi**, tombol yang ditekan ialah
- | | |
|-------|-------|
| a. F1 | d. F4 |
| b. F2 | e. F5 |
| c. F3 | |

Jawaban: e (F5)



Gambar 5.2 Monitor Machine

Sumber: *Operation and Maintenance Manual*
PC 200-8M0



Alasan:

F1: menampilkan halaman berikutnya

F2: menampilkan halaman sebelumnya

F3: menampilkan *item* berikutnya

F4: menampilkan *item* sebelumnya

F5: menampilkan daftar kesalahan dan kembali ke layar standar

F6: memilih *item* yang ingin diketahui informasinya

- 3) Untuk menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi **pada halaman berikutnya**, maka tombol yang ditekan ialah
- | | |
|-------|-------|
| a. F1 | d. F4 |
| b. F2 | e. F5 |
| c. F3 | |

Jawaban: a (F1)

Alasan:

F1: menampilkan halaman berikutnya

F2: menampilkan halaman sebelumnya

F3: menampilkan *item* berikutnya

F4: menampilkan *item* sebelumnya

F5: menampilkan daftar kesalahan dan kembali ke layar standar

F6: memilih *item* yang ingin diketahui informasinya

- 4) Untuk menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi **pada halaman berikutnya**, maka tombol yang ditekan ialah
- | | |
|-------|-------|
| a. F1 | d. F4 |
| b. F2 | e. F5 |
| c. F3 | |

Jawaban: b (F2)

Alasan:

F1: menampilkan halaman berikutnya

F2: menampilkan halaman sebelumnya

F3: menampilkan *item* berikutnya

F4: menampilkan *item* sebelumnya



F5: menampilkan daftar kesalahan dan kembali ke layar standar

F6: memilih *item* yang ingin diketahui informasinya

5) Untuk kembali ke **tampilan layar standar**, maka tombol yang ditekan ialah

- a. F1
- b. F2
- c. F3
- d. F4
- e. F5

Jawaban: e (F5)

Alasan:

F1: menampilkan halaman berikutnya

F2: menampilkan halaman sebelumnya

F3: menampilkan *item* berikutnya

F4: menampilkan *item* sebelumnya

F5: menampilkan daftar kesalahan dan kembali ke layar standar

F6: memilih *item* yang ingin diketahui informasinya

6) Simbol yang menunjukkan adanya kesalahan yang menandakan bahwa suhu oli *hydraulic* terlalu tinggi ialah

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 
- e. 

Jawaban: e

Alasan:

Tabel 5.24 Simbol Monitor Alarm Jawaban Soal Nomor 6

Simbol	Arti
	Penurunan level oli pelumas <i>engine</i>
	Penurunan level cairan pendingin radiator



Simbol	Arti
	Adanya penyumbatan pada pembersih udara
	Suhu cairan pendingin <i>engine</i> telah meningkat terlalu tinggi
	Suhu oli <i>hydraulic</i> terlalu tinggi

7) Simbol yang menunjukkan adanya kesalahan yang menandakan bahwa suhu cairan pendingin *engine* terlalu tinggi ialah

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 
- e. 

Jawaban: d

Alasan:

Tabel 5.25 Simbol Monitor Alarm Jawaban Soal Nomor 7

Simbol	Arti
	Penurunan level oli pelumas <i>engine</i>
	Penurunan level cairan pendingin radiator
	Adanya penyumbatan pada pembersih udara
	Suhu cairan pendingin <i>engine</i> telah meningkat terlalu tinggi
	Suhu oli <i>hydraulic</i> terlalu tinggi

8) Simbol yang menunjukkan adanya kesalahan yang menandakan ada kelainan pada sistem *machine*, termasuk sensor ialah

- a.  d. 
- b.  e. 
- c. 

Jawaban: d

Alasan:

Tabel 5.26 Simbol *Monitor Alarm* Jawaban Soal Nomor 8

Simbol	Arti
	Penurunan level oli pelumas <i>engine</i>
	Penurunan level cairan pendingin radiator
	Adanya penyumbatan pada pembersih udara
	Kelainan pada sistem <i>machine</i> , termasuk sensor
	Suhu oli <i>hydraulic</i> terlalu tinggi

9) Simbol yang menunjukkan adanya ketidaknormalan pada sistem pengisian daya saat *engine* sedang bekerja ialah

- a.  d. 
- b.  e. 
- c. 



Jawaban: e

Alasan:

Tabel 5.27 Simbol *Monitor Alarm* Jawaban Soal Nomor 9

Simbol	Arti
	Penurunan level oli pelumas <i>engine</i>
	Penurunan level cairan pendingin radiator
	Adanya penyumbatan pada pembersih udara
	Kelainan pada sistem <i>machine</i> , termasuk sensor
	Ketidaknormalan pada sistem pengisian daya saat <i>engine</i> sedang bekerja

10) Simbol yang menunjukkan bahwa air telah terkumpul di dalam *water separator* ialah

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 
- e. 

Jawaban: c

Alasan:

Tabel 5.28 Simbol *Monitor Alarm* Jawaban Soal Nomor 10

Simbol	Arti
	Penurunan level oli pelumas <i>engine</i>
	Penurunan level cairan pendingin radiator

Simbol	Arti
	Air telah terkumpul di dalam <i>water separator</i>
	Kelainan pada sistem <i>machine</i> , termasuk sensor
	Ketidaknormalan pada sistem pengisian daya saat <i>engine</i> sedang bekerja

11) Simbol yang menunjukkan bahwa terjadi penyumbatan pada pembersih udara ialah

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 
- e. 

Jawaban: c

Alasan:

Tabel 5.29 Simbol *Monitor Alarm* Jawaban Soal Nomor 11

Simbol	Arti
	Penurunan level oli pelumas engine
	Penurunan level cairan pendingin radiator
	Penyumbatan pada pembersih udara
	Kelainan pada sistem <i>machine</i> , termasuk sensor
	Ketidaknormalan pada sistem pengisian daya saat <i>engine</i> sedang bekerja

- 12) Pada layar monitor *machine* muncul simbol , menampilkan pemberitahuan mengenai waktu pemeliharaan. Ketika waktu pemeliharaan telah berlalu, monitor menyala merah, jika tidak ada tindakan yang diambil, kinerja *machine* akan lebih pendek. Ketika waktu pemeliharaan semakin dekat, monitor menyala kuning. Segera siapkan *Part* untuk melakukan pemeliharaan. Untuk mengetahui *item* pemeliharaan tombol yang ditekan ialah
- a. F1
 - b. F2
 - c. F3
 - d. F5
 - e. F6

Jawaban: e (F6)

Alasan:

F1: menampilkan halaman berikutnya

F2: menampilkan halaman sebelumnya

F3: menampilkan *item* berikutnya

F4: menampilkan *item* sebelumnya

F5: menampilkan daftar kesalahan dan kembali ke layar standar

F6: memilih item yang ingin diketahui informasinya

- 13) Pada layar monitor *machine* muncul simbol , menampilkan peringatan bahwa rendahnya sisa bahan bakar. Monitor menyala merah. Bahan bakar yang tersisa ialah
- a. 41 liter
 - b. 50 liter
 - c. 60 liter
 - d. 10,80 galon AS
 - e. 10,00 galon AS

Jawaban: a (41 liter)

Alasan: pilihan b, c, d dan e salah

- 14) Pada layar monitor *machine* muncul simbol  dan berwarna merah, menampilkan peringatan tentang kelainan pada sistem *machine*, termasuk sensor. Bel alarm (*alarm buzzer*) berbunyi sebentar-sebentar. Jika kondisinya demikian, level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan ialah
- a. L01, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *low idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.

- b. L01, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *high idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.
- c. L02, hentikan pengoperasian dan matikan *engine* atau jalankan *engine* pada *low idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.
- d. L04, hentikan *machine* segera, lakukan pemeriksaan dan perawatan.
- e. L03, hentikan pekerjaan, pindahkan *machine* ke tempat yang aman, dan lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.

Jawaban: e

L03, hentikan pekerjaan, pindahkan *machine* ke tempat yang aman, dan lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.

Alasan: pilihan a, b, c, dan d salah

- 15) Pada layar monitor *machine* muncul simbol  dan berwarna merah, menampilkan peringatan bahwa suhu cairan pendingin *engine* telah meningkat terlalu tinggi. Jika kondisinya demikian, level tindakan dan solusi yang harus dikerjakan ialah
- a. L01, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *low idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.
 - b. L01, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *high idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.
 - c. L02, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *low idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.
 - d. L02, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *high idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.
 - e. L03, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *high idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.

Jawaban: c

L02, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *low idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.

Alasan: pilihan a, b, d, dan e salah

2. Uraian

Jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Pada layar monitor *machine* muncul simbol  dan berwarna merah, menampilkan peringatan bahwa suhu oli *hydraulic* telah meningkat secara tidak normal. Jika kondisinya demikian, level tindakan berapa dan solusi apakah yang harus dikerjakan?



Jawaban:

L02, hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *low idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.

2. Pada layar monitor *machine* muncul simbol  dan berwarna merah, menampilkan peringatan tentang kelainan pada sistem *machine*, termasuk sensor. Bel alarm (*alarm buzzer*) berbunyi terus-menerus. Jika kondisinya demikian, level tindakan berapa dan solusi apakah yang harus dikerjakan?

Jawaban:

L04, hentikan *machine* segera, lakukan pemeriksaan dan perawatan.

3. Pada layar monitor *machine* muncul simbol  dan berwarna merah, menampilkan peringatan ketidaknormalan pada tekanan oli pelumas *engine*. Bel alarm –*alarm buzzer*– berbunyi sebentar-sebentar. Jika kondisinya demikian, level tindakan berapa dan solusi apakah yang harus dikerjakan?

Jawaban:

L03, hentikan pekerjaan, pindahkan *machine* ke tempat yang aman, dan lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.

4. Pada layar monitor *machine* muncul simbol  saat *engine* mati (*stop*) dan berwarna kuning, menampilkan peringatan tentang penurunan level oli pelumas *engine*. Jika kondisinya demikian, level tindakan berapa dan solusi apakah yang harus dikerjakan?

Jawaban:

L01, periksa level oli dalam *engine oil pan* dan tambahkan oli. Jika level oli turun lagi dalam waktu singkat kemungkinan terjadi kebocoran.

5. Pada layar monitor *machine* muncul simbol  dan berwarna kuning, maka menampilkan peringatan tentang penurunan level cairan pendingin radiator. Jika kondisinya demikian, level tindakan berapa dan solusi apakah yang harus dikerjakan?

Jawaban:

L01, periksa level cairan pendingin di subtangki radiator dan tambahkan cairan pendingin. jika level cairan pendingin turun lagi dalam waktu singkat, kemungkinan terjadi kebocoran.

Tindak Lanjut

Kegiatan tindak lanjut setelah pembelajaran dalam bab ini dilakukan pada bab selanjutnya. Tindak lanjut berupa perbaikan cara memfasilitasi pembelajaran selanjutnya berdasarkan refleksi sendiri oleh guru. Guru menggunakan cara yang lebih tepat dengan cara belajar murid di lingkungan sekolah masing-masing. Selain itu, kegiatan tindak lanjut didasarkan pada hasil asesmen yang dilakukan, baik asesmen formal di akhir pembelajaran maupun asesmen informal, seperti pengamatan oleh guru setiap harinya.

Pengayaan yang disajikan dalam buku siswa dapat dimanfaatkan bagi murid yang telah tuntas mencapai tujuan pembelajaran. Pengayaan dapat menambah wawasan murid tentang penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat. Selain itu, guru membentuk kegiatan tutorial dengan menggunakan tutor sebaya. Murid yang tertinggal dalam pelajaran sebelumnya dapat belajar bersama dengan murid yang terdepan dalam pembelajaran.

Refleksi

1. Refleksi Murid

Refleksi pada buku siswa intinya berisi pertanyaan, ajakan, ulasan, persepsi, dan sejenisnya terkait manfaat yang dirasakan oleh murid setelah mempelajari bab penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat. Oleh karena itu, guru dapat memberikan pertanyaan kunci yang membantu murid untuk merefleksikan kegiatan pembelajaran, di antaranya dengan pertanyaan berikut.

- Bagaimana kamu melihat peranmu sebagai bagian dari mewujudkan keahlian di bidang alat berat setelah mempelajari penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat?
- Apa yang paling kamu nikmati dari mempelajari penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat?
- Jika kamu diberi kesempatan magang di industri alat berat seperti distributor, kontraktor pertambangan, pertanian, dan konstruksi yang menggunakan alat berat, apa yang ingin kamu pelajari lebih dalam dan mengapa?
- Ceritakan satu hal baru yang kamu pelajari dari materi ini yang menurutmu bermanfaat untuk kehidupan di luar sekolah!
- Apa keterampilan teknis dan sikap kerja yang perlu kamu latih agar siap menangani penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat secara profesional?



- f. Bagaimana menurutmu cara terbaik untuk menjaga keselamatan kerja saat menangani penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat?
- g. Apakah kamu merasa lebih percaya diri setelah mempelajari materi ini? Jelaskan hal yang membuat kamu yakin atau belum yakin!
- h. Jika kamu menjadi mentor untuk murid (adik kelasmu), materi mana yang ingin kamu ajarkan dan bagaimana cara kamu menyampaikannya?

2. Refleksi Guru

- a. Apakah pembelajaran yang saya lakukan sudah mendorong murid memahami tidak hanya apa dan bagaimana, tetapi juga mengapa penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat penting di pekerjaan dalam skala besar?
- b. Bagian mana dari materi penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat yang paling membangkitkan antusias murid? Apa indikator keterlibatan mereka?
- c. Sudahkah saya memberikan kesempatan bagi murid untuk terlibat aktif, berpikir kritis, dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas-tugas bermakna terkait penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat?
- d. Bagaimana saya mengaitkan materi ini dengan dunia kerja (Iduka) dan konteks kehidupan nyata murid agar lebih relevan dan kontekstual?
- e. Apa praktik baik yang saya lakukan dalam memfasilitasi pembelajaran mendalam pada materi ini, dan bagaimana dampaknya terhadap pemahaman dan sikap murid?
- f. Apa tantangan utama dalam mengajarkan materi ini, dan strategi apa yang bisa saya kembangkan untuk mengatasinya ke depan?
- g. Bagaimana saya menumbuhkan sikap tanggung jawab, ketelitian, dan kepedulian lingkungan melalui pembelajaran penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat?
- h. Apa yang saya pelajari sebagai guru dari proses pembelajaran ini dan bagaimana hal tersebut memperkaya praktik mengajar saya ke depannya?



Sumber Belajar

Guru dapat memperkaya pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman sebagai pengajar untuk mengembangkan potensi diri secara maksimal. Sumber belajar yang dapat digunakan dalam materi pada Bab 5 oleh guru, antara lain, buku-buku suplemen dan bahan referensi berikut.

1. *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat, UT School, 2020
2. Modul Teknisi Layanan Caterpillar, “*Prefentive Maintenance*”, 2005



3. Modul Teknisi Layanan Caterpillar, “*Contamination Control*”, 2005
4. *Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200-8M0*
5. *Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200LC-8M0*
6. *Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 220-8M0*
7. *Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200-8M0*
8. United Tractors, *Pemeriksaan Hydraulic Oil Level pada Excavator*, 2024



Glosarium

adjusting	: penyetelan sebuah komponen alat berat yang di maksudkan untuk mengembalikan <i>performance</i> alat berat sesuai standar.
air cleaner	: filter udara masuk yang berfungsi untuk menyaring udara yang diisap masuk ke dalam <i>combustion chamber</i> (ruang bakar) agar udara yang masuk benar-benar bersih terbebas dari debu, pasir, dan partikel-partikel kotoran lainnya.
aplikatif asesmen	: mengenai atau berkenaan dengan penerapan. : kegiatan mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasi data atau informasi tentang peserta didik dan lingkungannya untuk memperoleh gambaran tentang kondisi individu dan lingkungannya sebagai bahan untuk memahami individu dan pengembangan program layanan bimbingan dan konseling yang sesuai dengan kebutuhan.
blowby pressure (tekanan blowby)	: gas <i>pressure</i> yang lolos dari <i>combustion chamber</i> melalui celah antara <i>piston ring</i> dan silinder, kemudian masuk ke dalam <i>crankcase</i> .
condition based maintenance	: jenis perawatan yang dilakukan berdasarkan kondisi unit yang pada saat itu, seperti program analisis pelumas, program pemeriksaan mesin (<i>Pm Tune up</i> , program pemeriksaan <i>undercarriage</i> , dan lain-lain).
diagnostik	: proses mencari kesalahan sistem listrik.
ECU (engine control unit)	: komputer kontrol mesin.
hard skill	: keterampilan teknis yang khusus untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tertentu.
high availability	: berdaya guna tinggi.
high idle	: kecepatan putar <i>engine</i> tertinggi tanpa beban.
integratif	: bersifat integrasi, penggabungan beberapa aktivitas.



inspection	: pengecekan pada sebuah alat.
kabel listrik (<i>electrical wire/cable</i>)	: media penghantar arus listrik.
kinerja	: kemampuan kerja (tentang peralatan), sesuatu yang dicapai, atau prestasi yang dicapai.
kontekstual	: berhubungan dengan konteks, situasi yang ada hubungannya dengan suatu kejadian.
kompetensi	: kecakapan atau kemampuan dalam menguasai bidang tertentu.
low idle	: kecepatan putar <i>engine</i> terendah tanpa beban.
manual book	: buku petunjuk dalam melakukan pekerjaan seperti pekerjaan perawatan berkala, pembongkaran komponen, perakitan, pengetesan, pengujian, perbaikan, penggantian komponen, dan lain lain pekerjaan mekanik alat berat. <i>Manual book</i> terdiri dari <i>operation & maintenance manual</i> (OMM), <i>shop manual</i> (SM), dan <i>parts book</i> .
maintenance	: tindakan-tindakan reparasi yang dilakukan untuk menjaga kondisi dan <i>performance</i> dari sebuah mesin selalu seperti kondisi dan <i>performance</i> dari mesin tersebut waktu masih baru, tetapi dengan biaya perawatan yang sewajarnya.
multidisiplin	: beberapa bidang ilmu pengetahuan
periodic inspection	: <i>inspection</i> atau pemeriksaan harian (10 jam) dan mingguan (50 jam) sebelum unit dioperasikan, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dalam kondisi aman untuk dioperasikan.
periodic maintenance	: pelaksanaan pemeliharaan yang dilakukan setelah alat bekerja untuk jam operasi tertentu.
periodic service	: suatu usaha untuk mencegah timbulnya kerusakan pada suatu alat yang dilakukan secara berkala dengan interval pelaksanaan yang telah ditentukan berdasarkan <i>service meter/hours meter (HM)</i> .
prasyarat	: syarat yang harus dipenuhi sebelum melakukan, mengikuti, atau memasuki pendidikan atau suatu kegiatan.
power train	: sistem yang menyalurkan tenaga pada kendaraan untuk bergerak, sistem penggerak.



<i>preventive maintenance</i>	: perawatan yang dilakukan dengan tujuan untuk mencegah kemungkinan timbulnya gangguan atau kerusakan pada alat berat.
<i>soft skill</i>	: suatu keterampilan nonteknis yang berhubungan dengan pribadi dan antarpribadi dalam menyelesaikan pekerjaan apa pun, contohnya berpikir kritis, kreatif, empati, dan kolaborasi.
<i>solenoid</i>	: penggerak elektromagnetik.
<i>testing</i>	: pengujian yang dilakukan pada suatu alat berat untuk mengetahui kondisi sebuah komponen.
<i>tutor</i>	: orang yang memberi pelajaran (membimbing) kepada seseorang atau sejumlah kecil peserta didik.
<i>wiring harness</i>	: jalur kabel listrik yang terorganisir.



Daftar Pustaka

- Caterpillar . *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train*, 2005.
- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine & Engine Designation*”, 2005.
- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Prefentive Maintenance*, 2005
- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Contamination Control*, 2005.
- Komatsu. *Shop Manual, PC200-8MO Hydraulic Excavator. Printed in Japan 07- 12 (01)*, 2012.
- Komatsu. *Operation & Maintenance Manual, PC200-8MO Hydraulic Excavator Komatsu. Printed in Japan, 08-12*, 2012.
- Komatsu. *Shop Manual, D375A-5. Printed in Japan, 04-05 (03)*, 2005.
- Komatsu. *Operation & Maintenance Manual, Galeo D375A-5 Bulldozer. Printed in USA*, Komatsu America Corp, 2004.
- Komatsu. *Shop Manual, PC45MR-3 Hydraulic Excavator. Printed in Japan 07-09*, 2009.
- Komatsu. *Buku Guidance for Reusable Parts: Hydraulic Cylinder, Shop Manual*, 1998.
- Komatsu. *Operation and Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0*.
- Komatsu. *Shop Manual PC200, 200LC-8M0*.
- Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200-8M0*
- Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200LC-8M0*
- Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 220-8M0*
- Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200-8M0*
- Permendikdasmen No.13 Tahun 2025 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024, tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.
- Tim Penyusun. *Naskah Akademik Pembelajaran Mendalam Menuju Pendidikan Bermutu untuk Semua*. Jakarta: Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia, 2025.
- UT Tractors. *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8*, 2012.
- UT School. *Direct Drive System*, 2009.



UT School. *Direct Drive System. Upskilling & Reskilling Guru Kejuruan SMK*. Jakarta: Yayasan Karya Bakti United Tractors, 2020.

UT School. *Steering dan Brake System 1, Basic Course 1*, 2008.

UT School. *Torqflow Drive System. Upskilling & Reskilling Guru Kejuruan SMK*. Jakarta: Yayasan Karya Bakti United Tractors, 2020.

United Tractor Tbk. (PT). *Torqflow System, Basic Mechanic Course*. Training Center Dept., 2007.

United Tractor Tbk. (PT). *Steering Brake System: BC2 Magang Mechanic*. Training Center Dept., 2007.

UT School, *Basic Maintenance*, Pendidikan Dasar Alat Berat, 2020.

United Tractors. *Pemeriksaan Hydraulic Oil Level pada Excavator*, 2024.



Daftar Kredit Gambar

Panduan Umum

Gambar 1 Tim Pengembangan Pembelajaran Mendalam (TPPM). Pembelajaran Mendalam Menuju Pendidikan Bermutu untuk Semua. Kemendikdasmen RI.

Bab 2

Gambar 2.2 Shop Manual PC 200-M0, Komatsu

Bab 3

Gambar 3.2 *Shop Manual* PC 200-M0, Komatsu

Gambar 3.3 *Shop Manual* PC 200-M0, Komatsu

Gambar 3.4 *Shop Manual* PC 200-M0, Komatsu

Gambar 3.5 *Shop Manual* PC 200-M0, Komatsu

Gambar 3.6 *Shop Manual* PC 200-M0, Komatsu

Gambar 3.7 *Shop Manual* PC 200-M0, Komatsu

Gambar 3.8 *Shop Manual* PC 200-M0, Komatsu

Gambar pada Tabel 3.24 Modul Praktik *Battery*, Training Centre, United Tractor.

Gambar 3.9 *Handout Electrical 1*, Technical Training Departement, United Tractor.

Gambar pada Tabel 3.26 Modul Praktik *Starting Motor*, Technical Training, United Tractor.

Gambar 3.11 *Handout Electrical 1*, Technical Training, Department, United Tractor.

Gambar 3.12 *Handout Electrical 1*, Technical Training, Department, United Tractor.

Bab 4

Gambar 4.2 *Shop Manual* D85ESS-2A

Bab 5

Gambar 5.2 *Operation and maintenance Manual* PC200-8M0



Daftar Sumber Video YouTube

Bab 2: Apersepsi halaman 98

Hybrid Tech Ph. “Diagnose Pc200-8 Low Power”. 2021. Diakses pada 24-11-2025.
<<https://www.youtube.com/watch?v=QuT-5dv3mSE>>

Bab 3: Apersepsi halaman 131

Roscoe's Repairs. “My Mini Excavator Wont't Start. Starter is Not Bad. Shorted Wire Found. Problem Solved”. 2023. Diakses pada 24-11-2025.
< <https://www.youtube.com/watch?v=d235EydR2rI>>



Indeks

A

aplikatif 36, 92, 96, 128, 175, 212, 244
asesmen iii, v, ix, 26, 72, 78, 81, 108, 146, 168,
204, 232, 247

B

basic symbol 216
bleeding 28, 29, 30, 55, 60, 61, 62, 79, 80, 102
blended learning viii
bulldozer 75, 80, 178

C

cooling system 27, 67, 68, 69, 70, 71

D

demonstrasi 35, 94, 127
diagnosis 26, 74, 76, 126
digital viii, ix, xi, xii, xiii, 38, 97, 130, 176, 195,
214, 255, 258, 263
dimensi 29, 88, 90, 122, 171, 206
discoloration 109

E

ECU 76, 244
eksplorasi 26, 37, 88, 96, 103, 115, 120, 129,
140, 163, 168, 175, 204, 213
e-learning 48, 50, 52, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 69,
71, 176, 213, 214
elektrolit 165, 251

engine v, viii, ix, x, 25, 26, 27, 29, 33, 41, 42,
43, 45, 63, 65, 78, 85, 128, 192, 201, 247

engine speed ix, 41

evaluasi 37, 38, 97, 98, 130, 175, 176

excavator 74, 75, 77, 78, 79, 81, 220, 222, 224,
225, 226, 227, 229, 231

F

formatif xvi, 39, 40, 42, 47, 49, 52, 54, 57, 59,
61, 64, 66, 68, 71, 99, 101, 103, 105, 107,
132, 134, 140, 143, 145, 177, 178, 180, 184,
187, 189, 216, 218, 222, 224, 226, 229, 231

H

hard skill 244

high idle 45, 239, 240, 244

hydraulic iv, 72, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95,
96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105,
106, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116,
125, 146, 151, 160, 168, 169, 170, 171, 172,
173, 174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182,
183, 184, 185, 188, 189, 190, 192, 194, 195,
196, 234, 235, 236

I

idle 45, 57, 78, 79, 239, 240, 244

idle speed 45

injeksi 32, 76, 77, 79

injektor 73, 75



interaktif 37, 38, 97, 129, 130, 175, 176, 213, 214

interval 83, 110, 160, 245

K

kolaborasi 35, 36, 37, 38, 94, 96, 97, 98, 102, 106, 126, 128, 129, 130, 131, 139, 173, 175, 176, 209, 212, 213, 214, 246

kompetensi 29, 34, 71, 90, 93, 94, 108, 114, 122, 123, 126, 146, 163, 171, 173, 190, 206, 209, 232, 245

kontekstual 35, 36, 38, 85, 94, 96, 97, 101, 103, 107, 116, 127, 128, 130, 134, 140, 146, 165, 174, 175, 176, 200, 210, 212, 214, 243, 245

konversi 257

L

low idle 45, 239, 240, 244

lubricating system 27

M

maintenance 34, 48, 50, 52, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 69, 71, 88, 91, 95, 173, 204, 207, 209, 210, 211, 213, 214, 215, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 244, 245, 246

manual book 245

monitor xiv, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 103, 106, 114, 126, 146, 192, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 232, 239, 240, 241

O

observasi 104, 105, 123, 141, 144

P

pedagogis 35, 94, 126, 173, 209

platform 38, 97, 130, 176, 214

power train vi, viii, xii, xiii, 167, 168, 169, 170, 172, 178, 179, 180, 182, 183, 247, 259

problem solving 37, 97, 129, 175, 213

R

refleksi xvi, 26, 37, 83, 88, 93, 97, 104, 106, 120, 126, 129, 138, 139, 141, 143, 144, 168, 175, 199, 204, 213, 241

relief valve xi, 91, 99, 104, 105, 117, 250

rubrik ix, xi, xii, xiii, 42, 43, 44, 47, 49, 52, 54, 57, 59, 62, 64, 66, 68, 71, 101, 102, 104, 105, 107, 135, 136, 139, 140, 141, 143, 145, 180, 181, 184, 187, 189, 218, 219, 222, 224, 226, 229, 231

S

safety relay 146, 151, 152, 159

simulasi iv, 37, 38, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71, 95, 96, 97, 103, 107, 127, 129, 130, 139, 146, 175, 176, 213, 214

soft skill 246

steering brake 201, 248

steering clutch 190, 191, 196

sumatif xvi, 71, 108, 146, 190, 232

T

testing 30, 37, 39, 88, 89, 114, 194, 195, 196, 198, 246

troubleshooting 38, 93, 125, 170, 171, 176, 185, 186, 187, 192, 196, 213, 214



U

uji kompetensi 71, 108, 146, 190, 232

undercarriage vi, viii, xii, 167, 168, 169, 170,
172

V

valve 28, 29, 30, 40, 46, 47, 48, 73, 74, 76, 80,
81, 88, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100,
104, 105, 106, 108, 111, 112, 114, 115, 116,
125, 190, 191, 196

virtual 37, 38, 96, 97, 129, 130, 175, 176, 213,
214



Biodata Pelaku Perbukuan

Penulis

Ir. Margono, S.T., M.Pd., IPP

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Expertise di PT United Tractors Tbk
2. Lecturer pada Program Praktisi Mengajar Kemendikbud RI

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Professional Program for Engineers – Universitas Indonesia
2. Master of Education Mechanical Engineering - Universitas Negeri Yogyakarta

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Buku Ajar SMK Binaan United Tractors (SOBAT) - 2020
2. SOBAT Magazine 2021_Implementasi 8+i (Link & Match)

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Development of Web-Based Digital Learning Platform and Software Application for Vocational Education - 2023
2. The Effectiveness of the Center of Excellence Vocational High School (PK) Program Matched Funding Scheme (SPD) on Improving Student Competence at United Tractors Assisted Vocational Schools (SOBAT) in Samarinda - 2024
3. Teknik Alat Berat untuk SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek, 2024.



Email

margono@
unitedtractors.com

Instansi

PT United Tractors Tbk

Alamat Instansi

Jl. Raya Bekasi Km. 22,
Cakung, Jakarta Timur
13910

Bidang Keahlian

*Heavy Equipment
Expertise*



**Email**

mr.rudi.harianto@
gmail.com

Instansi

SMK Negeri 6
Samarinda

Alamat Instansi

Jl. Batu Cermin, No. 40,
RT. 05, Kel. Sempaja
Utara, Kec. Samarinda
Utara

Bidang Keahlian

Teknik Alat Berat

Penulis

Rudi Harianto, S.T., M.Pd.

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Guru Mapel Teknik Alat Berat
2. Guru Mapel Teknik Kendaraan Ringan
3. Kepala Program Keahlian Teknik Otomotif
4. Ketua LSP P1 SMKN 6 Samarinda

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S-1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Malang, 1997–2001
2. S-2 Manajemen Pendidikan Islam IAIN Samarinda, 2016–2020

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Teknik Alat Berat untuk SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek, 2024.



Penulis

Edi Fakhri, S.Pd.

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

Guru Mapel Kejuruan Teknik Alat Berat

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

S-1 Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta,
1995–2001

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Perancangan Sistem Kontrol Kendaraan, Kelas XII, Penerbit Liniswara, 2022
2. Konversi Energi Kendaraan Ringan, Penerbit Liniswara, 2023

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

Teknik Alat Berat untuk SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan,
Kemendikbudristek, 2024.



Email

fakhrinedi@yahoo.co.id

Instansi

SMK Negeri 5
Banjarmasin

Alamat Instansi

Jl. Sutoyo S. No.330
Banjarmasin,
Kalimantan Selatan

Bidang Keahlian

Teknik Alat Berat



**Email**

wakid_m@uny.ac.id

Instansi

UNY

Alamat Instansi

Jl. Colombo No. 1
Yogyakarta

Bidang Keahlian

Teknik Otomotif

Penelaah

Dr. Ir. Muhkamad Wakid, S.Pd., M.Eng.

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen Otomotif FT UNY
2. Asesor Kompetensi LSP Teknik Otomotif
3. Wakil Ketua LSP Karaton Ngayogyakarta Hadiningrat
4. Ketua/Wakil Ketua LSP UNY
5. Asesor Program Guru Penggerak Kemdikbud
6. Reviewer, Penilai, dan Penelaah Buku Teks SMK
7. Wakil Ketua Ikatan Asesor Profesional Cabang DIY

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S-3 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, UNY, 2024
2. Profesi Insinyur, UNY, 2019
3. S-2 Teknik Mesin, UGM, 2009
4. S-1 Teknik Mesin, UNY, 2002

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Pembelajaran IPA Berbasis *Mobile Inquiry Learning* Menyongsong Era *Society 5.0* – 2024
2. Permainan & Dolanan Tradisional Anak Sendangsari - 2024

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Artikel Jurnal, "Learning-Oriented Assessment: A Systematic Literature Network Analysis".
2. Artikel Jurnal, "Factors Affecting Students' Academic Performance: Self-Efficacy, Digital Literacy, and Academic Engagement Effects".
3. Artikel Jurnal, "Numerical Modelling and Analysis of Externally Blown Heated Pipes Applicable for Furnace".

Informasi Lain:

<https://drive.google.com/file/d/17ljsuiacXxHdvSU4QrOLbByH50kEkDh/view?usp=sharing>



Penelaah

Prof. Dr. Suyitno, M.Pd.

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Dosen
2. Peneliti
3. Penulis Buku

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. Sarjana di Pendidikan Teknik Otomotif (S.Pd.T), Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia (2004–2009)
2. Master di Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (M.Pd.) Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia (2009–2011)
3. Doktor di Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (Dr.), Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia, (2013–2017)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Work Based Learning Terintegrasi, Konsep, Strategi dan Implementasi dalam Pendidikan Kejuruan
2. Power Train, Sistem Pemindah Daya Otomotif
3. Metodologi Penelitian Tindakan Kelas, Eksperimen dan R & D
4. Listrik dan Elektronika Otomotif
5. Pendidikan Vokasi dan Kejuruan, Strategi dan Revitalisasi Abad 21
6. Team Based Project Listrik dan Elektronika Otomotif
7. Asistensi Mengajar Pendidikan Teknik Otomotif
8. Pembelajaran Jarak Jauh Sistem Pemindah Tenaga Otomotif
9. Alat dan Pengukuran Teknik
10. Karya Tulis Ilmiah Dilengkapi Strategi Publikasi di Jurnal

Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Model Praktik Industri Berbasis *Work Based Learning* (PI-WBL) pada Calon Guru Teknik Otomotif
2. Diklat *Online* Sepeda Motor bagi Masyarakat Wonosobo
3. Pengembangan Jobsheet untuk SMK
4. Model Praktik Industri Berbasis *Work Based Learning* (PI-WBL) pada Calon Guru Teknik Otomotif



Email

yitno@umpwr.ac.id

Instansi

Universitas
Muhammadiyah
Purworejo

Alamat Instansi

Jl. KH. Dahlan No. 3
Purworejo, Jawa Tengah

Bidang Keahlian

Pendidikan Teknik
Otomotif





Email

yopisartika@gmail.com

Bidang Keahlian

Penyuntingan dan
Penulisan Naskah

Editor

Yopi Sartika

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Asesor di LSP Penulis dan Editor Profesional
2. Editor di Rasaki Akademia

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

S-1, Kimia, FMIPA, Universitas Andalas, Padang, 1996–2000

Judul Buku (Karya Sunting) dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Teknik Alat Berat untuk SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek, 2024.
2. Metodologi Riset dan Penulisan Ilmiah, Rasaki Akademia-FBM Solusindo, 2024.
3. Kimia Anorganik I, Rasaki Akademia-FBM Solusindo, 2023.
4. Dasar-Dasar Agriteknologi Hasil Pertanian untuk SMK/MAK Kelas X, Pusbuk, Kemendikbudristek, 2022.
5. Matriks, Rasaki Akademia-FBM Solusindo, 2022
6. Kimia Komputasi, Rasaki Akademia-FBM Solusindo,

Judul Buku (Karya Tulis) dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Dasar-Dasar Kimia Analisis, SMK/MAK Kelas X, 2023, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek.
2. Modul 1, 2, dan 3 Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila untuk SMP, 2023, Smart Publishing.



Editor

Marsya Nisrina

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Staf Teknis Tim Kerja Penyusunan, Pengembangan, dan Penilaian Buku PAUD, DIKSUS, Vokasi, Pusat Perbukuan
2. Staf Tata Usaha, Pusat Penelitian Arkeologi Nasional

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

S-1 Arkeologi, Universitas Indonesia, 2012–2017

Judul Buku (Karya Sunting) dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Membaca Tanpa Air Mata, 2023, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek
2. Teknik Alat Berat untuk SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek, 2024.

Judul Karya Tulis dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Perkembangan Permukiman Kolonial Depok Lama Abad ke-18 Hingga Abad ke-20, Skripsi, Universitas Indonesia 2017



Email

marsyaa23@gmail.com

Instansi

Pusat Perbukuan

Alamat Instansi

Jl. RS Fatmawati
Gedung D Komplek
Kemendikbud, Cipete,
Jakarta

Bidang Keahlian

Penyuntingan Naskah





Email

yolyulianto@gmail.com

Bidang Keahlian

Ilustrasi

IG

<https://www.instagram.com/yolyulianto/>

Ilustrator

Yoi Yulianto

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Ilustrator Majalah Anak Ina, 1998–2000
2. Ilustrator Majalah Ori-Kompas Gramedia, tahun 2001–2010
3. Ilustrator Majalah Superkids Junior, tahun 2011–2014
4. Ilustrator Freelance, tahun 2015–sekarang

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

FT Arsitektur Undip Semarang tahun belajar 1991–1996

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Siri Cerita Berirama, Penerbit PTS Malaysia, tahun 2016
2. Seri Komilag, Direktorat PAUD dan Dikmas, tahun 2016–2017
3. Seri Aku Anak Cerdas, Penerbit Bhuana Ilmu Populer, tahun 2018
4. Seri 60 Aktivitas Anak, Penerbit Bhuana Ilmu Populer, tahun 2019
5. Modul Belajar Literasi dan Numerasi Jenjang SD Kelas 5, Pusmenjar, tahun 2020
6. Buku Matematika Kelas 1 dan Kelas 2, Pusbuk, tahun 2022
7. Pendidikan Pancasila Kelas 6, Pusbuk, tahun 2023
8. Panduan Guru Seni Teater Kelas 1 dan Kelas 7, Pusbuk, tahun 2023
9. Misi Penyelamatan Artha, Pusbuk, tahun 2023
10. Buku Panduan Guru PAUD, Pusbuk, tahun 2023
11. English for Nusantara Kids, Pusbuk, tahun 2024
12. Pasang Rob di Belawan, Balai Bahasa Sumatera Utara
13. Wewadine Simbah, Balai Bahasa Jateng, tahun 2024
14. Kandakake!, Bathi Apa Tuna? Balai Bahasa Jateng, tahun 2025
15. Sabai Nan Aluih (Cerita Saduran untuk SD), Perpustnas, Tahun 2025



Editor Visual

Ilhamsyah

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Graphic Designer: Gramedia Majalah (Tabloid Otomotif, Motor Plus, Majalah Auto Bild), 2002–2003.
2. Art Director: Hakuhoodo Indonesia (2003–2008), pada dua edisi pagelaran lomba iklan Citra Pariwisata Indonesia mendapatkan dua penghargaan, di antaranya meraih Bronze pada tahun 2006 dan Silver tahun 2007
3. Konsultan Desain dan Perancangan Media Komunikasi, Informasi, dan Edukasi Palang Merah Indonesia 2011–2022.
4. Pengajar Desain Komunikasi Visual di Telkom University 2010–sekarang.

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S-3 : ITB (2021–Sekarang)
2. S-2 : ITB Magister Desain, 2011–2013
3. S-1 : Sekolah Tinggi Seni Rupa & Desain Indonesia (DKV), 1994–2001

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Penulis Pengantar Strategi Kreatif Advertising Era Digital, 2021.
2. Ilustrator Buku Pangumbaraan Tika Si Botol Palastik, Balai Bahasa Provinsi Jawa Barat, 2024.
3. Ilustrator buku “Katumbiri”, Balai Bahasa Provinsi Jawa Barat, 2024.
4. Pengarah Visual Buku SMK Animasi Kelas XI dan XII, Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset & Teknologi, Republik Indonesia, 2024.
5. Pengarah Visual Buku SMK Kuliner Kelas XI dan XII, Pusat Perbukuan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset & Teknologi, Republik Indonesia, 2024.



Email

ilham.ideamaniacs@gmail.com

Bidang Keahlian

Pengarah Visual
(Art Director)

IG

<https://www.instagram.com/ideamaniacs/>

Website

www.ideamaniacs.com





Email

imeealma@gmail.com

Bidang Keahlian

Layout

Desainer

Imee Amiatun

Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. *Freelance layouter* (2018–sekarang)
2. *Layouter* di PT Sarana Panca Karya Nusa (2004–2009, 2015)
3. *Layouter* di PT Grafindo Media Pratama (2017, 2019)

Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. D-3 Manajemen Informatika, STMIK AMIKBANDUNG (2003)

Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Teknik Alat Berat untuk SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan, Kemdikbudristek, 2024.
2. Panduan Guru Seni Rupa untuk Kelas II dan V SD/MI (Kemdikbudristek, 2024)
3. Panduan Guru Seni Rupa untuk Kelas I dan IV SD/MI (Kemdikbudristek, 2023)
4. Buku Siswa dan Buku Guru Pendidikan Pancasila Kelas VIII SMP (Kemdikbudristek, 2023)
5. Buku Siswa dan Buku Guru Dasar-Dasar Kimia Analisis untuk Kelas X SMK (Kemdikbudristek, 2023)
6. Buku Siswa dan Buku Guru Dasar-Dasar Pemasaran untuk Kelas X SMK (Kemdikbudristek, 2023)
7. Buku Siswa dan Buku Guru Bahasa Inggris: English for Change untuk Kelas XI SMA/MA (Kemdikbudristek, 2022)
8. Buku Siswa Bahasa Inggris: Work in Progress untuk Kelas X SMA/MA (Kemdikbudristek, 2022)
9. Panduan Guru Matematika untuk Kelas XII SMA/MA (Kemdikbudristek, 2021)
10. Buku Siswa dan Buku Guru Kimia untuk Kelas XII SMA/MA (Kemdikbudristek, 2021)
11. Panduan Guru Matematika untuk Kelas IV SD/MI (Kemdikbudristek, 2020)

