



**KEMENTERIAN
PENDIDIKAN DASAR
DAN MENENGAH**

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.

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 978-634-00-0173-0 (no.jil.lengkap)

ISBN 978-634-00-3311-3 (jil.2 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10/16pt., Steve Matteson
xiv, 242 hlm.: 21 × 27 cm.

Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Sebagai sumber belajar utama dalam pembelajaran, buku dirancang untuk mendukung proses pembelajaran yang terarah, sistematis, dan relevan dengan kebutuhan zaman. Dalam rangka mendukung terciptanya pembelajaran yang bermutu, pemerintah mengembangkan buku teks utama yang terdiri atas buku siswa dan panduan guru. Buku ini merupakan sumber belajar utama dalam pembelajaran bagi siswa dan menjadi salah satu referensi atau inspirasi bagi guru dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Keberadaan buku teks utama ini diharapkan dapat menumbuhkan generasi yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan yang Maha Esa, dan berakhlak mulia; berpengetahuan luas; mandiri; kritis; kreatif; mampu bekerja sama; serta berdaya saing di tingkat nasional maupun global.

Buku teks utama, sebagai salah satu sarana membangun dan meningkatkan budaya literasi masyarakat Indonesia, perlu mendapatkan perhatian khusus. Pemerintah perlu menyiapkan buku teks utama yang mengikuti kebutuhan zaman untuk semua mata pelajaran wajib maupun mata pelajaran peminatan, sehingga dapat dimanfaatkan oleh semua jenjang dan jenis pendidikan, termasuk Pendidikan Khusus.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkolaborasi dalam upaya menghadirkan buku teks utama ini. Semoga buku teks utama ini dapat menjadi tonggak perubahan yang menginspirasi, membimbing, dan mengangkat kualitas pendidikan kita ke puncak keunggulan.

Jakarta, November 2025
Kepala Pusat Perbukuan,

Supriyatno, S.Pd., M.A.



Prakata

Kami mengucapkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, BukuTeks Utama (BTU) Kelas XII Program Keahlian Teknik Alat Berat ini dapat diselesaikan dengan baik.

Buku ini disusun untuk mendukung implementasi kurikulum berbasis pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang menekankan keterkaitan antara pengetahuan, keterampilan, dan sikap kerja sesuai tuntutan industri alat berat. Materi yang disajikan mengacu pada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) dan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI). Dengan demikian, diharapkan materi dalam buku ini dapat mempersiapkan murid untuk mencapai kompeten dan siap kerja.

Buku ini menyajikan beberapa ruang lingkup pembahasan materi. Ruang lingkup pembahasan dalam buku ini meliputi pemeliharaan *diesel engine*, *hydraulic system*, dan sistem kelistrikan (*electrical system*). Selain itu, pembahasan juga meliputi pemeliharaan sistem *power train* dan *undercarriage* serta penyelesaian gangguan sederhana pada unit alat berat.

Penyajian materi disusun secara sistematis dan dilengkapi dengan aktivitas mandiri dan kelompok. Selain itu, penyajian dalam buku ini dilengkapi dengan aspek visual (ilustrasi, foto, dan diagram). Buku ini juga menyajikan langkah kerja, studi kasus, dan tugas proyek agar murid mampu menerapkan konsep dalam praktik.

Kami mengharapkan saran yang membangun dari pembaca. Semoga buku ini bermanfaat bagi murid, pendidik, dan pihak yang berkecimpung dalam dunia pendidikan kejuruan untuk menghasilkan lulusan yang profesional, inovatif, dan berdaya saing global.

Tim Penulis



Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	xi
Petunjuk Penggunaan Buku	xii

Bab 1	Pemeliharaan <i>Diesel Engine</i> Alat Berat	1
	A. Pemeliharaan Sistem Pembangkit Tenaga Mekanis	4
	B. Pemeliharaan Sistem Pemasukan Udara dan Pembuangan	20
	C. Pemeliharaan Sistem Bahan Bakar	30
	D. Pemeliharaan Sistem Pelumasan	46
	E. Pemeliharaan Sistem Pendingin	52
Bab 2	Pemeliharaan Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat	67
	A. Pemeliharaan Sistem <i>Hydraulic</i> Alat Berat	69
	B. Pengukuran Tekanan Sistem <i>Hydraulic (Main Relief Valve)</i>	96
	C. Pengujian dan Penyetelan <i>Hydraulic Relief Valve</i>	103
Bab 3	Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat	111
	A. Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat	113
	B. Pelepasan dan Pemasangan Komponen Kelistrikan Alat Berat	128
	C. Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Sistem Kelistrikan Alat Berat	135
Bab 4	Pemeliharaan <i>Power Train</i> dan <i>Undercarriage</i> Alat Berat	163
	A. Memahami <i>Power Train Hydraulic Circuit</i> dan <i>Piping Diagram</i>	165
	B. Melakukan Penyelesaian Masalah pada <i>Hydraulic and Mechanical System (H-Mode)</i>	175



A. Pengoperasian Dasar pada Monitor <i>Machine</i>	194
B. Tampilan Peringatan	199
C. Monitor Tingkat Tindakan	201
D. Daftar Monitor Alarm	202
E. Menampilkan Daftar Kesalahan yang Sedang Terjadi	204
F. Jenis Monitor Alarm, Level Tindakan, dan Solusi yang Harus Dikerjakan	206

Glosarium	219
-----------------	-----

Daftar Pustaka	223
----------------------	-----

Daftar Kredit Gambar	224
----------------------------	-----

Daftar Sumber Video YouTube	228
-----------------------------------	-----

Indeks	230
--------------	-----

Biodata Pelaku Perbukuan	233
--------------------------------	-----



Daftar Gambar

Gambar 1.1	Sistem <i>Engine</i> (a) Perawatan dan Perbaikan <i>Engine</i> (b)	3
Gambar 1.2	Contoh pembacaan <i>low idle speed</i> di layar monitor PC 2000-8.....	7
Gambar 1.3	Prosedur pengukuran <i>torque converter stall speed</i>	12
Gambar 1.4	Prosedur pengukuran kecepatan <i>full stall</i>	13
Gambar 1.5	Tanda Garis pada <i>Flywheel Housing</i> PC 45MR-3	16
Gambar 1.6	Penyetelan <i>Valve Clearance</i>	18
Gambar 1.7	Konstruksi <i>Valve Mechanism</i>	18
Gambar 1.8	Pemasangan <i>pressure gauge</i> pada lubang <i>injector</i>	19
Gambar 1.9	<i>Diagram Flow</i> Pengujian Tekanan Udara Masuk	24
Gambar 1.10	Posisi <i>pickup plug</i> pada <i>body intake</i>	25
Gambar 1.11	Memasukan <i>probe</i> ke outlet pipa <i>exhaust</i>	26
Gambar 1.12	Pemasangan <i>tool</i> dan <i>adapter</i> di <i>breather hose</i>	29
Gambar 1.13	<i>Pickup Plug</i> pada <i>Fuel Main Filter</i>	32
Gambar 1.14	Posisi <i>Joint Bolt</i> pada <i>Fuel System</i>	33
Gambar 1.15	Posisi <i>clamp</i> (2) dan <i>discharge tube</i> (1).....	39
Gambar 1.16	Penggunaan Tabung Ukur.....	39
Gambar 1.17	<i>Joint Bolt</i> pada <i>Supply Pump</i>	40
Gambar 1.18	Selang Kembali <i>Pressure Limiter</i>	44
Gambar 1.19	Posisi Pemasangan <i>Test Hose G7</i>	44
Gambar 1.20	Knob pada <i>Feed Pump</i>	46
Gambar 1.21	Posisi <i>Oil Pressure Pickup Plug</i>	50
Gambar 1.22	<i>Radiator Fins</i>	53
Gambar 1.23	Memeriksa Kebocoran Radiator.....	55
Gambar 1.24	<i>Radiator Cap</i>	55
Gambar 1.25	<i>Vacuum Valve</i> dan <i>Pressure Valve</i> pada <i>Radiator Cap</i>	56
Gambar 1.26	Tangki <i>Coolant Reservoir</i>	58
Gambar 2.1	Empat Parameter Pemeriksaan <i>Oil Hydraulic</i>	70
Gambar 2.2	Contoh kerusakan <i>wear ring</i> dan <i>slipper seal</i> pada <i>hydraulic</i> silinder.....	71
Gambar 2.3	Contoh kerusakan <i>slipper seal</i> pada <i>hydraulic</i> silinder.	72
Gambar 2.4	Pengeluaran (<i>Bleeding</i>) Udara dari Sistem <i>Hydraulic</i>	75



Gambar 2.5	<i>Bleeding Port</i> pada PC200-8M0.....	76
Gambar 2.6	<i>Port S</i> pada <i>Swing Motor</i> PC200-8M0	77
Gambar 2.7	<i>Bleeding Port</i> pada <i>Travel Motor</i> PC200-8M0.....	78
Gambar 2.8	Posisi <i>upper structure</i> tegak lurus (90°) dari <i>lower structure</i> pada PC200-8M0.	78
Gambar 2.9	Lokasi dan Struktur <i>Breather Element Hydraulic Tank</i>	80
Gambar 2.10	Posisi unit saat melakukan pergantian elemen <i>filter oli hydraulic</i>	81
Gambar 2.11	Lokasi dan Struktur Elemen Filter Oli <i>Hydraulic</i>	81
Gambar 2.12	Lokasi dan Struktur Saringan (<i>Strainer</i>) Tangki <i>Hydraulic</i>	82
Gambar 2.13	Lokasi dan Akumulator pada PC200-8M0.....	84
Gambar 2.14	Posisi unit PC200-8M0 saat pemeriksaan fungsi akumulator.	85
Gambar 2.15	Posisi sakelar starter (<i>starting switch</i>) saat pemeriksaan fungsi akumulator.	85
Gambar 2.16	Posisi <i>lock lever</i> dan pergerakan kerja saat pemeriksaan fungsi akumulator.....	86
Gambar 2.17	Pedal Kontrol <i>Attachment</i>	86
Gambar 2.18	Posisi sakelar starter (<i>starting switch</i>) dan tuas pengunci (<i>safety lock lever</i>) saat pelepasan tekanan <i>hydraulic</i>	87
Gambar 2.19	Posisi perlengkapan kerja unit saat pergantian oli <i>hydraulic</i>	89
Gambar 2.20	Lokasi tempat pengisian dan pembuangan oli <i>hydraulic</i>	90
Gambar 2.21	Pemisahan <i>Hose</i> dan <i>Wiring Harness</i>	92
Gambar 2.22	Penanganan <i>Hose</i> yang Bersinggungan	93
Gambar 2.23	Penanganan <i>Hose</i> Terpelintir	94
Gambar 2.24	Tekukan <i>Hose</i>	94
Gambar 2.25	Perlindungan <i>Hose</i>	95
Gambar 2.26	Persiapan sebelum melakukan pengukuran dan pengetasan pada <i>hydraulic circuit</i>	96
Gambar 2.27	Menu <i>Machine Monitor</i> Pengukuran Tekanan <i>Hydraulic</i>	97
Gambar 2.28	<i>Plug</i> Pengukuran Tekanan <i>Hydraulic</i>	97
Gambar 2.29	Rangkaian pemasangan <i>pressure gauge</i> pada <i>plug</i> pengukuran tekanan <i>hydraulic</i>	98
Gambar 2.30	Pemasangan pin (kunci mekanisme perjalanan) saat pengukuran <i>travel relief pressure</i>	100
Gambar 2.31	Lokasi <i>main relief valve</i> (grup atas dan grup bawah) pada <i>control valve</i> PC200-8M0	103
Gambar 2.32	Struktur dari <i>Main Relief</i> Perlengkapan Kerja dan <i>Travel</i> pada PC200-8M0	104



Gambar 2.33	Lokasi <i>Safety Valve</i> pada <i>Swing Motor</i> PC200-8M0.....	105
Gambar 2.34	Struktur <i>Safety Valve</i> pada <i>Swing Motor</i> PC200-8M0.....	105
Gambar 3.1	Kabel <i>harness</i> lebih rentan terhadap pengaruh air hujan, panas, atau getaran.	114
Gambar 3.2	Pemasangan Soket yang Tidak Tepat.....	114
Gambar 3.3	Bagian Kabel yang Dijepit	115
Gambar 3.4	Penarikan Kabel <i>Harness</i> untuk Melepas Konektor	115
Gambar 3.5	Air dalam Konektor.....	115
Gambar 3.6	Pembersihan Air atau Kotoran dari Konektor dengan Kain Lap.....	116
Gambar 3.7	Penanganan Kontroler	117
Gambar 3.8	Penanganan Kontroler Alat Berat	118
Gambar 3.9	Tindakan Pencegahan Saat Melakukan Pengelasan Busur (<i>Arc Welding</i>)	118
Gambar 3.10	Pemeriksaan Tingkat Elektrolit Baterai	120
Gambar 3.11	Radius Tekukan pada Kabel	123
Gambar 3.12	Radius Tekukan pada Kabel pada Konektor	124
Gambar 3.13	Radius Tekukan pada Gulungan Kabel dan Sensor	125
Gambar 3.14	Kabel Mengalami <i>Stressing</i>	126
Gambar 3.15	Pemasangan <i>Spiral Conduit</i> dan <i>Clamp</i> sesuai Standar	127
Gambar 3.16	Pelepasan <i>Motor Starter</i>	128
Gambar 3.17	Posisi <i>Motor Starter</i> pada <i>Engine</i> D85ESS-2A.....	129
Gambar 3.18	Pemasangan motor starter.....	130
Gambar 3.19	Kanfigurasi <i>Fan Belt</i> pada <i>Engine</i> PC200-8M0	131
Gambar 3.20	Posisi <i>Alternator</i> pada <i>Engine</i> PC200-8M0	131
Gambar 3.21	Posisi <i>Alternator</i> pada <i>Engine</i> D85ESS-2A.....	132
Gambar 3.22	Posisi <i>Alternator</i> pada <i>Engine</i> PC200-8M0	133
Gambar 3.23	Konfigurasi <i>Fan Belt</i> pada <i>Engine</i> PC200-8M0	133
Gambar 3.24	Baut (5) Penyetelan Kekencangan <i>Belt</i> pada <i>Alternator</i>	134
Gambar 3.25	Urutan Pemecahan Masalah.....	136
Gambar 3.26	Pemeriksaan dan Konfirmasi Gejala.....	137
Gambar 3.27	Konfirmasi kepada Operator.....	138
Gambar 3.28	Konfirmasi kepada Operator.....	141
Gambar 3.29	Beberapa Permasalahan pada <i>Shop Manual</i>	142
Gambar 3.30	Rangkaian Listrik Terkait Sistem <i>Starting</i> pada PC200-8	147
Gambar 3.31	Rangkaian Listrik Terkait Sistem <i>Charging</i> pada PC200-8	150



Gambar 3.32	Rangkaian Listrik Terkait Sistem Preheating pada PC200-8	155
Gambar 4.1	Fungsi Utama Power Train.....	166
Gambar 4.2	Power Train System.....	166
Gambar 4.3	Power Train Hydraulic Piping Diagram	168
Gambar 4.4	Power Train Hydraulic Circuit Diagram	170
Gambar 4.5	Diagram Penelusuran Kegagalan.....	182
Gambar 5.1	Enam hal yang harus dikuasai dalam menerapkan penyelesaian gangguan sederhana pada <i>machine</i> /unit alat berat PC 200-8M0.....	194
Gambar 5.2	Pengoperasian dasar pada monitor <i>machine</i> saat kondisi normal.....	195
Gambar 5.3	Tombol F5 dan F6	195
Gambar 5.4	Pengoperasian dasar pada monitor <i>machine</i> saat kondisi jika terjadi ketidaknormalan saat menghidupkan <i>engine</i>	196
Gambar 5.5	Tombol F5 untuk memeriksa kesalahan.....	197
Gambar 5.6	Pengoperasian jika terjadi ketidaknormalan atau kelainan selama operasi.	198
Gambar 5.7	Tombol F5 jika terjadi kesalahan.....	198
Gambar 5.8	Tampilan Peringatan	200
Gambar 5.9	Monitor Tingkat Tindakan	201
Gambar 5.10	Monitor Panel	204
Gambar 5.11	Halaman Monitor	205
Gambar 5.12	Tombol F1 dan F2	205
Gambar 5.13	Tombol F5	205
Gambar 5.14	Engine Coolant Tempertaur Monitor	206
Gambar 5.15	Hydraulic Oil Temperatur Monitor.....	207
Gambar 5.16	Fuel Level Monitor	207
Gambar 5.17	Fuel Level Monitor	207
Gambar 5.18	Hydraulic System State Monitor.....	208
Gambar 5.19	Engine System State Monitor.....	208
Gambar 5.20	Engine Oil Pressure Monitor.....	208
Gambar 5.21	Engine Oil Level Monitor	209
Gambar 5.22	Radiator Coolant Monitor	209
Gambar 5.23	Charge Level Monitor	209
Gambar 5.24	Water Separator Monitor.....	209
Gambar 5.25	Air Cleaner Clogging Monitor	210
Gambar 5.26	Air Conditioner System State Monitor	210
Gambar 5.27	Maintenance Monitor	210



Daftar Tabel

Tabel 1.1	Format Hasil Pengukuran.....	5
Tabel 1.2	Parameter Pengujian Kecepatan <i>Engine</i>	6
Tabel 1.3	<i>Valve Sequence Engine</i> 4 Silinder.....	16
Tabel 1.4	<i>Valve Sequence</i> dengan <i>Top Cylinder</i> 1	17
Tabel 1.5	Valve yang Dapat Disetel pada <i>Top Cylinder</i> 1	17
Tabel 1.6	Contoh Spesifikasi <i>Fuel Low-Pressure Circuit</i>	33
Tabel 1.7	Contoh Spesifikasi <i>Low Idle</i>	34
Tabel 1.8	Analisis Hasil Pengujian	41
Tabel 1.9	Analisis Hasil Pengujian	45
Tabel 1.10	Analisis Hasil dan Evaluasi	46
Tabel 2.1	Rekomendasi untuk Bahan Bakar, Air Pendingin, Oli, dan <i>Grease</i>	73
Tabel 2.2	Rekomendasi Bahan Bakar, Air Pendingin, Oli, dan <i>Grease</i> pada PC200-8M0	74
Tabel 2.3	Jenis Pengeluaran Udara (<i>Bleeding Air</i>) Setiap Pekerjaan pada Sistem <i>Hydraulic</i>	79
Tabel 3.1	Permasalahan: <i>Engine Does Not Start (Engine Does Not Crank)</i>	143
Tabel 3.2	Permasalahan: <i>Charge Voltage Low [AB00KE]</i>	148
Tabel 3.3	Permasalahan: <i>Preheater Does Not Operate</i>	151
Tabel 4.1	Komponen <i>Power Train System</i>	167
Tabel 4.2	Komponen <i>Power Train Hydraulic Piping Diagram</i>	168
Tabel 4.3	Keterangan Bagian <i>Power Train Hydraulic Circuit Diagram</i>	170
Tabel 4.4	Pengecekan Sebelum Melakukan <i>Troubleshooting</i>	178
Tabel 4.5	Nomor Kode <i>Troubleshooting</i>	179
Tabel 4.6	Contoh Mengetahui Mode Kegagalan	180
Tabel 4.7	Spesifikasi Tekanan <i>Hydraulic Clutch</i> dan <i>Brake</i>	182
Tabel 5.1	Daftar Tampilan Monitor Tingkat Tindakan dan Solusinya.....	202
Tabel 5.2	Monitor Alarm dan Warnanya	202
Tabel 5.3	Hasil Pengoperasian Dasar pada Monitor <i>Machine</i>	212



Petunjuk Penggunaan Buku

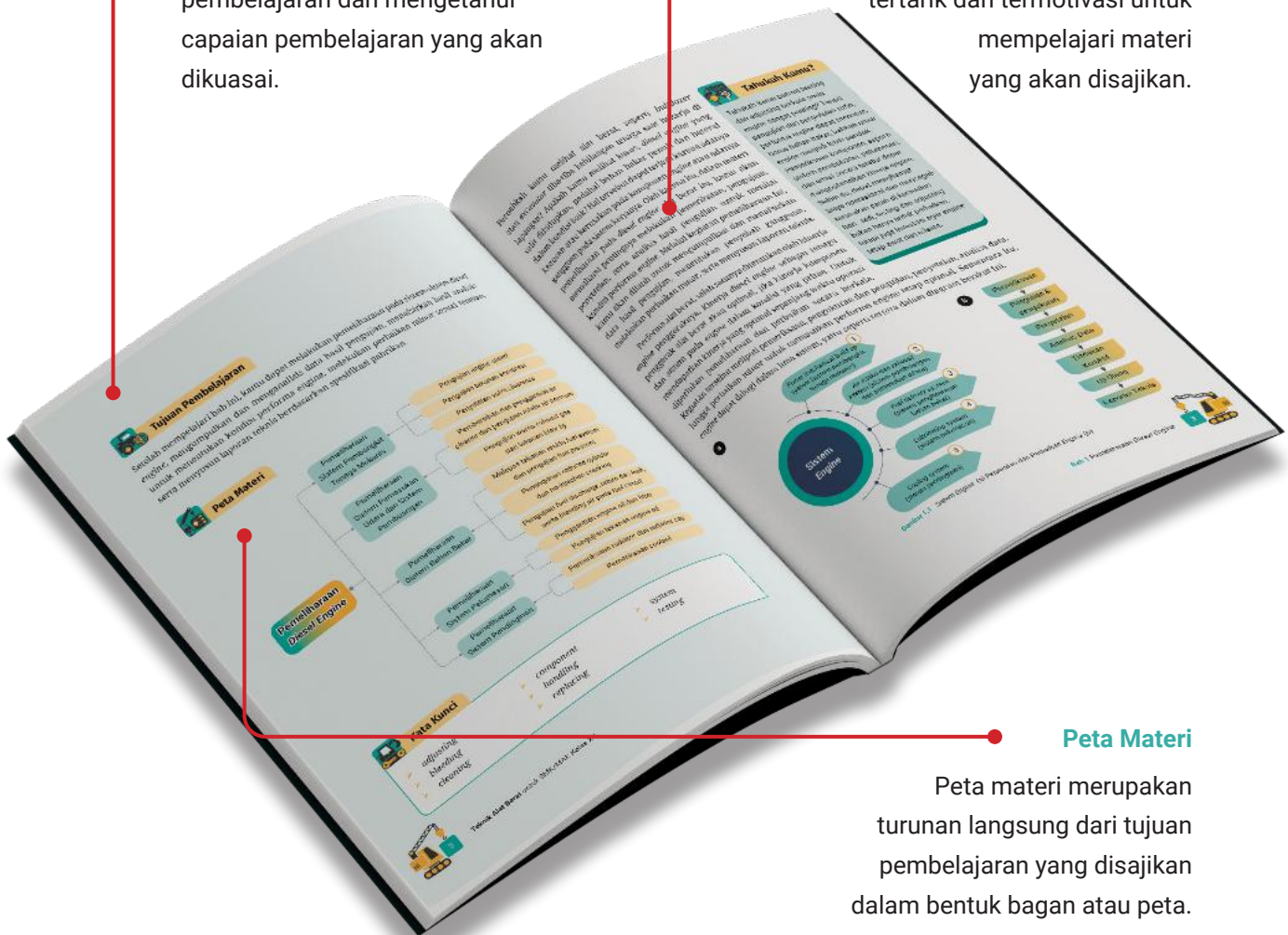
Buku teks *Teknik Alat Berat* ini merupakan buku yang penyajiannya bervariasi dan berbasis aktivitas. Setiap bab terdapat bagian-bagian yang dijelaskan sekilas dalam petunjuk penggunaan buku ini.

Tujuan Pembelajaran

Rumusan tujuan pembelajaran (TP) dituliskan di setiap awal bab. Tujuannya agar kamu memiliki acuan yang sama dalam proses pembelajaran dan mengetahui capaian pembelajaran yang akan dikuasai.

Apersepsi

Apersepsi merupakan sebuah narasi yang mengaitkan antara pengetahuan dan pengalaman yang dibuat secara menarik. Tujuan apersepsi ialah agar kamu tertarik dan termotivasi untuk mempelajari materi yang akan disajikan.



Peta Materi

Peta materi merupakan turunan langsung dari tujuan pembelajaran yang disajikan dalam bentuk bagan atau peta.

Aktivitas

Materi dalam buku ini disusun berbasis **aktivitas**. Tujuannya agar kamu dapat belajar secara aktif, baik mandiri atau kelompok.



Kasus Industri

Pada buku ini disajikan contoh berbagai kasus industri dalam bidang alat berat. Penyajian ini bertujuan agar kamu dapat melatih dan membangun *hard skill* dan *soft skill* yang kamu miliki. Selain itu, kamu dapat terhubung antara dunia sekolah dan dunia industri teknik alat berat.

Uji Kompetensi

Bagian dari asesmen yang bertujuan untuk menilai perkembangan kompetensi kamu terhadap materi yang telah dipelajari.

Refleksi

Bagian refleksi ini untuk mengetahui tingkat penguasaanmu (mudah atau sulit) dalam mempelajari materi.

Pengayaan

Bagi kamu yang sudah tuntas mencapai tujuan pembelajaran, kamu dapat menambah pengetahuan melalui materi pengayaan yang diberikan.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-3311-3 (jil.2 PDF)

Bab
1

Pemeliharaan *Diesel Engine* Alat Berat



Tahukah kamu bahwa perawatan berkala pada *diesel engine* yang tepat dan benar akan memperpanjang umur *engine*, menurunkan *down cost*, dan mengoptimalkan operasional unit *machine*?





Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat melakukan pemeliharaan pada sistem-sistem *diesel engine*, mengumpulkan dan menganalisis data hasil pengujian, menafsirkan hasil analisis untuk menentukan kondisi performa *engine*, melakukan perbaikan minor sesuai temuan, serta menyusun laporan teknis berdasarkan spesifikasi pabrikan.



Peta Materi



Kata Kunci

- *adjusting*
- *bleeding*
- *cleaning*
- *component*
- *handling*
- *replacing*
- *system*
- *testing*



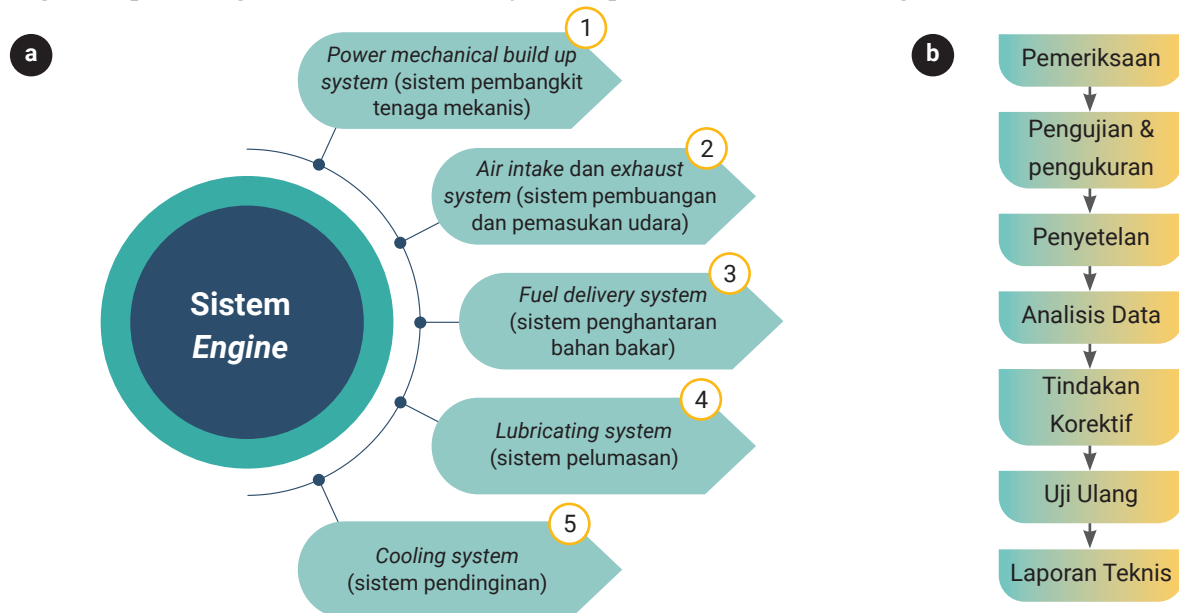
Pernahkah kamu melihat alat berat, seperti *bulldozer* atau *excavator* tiba-tiba kehilangan tenaga saat bekerja di lapangan? Apakah kamu melihat kasus, *diesel engine* yang sulit dihidupkan, padahal bahan bakar penuh dan baterai dalam kondisi baik? Hal tersebut dapat terjadi karena adanya keausan atau kerusakan pada komponen *engine* atau adanya gangguan pada sistem kerjanya. Oleh karena itu, dalam materi pemeliharaan pada *diesel engine* alat berat ini, kamu akan memahami pentingnya melakukan pemeriksaan, pengujian, penyetelan, serta analisis hasil pengujian untuk menilai kondisi performa *engine*. Melalui kegiatan pemeliharaan ini, kamu akan dilatih untuk mengumpulkan dan menafsirkan data hasil pengujian, menentukan penyebab gangguan, melakukan perbaikan minor, serta menyusun laporan teknis.

Performa alat berat, salah satunya ditentukan oleh kinerja *engine* penggeraknya. Kinerja *diesel engine* sebagai tenaga penggerak alat berat akan optimal, jika kinerja komponen dan sistem pada *engine* dalam kondisi yang prima. Untuk mendapatkan kinerja yang optimal sepanjang waktu operasi diperlukan pemeliharaan dan perbaikan secara berkala. Kegiatan tersebut meliputi pemeriksaan, pengukuran dan pengujian, penyetelan, analisis data, hingga perbaikan minor untuk memastikan performa *engine* tetap optimal. Sementara itu, *engine* dapat dibagi dalam lima sistem, yaitu seperti tertera dalam diagram berikut ini.



Tahukah Kamu?

Tahukah kamu bahwa *testing* dan *adjusting* berkala pada *engine* sangat penting? Tanpa pengujian dan penyetelan rutin, performa *engine* dapat menurun, boros bahan bakar, bahkan umur *engine* menjadi lebih pendek. Pemeriksaan komponen, seperti sistem pembakaran, pelumasan, dan emisi secara teratur dapat mengoptimalkan kinerja *engine*. Selain itu, dapat 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.



Gambar 1.1 Sistem Engine (a) Perawatan dan Perbaikan Engine (b)



Kelima sistem *engine* tersebut memiliki cara kerja dan proses yang khusus. Masing-masing sistem tersebut akan diuraikan dalam penjelasan subbab berikut ini.

A. Pemeliharaan Sistem Pembangkit Tenaga Mekanis

Pemeliharaan pada bagian-bagian mekanis yang kritikal sangat penting. Hal itu bertujuan untuk memastikan *engine* mampu membangkitkan tenaga secara maksimal (*power build-up*). Selain itu, bertujuan untuk memastikan *engine* bekerja secara efisien dan andal di medan kerja yang berat.

Ketahanan

aus adalah kemampuan material untuk menahan **degradasi** akibat gesekan, benturan, atau panas.

Tiga aspek penting dalam proses pemeliharaan ini ialah *testing engine speed* (pengujian kecepatan *engine*), *adjusting valve clearance* (penyetelan kebebasan celah *valve*), dan *testing compression pressure* (pengujian tekanan kompresi). Ketiga hal tersebut berkaitan langsung dengan efisiensi pembakaran, ketahanan aus komponen *engine*, dan respons tenaga dari unit *diesel engine*. Ketiga aspek di atas memengaruhi beban gesek (*friction load*), suhu operasi, dan distribusi tekanan di dalam *engine* yang secara langsung menentukan laju keausan. Misalnya, celah *valve* yang tidak tepat akan menyebabkan benturan *valve* meningkat dan keausan pada *valve seat* dan *valve stem* juga meningkat. Kompresi yang rendah dapat mengindikasikan kebocoran di ring piston atau katup yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan meningkatkan deposit karbon. Karbon tersebut bersifat abrasif, mempercepat keausan silinder, dan *ring* piston.

1. Pengujian Engine Speed (Kecepatan Engine)

Pengujian kecepatan *engine* adalah proses menilai kemampuan dan stabilitas putaran *engine* pada berbagai kondisi operasi. Pengujian meliputi *idle speed* (kecepatan *idle*), *relief speed* (kecepatan *relief*), *deceleration speed* (kecepatan deselerasi), *stall speed* (kecepatan berbeban), dan *full stall speed* (kecepatan berbeban penuh).

Data hasil pengujian dibandingkan dengan spesifikasi pabrik untuk menganalisis performa dan respons tenaga *engine*. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam perawatan lanjutan atau perbaikan minor agar kinerja *engine* menjadi optimal.

Sebelum melakukan pengujian kecepatan *engine*, pastikan suhu kerja *engine* dan fluida sudah berada pada kondisi operasi normal, meliputi berikut.

- Suhu *engine coolant* dan *hydraulic oil* (tipe *hydraulic excavator*).
- Suhu *engine coolant*, *hydraulic oil*, dan *torque converter oil* (tipe *non-hydraulic excavator*, contohnya *bulldozer*.)





Aktivitas 1.1 (Mandiri)

Mengukur Suhu Fluida *Diesel Engine* pada Unit Alat Berat

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu mengukur dan menganalisis suhu fluida pada sistem pendingin, sistem *hydraulic* dan sistem transmisi, membandingkannya dengan spesifikasi pabrik serta menyimpulkan kondisi kesiapan *engine* untuk dilakukan pengujian kecepatan.

Langkah-Langkah

1. Lakukan pengukuran suhu *engine coolant*, *hydraulic oil*, dan *torque converter oil* pada unit alat berat yang tersedia di sekolah.
2. Cari nilai spesifikasi suhu kerja normal untuk masing-masing fluida berdasarkan *manual book* sesuai tipe unit yang diukur.
3. Dokumentasikan proses pengukuran dan hasil pembacaan pada *machine monitor* atau alat ukur lainnya.
4. Buat tabel perbandingan hasil pengukuran dengan spesifikasi pabrikan menggunakan format pada Tabel 1.1.
5. Analisis hasil perbandingan tersebut untuk menentukan apakah kondisi fluida sudah sesuai dengan standar suhu kerja.
6. Jika ada perbedaan yang signifikan, identifikasi kemungkinan penyebabnya (misalnya pendinginan tidak optimal, viskositas oli berubah, atau radiator kotor).
7. Tulis kesimpulan dan rekomendasi tindakan yang perlu dilakukan sebelum kecepatan *engine* diuji.
8. Presentasikan hasil aktivitasmu di depan kelas di bawah bimbingan guru.

Tabel 1.1 Format Hasil Pengukuran

No.	Hal yang Diperiksa	Hasil Pengukuran	Spesifikasi	Kesimpulan
1.	Suhu <i>engine coolant</i>	 °C	 °C	Sesuai/tidak sesuai spesifikasi*
2.	Suhu <i>hydraulic oil</i>	 °C	 °C	Sesuai/tidak sesuai spesifikasi*
3.	Suhu <i>torque converter oil</i>	°C	 °C	Sesuai/tidak sesuai spesifikasi*

* Coret salah satu (murid menyalin contoh tabel ini pada buku catatan/buku laporan praktik dan mengisi atau menjawab dalam buku tersebut).



Selanjutnya, pengujian *engine speed* dapat dilakukan setelah diperoleh dua atau tiga parameter di atas. Perbedaan parameter yang diukur tergantung tipe *machine*. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada *manual book* masing-masing tipe. Sebagai contoh, dalam buku ini ditampilkan parameter pengujian kecepatan *engine* pada *bulldozer* dan *excavator* sebagaimana terlihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.2 Parameter Pengujian Kecepatan *Engine*

No.	Parameter Pengukuran	Excavator	Bulldozer
1.	<i>Low idle speed</i> (kecepatan <i>idle</i> rendah)	✓	✓
2.	<i>High idle speed</i> (kecepatan <i>idle</i> tinggi)	✓	✓
3.	<i>2-pump relief speed</i> (kecepatan <i>relief</i> 2 pompa)	✓	✗
4.	<i>2 pump relief speed & power maximizing speed</i> (kecepatan <i>relief</i> 2 pompa & kecepatan tenaga maksimal)	✓	✗
5.	<i>Auto-deceleration speed</i> (kecepatan <i>decelerator</i> otomatis)	✓	✗
6.	<i>Decelerator pedal speed</i> (kecepatan pedal <i>decelerator</i>)	✗	✓
7.	<i>Torque converter stall speed</i> (kecepatan <i>stall torque converter</i>)	✗	✓
8.	<i>Full stall speed</i> (kecepatan <i>stall</i> penuh)	✗	✓

Sumber: *Manual Book PC 200-8MO* (2012) dan *Manual Book D 375A-5* (2004)

a. Pengujian *Low Idle Speed Engine* (Kecepatan *Idle* Rendah)

Kecepatan *idle* rendah adalah kecepatan putaran *engine*, saat *engine* hidup tanpa beban dan pedal gas dalam posisi tidak diinjak (posisi *idle* minimum). Nilai *low idle* tergantung pada spesifikasi pabrikan, sebagai contoh pada PC200-8MO nilai kecepatan *idle* rendah sebesar 1.050 ± 50 rpm (*Manual Book PC200-8MO Hydraulic Excavator*, Komatsu, halaman 332, 2012). Pengujian *low idle speed* penting dilakukan untuk tujuan sebagai berikut.

- 1) Menjamin stabilitas *engine* saat tidak berbeban (*no-load idle speed engine*), misalnya saat unit *machine* berhenti sementara setelah operasi dan tidak dimatikan.
- 2) Memastikan sistem pelumasan, sistem pendinginan, dan sistem pengisian tetap berjalan optimal meski di rpm rendah.
- 3) Sebagai dasar bagi *engine controller* untuk mengatur transisi ke rpm kerja saat *throttle* dinaikkan.
- 4) Menjaga efisiensi konsumsi bahan bakar saat unit beroperasi dalam keadaan tidak berbeban.



Pelaksanaan pengujian *low idle speed* pada dasarnya dilakukan pada kondisi semua *lever* dan pedal *control equipment*, kontrol *swing*, serta *travel* dalam keadaan *netral*. Selain itu, *engine* dihidupkan dengan posisi *fuel control* pada “*low idle (MIN)*”. Nilai *low idle speed* dapat dibaca pada layar panel monitor unit *machine*.



Gambar 1.2 Contoh pembacaan *low idle speed* di layar monitor PC 2000-8.

Setelah pengujian dilakukan, bandingkan hasil pembacaan rpm dengan spesifikasi pabrik. Jika nilai *low idle speed* lebih rendah dari standar, hal ini dapat mengindikasikan penurunan suplai bahan-bakar, penyetelan *governor* yang tidak tepat, atau kebocoran kompresi ringan. Jika nilai *low idle speed* lebih tinggi dari standar, kemungkinan terdapat penyetelan kabel *throttle* yang kurang tepat, *idle control actuator* tidak responsif, atau terdapat tumpukan karbon pada ruang bakar.

Hasil analisis ini menjadi dasar untuk menentukan tindakan perawatan lanjutan atau perbaikan minor, seperti penyetelan kembali posisi *governor*, pemeriksaan sistem bahan bakar, atau pembersihan ruang bakar. Tujuannya agar kecepatan *idle* kembali sesuai spesifikasi dan konsumsi bahan bakar menjadi efisien.

b. Pengujian High Idle Speed Engine (Kecepatan Idle Tinggi)

Kecepatan *idle* tinggi adalah kecepatan putaran tinggi atau maksimum dari *engine* saat *throttle* (pedal gas) ditekan penuh dengan syarat tanpa adanya beban kerja (*no-load operation*). Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui batas atas dari kinerja *engine* dalam kondisi netral atau *equipment* tidak digerakkan. Contoh, besarnya spesifikasi *high idle speed* pada

PC200-8MO ialah 2.060 ± 70 rpm (*Manual Book PC200-8MO Hydraulic Excavator*, Komatsu, halaman 332, 2012). Pengujian *high idle speed* bertujuan sebagai berikut.

- 1) Menilai kesehatan *engine*, apakah *engine* masih mampu mencapai kecepatan maksimum sesuai standar yang ditetapkan pabrikan pembuatnya.
- 2) Memastikan respons *engine* berjalan dengan baik, yakni dari *low idle* ke *high idle* terjadi dengan halus dan lancar tanpa tersendat-sendat.
- 3) Menilai efisiensi konsumsi bahan bakar *engine* dan umur pakai *engine*.

Pengujian *high idle speed* dilakukan dengan cara menghidupkan *engine* dan mengatur posisi *fuel control dial* pada “*high idle (MAX)*”. Atur mode kerja pada “*power mode*” dan putar *auto-decelerator* ke posisi “*OFF*”. Selanjutnya, posisikan semua *lever* dan pedal kontrol *equipment*, *swing*, dan *travel* di posisi netral. Untuk membaca parameter *high idle speed* dapat dilihat pada layar panel monitor dari unit *machine*.

Bandingkan nilai hasil pengujian dengan spesifikasi pabrikan. Jika nilai *high idle speed* lebih rendah dari standar, hal ini dapat mengindikasikan penurunan tekanan bahan bakar, filter tersumbat, penyetelan *governor* kurang tepat, atau penurunan kompresi. Jika nilai *high idle speed* lebih tinggi dari standar, kemungkinan terjadi kerusakan aktuator kontrol bahan bakar, kesalahan penyetelan *governor*, atau sensor *throttle* yang tidak akurat.

Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar perawatan lanjutan atau penyetelan kecepatan *engine*. Tujuannya agar performa puncak *engine* tetap sesuai spesifikasi dan konsumsi bahan bakar tetap efisien.

c. Pengujian 2-Pump Relief Speed (Kecepatan Relief 2 Pompa)

Pengujian kecepatan *2-pump relief* adalah pengujian kecepatan putaran *engine* ketika kedua *hydraulic pump* pada unit *excavator* bekerja pada tekanan maksimum (*relief*), yakni saat *attachment (boom dan arm)* ditekan penuh ke batas maksimalnya. Tujuannya untuk memastikan *engine* mampu mempertahankan tenaga dan kestabilan putaran tanpa mengalami *drop rpm* saat sistem *hydraulic* bekerja pada beban tertinggi. Contoh, besarnya standar nilai pengukuran pada PC200-8MO ialah 1.800 ± 100 rpm (*Manual Book PC200-8MO Hydraulic Excavator*, Komatsu, halaman 334, 2012). Pengujian *2-pump relief speed* bertujuan untuk berikut.

- 1) Memastikan sinkronisasi dan efisiensi kerja kedua *hydraulic pump* ketika menghasilkan tekanan maksimum.
- 2) Menilai kemampuan *engine* bekerja pada beban *hydraulic* maksimum.
- 3) Menguji stabilitas *engine speed* pada *hydraulic system* bekerja di tekanan puncak.



Pengujian *2-pump relief speed* dilakukan dengan cara menghidupkan *engine* dan mengoperasikan *arm cylinder* ke posisi “*IN stroke end*”. Selanjutnya, mengatur *fuel control dial* di posisi “*high idle (MAX)*” dan mengatur *working mode* di posisi “*power mode (P)*”. Setelah itu, mengoperasikan *lever* kontrol *work equipment* kiri pada “*IN stroke end*” dan mengukur *engine speed* melalui layar panel monitor dari unit *machine*.

Selanjutnya, membandingkan nilai hasil pengujian dengan spesifikasi pabrikan. Jika *rpm* hasil pengujian lebih rendah dari standar, hal ini dapat menunjukkan bahwa *engine* kehilangan tenaga akibat penurunan tekanan bahan bakar, performa injektor menurun, atau beban pompa terlalu berat karena katup relief tidak normal. Jika *rpm* hasil pengujian lebih tinggi dari standar, hal ini dapat mengindikasikan bahwa tekanan relief belum mencapai batas maksimum karena pengaturan katup *hydraulic* belum tepat.

Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan langkah perawatan lanjutan, seperti penyetelan katup relief, pemeriksaan tekanan sistem bahan bakar, atau evaluasi performa pompa *hydraulic*. Tujuannya agar sinkronisasi antara tenaga *engine* dan sistem *hydraulic* tetap optimal.

d. Pengujian 2-Pump Relief and Power Maximizing Speed (Kecepatan Relief 2 Pompa dan Kecepatan Tenaga Maksimal)

Pengujian ini dilakukan untuk menilai kemampuan *engine* ketika kedua pompa *hydraulic* bekerja pada tekanan maksimum (*2-pump relief*). Pengujian ini juga sekaligus untuk memeriksa kemampuan *engine* mencapai kecepatan daya maksimum (*power maximizing speed* atau *rated speed*) yang ditetapkan pabrikan.

Kecepatan *power maximizing* adalah kecepatan putaran *engine* optimal yang ditetapkan oleh pabrikan untuk menghasilkan daya maksimum tanpa merusak *engine*. Contoh, spesifikasi *power maximizing speed* pada PC200-8MO ialah 2.000 rpm (*Manual Book PC200-8MO Hydraulic Excavator*, Komatsu, halaman 332, 2012). Fungsi dari pengujian ini sebagai berikut.

- 1) Memastikan *engine* bekerja pada titik daya maksimum yang juga efisien, terutama saat operasi berat, seperti menggali tanah yang keras.
- 2) Memeriksa pengaturan *engine controller* sudah sesuai.

Pengujian kecepatan *2-pump relief* dan *power maximizing* ialah dengan cara menghidupkan *engine* dan mengoperasikan *arm cylinder* ke arah “*IN stroke end*”. Selanjutnya, atur *fuel control dial* pada posisi “*high idle (MAX)*” dan atur *working mode* pada “*power mode (P)*”. Setelah itu, sambil mengoperasikan tuas kontrol *work equipment* sebelah kiri untuk melepaskan tekanan (*relief*) pada *sirkuit arm* di posisi “*IN stroke end*” dan menekan sakelar



power maximizing, pada posisi ini kecepatan *engine* diukur. Fungsi *power maximizing* direset secara otomatis pada kurang lebih 8,5 detik, meskipun *switch* tetap ditekan. Untuk membaca parameter *engine speed* pada pengukuran kecepatan *2-pump relief and power maximizing* ini dapat dilihat pada layar panel monitor dari unit *machine*.

Analisis hasil pengujian sebagai berikut dengan membandingkan nilai *2-pump relief speed* dan *power maximizing speed* yang terukur dengan spesifikasi pabrikan. Jika nilai *power maximizing speed* lebih rendah dari standar, hal ini dapat mengindikasikan penurunan daya *engine*, suplai bahan bakar tidak stabil, tekanan *hydraulic* berlebih, atau *governor* tidak responsif. Jika nilai *power maximizing speed* lebih tinggi dari standar, kemungkinan pengaturan *power mode* atau katup relief belum tepat. Dengan demikian, sistem tidak mencapai tekanan maksimum yang diharapkan.

Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan langkah perawatan lanjutan, seperti penyetelan katup relief, kalibrasi *engine controller*, atau pemeriksaan sistem bahan bakar. Tujuannya agar tenaga maksimum *engine* dan efisiensi kerja alat berat tetap sesuai spesifikasi pabrikan.

e. Pengujian Auto-Deceleration Speed (Kecepatan Decelerator Otomatis)

Kecepatan *auto-deceleration* adalah kecepatan *engine* yang secara otomatis diturunkan oleh sistem kontrol ketika unit *excavator* tidak dioperasikan dalam jangka waktu tertentu. Sistem ini dirancang untuk menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang saat *engine* dalam keadaan *idle* tanpa beban kerja.

Cara memeriksa fungsi dari kecepatan *auto deceleration* ialah dengan menghidupkan *engine*. Setelah itu, mengatur *fuel control dial* pada posisi “*high idle (MAX)*” dan memutar *auto-decelerator* ke posisi “ON”. Selanjutnya, mengatur semua *lever* dan pedal yang mengontrol *equipment*, kontrol *swing*, dan *travel* di posisi netral dan mengukur *engine speed* saat *auto-decelerator* beroperasi. Kecepatan *engine* akan turun ke level tertentu kurang lebih 5 detik setelah semua *lever* dan pedal diatur ke netral. Pada level inilah terjadinya *auto-deceleration speed*. *Engine speed* pada *auto deceleration* sebagai contoh sebesar 1.050 ± 100 rpm pada PC200-8MO (*Manual Book PC200-8MO Hydraulic Excavator*, Komatsu, halaman 334, 2012).

Analisis hasil pengujiannya ialah dengan membandingkan nilai hasil pengujian dengan spesifikasi pabrikan untuk memastikan fungsi sistem *auto-decelerator* berjalan normal. Jika *auto-deceleration speed* tidak turun atau penurunan rpm terlalu lambat, hal ini dapat mengindikasikan sensor *lever* tidak mendeteksi posisi netral, kerusakan pada *auto-decelerator actuator*, atau gangguan pada *engine controller* (ECM). Jika *auto-deceleration speed* turun



terlalu cepat atau terlalu rendah, kemungkinan terdapat pengaturan waktu aktivasi (*delay time*) yang tidak sesuai atau *error* pada sinyal *throttle position sensor*.

Hasil analisis digunakan untuk melakukan pemeriksaan dan kalibrasi sistem kontrol *engine*. Hal tersebut termasuk ECM, *throttle actuator*, dan sensor-sensor posisi kontrol, agar fungsi efisiensi bahan bakar dan pengurangan emisi dapat bekerja optimal.

f. Pengujian *Decelerator Pedal Speed* (Pedal Kecepatan *Decelerator*)

Pedal kecepatan *decelerator* pada *bulldozer* (dan unit lain yang memiliki fasilitas pedal ini) adalah tingkat kecepatan putaran *engine* yang diatur melalui *decelerator pedal*, yakni pedal yang digunakan operator untuk menurunkan kecepatan *engine* secara manual. Pedal *decelerator* dibuat terpisah dengan *throttle pedal* (pedal gas) untuk menaikkan kecepatan *engine*. *Decelerator pedal* berfungsi sebagai kontrol sementara untuk memperlambat atau menurunkan *engine speed* sesuai kebutuhan operasi, seperti saat melakukan pengereman, melakukan manuver, atau saat berada di area terbatas. Misalnya, saat menuruni sebuah lereng atau melakukan *fine grading*, operator dapat menekan pedal *decelerator* untuk menurunkan *engine speed* agar pergerakan unit menjadi lebih lambat dan terkendali. Selanjutnya, melepaskan pedal *decelerator* untuk kembali ke kecepatan semula.

Sebelum memeriksa kecepatan *deceleration pedal* perlu untuk memastikan dan mengukur beberapa parameter berikut sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, yaitu

1. *engine water temperature*,
2. *hydraulic oil temperature*, dan
3. *torque converter oil temperature*.

Cara mengoperasikan *decelerator pedal* ialah dengan menghidupkan *engine* dan mengatur *fuel control dial* di posisi *high idle*. Selanjutnya, mengatur *PCCS (palm command control system) lever* dan *work equipment control lever* di posisi netral dan tekan *decelerator pedal* dan ukur kecepatan *engine*. Contoh, spesifikasi kecepatan *engine* pada D375A-5 dari posisi *high idle* sebesar 1.900 ± 30 rpm menjadi posisi *deceleration speed* sebesar 900 ± 50 rpm (*Manual Book D375A-5 Komatsu*, halaman 239 & 243, 2005).

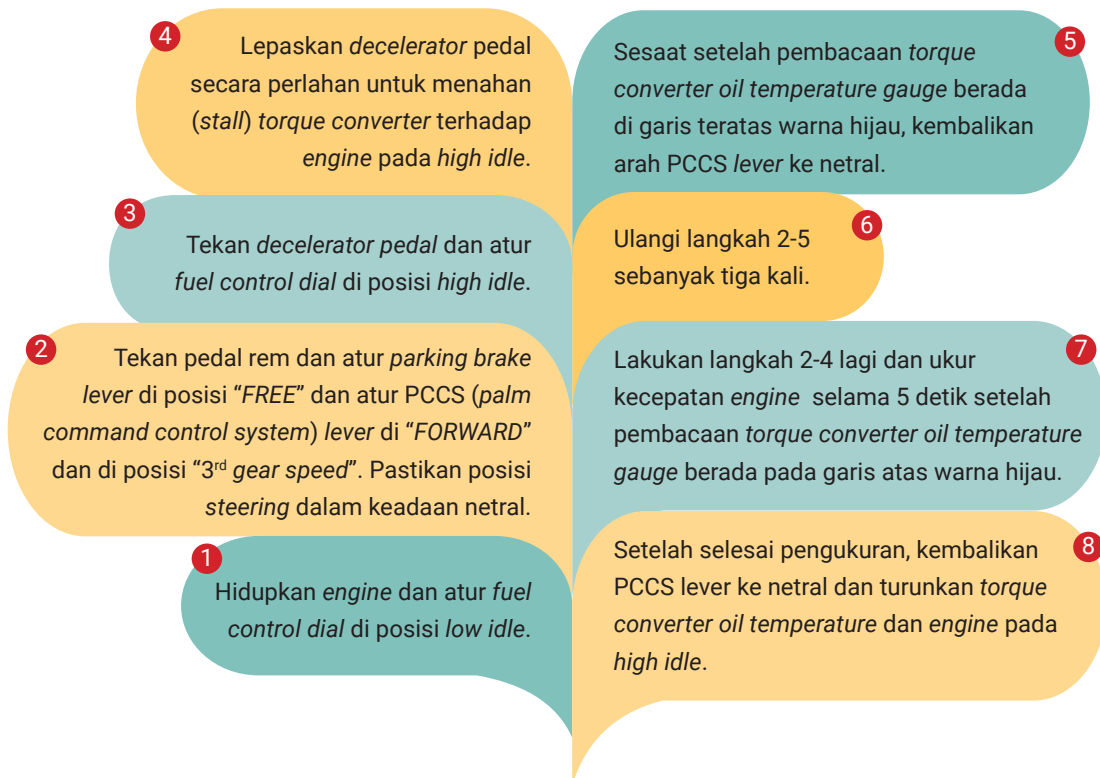
Analisis hasil pengujiannya ialah dengan membandingkan nilai hasil pengujian dengan spesifikasi pabrikan untuk menilai fungsi *decelerator pedal*. Jika kecepatan *deceleration* tidak turun sesuai spesifikasi atau turun terlalu lambat, hal ini dapat mengindikasikan kerusakan pada mekanisme pedal, kendala pada kabel *throttle linkage*, atau masalah pada sistem aktuator elektronik. Jika *engine speed* turun berlebihan atau tidak kembali ke posisi *high idle* setelah pedal dilepaskan, kemungkinan terdapat kerusakan sensor posisi pedal, pegas pengembali lemah, atau gangguan pada *electronic control module (ECM)*.

Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan tindakan perawatan atau penyetelan lanjutan, seperti pemeriksaan mekanisme pedal, penyetelan kabel *linkage*, dan kalibrasi sensor posisi pedal. Tujuannya agar fungsi kontrol kecepatan *engine* tetap responsif dan aman selama operasi unit.

g. Pengujian *Torque Converter Stall Speed* (Kecepatan *Stall Torque Converter*)

Kecepatan *torque converter stall* adalah kecepatan maksimum yang dapat dicapai *engine* saat *torque converter* bekerja pada kondisi *full load*, tetapi *output shaft* transmisi tidak berputar. *Engine* memutar *impeller* pada *torque converter* dalam kondisi ini. Namun, tidak ada gerakan pada roda atau *track* karena beban penuh atau transmisi dalam kondisi diam.

Pengujian *torque converter stall speed* ini berfungsi untuk menilai kinerja dari *torque converter*, yakni memberikan informasi jika *torque converter* dapat mentransmisikan *torque*-nya secara efisien. Jika kecepatan *stall* lebih tinggi dari spesifikasi, menunjukkan adanya slip yang berlebihan atau kerusakan internal pada *torque converter*. Selain itu, jika *stall speed* lebih rendah dari spesifikasi, menunjukkan kemungkinan hilangnya tenaga *engine* atau rendahnya tekanan *hydraulic*. Spesifikasi kecepatan *torque converter stall* sebagai contoh pada D375A-5 sebesar 1.520 ± 50 rpm dengan *service limit* 1.430 rpm. Prosedur pengukuran *torque converter stall speed* ialah sebagai berikut.



Gambar 1.3 Prosedur pengukuran *torque converter stall speed*.

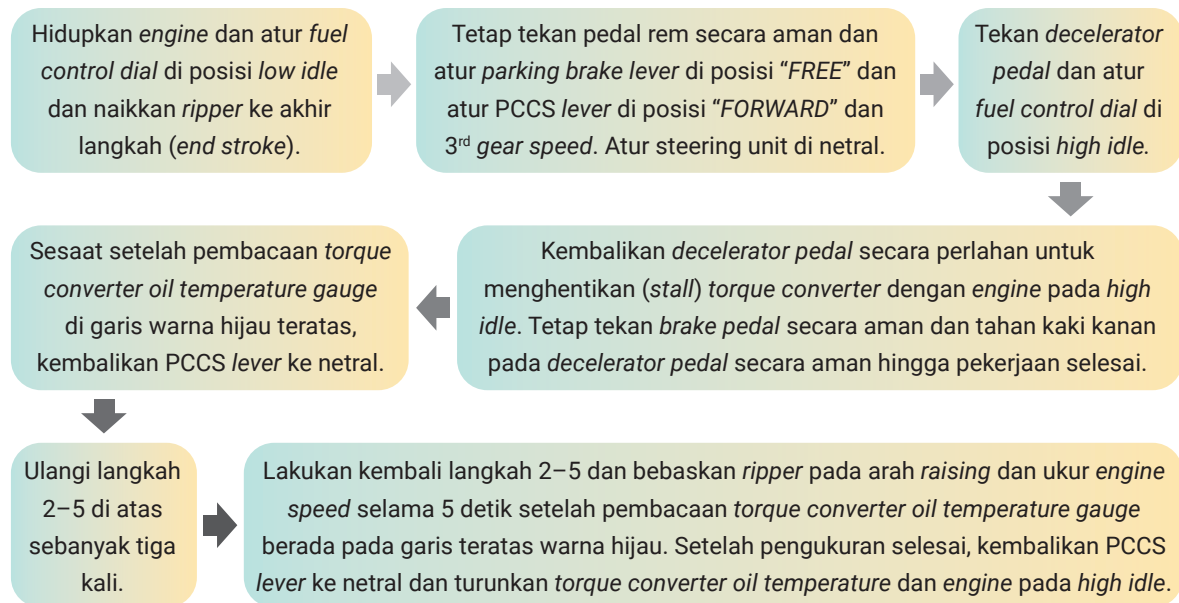


Analisis hasil pengujian ialah dengan membandingkan hasil pengujian dengan spesifikasi pabrikan. Jika *stall speed* lebih tinggi dari spesifikasi, hal ini dapat menandakan terjadinya slip berlebihan atau kerusakan pada elemen internal *torque converter*, seperti *stator one-way clutch* yang tidak berfungsi sempurna. Jika *stall speed* lebih rendah dari spesifikasi, kemungkinan terdapat penurunan daya *engine*, tekanan *hydraulic* rendah atau sistem bahan bakar yang tidak optimal.

Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk diagnosis sistem transmisi dan *converter*, termasuk pemeriksaan tekanan *hydraulic converter*, kondisi oli transmisi, serta efisiensi tenaga *engine*. Tujuannya agar perpindahan tenaga dari *engine* ke penggerak utama tetap efisien dan andal.

h. Pengujian *Full Stall Speed (Torque Converter Stall and Work Equipment Relief Speed)*

Kecepatan *full stall* adalah kecepatan *engine* maksimum yang tercapai saat dua beban (*torque converter stall* dan *work equipment relief/hydraulic stall*) bekerja secara bersamaan. *Torque converter stall* sendiri telah dijelaskan sebelumnya pada bagian g. *Work equipment relief* adalah saat *hydraulic system*, seperti *blade* atau *ripper* ditekan maksimum (*relief pressure*), misalnya saat mendorong silinder sampai *end stroke*. Kecepatan *full stall* berfungsi untuk mengukur performa *engine* di bawah beban ekstrem dan memastikan *engine*, *torque converter*, dan *hydraulic pump* dapat bekerja selaras secara bersamaan. Prosedur pengujian sebagai berikut.



Gambar 1.4 Prosedur pengukuran kecepatan *full stall*.



Analisis hasil pengujiannya ialah dengan membandingkan hasil pengujian dengan spesifikasi pabrikan untuk menilai efisiensi perpaduan sistem tenaga. Jika *full stall speed* lebih rendah dari spesifikasi, hal ini dapat mengindikasikan penurunan daya *engine*, tekanan *hydraulic* tidak mencapai batas relief, atau kerugian tenaga akibat slip berlebih pada *torque converter*. Jika *full stall speed* lebih tinggi dari spesifikasi, kemungkinan sistem *hydraulic* belum mencapai tekanan maksimum (relief belum tercapai) atau terdapat penyetelan beban yang kurang tepat sehingga beban total belum maksimal.

Hasil analisis digunakan sebagai dasar untuk menentukan kondisi sinkronisasi tenaga antara *engine*, *torque converter*, dan pompa *hydraulic*. Selain itu, untuk melakukan pemeriksaan sistem bahan bakar, tekanan *hydraulic*, dan kondisi *converter*. Tujuannya agar performa *engine* di bawah beban ekstrem tetap sesuai spesifikasi dan aman untuk operasi lapangan.



Aktivitas 1.2 (Kelompok)

Pengujian Kecepatan *Engine* pada *Diesel Engine* Alat Berat

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian bekerja sama menguji kecepatan *engine* pada *diesel engine* alat berat dan menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan *engine*.

Alat dan Bahan

1. Unit alat berat dengan *diesel engine*
2. Lembar kerja/laporan praktik
3. APAR (alat pemadam api ringan) sebagai langkah keselamatan
4. APD (*safety shoes*, *safety helmet*, *safety glasses*, rompi)

Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok, masing-masing kelompok terdiri atas empat (4) orang (lama kegiatan 15 menit).
 - a) Kelompok A: Pengujian kecepatan *low idle*
 - b) Kelompok B: Pengujian kecepatan *high idle*
 - c) Kelompok C: Pengujian kecepatan 2 *pump relief*
 - d) Kelompok D: Pengujian kecepatan 2 *pump relief and power max*
 - e) Kelompok E: Pengujian kecepatan *auto deceleration*
 - f) Kelompok F: Pengujian kecepatan *decelerator* pedal



- g) Kelompok G: Pengujian kecepatan *torque converter stall*
 - h) Kelompok H: Pengujian kecepatan *full stall*
2. Lakukan pengujian kecepatan sesuai dengan petunjuk yang sudah dipelajari atau sesuai *manual book* berdasarkan merek dan tipe unit alat berat yang dimiliki sekolah (lama kegiatan 30 menit).
 3. Dokumentasikan proses pengujian dengan mengambil foto (pembacaan kecepatan pada *display monitor*) dan membuat video dengan bekerja sama antara anggota kelompok.
 4. Lakukan analisis data dan diskusikan hasil pengujian. Apakah rpm sesuai spesifikasi pabrik? Jika ada selisih, identifikasi penyebab (misal perlu dilakukan pengujian lanjut pada *fuel system*, dll.). Buat kesimpulan tentang kondisi *engine* berdasarkan kecepatan *engine* (lama kegiatan 20 menit).
 5. Presentasikan dan lakukan evaluasi dengan cara mengomunikasikan hasil aktivitas dan analisis data (lama kegiatan 15 menit).

2. Penyetelan Valve Clearance (Celah Valve)

Penyetelan celah *valve* adalah proses penyetelan *valve clearance* yakni jarak bebas antara *crosshead* atau *valve cap* dan *rocker arm* pada *engine*. Fungsi dari penyetelan celah *valve* sebagai berikut.

- a. Menjaga performa *valve mechanism system* pada *engine* optimal. *Valve clearance* yang tepat memberikan kerapatan yang baik saat *valve* menutup saluran *intake* dan *exhaust* sehingga tidak ada kebocoran kompresi pada *engine*. Selain itu, saat *valve* ditekan untuk membuka saluran, *valve stroke* yang terjadi betul-betul maksimal.
- b. Mencegah kerusakan komponen. Saat *engine* bekerja, terjadi pemuaian pada komponen-komponen. *Valve clearance* yang terlalu kecil akan mengakibatkan kebocoran kompresi karena terjadinya pemuaian pada *valve* dan *rocker arm*. Dengan demikian, *valve* akan terdorong sedikit pada saat *valve* seharusnya menutup rapat.
- c. Menjaga kehalusan suara *engine* dan umur komponen. *Valve clearance* yang terlalu besar akan mengakibatkan suara berisik. Selain itu, performa *engine* akan menurun dikarenakan pembukaan *intake valve* dan *exhaust valve* tidak maksimal.

Firing order (FO) dari *engine* harus diketahui terlebih dahulu sebelum melakukan penyetelan celah *valve*. Contoh, FO 4 silinder pada PC45MR-3 ialah 1-3-4-2 (*Shop Manual PC45MR-3 Hydraulic Excavator* Komatsu, halaman 259, 2009). Selanjutnya, untuk lebih mudah membuat *valve sequence* dari *engine* 4 silinder, perhatikan tabel berikut.

Tabel 1.3 Valve Sequence Engine 4 Silinder

No.	Silinder	A	B	C	D
1.	Sil 1	Intake stroke	Compression	Power stroke	Exhaust stroke
2.	Sil 2	Compression	Power stroke	Exhaust stroke	Intake stroke
3.	Sil 3	Exhaust stroke	Intake stroke	Compression	Power stroke
4.	Sil 4	Power stroke	Exhaust stroke	Intake stroke	Compression

Tabel 1.3 tersebut menginformasikan bahwa berdasarkan FO *engine* 1-3-4-2 berarti alur atau giliran proses yang terjadi antara silinder ialah saat silinder 1 melakukan *intake stroke* (di posisi tabel 1-A), giliran silinder 3 melakukan *intake stroke* (di posisi tabel 3-B). Selanjutnya, giliran silinder 4 melakukan *intake stroke* (di posisi tabel 4-C) dan terakhir giliran silinder 2 melakukan *intake stroke* (di posisi tabel 2-D).



Gambar 1.5 Tanda Garis pada Flywheel Housing PC 45MR-3

Sumber: Edi Fakhriin/Kemendikdasmen (2025)

Selanjutnya, prosedur dalam melakukan penyetelan celah *valve* untuk empat (4) silinder sebagai berikut.

- Lepaskan *cylinder head cover* dari *engine*.
- Lepaskan *inspection window cap* dari *flywheel housing* (lihat Gambar 1.5)
- Lihatlah pergerakan dari *valve* silinder nomor 1, putar *crankshaft* searah jarum jam hingga tanda garis pada *window flywheel housing* sejajar dengan tanda garis pada *flywheel* (lihat Gambar 1.5).
- Periksa apakah pada *rocker arm* silinder 1 (*intake* dan *exhaust valve*) dapat digerakkan sedikit dengan tangan (memiliki celah) atau tidak. Jika dapat digerakkan, posisi ini ialah *top compression cylinder* 1.



- e. Jika tidak dapat digerakkan, periksa *rocker arm* silinder 4 (*intake* dan *exhaust valve*). Apakah dapat digerakkan sedikit dengan tangan (memiliki celah)? Jika dapat digerakkan pada silinder 4, putar *crankshaft* satu putaran ke arah jarum jam.
- f. Untuk posisi *top compression cylinder* 1 ini yang dapat di-adjust *valve clearance*-nya dapat dijelaskan sebagai berikut.

Warna hijau pada Tabel 1.4 berarti *valve*-nya dapat disetel (*adjust*), sedangkan warna merah berarti tidak dapat disetel karena posisi *valve* dalam keadaan tertekan. Ketentuan ini didapat dari Tabel 1.3 yang sudah dibuat dengan cara mengambil garis tabel di akhir *compression stroke* pada silinder 1 tarik garis ke bawah. Selanjutnya, akan didapatkan *valve* mana saja yang dapat disetel (lihat Tabel 1.4).

Tabel 1.4 Valve Sequence dengan Top Cylinder 1

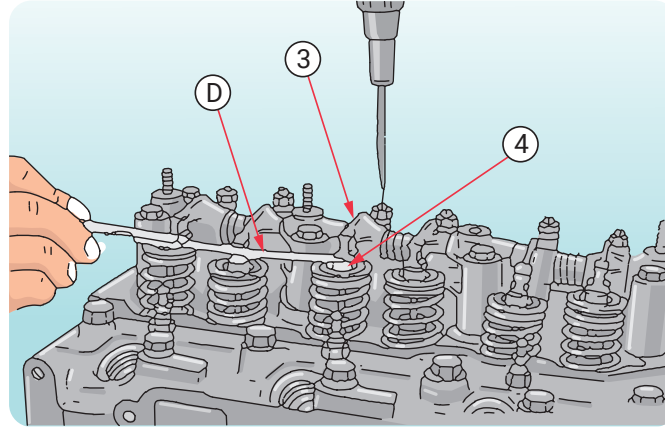
SIL	A	B	T O P S I L 1	C	D
Sil 1	<i>Intake stroke (valve in bebas)</i>	<i>Compression</i>		<i>Power stroke</i>	<i>Exhaust stroke (valve ex bebas)</i>
Sil 2	<i>Compression</i>	<i>Power stroke</i>		<i>Exhaust stroke</i>	<i>Intake stroke (valve in bebas)</i>
Sil 3	<i>Exhaust stroke (valve ex bebas)</i>	<i>Intake stroke</i>		<i>Compression</i>	<i>Power stroke</i>
Sil 4	<i>Power stroke</i>	<i>Exhaust stroke</i>		<i>Intake stroke</i>	<i>Compression</i>

Garis kuning pada Tabel 1.4 itu ialah posisi *top compression cylinder* 1. Hal itu karena pada posisi ini *cylinder* 1 sedang di posisi *top compression*, maka *intake and exhaust valve* dalam kondisi bebas atau tidak ditekan *rocker arm*. Pada *cylinder* 2 dengan melihat garis kuning di Tabel 1.4, dalam posisi akhir *power stroke* dan awal *exhaust stroke*, maka dari itu *exhaust valve* sedang mulai ditekan *rocker arm*. Artinya, *intake valve* dapat disetel karena sedang posisi bebas. Selanjutnya, melihat *cylinder* 3 pada garis kuning dari Tabel 1.4, maka posisinya sedang akhir *intake stroke*, artinya *intake valve* masih ditekan *rocker arm*. Jadi, *exhaust valve* dari *cylinder* 3 dapat disetel.

Tabel 1.5 Valve yang Dapat Disetel pada Top Cylinder 1

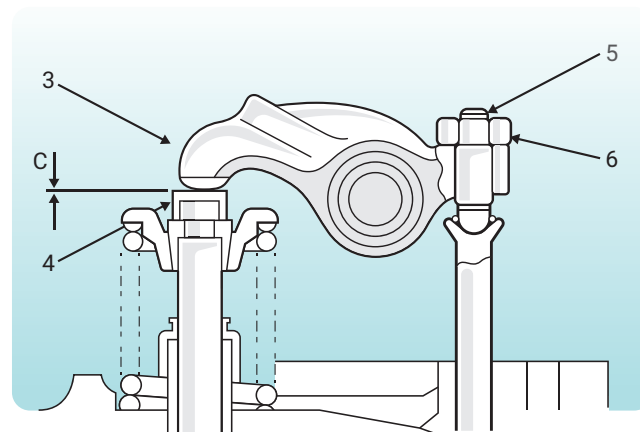
Silinder	1	2	3	4
Valve yang bisa disetel	Valve In Valve Ex	Valve In	Valve Ex	-

- g. Lakukan penyetelan valve dengan menyisipkan *clearance gauge* atau *feeler gauge* antara *rocker arm* dan *valve cap*. Hal tersebut untuk memeriksa *valve clearance*, contoh *standard service* pada PC45MR-3 ialah *intake valve*: 0,20 mm dan *exhaust valve*: 0,20 mm (*Shop Manual PC45MR-3 Hydraulic Excavator*, Komatsu, halaman 233, 2009).



Gambar 1.6 Penyetelan Valve Clearance

- h. Jika *valve clearance* tidak sesuai spesifikasi, kendurkan *locknut* (6) dan masukkan *clearance gauge* antara *rocker arm* (3) dan *valve cap* (4) dan setel *clearance* dengan menyetel *adjustment screw* (5) sehingga *clearance gauge* dapat digesek di antara *rocker arm* dan *valve cap*.



Gambar 1.7 Konstruksi Valve Mechanism

Setelah penyetelan dilakukan, bandingkan hasilnya dengan spesifikasi pabrikan. Jika *clearance* terlalu kecil, kemungkinan katup tidak menutup sempurna, mengakibatkan kebocoran kompresi, peningkatan suhu ruang bakar, dan kerusakan pada *valve seat*. Jika *clearance* terlalu besar, maka suara *engine* menjadi kasar, *valve lift* berkurang, serta efisiensi pengisian dan pembuangan gas menurun.

Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan kualitas penyetelan dan mengevaluasi kondisi mekanisme katup. Jika deviasi berulang, lakukan pemeriksaan *rocker arm*, *camshaft lobe*, atau *valve cap* karena kemungkinan terjadi keausan mekanis.

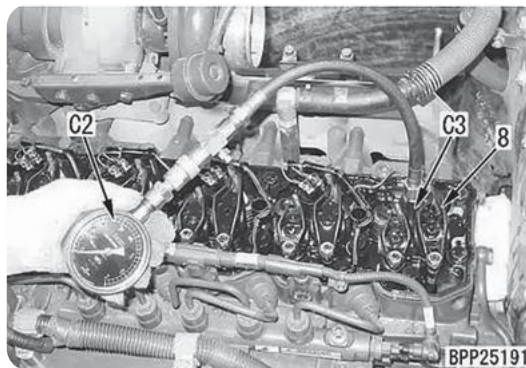
3. Pengujian *Compression Pressure* (Tekanan Kompresi)

Pengujian tekanan kompresi adalah salah satu prosedur penting dalam perawatan dan dalam mendiagnosis kondisi *diesel engine*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan silinder dalam menahan tekanan selama langkah kompresi. *Diesel engine* sangat bergantung pada tekanan kompresi yang tinggi untuk dapat menyalakan bahan bakar secara otomatis. Dengan demikian, tekanan kompresi yang sesuai spesifikasi merupakan hal yang krusial untuk performa *engine* yang maksimal. Fungsi dari pengujian tekanan kompresi pada *diesel engine* sebagai berikut.

- a. Pengujian tekanan kompresi untuk menilai kondisi internal *engine*. Tekanan kompresi yang lebih rendah dari spesifikasi menunjukkan bahwa terdapat keausan atau kebocoran kompresi di dalam silinder.
- b. Pengujian tekanan kompresi untuk menentukan performa *engine*.
- c. Pengujian tekanan kompresi untuk mendiagnosis kerusakan. Pengujian ini membantu membedakan adanya masalah di *fuel system* atau komponen *engine*.
- d. Pengujian tekanan kompresi sebagai dasar penentuan keputusan *engine overhaul*. Hasil pengujian dapat digunakan sebagai penentu pekerjaan *engine overhaul* atau penggantian komponen *engine*.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian tekanan kompresi sebagai berikut.

- 1) Lakukan penyetelan celah *valve* sebelum pengujian tekanan kompresi.
- 2) Pemasangan *compression pressure gauge* (C2) pada *diesel engine* melalui lubang *injector* pada *cylinder head* (lihat gambar 1.8)



Gambar 1.8 Pemasangan *pressure gauge* pada lubang *injector*.

Sumber: Shop Manual Hydraulic Excavator, PC 200-8MO, 30 Testing and Adjusting.

- 3) Kencangkan baut menggunakan momen yang ditentukan pada buku manual agar tidak ada kebocoran setelah *pressure gauge* terpasang dengan baik.
- 4) Atur *engine* pada mode “*no-injection cranking mode*”. Hal itu untuk mencegah *engine* hidup saat distarter.
- 5) Lakukan pengukuran dengan men-start *engine* sampai jarum pada *gauge* naik dan berhenti bergerak. Pembacaan dilakukan pada titik puncak dari pergerakan jarum pada *gauge*.

Bandingkan hasil pengujian dengan spesifikasi pabrikan untuk setiap silinder. Jika tekanan kompresi rendah pada semua silinder, kemungkinan terjadi keausan umum pada ring piston, dinding silinder, atau kebocoran pada katup *intake/exhaust*. Jika tekanan rendah hanya pada satu atau dua silinder, hal ini dapat mengindikasikan kebocoran pada gasket kepala silinder, kerusakan pada *valve seat*, atau ring piston macet (*sticking ring*). Jika tekanan terlalu tinggi, kemungkinan terdapat penumpukan karbon (*carbon deposit*) di ruang bakar yang memperkecil volume kompresi.

Untuk memastikan sumber masalah, dapat dilakukan tes lanjutan berupa pengujian tekanan kompresi basah (*wet compression test*) dengan meneteskan sedikit oli ke dalam silinder. Jika tekanan naik setelah penambahan oli, masalah terdapat pada ring piston atau dinding silinder. Jika tekanan tidak berubah, masalah kemungkinan berada pada katup atau gasket kepala silinder.

Hasil analisis pengujian ini digunakan untuk menentukan tingkat keausan dan efektivitas sistem pembakaran. Selain itu, menjadi dasar rekomendasi perawatan atau *overhaul* agar performa *engine* kembali optimal.

B. Pemeliharaan Sistem Pemasukan Udara dan Pembuangan

Sistem pemasukan udara (*air intake system*) dan sistem pembuangan (*exhaust system*) memegang peran penting dalam menjaga efisiensi pembakaran, performa tenaga, dan keandalan *diesel engine*. Dalam operasional alat berat di area tambang, *engine* sering bekerja pada lingkungan ekstrem, seperti area berdebu (tambang batu bara), area berketinggian dengan kadar oksigen rendah, atau area terbatas dengan suhu tinggi. Pada kondisi tersebut, sistem pemasukan udara harus mampu menyaring partikel abrasif, seperti debu batu bara dan pasir, serta menjamin suplai udara cukup untuk proses pembakaran sempurna.

Di sisi lain, sistem pembuangan harus mampu membuang gas sisa pembakaran dengan tekanan dan temperatur tinggi secara efisien tanpa menimbulkan hambatan aliran (*back*



pressure) yang dapat menurunkan daya *engine*. Sistem ini juga berperan dalam menjaga emisi gas buang agar sesuai dengan standar lingkungan dan keselamatan kerja.

Pemeliharaan rutin berupa pembersihan (*cleaning*) dan pengujian (*testing*) kedua sistem ini sangat penting untuk mencegah masalah seperti berikut.

1. Penyumbatan saluran udara atau filter yang dapat menurunkan *air flow rate* dan efisiensi bahan bakar.
2. Kebocoran pada saluran *intake* atau *exhaust* yang mengakibatkan kehilangan tekanan dan ketidakseimbangan udara–bahan bakar.
3. Kerusakan pada *turbocharger* akibat partikel abrasif yang lolos dari sistem penyaringan.

Pemeliharaan yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan performa *engine*, meningkatnya konsumsi bahan bakar, bahkan kegagalan mekanis. Oleh karena itu, pemantauan dan penyetelan berkala terhadap kedua sistem ini tidak hanya menjaga performa *engine*, tetapi juga memperpanjang umur pakai unit dan meningkatkan keselamatan operator. Untuk menjaga sistem tetap bekerja optimal, diperlukan pembersihan dan penggantian filter udara secara berkala. Selain itu, diperlukan pemeriksaan kondisi saluran udara dan pembuangan sebagaimana dijelaskan sebagai berikut

1. Pembersihan dan Penggantian *Air Cleaner*

Air cleaner adalah filter udara yang berfungsi untuk menyaring udara yang diisap masuk ke dalam *combustion chamber* (ruang bakar). Tujuannya agar udara yang masuk benar-benar bersih dan terbebas dari debu, pasir, dan partikel-partikel kotoran lainnya. Udara masuk yang bersih sangat penting dalam proses pembakaran *engine*, apalagi mengingat kondisi area tambang yang menjadi tempat beroperasinya alat berat merupakan area yang berdebu dan penuh dengan partikel-partikel batu bara.

Air cleaner terbagi menjadi dua bagian, yaitu *outer element* dan *inner element*. *Outer element* berfungsi menyaring udara yang masuk dari luar pertama kali, berarti filter ini menyaring partikel-partikel yang tergolong kasar atau besar ukurannya. Selanjutnya, udara melewati *inner element* yang berfungsi menyaring udara dengan ukuran yang lebih halus atau kecil.

Jika *outer element* terlalu kotor, tekanan udara masuk akan menurun, menyebabkan campuran bahan bakar–udara menjadi terlalu kaya (*rich mixture*) dan pembakaran tidak sempurna. Jika *inner element* robek atau tidak terpasang rapat, partikel halus akan masuk ke ruang bakar, mempercepat keausan silinder dan ring piston. Jika tekanan negatif (*vacuum*) pada saluran *intake* terlalu tinggi, hal ini menandakan penyumbatan berat pada filter atau adanya kerusakan sensor tekanan *intake* (MAP Sensor). Oleh karena itu, selain pembersihan

fisik, perlu dilakukan pencatatan jam kerja filter dan pemeriksaan sensor *intake pressure* untuk memastikan sistem bekerja dalam kondisi optimal.

Prosedur pembersihan dan penggantian *air cleaner* dapat dilihat secara detail pada bab perawatan berkala (*periodic service*) dari buku *Teknik Alat Berat Kelas XI* dan melalui aktivitas berikut.



Aktivitas 1.3 (Mandiri)

Pembersihan dan Penggantian *Air Cleaner* pada *Diesel Engine* Alat Berat

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu memahami fungsi dan komponen *air cleaner*, melakukan pembersihan dan penggantian, dan menganalisis dampak *air cleaner* yang kotor terhadap performa *engine*.

Alat dan Bahan

1. *Diesel engine* alat berat (*excavator, bulldozer, dll.*)
2. *Air cleaner*—*inner* dan *outer element* (sesuai spesifikasi *engine*)
3. Kompresor udara dengan *air gun*
4. Lap bersih bukan serabut
5. APD (sarung tangan, masker debu, *safety glasses, safety helmet*, rompi)
6. *Hand tools*
7. *Service manual* terkait

Langkah-Langkah

1. Stop unit *machine*, parkirkan di tempat yang rata dan aman, turunkan *work equipment* ke lantai.
2. Lakukan simulasi pembersihan dan penggantian *air cleaner* secara mandiri dengan langkah langkah sesuai petunjuk pada *manual book* terkait serta sesuai merek dan tipe yang ada di sekolah.
3. Dokumentasikan proses simulasi melalui foto dan video sesuai kreasimu.
4. Analisis hasil kegiatan. Bandingkan perbedaan kondisi *air flow* sebelum dan sesudah pembersihan (jika ada indikator). Jelaskan bagaimana *filter element* yang kotor dapat memengaruhi rasio udara–bahan bakar, konsumsi bahan bakar, dan suhu pembakaran. Berikan rekomendasi jadwal perawatan berkala yang tepat sesuai kondisi lingkungan kerja (misal, area berdebu versus area normal).



5. Presentasikan hasil kegiatan di depan kelas dengan bimbingan guru. Sajikan foto dan video kegiatan. Jelaskan hasil analisis dan kesimpulan tentang hubungan antara kebersihan *air cleaner* dan performa *engine*.

Analisis Hasil Kegiatan

Setelah melakukan pembersihan dan/atau penggantian *air cleaner*, lakukan analisis hasil pengamatan berikut agar kamu dapat menilai kondisi sistem pemasukan udara secara komprehensif.

1. Bagaimana kondisi ***outer element*** dan ***inner element*** sebelum dan sesudah dibersihkan (bersih, berdebu, tersumbat, rusak)?
2. Apakah terdapat perbedaan performa *engine* setelah *air cleaner* dibersihkan/diganti (misalnya suara mesin lebih halus, tidak berat, atau asap hitam berkurang)?
3. Apa dampak potensial jika *air cleaner* dibiarkan kotor atau rusak terhadap:
 - a. efisiensi pembakaran,
 - b. emisi gas buang,
 - c. umur pakai *turbocharger* dan komponen *intake system*?
4. Berdasarkan hasil observasi, kapan sebaiknya dilakukan pembersihan dan penggantian *air cleaner* berikutnya?
5. Buat kesimpulan tentang hubungan antara kondisi *air cleaner* dan performa *engine*.

Contoh Tabel Hasil Analisis

No.	Kondisi Air Cleaner	Kondisi Sebelum	Kondisi Sesudah	Dampak terhadap Engine	Rekomendasi
1.	Outer element	Berdebu tebal	Bersih	Engine idle stabil	Bersihkan tiap 100 jam
2.	Inner element	Masih bersih	Tidak berubah	Aman	Ganti tiap 500 jam

2. Pengujian Intake Air Pressure (Tekanan Udara Masuk)

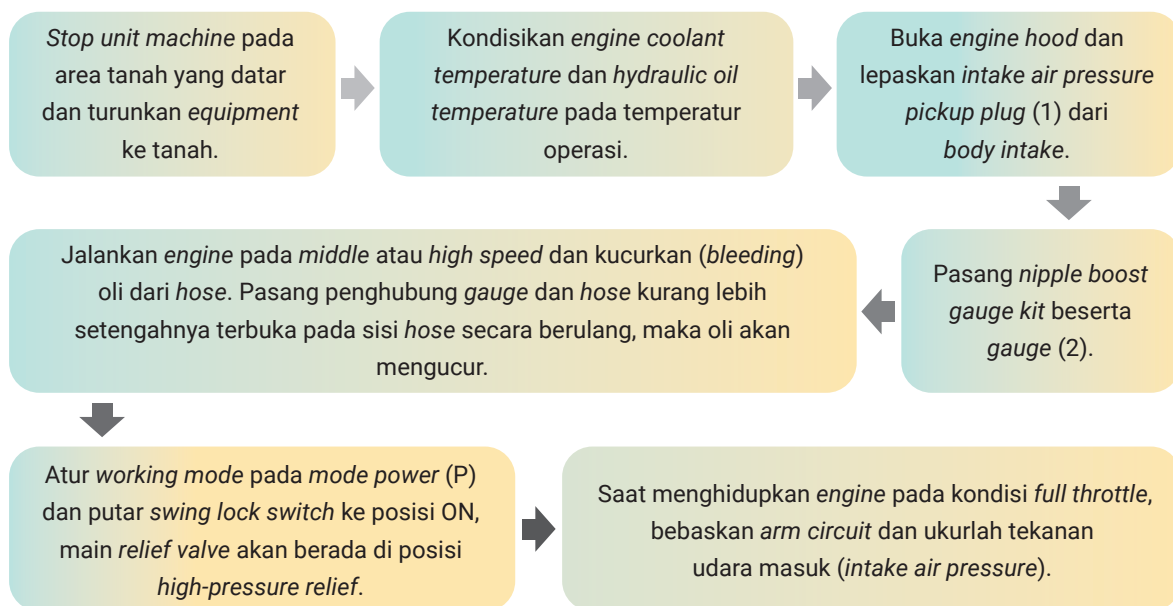
Pengujian *intake air pressure* (tekanan udara masuk) adalah pengujian tekanan udara yang masuk ke dalam *combustion chamber* melalui *intake manifold*, baik *engine* dalam kondisi *mid-range speed* maupun pada *high idle* hingga *stall* (beban penuh). Pengujian dilakukan dengan bantuan alat ukur *boost gauge kit* yang dipasangkan pada saluran *intake manifold engine*. Pengujian tekanan udara masuk ini bertujuan untuk hal berikut.

- a. Pengujian bertujuan untuk menilai performa *turbocharger*. Tekanan udara masuk yang rendah mengindikasikan terdapat kebocoran pada saluran udara masuk, kerusakan pada *intercooler*, atau performa *turbocharger* yang menurun.



- b. Pengujian bertujuan untuk mendeteksi hambatan pada *intake air system*, seperti *air cleaner* kotor atau tersumbat. Pada pembacaan *intake air pressure* akan cenderung rendah turun. Hal itu karena udara sulit masuk, maka volume udara yang masuk ke *turbocharger* atau *intake manifold* berkurang. Pada *engine* dengan *turbocharger*, tekanan udara di *intake manifold* bergantung pada banyak udara yang dapat diisap dan dikompresi. Jika suplai udara dari *air cleaner* terbatas, *turbocharger* tidak memiliki cukup udara untuk dikompresi sehingga tekanan di *intake manifold* akan ikut turun.

Hasil pengujian tekanan udara masuk ini menjadi dasar dalam analisis kesehatan sistem *turbocharger* dan efisiensi sistem pemasukan udara, serta digunakan untuk menentukan tindakan perawatan atau perbaikan lanjutan pada sistem *intake* maupun *exhaust*.



Gambar 1.9 Diagram Flow Pengujian Tekanan Udara Masuk



Gambar 1.10 Posisi *pickup plug* pada *body intake*.

Sumber: Edi Fakhri/Kemendikdasmen (2025)

3. Pengujian Exhaust Gas Colour (Warna Gas Buang)

Warna gas buang pada *diesel engine* merupakan indikator visual yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi pembakaran yang terjadi di *combustion chamber*. Secara umum, terdapat tiga jenis warna gas buang yang biasa terjadi sebagai berikut.

- a. Warna hitam, menunjukkan bahwa pembakaran yang terjadi tidak sempurna akibat *too rich air fuel ratio* (rasio udara dan bahan bakar yang terlalu kaya), *air cleaner* kotor, *injector* aus, atau *turbocharger* tidak berfungsi dengan baik. Warna hitam menunjukkan kandungan karbon (*soot*) tinggi pada gas buang. Hal ini menandakan bahwa campuran terlalu kaya dan proses atomisasi bahan bakar buruk. Jika dibiarkan, dapat menyebabkan penumpukan karbon pada *piston crown*, *nozzle injector*, dan *turbocharger*.
- b. Warna putih, menunjukkan adanya uap air pada *exhaust manifold* atau *fuel* yang tidak terbakar habis. *Fuel* tidak terbakar disebabkan temperatur *combustion chamber* yang terlalu rendah, kerusakan pada *nozzle injector*, atau masuknya *coolant* ke *combustion chamber*. Asap putih yang muncul terus-menerus pada kondisi kerja normal menandakan adanya masalah kebocoran internal atau kegagalan atomisasi bahan bakar. Jika disertai penurunan *coolant* atau gelembung pada radiator, maka kemungkinan besar terjadi kebocoran *coolant* ke ruang bakar.
- c. Warna biru, menunjukkan ikut terbakarnya oli *engine* akibat keausan *piston ring*, *valve seal*, atau *cylinder head gasket*. Asap biru identik dengan konsumsi oli yang berlebihan. Hal ini dapat mempercepat penumpukan karbon, merusak *catalytic converter* atau *diesel particulate filter (DPF)*, dan menurunkan efisiensi pembakaran.



Gambar 1.11 Memasukan probe ke outlet pipa exhaust

Sumber: Edi Fakhri/Kemendikdasmen (2025)

Hasil pengujian warna gas buang perlu dikaitkan dengan hasil pengujian tekanan kompresi, tekanan udara masuk, dan kondisi *injector*. Hasil pengujian menunjukkan warna hitam, lakukan pemeriksaan sistem pemasukan udara dan *turbocharger*. Hasil pengujian menunjukkan warna putih, periksa sistem pendinginan, kebocoran *head gasket*, dan fungsi *injector*. Hasil pengujian menunjukkan warna biru, lakukan *compression test* dan pemeriksaan kebocoran oli pada *ring piston* atau *valve seal*. Dengan menganalisis warna gas buang secara sistematis, teknisi dapat menentukan sumber masalah lebih cepat dan merencanakan tindakan perawatan atau perbaikan secara akurat.



Aktivitas 1.4 (Kelompok)

Pengujian Warna Asap (*Exhaust Gas Color*) pada *Diesel Engine*

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara berkolaborasi mampu mengidentifikasi kondisi pembakaran *engine* melalui warna asap, memahami penyebab berbagai warna asap knalpot, menganalisis hubungan warna asap dengan kondisi *engine*, dan mengembangkan kemampuan observasi teknis secara visual.

Alat dan Bahan

1. *Diesel engine*
2. *Smoke meter*



3. Kamera *smartphone*
4. Alat tulis
5. *Manual book*

Pembagian Peran Kelompok (4–5 Orang)

1. Operator unit *machine*: mengatur rpm *engine*
2. Operator *smoke meter*: mengoperasikan *smoke meter*
3. Dokumentator: memotret dan merekam video proses aktivitas
4. Pencatat data: mencatat hasil pengamatan

Langkah-Langkah

1. Stop unit *machine* pada area tanah yang rata dan turunkan *equipment* pada tanah.
2. Berhati-hatilah agar tidak menyentuh bagian-bagian yang panas saat memasang dan melepas peralatan penguji.
3. Lakukan pemeriksaan pada kondisi *engine coolant temperature* berada di kisaran temperatur operasi.
4. Masukkan *probe* (1) dari *smoke meter* pada *outlet* dari pipa *exhaust* dan kondisikan posisinya agar tidak goyah dan jatuh.
5. Batasi suplai tekanan udara hingga 1,5 MPa (15 kg/cm²).
6. Hubungkan kabel *power* ke sumber listrik, sebelum menghubungkan kabel periksa dan pastikan *power switch* pada *smoke meter* di posisi OFF.
7. Kendorkan *cap nut* pada *suction pump* dari *smoke meter* dan pasang *filter paper*. Pastikan *filter paper* terpasang dengan baik dan presisi agar tidak ada *exhaust gas* yang bocor.
8. Hidupkan *power switch* pada *smoke meter*.
9. Hidupkan *engine* dan gas secara mendadak, atau hidupkan pada *high idle* dan lepaskan pedal gas dari *smoke meter*.
10. Bacalah hasil pengukuran *exhaust gas* pada *display smoke meter*.
11. Setelah selesai pengukuran, jangan lupa melepas alat ukur dan mengembalikan bagian-bagian yang sudah dilepas ke posisinya semula.

Analisis dan Diskusi Hasil

1. Catat dan amati warna asap buang.
 - a. Hitam → pembakaran tidak sempurna, udara kurang, dan bahan bakar berlebih.
 - b. Putih → bahan bakar tidak terbakar, kemungkinan *nozzle injector* rusak atau *coolant* bocor.
 - c. Biru → oli terbakar akibat keausan *ring piston* atau *valve seal*.

2. Bandingkan hasil visual dengan data pengukuran *smoke meter* (nilai kepekatan atau *opacity*).
3. Kaitkan hasil tersebut dengan hasil pengujian lain yang sudah dilakukan sebelumnya, seperti:
 - a. tekanan udara masuk (*intake air pressure*),
 - b. tekanan kompresi,
 - c. kondisi *air cleaner* atau *turbocharger*.
4. Buat tabel hasil observasi dan analisis dengan format berikut:

Kondisi Engine	Warna Asap	Nilai Kepekatan (Smoke Meter)	Kemungkinan Penyebab	Tindakan Rekomendasi
Low Idle	Putih tipis	10%	Suhu ruang bakar rendah	Panaskan engine lebih lama
High Idle	Hitam pekat	65%	Air cleaner kotor/ injector bocor	Bersihkan filter, periksa injector
Full Load	Biru muda	25%	Oli masuk ruang bakar	Periksa ring piston/ valve seal

Diskusikan hasil pengamatan dalam kelompok dan simpulkan kondisi umum *engine* berdasarkan warna asap dan data pengukuran.

6. Presentasikan hasil analisis kelompok di depan kelas dengan bimbingan guru dan tampilkan dokumentasi foto/video kegiatan.

4. Pengujian Blow-by Pressure (Tekanan Blow-by)

Blow-by pressure adalah tekanan gas yang lolos dari *combustion chamber* melalui celah antara *piston ring* dan silinder, kemudian masuk ke dalam *crankcase*. Proses tersebut dianggap wajar terjadi karena sifat gas dapat menembus celah yang sangat sempit di dalam silinder, tetapi tentu saja ada toleransinya. Artinya, jika *blow-by pressure* terlalu tinggi, menunjukkan indikasi awal adanya keausan pada komponen internal *engine*, seperti *piston ring compression*, *cylinder liner*, atau mungkin *valve guide* dan *valve stem*.

Pengujian *blow-by pressure* memiliki tujuan untuk mengukur besarnya tekanan gas yang muncul di dalam *crankcase* akibat kebocoran kompresi di dalam *combustion chamber*. Pengujian tersebut bertujuan untuk hal berikut:

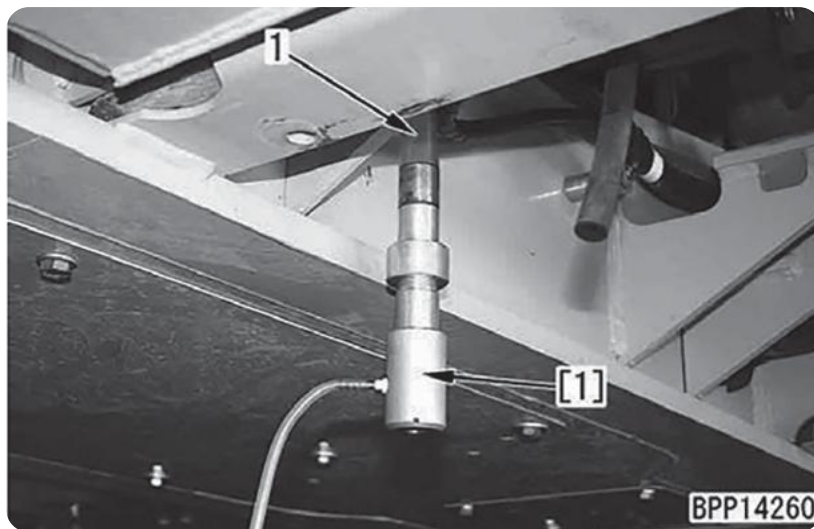
- a. memberikan gambaran kondisi keausan yang terjadi pada komponen-komponen *engine*, seperti *piston ring compression* dan *cylinder liner*,



- b. membantu mendiagnosis penurunan performa *engine* akibat kebocoran kompresi, dan
- c. mendeteksi lebih awal potensi kerusakan yang lebih berat yang dapat mengakibatkan *engine* mogok atau bahkan *engine overhaul*.

Pengujian *blow-by pressure* dilakukan menggunakan manometer *blow-by tester* yang dipasang pada jalur ventilasi *crankcase*. Pengujian *blow-by pressure* ini menjadi salah satu metode efektif dalam melakukan *preventive maintenance* untuk menjaga kinerja *engine* tetap optimal dan memperpanjang usia pakai *engine*. Pengujian *blow by pressure* pada *engine* dapat dilakukan sebagai berikut.

- a. Stop unit *machine* pada area tanah yang datar dan turunkan *work equipment* pada tanah.
- b. Lakukan pengukuran pada kondisi *engine coolant temperature* dan *hydraulic oil temperature* di kisaran temperatur operasinya.
- c. Lepaskan tutup pengaman *hydraulic pump*.
- d. Pasang *tool* dan *adapter* (1) dari pengukur *blow by* ke *breather hose* dan hubungkan *gauge*-nya.



Gambar 1.12 Pemasangan *tool* dan *adapter* di *breather hose*.

Sumber: Shop Manual Hydraulic Excavator, PC 200-8MO, 30 Testing and Adjusting

- e. Hidupkan *engine*, atur *working mode* di *mode power* (P) dan putar *swing lock* ke posisi ON. *Main relief valve* akan terpasang di posisi *high-pressure relief*.
- f. Saat *engine* hidup di posisi *high idle*, bebaskan *arm circuit* dan ukur *blow-by pressure*, bacalah *gauge* saat *pointer* di kondisi yang stabil tidak bergerak lagi.
- g. Setelah pengujian selesai, lepaskan alat ukur dan kembalikan bagian-bagian yang dilepas tadi untuk dipasang kembali seperti sedia kala.

Contoh analisis hasil pengujian yang mana hasil pengukuran *blow-by pressure* harus dibandingkan dengan spesifikasi pabrikan (misalnya, $\leq 2,5$ kPa pada Komatsu PC200-8). Jika tekanan berada dalam batas normal, *berarti piston ring* dan *cylinder liner* masih dalam kondisi baik serta sistem *ventilasi crankcase* bekerja normal. Jika tekanan *blow-by* meningkat secara signifikan. Hal tersebut mengindikasikan berikut.

- a. Keausan *piston ring* atau *liner* yang menyebabkan gas pembakaran bocor.
- b. Celah *ring piston* terlalu besar karena ring aus atau macet (*sticking ring*).
- c. *Valve guide* atau *valve seal* aus, menyebabkan kebocoran gas ke *crankcase*.
- d. Sistem ventilasi *crankcase* tersumbat sehingga tekanan tidak dapat keluar dengan lancar.

Jika tekanan terlalu rendah, bisa menandakan kebocoran pada sistem ventilasi *crankcase*, misalnya *breather hose* tidak rapat atau *adapter* bocor. Interpretasi teknis dalam hal tersebut dapat dilakukan. Tekanan *blow-by* yang terlalu tinggi akan menyebabkan embusan gas dan oli keluar dari *breather hose*, menandakan *oil mist* berlebih yang dapat mempercepat kontaminasi oli pelumas. *Blow-by* berlebih juga dapat meningkatkan tekanan di *crankcase*, memaksa oli keluar melalui *oil seal* dan menyebabkan kebocoran eksternal (*oil leak*). Jika hasil pengujian menunjukkan tekanan tinggi bersamaan dengan penurunan kompresi (hasil *compression test*), maka dapat dipastikan terjadi keausan serius pada *ring piston* atau silinder.

Oleh karena itu, pengujian *blow-by pressure* harus dilakukan secara berkala bersamaan dengan *compression test* dan *intake pressure test* untuk memperoleh gambaran menyeluruh tentang kesehatan mekanis *engine*. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan jadwal *overhaul* atau tindakan *maintenance* lanjutan.

Pemeliharaan Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar pada *diesel engine* alat berat (seperti *bulldozer*, *excavator*, atau *wheel loader*) bekerja pada tekanan sangat tinggi, terutama pada tipe *High-Pressure Common Rail* (HPCR). Sistem ini dirancang agar proses pengabutan bahan bakar (atomisasi) berlangsung optimal, menghasilkan pembakaran yang bersih, efisien, dan responsif terhadap beban.

Namun, karena komponennya bekerja dalam tekanan ekstrem dan dengan presisi tinggi (mikron), kebersihan dan prosedur perawatan yang benar sangat penting. Kotoran atau partikel halus yang masuk ke sistem dapat menyebabkan kerusakan serius pada *injector* dan *fuel pump*, mengingat celah antarkomponen sangat kecil. Oleh karena itu, tiap pekerjaan pemeliharaan pada sistem bahan bakar harus diawali dengan melepas tekanan residu (*residual pressure release*) untuk memastikan keamanan dan mencegah kerusakan komponen.



1. Melepas *Residual Pressure* (Tekanan Residu) dari *Fuel System*

Sistem bahan bakar pada *diesel engine* alat berat dirancang untuk bekerja di bawah tekanan tinggi guna memastikan pengabutan (atomisasi) bahan bakar yang optimal. Setelah *engine* dimatikan, tekanan residu (sisa tekanan) masih dapat tertinggal di dalam sistem bahan bakar, terutama di saluran injeksi (*injection lines*), pompa injeksi (*fuel injection pump*), atau pada *common rail system*.

Tekanan dibangkitkan terbagi dalam dua kategori, yakni pada *low-pressure circuit* (*feed pump–fuel main filter–supply pump*) dan pada *high pressure circuit* (*supply pump–common rail–injector*) di sistem bahan bakar saat *engine running*. Prosedur penting yang dilakukan untuk mengurangi tekanan sisa sebelum melakukan perawatan atau perbaikan pada komponen sistem bahan bakar ialah melepas tekanan residu dari sistem bahan bakar. Fungsi melepas tekanan residu sebagai berikut.

- Menjamin keselamatan kerja, tekanan tinggi yang tersisa dapat berbahaya, jika sistem bahan bakar dibuka secara tiba-tiba. Hal tersebut berpotensi menyebabkan semburan bahan bakar dan cedera.
- Mencegah kebocoran bahan bakar, melepas tekanan meminimalkan risiko tumpahan bahan bakar saat melepas komponen, seperti injektor, selang, atau sambungan.
- Memudahkan perawatan, tekanan yang sudah dilepas mempermudah proses servis, seperti penggantian filter bahan bakar atau pemeriksaan injektor.
- Memastikan pengisian sistem yang tepat, pada *engine* tertentu, tekanan residu dapat menghambat proses *priming* (pengisian bahan bakar setelah perbaikan).

Prosedur melepaskan tekanan residu umumnya dilakukan menggunakan *pressure release valve* (katup pelepas tekanan) atau melepas perlahan komponen tertentu sesuai panduan pabrikan. Pada *engine common rail*, sistem sering dilengkapi dengan mekanisme *depressurization* otomatis atau manual untuk keamanan. Prosedur melepas tekanan residu pada sistem bahan bakar sebagai berikut.

- Matikan *engine* setelah melakukan operasi atau setelah memanaskan *engine*, sebelum melakukan proses perawatan atau perbaikan pada *engine*.
- Tunggu setelah 30 detik, tekanan residu pada *low-pressure circuit* dan pada *high-pressure circuit* akan turun secara otomatis ke tingkat yang aman.
- Selanjutnya, untuk memeriksa apakah tekanan residu sudah turun, maka dilakukan pengujian tekanan bahan bakar pada sistem bahan bakar.

Jika tekanan residu tidak turun sesuai waktu normal, kemungkinan terdapat kerusakan pada *pressure control valve* atau sensor tekanan (*fuel rail pressure sensor*). Tekanan yang turun terlalu cepat dapat menunjukkan adanya kebocoran internal pada *fuel injector* atau

check valve pada *supply pump*. Setelah pelepasan tekanan, lakukan pengujian tekanan bahan bakar (*fuel pressure test*) untuk memastikan sistem masih dapat membangun tekanan kerja normal saat *engine* dihidupkan.

Pengujian tekanan residu dan *fuel pressure* ini menjadi indikator penting untuk menilai kesehatan sistem bahan bakar dan mendeteksi potensi kerusakan awal, seperti *injector* bocor, *fuel pump* lemah, atau saluran balik (*return line*) tersumbat. Dengan demikian, langkah ini tidak hanya berfungsi sebagai prosedur keselamatan, tetapi juga sebagai bagian dari diagnosis kondisi sistem bahan bakar secara menyeluruh.

2. Pengujian Fuel Pressure (Tekanan Bahan Bakar)

Tekanan bahan bakar adalah tekanan yang terdapat pada sirkuit bahan bakar yang dimulai dari *fuel tank*, *fuel filter*, *fuel pump*, *rail*, hingga *injector*. Spesifikasi tekanan yang baik harus selalu dijaga agar kualitas penyemprotan bahan bakar (*atomization*) dapat terjadi dengan baik sesuai yang diinginkan. Pada *high pressure common rail* (HPCR) tekanan bahan bakar di kisaran 1.500–2.500 bar saat beroperasi penuh, tekanan pada sistem dikontrol secara elektronik oleh ECU berdasarkan informasi dari *rail pressure sensor*. Sementara itu, *injector* bekerja secara *electro-hydraulic* dengan tingkat presisi yang sangat tinggi.

Bagaimanakah prosedur pengujian tekanan bahan bakar pada *low-pressure circuit*? Amatilah langkah berikut agar kamu memahaminya.

- Stop unit *machine* di area tanah yang rata dan turunkan *work equipment* di tanah.
- Pengukuran *fuel pressure* hanya dilakukan pada *low-pressure circuit*, yakni aliran tekanan bahan bakar dari *feed pump* yang menuju ke *fuel main filter* hingga ke *supply pump*, dan aliran balik bahan bakar dari *supply pump/common rail/injector* yang ke *fuel tank*. Pengukuran *fuel pressure* pada *high-pressure circuit* sulit dilakukan karena tekanannya yang sangat tinggi.
- Buka *engine hood* dan lepaskan *fuel pressure pickup plug* (1) dari *fuel main filter*.



Gambar 1.13 Pickup Plug pada Fuel Main Filter

Sumber: Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)

- d. Pasang *adapter* F2 dan *nipple* 91 dari *hydraulic tester* dan hubungkan ke *oil pressure gauge*. Gunakan *oil pressure gauge* dengan rentang tekanan 2,5 MPa (25 kg/cm²).
- e. Hidupkan *engine* pada *low idle* dan ukur tekanan *fuel* pada *low-pressure circuit* tersebut. Jika tekanan sesuai spesifikasi, berarti kondisi *fuel system* dalam keadaan normal.

Tabel 1.6 Contoh Spesifikasi *Fuel Low-Pressure Circuit*

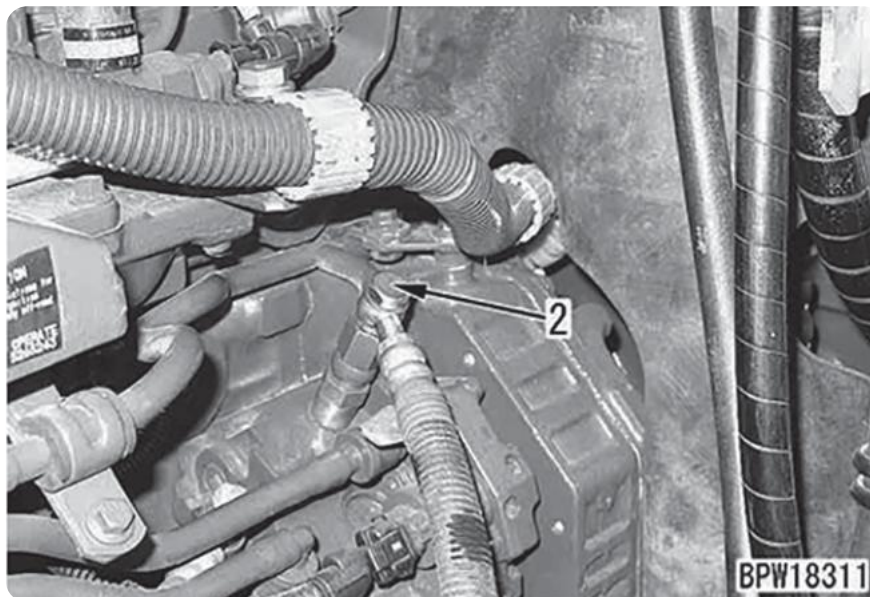
No.	Hal yang Periksa	Spesifikasi
1.	Pada <i>low idle</i>	0,5–1,3 Mpa (5,1–13,3 kg/cm ²)
2.	Saat <i>distarterm/cranking</i>	0,3–1,1 Mpa (3,1–11,3 kg/cm ²)

Sumber: *Shop Manual PC200-8MO Hydraulic Excavator*, Komatsu (2012)

- f. Jika *engine* tidak dapat dihidupkan, pengukuran dapat dilakukan dengan memutar *engine* menggunakan *starting motor* saja. Jangan menstarter lebih dari 30 detik secara terus-menerus untuk melindungi motor starter dari kerusakan.
- g. Setelah selesai melakukan pengukuran, lepaskan alat ukur dan kembalikan bagian-bagian yang dilepas ke kondisi semula. Momen pengencangan *fuel pressure pickup plug* sebesar 10 plus minus 2 Nm (1 plus minus 0,2 kgm).

Selanjutnya, marilah pelajari prosedur pengujian tekanan bahan bakar pada *fuel return circuit* sebagai berikut.

- a. Lepaskan *joint bolt* (2) dari *fuel return circuit*.



Gambar 1.14 Posisi *Joint Bolt* pada *Fuel System*

Sumber: *Shop Manual Hydraulic Excavator, PC 200-8MO, 30 Testing and Adjusting*

- b. Hubungkan *fuel return hose* (3) kembali menggunakan *tool* F4, saat memasangnya. Pastikan pemasangan *gasket* di antara kedua sisi *hose joint*. Momen *hose joint* ialah 19,6–29,4 Nm (2,0–3,0 kgm).
- c. Pasang *nipple* (1) pada *hydraulic tester* F1 dan hubungkan ke *hydraulic tester* F3.
- d. Hidupkan *engine* pada *low idle* dan ukur tekanan *fuel return circuit*.

Tabel 1.7 Contoh Spesifikasi *Low Idle*

No.	Hal yang Periksa	Spesifikasi
1.	Pada <i>low idle</i>	Maksimal 0,02 Mpa (0,19 kg/cm ²)
2.	Saat <i>distarter/cranking</i>	

Sumber: Shop manual book PC200-8MO Hydraulic Excavator, Komatsu (2012)

- e. Jika *engine* tidak dapat dihidupkan, pengukuran dapat dilakukan dengan memutar *engine* menggunakan *starting* motor saja. Jangan menstarter lebih dari 30 detik secara terus-menerus untuk melindungi motor starter dari kerusakan.
- f. Setelah selesai melakukan pengukuran, lepaskan alat ukur dan kembalikan bagian-bagian yang dilepas ke kondisi semula.

Analisis hasil pengujian dan interpretasi teknis dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Tekanan bahan bakar normal, menunjukkan sistem suplai bekerja dengan baik dan tidak ada kebocoran atau penyumbatan pada *filter* maupun *fuel line*.
- b. Tekanan bahan bakar terlalu rendah, menandakan adanya gangguan pada *feed pump* atau *supply pump* yang mulai lemah, *fuel filter* kotor atau tersumbat sehingga aliran bahan bakar terhambat, kebocoran pada *fuel hose* atau *fitting joint* menyebabkan kehilangan tekanan, atau *pressure regulator* rusak atau terbuka terus.
- c. Tekanan bahan bakar terlalu tinggi, *return line* tersumbat, menyebabkan bahan bakar tidak kembali ke tangki, *pressure relief valve* macet tertutup, atau sensor tekanan atau kontrol elektronik mengalami gangguan, menyebabkan *fuel supply* tidak teratur.
- d. Tekanan bahan bakar tidak stabil (berfluktuasi), kemungkinan disebabkan oleh *air trapped* (udara masuk) di jalur bahan bakar, *fuel pump cam plate* aus, atau ECU *signal* ke SCV (*suction control valve*) tidak stabil.

Hasil pengujian tekanan bahan bakar perlu dibandingkan dengan data dari *compression test* dan *intake pressure test* untuk memperoleh diagnosis yang komprehensif. Misalnya, sebagai berikut.

- a. Tekanan bahan bakar rendah + tekanan kompresi normal → kemungkinan masalah pada *supply pump* atau *fuel filter*.



- b. Tekanan bahan bakar normal + tekanan kompresi rendah → masalah berada di ruang bakar (*piston ring, valve*).
- c. Tekanan bahan bakar *fluktuatif* + asap hitam berlebih → indikasi *fuel control valve* tidak responsif.

Dengan demikian, pengujian tekanan bahan bakar tidak hanya bertujuan memastikan nilai tekanan sesuai spesifikasi. Namun, juga menjadi dasar analisis sistemik untuk menilai kondisi keseluruhan sistem bahan bakar dan performa *engine*.



Aktivitas 1.5 (Kelompok)

Pengamatan Cara Kerja Fuel System pada Diesel Engine

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu memahami komponen utama sistem bahan bakar *diesel engine*, menganalisis aliran bahan bakar dari tangki ke *injector*, dan mengidentifikasi karakteristik kerja masing-masing komponen serta gejala awal gangguan sistem bahan bakar.

Alat dan Bahan

1. *Diesel engine* (stand atau pada unit *machine*)
2. Senter/*inspection light*
3. Kaca pengintip (*mirror inspection*)
4. Sarung tangan dan kacamata pelindung
5. Buku manual
6. Buku catatan dan alat tulis
7. Kamera *smartphone* (untuk dokumentasi)

Langkah-Langkah

1. Pastikan *engine* dalam kondisi mati dan dingin.
2. Siapkan alat keselamatan kerja.
3. Pelajari diagram sistem bahan bakar dari buku manual.
4. Identifikasi lokasi komponen utama: tangki bahan bakar, *fuel primer filter*, *fuel secondary filter*, *transfer pump*, *injection pump*, *fuel injector*, dan *fuel return line*.
5. Amati jalur bahan bakar dari tangki ke *injector*.

6. Perhatikan kondisi fisik kebocoran pada sambungan, kerusakan pada selang/*lines*, kondisi filter bahan bakar, dan konektor listrik pada sensor.
7. Dokumentasikan dengan foto atau video tiap komponen.
8. Hidupkan *engine* dan biarkan mencapai suhu kerja.
9. Dengarkan suara kerja *injection pump* dan *injector*, periksa getaran pada *fuel lines*, aliran bahan bakar di selang transparan (jika ada), dan suara injeksi yang normal.
10. Matikan *engine* setelah pengamatan.
11. Buat laporan dan lakukan diskusi terbimbing dengan guru pengajar.

Analisis Hasil dan Refleksi

Setelah melakukan pengamatan, analisislah hal-hal berikut.

1. Bagaimana pola aliran bahan bakar dari tangki hingga ke *injector*?
2. Apakah terdapat indikasi kebocoran atau penyumbatan di jalur bahan bakar?
3. Bagaimana suara kerja *feed pump* dan *injection pump*, apakah stabil atau terdengar tidak normal?
4. Jika ditemukan gelembung udara di jalur bahan bakar, apa penyebab dan dampaknya terhadap performa *engine*?
5. Bandingkan hasil pengamatanmu dengan spesifikasi sistem bahan bakar dari *manual book* dan simpulkan apakah sistem bekerja dengan normal.

3. Penanganan *Reduced Cylinder Mode Operation* (Mode Operasi Pengurangan Silinder)

Mode operasi pengurangan silinder adalah menjalankan *engine* dengan mematikan satu atau lebih *fuel injector* untuk mengurangi jumlah silinder yang aktif. Apakah tujuan dan efek mode operasi pengurangan silinder tersebut? Simaklah uraian berikut.

- a. Operasi ini bertujuan untuk mencari tahu silinder yang tidak mengeluarkan tenaga secara normal (pembakaran yang tidak normal).
- b. Saat satu silinder dipilih mode operasi pengurangan silinder (dinonaktifkan), jika kecepatan *engine* dan *output*-nya tidak berubah dari operasi normalnya, dipastikan silinder tersebut mengalami gangguan.
- c. Jika terjadi penurunan kecepatan dan *output engine*, berarti silinder tersebut dalam kondisi baik.
- d. Mode operasi pengurangan silinder ini dapat dilakukan melalui tombol *service mode* pada *machine monitor*.



Selanjutnya, simaklah langkah-langkah umum pengujian dan analisis hasil pengujian pada bagian berikut.

a. Langkah-Langkah Umum Pengujian

- 1) Parkirkan unit di area datar dan aman, turunkan semua *work equipment* ke permukaan tanah.
- 2) Hidupkan *engine* dan biarkan hingga mencapai temperatur operasi normal.
- 3) Akses menu “Service Mode” → “Cylinder Cut Test” pada *panel monitor* atau alat diagnosis.
- 4) Pilih silinder yang akan dinonaktifkan sesuai urutan *firing order* (misalnya 1-3-4-2).
- 5) Amati perubahan yang terjadi pada putaran *engine* (rpm), getaran *engine*, suara kerja *engine*, hingga stabilitas *exhaust gas* (warna dan bau asap).
- 6) Catat hasil setiap pengujian per silinder dalam lembar observasi.
- 7) Setelah pengujian selesai, kembalikan sistem ke mode operasi normal dan pastikan tidak ada kode kesalahan (*fault code*) yang tersimpan di ECU.

b. Analisis Hasil Pengujian

- 1) Jika tidak ada perubahan RPM atau getaran saat silinder dinonaktifkan → indikasi silinder bermasalah (tidak menghasilkan tenaga).
- 2) Jika RPM turun signifikan dan getaran meningkat saat silinder dinonaktifkan → silinder normal.
- 3) Jika semua silinder menunjukkan perubahan kecil dan tidak konsisten, periksa kemungkinan masalah di sistem bahan bakar utama, seperti tekanan bahan bakar rendah atau sensor kontrol tidak akurat.

4. Penanganan *No-Injection Cranking Operation* (Operasi Menstarter Tidak Sampai Hidup)

No-injection cranking operation adalah kondisi saat starter diaktifkan (*cranking*) dan *crankshaft* dapat berputar, tetapi tidak terjadi injeksi bahan bakar sama sekali. Pada keadaan ini kondisi yang terjadi sebagai berikut:

- a. starter motor memutar *crankshaft*,
- b. kompresi di dalam silinder terjadi dengan baik, dan
- c. ECU sengaja tidak mengirim sinyal untuk mengaktifkan *fuel injector*.

Penanganan *no-injection cranking operation* memiliki tujuan utama. Tahukah kamu apa tujuan utama dilakukannya penanganan tersebut? Simaklah penjelasan berikut ini.

- a. Saat unit *machine* atau *engine* disimpan dalam waktu yang lama, setelah itu dilakukan *no-injection cranking* sebelum dihidupkan. Tujuannya agar *lubricating system* dapat bekerja terlebih dahulu membasahi komponen-komponen *engine* dengan oli untuk mencegah terjadinya kekeringan oli saat awal *engine* hidup.
- b. Saat melakukan perawatan atau *mode service*, sebagai contoh saat dilakukan pengujian tekanan kompresi silinder diperlukan menstarter *engine*, tetapi *engine* jangan sampai hidup.
- c. Proteksi *engine*, saat ECU mendeteksi terdapat kerusakan pada komponen atau sistem dari *engine*, maka ECU akan mengambil langkah perlindungan dengan melakukan mode *no-injection cranking operation* ini.

No injection cranking dapat diset melalui **service mode** pada *machine monitor*, yakni pada **special function of machine monitor** (EMMS) No. 6.

5. Pengujian Pengeluaran, Kembalinya, dan Kebocoran Bahan Bakar

Pengujian pengeluaran, kembalinya, dan kebocoran bahan bakar pada sistem bahan bakar *diesel engine* alat berat merupakan langkah kritis untuk memastikan efisiensi pembakaran. Selain itu, untuk memastikan kinerja *engine* yang optimal dan pencegahan kerusakan serius. Kebocoran bahan bakar tidak hanya berisiko terjadinya kebakaran, tetapi juga mengganggu tekanan sistem. Sementara itu, aliran pengeluaran bahan bakar (*fuel discharge*) dan aliran kembalinya bahan bakar (*fuel return*) yang tidak normal dapat menyebabkan ketidakseimbangan suplai bahan bakar, pembakaran tidak sempurna, atau bahkan kerusakan pada *injector*, dan pompa bahan bakar. Pengujian berkala berfungsi untuk mendeteksi masalah sejak dini, menghindari *downtime* yang mahal, serta memastikan alat berat tetap beroperasi dengan aman dan efisien di berbagai kondisi lapangan.

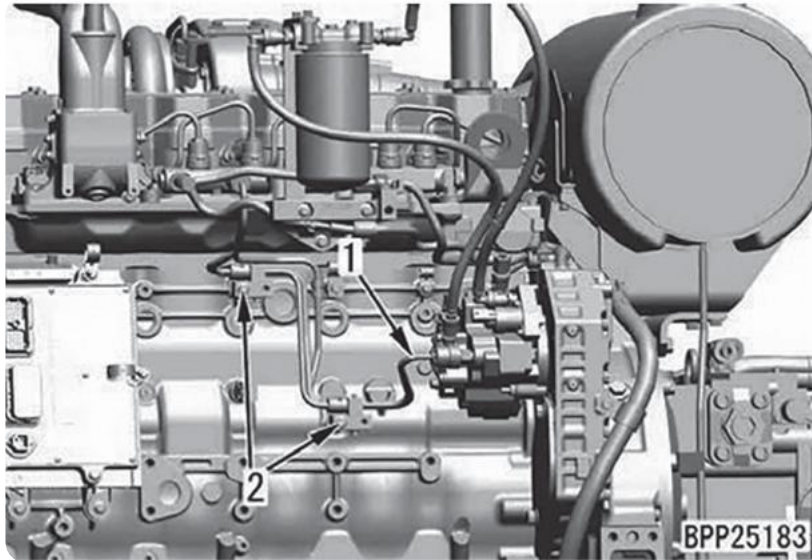
a. Pengujian Pengeluaran Bahan Bakar (*Fuel Discharge*)

Pengujian *fuel discharge* adalah pengukuran volume bahan bakar yang dikirimkan oleh *injection pump* ke *injector* dalam volume dan tekanan tertentu. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk memverifikasi kemampuan suplai pompa injeksi, mendeteksi keausan *plunger pump* atau *delivery valve*, dan memastikan keseragaman aliran ke tiap silinder.

Bagaimana prosedur pengujian *fuel discharge* tersebut? Simaklah penjelasan berikut agar kamu memahaminya.

- 1) Stop unit *machine* pada area tanah yang datar dan turunkan *work equipment* ke tanah.
- 2) Lepaskan *clamp* (2) pada *discharge tube* (1) dari *supply pump* dan putuskan (*disconnect*) hubungan *tube* (1).





Gambar 1.15 Posisi clamp (2) dan discharge tube (1).

Sumber: Shop Manual Hydraulic Excavator, PC 200-8MO, 30 Testing and Adjusting

- 3) Pasang test hose G6 ke nipple pada sisi discharge dari supply pump.
- 4) Starter engine selama 30 detik dan ukur pengeluaran bahan bakar dengan tabung ukur.



Gambar 1.16 Penggunaan Tabung Ukur

- 5) Bandingkan volume pengeluaran bahan bakar yang sudah diukur dengan nilai spesifikasi pada *manual book* sesuai merek dan tipe unit yang diukur.
- 6) Setelah pengukuran selesai, lepaskan alat ukur dan kembalikan komponen yang dibongkar ke posisi semula.

Analisis Hasil Pengujian

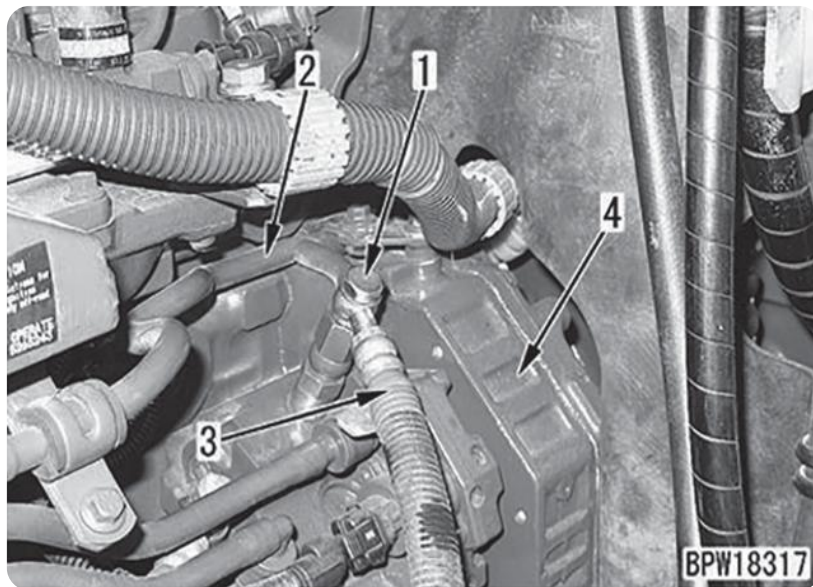
- 1) Volume bahan bakar lebih rendah dari spesifikasi menunjukkan kemungkinan *plunger* atau *delivery valve* pada *supply pump* aus atau bocor, saluran bahan bakar tersumbat sebagian (filter kotor, selang terlipat), atau tekanan isap dari *feed pump* rendah karena saringan atau pompa lemah.
- 2) Volume bahan bakar melebihi spesifikasi dapat mengindikasikan kerusakan pada kontrol aliran *internal pump* (*pressure regulator* rusak), atau *fuel return line* tersumbat, menyebabkan tekanan berlebih.
- 3) Ketidakseimbangan antarsilinder menunjukkan bahwa salah satu jalur injeksi mengalami hambatan atau keausan tidak merata pada *plunger*.

b. Pengujian Kembalinya Bahan Bakar (*Fuel Return*)

Pengujian kembalinya bahan bakar adalah pengukuran volume bahan bakar yang kembali dari *supply pump* ke tangki injektor ke tangki. Tujuan dari pengujian tersebut ialah untuk memeriksa kondisi *fuel pressure regulator*, mendeteksi kebocoran internal di injektor, dan memverifikasi sistem pendinginan injektor.

Bagaimanakah prosedur pengujian kembalinya bahan bakar dari *supply pump*? Cermatilah langkah berikut agar kamu memahaminya.

- 1) Buka sisi kanan *cover* dari *engine* dan lepaskan *joint bolt* (1) dari *supply pump* (4). Selanjutnya, putuskan selang kembali (2) dan (3).



Gambar 1.17 Joint Bolt pada Supply Pump

Sumber: Shop Manual Hydraulic Excavator, PC 200-8MO, 30 Testing and Adjusting

- 2) Untuk mencegah bahan bakar menyembur, pasang *joint bolt* (1), *cap nut* (2), dan *seal washer* (3) pada tester kit G1 ke selang kembali (2).
- 3) Pasang *joint* G1 ke *supply pump* (4) menggunakan *joint bolt* (1).
- 4) Hubungkan *test hose* (4) dari *tester* kit G1 ke *joint* G2.
- 5) *Start engine* dan atur kecepatan *engine* pada *low idle*, kemudian tampung bahan bakar yang keluar selama 1 menit.
- 6) Bandingkan volume pengeluaran bahan bakar yang sudah diukur dengan nilai spesifikasi pada *manual book* sesuai merek dan tipe unit yang diukur.
- 7) Setelah pengukuran selesai, lepaskan alat ukur dan kembalikan komponen yang dibongkar ke posisi semula.

Analisis Hasil Pengujian

Hasil pengujian volume bahan bakar kembali (*return flow*) dapat dijadikan dasar untuk diagnosis kondisi sistem bahan bakar dengan interpretasi sebagai berikut.

Tabel 1.8 Analisis Hasil Pengujian

Kondisi Hasil Pengujian	Kemungkinan Penyebab Teknis	Dampak terhadap Performa <i>Engine</i>
Volume <i>return flow</i> lebih besar dari spesifikasi	1. Internal <i>leakage</i> di <i>injector</i> (jarum <i>nozzle</i> aus atau dudukan <i>valve</i> bocor) 2. <i>Fuel pressure regulator</i> rusak atau terbuka terus 3. <i>Seal o-ring</i> injektor rusak	1. Tekanan bahan bakar turun 2. Pembakaran tidak sempurna 3. Daya <i>engine</i> berkurang
Volume <i>return flow</i> lebih kecil dari spesifikasi	1. Sumbatan pada saluran <i>return line</i> 2. <i>Fuel pressure regulator</i> macet tertutup 3. Sumbatan pada <i>orifice</i> pendingin injektor	1. Tekanan bahan bakar naik berlebihan 2. Risiko kebocoran pada injektor 3. Suhu injektor naik (<i>overheat</i>)
Volume <i>return flow</i> tidak stabil antarsilinder	1. Salah satu injektor memiliki tingkat kebocoran berbeda 2. Perbedaan keausan antar-injektor	1. Getaran <i>engine</i> meningkat 2. <i>Idle</i> tidak stabil 3. Konsumsi bahan bakar naik



Aktivitas 1.6 (Kelompok)

Pengujian Kembalinya Bahan Bakar dari Injektor ke Fuel Tank (Tangki Bahan Bakar)

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu berkolaborasi untuk memahami aliran balik bahan bakar pada sistem injeksi diesel, melakukan pengujian volume bahan bakar yang kembali ke tangki, menganalisis kondisi injektor berdasarkan volume bahan bakar balik, dan menerapkan prosedur keselamatan kerja pada sistem bahan bakar.

Alat dan Bahan

1. *Diesel engine* alat berat (*excavator, bulldozer, dll.*) dalam kondisi operasional
2. Gelas ukur berskala 100–500 ml
3. *Stopwatch*
4. *Hand tools*
5. Lap/kain bersih
6. APD (sarung tangan, kaca mata, apron)
7. *Service manual engine* terkait
8. *Fuel return line diagram*
9. Wadah penampung bahan bakar

Pembagian Peran Kelompok (4–5 Orang)

1. Operator unit *machine*: bertugas menghidupkan dan mengatur rpm *engine*.
2. Pengukur volume: mengamati dan mencatat volume bahan bakar balik.
3. Pengamat waktu: mengontrol durasi pengujian dengan *stopwatch*.
4. Teknisi sambungan: memasang/membuka sambungan saluran balik.
5. Pencatat data: mendokumentasikan seluruh hasil pengamatan.

Langkah-Langkah

1. Buka sisi kanan tutup *engine*, lepaskan *joint bolt* (1) dari *supply pump* (4). Putuskan selang pengembali (2) dan (3).
2. Putuskan selang pengembali (2) pada *quick coupler* (a).
3. Untuk mencegah bahan bakar mengalir ke luar, pasang *joint bolt* (1), *cap nut* (2), dan *seal washer* (3) pada tester kit G1 pada sisi penguras dari selang pengembali (2).
4. Hubungkan selang pengembali (3) ke *supply pump* (4).
5. Hubungkan selang G7 ke selang pengembali (2–1).



6. Pasang *connector* G6 ke selang pengembali (2) dan hubungkan selang penguji G8.
7. Hidupkan *engine* menggunakan gelas ukur, ukur jumlah bahan bakar yang kembali dari injektor selama 1 menit dengan kecepatan *engine* pada *low idle*.
8. Bandingkan volume pengeluaran bahan bakar yang sudah diukur dengan nilai spesifikasi pada *manual book* sesuai merek dan tipe unit yang diukur.
9. Setelah pengukuran selesai, lepaskan alat ukur dan kembalikan komponen yang dibongkar ke posisi semula.

Analisis Data dan Diskusi

1. Bandingkan hasil volume bahan bakar balik antarsilinder. Apakah semua silinder memiliki volume yang seragam? Silinder mana yang memiliki *return flow* terlalu besar atau kecil?
2. Interpretasikan hasil pengujian menggunakan tabel berikut.

Kondisi Volume Return Flow	Kemungkinan Penyebab Teknis	Indikasi Kondisi Engine
Volume terlalu besar	<i>Internal leakage</i> pada injektor (jarum <i>nozzle</i> aus, valve bocor)	Tekanan injeksi rendah, tenaga lemah, <i>idle</i> kasar
Volume terlalu kecil	Sumbatan pada saluran balik atau regulator macet tertutup	Tekanan bahan bakar naik, potensi <i>overheat</i> pada injektor
Volume berbeda antarsilinder	Salah satu injektor bocor atau aus tidak merata	Getaran tinggi, <i>idle</i> tidak stabil, konsumsi bahan bakar naik

3. Analisis hasil dibandingkan dengan pengujian sebelumnya (*fuel pressure test*). Jika *return flow* tinggi dan *fuel pressure* rendah → indikasi kerusakan pada injektor atau regulator tekanan. Jika *return flow* rendah dan tekanan tinggi → kemungkinan sumbatan pada *return line*.
4. Simpulkan kondisi sistem bahan bakar berdasarkan hasil pengamatan dan diskusikan tindakan perawatan atau perbaikan yang diperlukan.

Catatan Keselamatan

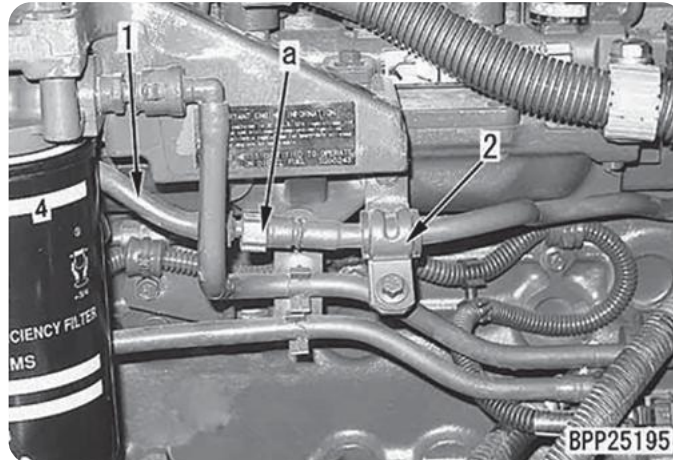
1. Pastikan tidak ada sumber api atau percikan listrik di area pengujian.
2. Gunakan sarung tangan dan kaca mata pelindung saat membuka sambungan bahan bakar.
3. Jangan menstarter *engine* lebih dari 30 detik berturut-turut untuk mencegah panas berlebih pada *starter motor*.
4. Bahan bakar hasil pengujian dikumpulkan dan dibuang sesuai prosedur lingkungan sekolah.



c. Pengujian Kebocoran Bahan Bakar

Pengujian kebocoran bahan bakar adalah pengukuran volume bahan bakar yang bocor pada *fuel system*, dalam hal ini pengukuran dilakukan pada *pressure limiter*. Prosedur pengujian kebocoran bahan bakar pada *pressure limiter* sebagai berikut.

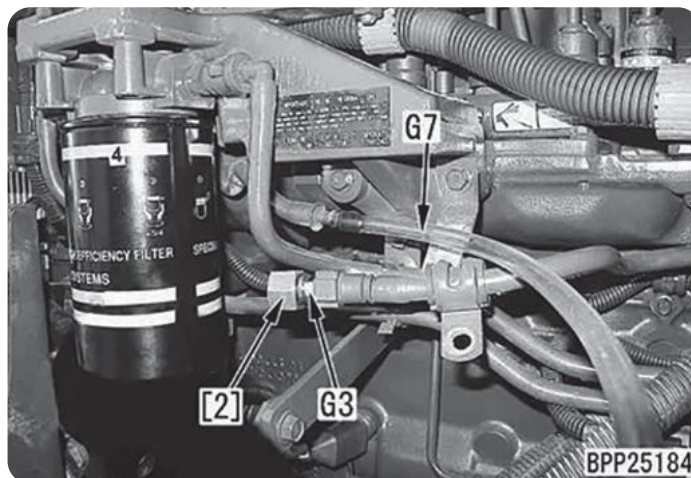
- 1) Buka sisi kanan *cover* dari *engine* dan putuskan hubungan selang kembali (1) dari *pressure limiter*.
- 2) Putuskan *hose clamp* (2) dan putuskan hubungan *hose* pada *quick coupler* (a).



Gambar 1.18 Selang Kembali Pressure Limiter

Sumber: Shop Manual Hydraulic Excavator, PC 200-8MO, 30 Testing and Adjusting

- 3) Pasang *connector* G6 pada sisi *drain* dari *hose*, dan pasang *cap nut* (2) dari tester kit G1 untuk mencegah *fuel* menyembur.



Gambar 1.19 Posisi Pemasangan Test Hose G7

Sumber: Shop Manual Hydraulic Excavator, PC 200-8MO, 30 Testing and Adjusting

- 4) Hubungkan *test hose* G7 pada sisi *pressure limiter*.
- 5) *Start engine*, tampung bahan bakar menggunakan tabung ukur.
- 6) Tidak ada kebocoran (0 cc) pada tabung ukur, jika terdapat bahan bakar yang mengalir ke luar berarti terdapat kebocoran.
- 7) Setelah pengukuran selesai, lepaskan alat ukur dan kembalikan komponen yang dibongkar ke posisi semula.

Tabel 1.9 Analisis Hasil Pengujian

Hasil Pengujian	Kondisi <i>Pressure Limiter</i> / Sistem	Dampak terhadap <i>Engine</i>
Tidak ada bahan bakar keluar (0 cc)	Normal, sistem tertutup rapat, tidak ada kebocoran internal	Tekanan bahan bakar stabil, pembakaran sempurna
Bahan bakar keluar sedikit (tetes halus)	Mulai terjadi keausan pada <i>seal</i> atau <i>ball valve pressure limiter</i>	Tekanan <i>rail</i> sedikit turun, tenaga <i>engine</i> menurun saat beban tinggi
Bahan bakar keluar deras/ mengalir konstan	Kebocoran serius pada <i>pressure limiter</i> atau dudukan <i>valve</i> rusak	Tekanan <i>rail</i> tidak dapat dipertahankan, injektor tidak berfungsi optimal, <i>engine</i> sulit dihidupkan

6. Membuang Udara pada Sirkuit Bahan Bakar

Membuang udara (*bleeding*) adalah prosedur mengeluarkan udara yang terperangkap dalam sistem bahan bakar *diesel engine*. Udara dapat masuk ke sistem saat penggantian *fuel filter*, saat kehabisan bahan bakar, atau saat terjadi kebocoran pada sambungan-sambungan pipa. Udara yang memiliki sifat *compressible* (dapat dipampatkan) tentu akan mengganggu *fuel system* dan menghambat kelancaran aliran bahan bakar. Selain itu, juga menyebabkan pembakaran yang terjadi tidak sempurna, *engine* susah hidup, menyebabkan kavitasi pada *fuel pump*, hingga dapat mengakibatkan *overheating* pada injektor karena kekurangan bahan bakar (bahan bakar di sini juga berfungsi sebagai pendingin pada injektor).

Bagaimanakah prosedur membuang udara dari sirkuit bahan bakar? Kamu dapat menyimak langkah berikut untuk mengetahuinya.

- a. Stop unit *machine* pada area tanah yang datar dan turunkan *work equipment* ke tanah.
- b. Isi *fuel tank* dan pastikan *fuel* pada *fuel tank* terisi penuh hingga displai pada monitor panel menunjukkan *fuel* di posisi maksimum.
- c. Buka sisi *cover* dari ruang pompa.
- d. Kendorkan *knob* (1) dari *feed pump* dan tarik keluar. Selanjutnya, operasikan *knob* maju mundur.



Gambar 1.20 Knob pada Feed Pump

Sumber: Edi Fakhri/Kemendikdasmen (2025)

- e. Gerakkan *knob* hingga terasa berat, *plug* pada bagian atas dari *fuel main filter* tidak perlu dilepaskan.
- f. Setelah membuang udara, udara akan tersisa di *water separator*. Jika *feed pump* dioperasikan hingga terasa berat, *engine* dapat distart.
- g. Setelah *bleeding* selesai, tekan dan kencangkan *knob* (1) kembali.

Tabel 1.10 Analisis Hasil dan Evaluasi

Kondisi Setelah <i>Bleeding</i>	Indikasi Teknis	Tindakan Lanjutan
<i>Engine</i> hidup normal, rpm stabil, tidak ada asap putih	Udara sudah sepenuhnya terbang, sistem bahan bakar rapat	Tidak perlu tindakan lanjut
<i>Engine</i> masih sulit hidup atau idle tidak stabil	Udara masih terjebak di saluran balik atau <i>supply line</i>	Ulangi <i>bleeding</i> , periksa sambungan selang dan filter
Terdapat gelembung udara berulang di <i>fuel line</i>	Ada kebocoran kecil di sambungan <i>fitting</i> , <i>O-ring</i> , atau <i>feed pump</i>	Kencangkan sambungan, ganti seal bila perlu
<i>Knob feed pump</i> terasa ringan terus (tidak berat)	<i>Feed pump</i> rusak atau ada kebocoran udara masuk	Periksa <i>feed pump</i> atau ganti unitnya

D. Pemeliharaan Sistem Pelumasan

Sistem pelumasan pada *diesel engine* alat berat memiliki peran penting dalam memastikan kinerja optimal dan keawetan *engine*. Sistem tersebut sangat penting terutama di lingkungan operasional yang berat, seperti tambang berdebu, suhu ekstrem, atau beban kerja tinggi. Sistem pelumas berfungsi untuk mengurangi gesekan antarkomponen, mendinginkan



bagian-bagian kritis, membersihkan kontaminan, dan mencegah korosi. Namun seiring waktu, oli *engine* mengalami degradasi karena panas, kotoran, dan partikel logam, sementara filter oli dapat tersumbat oleh endapan dan debu.

Penggantian oli dan filter oli secara berkala menjadi krusial untuk mempertahankan kualitas pelumasan dan mencegah keausan dini. Selain itu, pengujian tekanan oli secara rutin diperlukan untuk memastikan aliran oli tetap stabil ke seluruh komponen *engine*. Tanpa pemeliharaan yang tepat, tekanan oli yang rendah atau tidak konsisten dapat menyebabkan kerusakan parah, seperti *bearing* yang kocak (longgar), piston macet karena *overheating*, atau bahkan kegagalan *engine*. Oleh karena itu, pemantauan dan pemeliharaan sistem pelumasan tidak hanya memperpanjang usia *engine*, tetapi juga mengurangi *downtime* dan biaya perbaikan yang mahal.

1. Penggantian Engine Oil dan Filter

Penggantian *engine oil* dan *oil filter* secara rutin sangat penting untuk menjaga kinerja, keandalan, dan umur panjang *diesel engine* pada alat berat (seperti *excavator*, *bulldozer*, *loader*, dll.). *Engine oil* memiliki peran penting dalam operasional *engine*, yaitu sebagai berikut.

- a. Pelumasan, mengurangi gesekan antarkomponen *engine* (seperti piston, silinder, *bearing*) yang bergerak dengan kecepatan tinggi.
- b. Pendinginan, membantu mendinginkan komponen *engine* dengan menyerap panas.
- c. Pembersihan, membawa kotoran, sisa pembakaran, dan partikel logam ke filter oli.
- d. Perlindungan korosi, mencegah karat dan oksidasi pada komponen *engine*.
- e. *Sealing*, membantu menutup celah antara piston dan dinding silinder.

Engine oil yang terdegradasi menurunkan performa *engine*. Oli yang lama dipakai akan turun viskositasnya sehingga tidak mampu melumasi komponen-komponen *engine* dengan baik, gesekan antarkomponen yang tidak dilapisi oli dengan baik akan menyebabkan kenaikan temperatur hingga *overheating*, dampaknya keausan komponen akan meningkat.

Oil filter yang lama tidak diganti akan tersumbat dan mengurangi atau menghambat aliran oli ke komponen-komponen *engine* yang akan dilumasi. Kerusakan lainnya pada *oil filter* ialah lubang-lubang filter yang makin menjadi besar. Hal itu terjadi karena tergerus oleh partikel-partikel logam yang lewat karena adanya keausan pada komponen-komponen *engine* yang kemudian partikel-partikel logam hasil keausan ini dibawa oli dan dilarutkan menuju oil filter. Akibat dari lubang-lubang filter yang membesar ini, maka *oil filter* tidak mampu lagi menyaring kotoran sehingga kotoran dan partikel-partikel logam ini akan makin merusak bagian-bagian *engine* yang seharusnya dilumasi oleh oli yang bersih. Namun, justru dilumasi oleh oli yang penuh dengan kotoran dan partikel-partikel logam yang merusak.



Penjelasan lebih terperinci mengenai spesifikasi oli yang dipakai, interval, dan prosedur penggantian oli serta filter oli ini dapat dilihat pada bab perawatan berkala (*periodic service*) dari buku ini dan buku *Teknik Alat Berat Kelas XI*.



Aktivitas 1.7 (Mandiri)

Praktik Simulasi Penggantian Oli dan Filter Oli pada *Diesel Engine*

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu memahami prosedur penggantian *oli engine* dengan benar, melepas dan memasang filter oli dengan teknik yang tepat, dan memastikan sistem pelumasan bekerja optimal setelah penggantian oli dan filter.

Alat dan Bahan

1. *Diesel engine*
2. Oli *engine diesel* baru (sesuai spesifikasi pabrik)
3. Filter oli baru (tipe sesuai *engine*)
4. Kunci filter oli (*oil filter wrench*)
5. *Drain pan* (wadah penampung oli bekas)
6. *Socket set* untuk baut *drain plug*
7. Corong oli
8. Kain lap
9. Sarung tangan dan kaca mata pelindung

Langkah-Langkah

1. Persiapan
 - a. Pastikan *engine* dalam kondisi dingin (jika baru digunakan, tunggu 10–15 menit).
 - b. Siapkan alat dan bahan di area kerja yang aman.
 - c. Gunakan sarung tangan dan kaca mata pelindung untuk menghindari kontak dengan oli bekas.
2. Menguras oli
 - a. Tempatkan *drain pan* di bawah baut *drain plug* (biasanya di bawah *oil pan* mesin).
 - b. Gunakan kunci *socket* untuk melepas *drain plug* perlahan (oli mungkin masih panas).



- c. Biarkan oli bekas mengalir hingga tuntas (± 5 menit).
 - d. Pasang kembali *drain plug* dan kencangkan dengan *torque* sesuai spesifikasi dari *manual book*.
3. Penggantian filter oli
- a. Letakkan *drain pan* di bawah filter oli.
 - b. Gunakan *oil filter wrench* untuk melepas filter oli lama (putar berlawanan arah jarum jam).
 - c. Bersihkan area dudukan filter dengan kain bersih (pastikan tidak ada kotoran atau sisa *gasket*).
 - d. Oleskan oli baru pada *seal filter* baru (untuk pelumasan awal dan mencegah kebocoran).
 - e. Pasang filter oli baru dengan tangan hingga *seal* menyentuh dudukan, lalu kencangkan $\frac{3}{4}$ putaran lagi.
4. Pengisian oli baru
- a. Buka *oil filler cap* di bagian atas *engine*.
 - b. Gunakan corong oli untuk menuang oli baru sesuai volume rekomendasi (cek buku manual).
 - c. Jangan *overfill* (gunakan *dipstick* untuk memeriksa level: antara “min” dan “max”).
5. Pengecekan akhir
- a. Nyalakan *engine* selama 1–2 menit, matikan, lalu periksa kebocoran di sekitar *drain plug* dan filter oli.
 - b. Level oli menggunakan *dipstick* (tambahkan jika kurang).
 - c. Bersihkan tumpahan oli dan buang oli bekas di tempat daur ulang.

Evaluasi Mandiri

1. Apakah oli bekas sudah dikuras sepenuhnya?
2. Apakah filter oli terpasang dengan benar tanpa kebocoran?
3. Apakah level oli sesuai spesifikasi setelah pengisian?
4. Apa manfaat yang kamu peroleh dari kegiatan ini?



2. Pengujian *Engine Oil Pressure* (Tekanan Oli Engine)

Pengujian tekanan oli *engine* adalah proses pengukuran tekanan oli pada *lubricating system* (sistem pelumasan) pada *engine* untuk memastikan bahwa *oil pump* bekerja dengan baik. Tekanan oli yang tepat sangat penting untuk memastikan semua komponen *engine* terlumasi dengan baik dan mencegah keausan dini atau kerusakan serius.

Mengapa dilakukan pengujian *engine oil pressure*? Beberapa alasan dilakukannya pengujian *engine oil pressure* sebagai berikut.

- Indikator lampu oli menyala, jika lampu tekanan oli di *dashboard* menyala, perlu segera dilakukan pengukuran.
- Perawatan berkala, sebagai bagian dari *preventive maintenance* untuk memastikan sistem pelumasan tetap optimal.
- Setelah melakukan perbaikan *engine*, misalnya setelah mengganti pompa oli, filter, atau *gasket*, perlu dipastikan tekanan oli kembali normal.
- Gejala *engine* tidak normal, suara *knocking*, *overheating*, atau *performa engine* menurun dapat disebabkan oleh masalah tekanan oli.



Gambar 1.21 Posisi Oil Pressure Pickup Plug

Sumber: Edi Fakhri/Kemendikdasmen (2025)

Setelah memahami fungsi dan alasan pentingnya pengujian tekanan oli *engine*, pada Aktivitas 1.8 berikutnya kamu akan melakukan praktik pengukuran tekanan oli secara langsung menggunakan *oil pressure gauge*. Dari hasil pengukuran tersebut, kamu akan menganalisis hubungan antara tekanan oli dan kondisi sistem pelumasan *engine*.





Aktivitas 1.8 (Kelompok)

Pengujian Tekanan Oli Engine pada Diesel Engine

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara bekerja sama mampu memahami pentingnya tekanan oli dalam sistem pelumasan *diesel engine*, mampu melakukan pengukuran tekanan oli *engine*, dan menganalisis hasil pengukuran dan membandingkannya dengan spesifikasi pabrik.

Alat dan Bahan

1. *Diesel engine* alat berat (*excavator, bulldozer, loader*, atau *engine stand*).
2. *Oil pressure tester/hydraulic tester set*.
3. *Hand tools*.
4. Lap/kain bersih.
5. APD (sarung tangan, kacamata, sepatu *safety*).
6. *Service manual*.

Pembagian Peran (4–5 Orang per Kelompok)

1. Operator unit *machine*: menghidupkan atau mematikan *engine* sesuai instruksi.
2. Teknisi pengukur: memasang *oil pressure tester* dan membaca hasil.
3. Pengamat kebocoran: memeriksa kebocoran oli saat pengujian.
4. Pencatat data: mencatat tekanan oli pada rpm berbeda.
5. Analis: membandingkan hasil dengan spesifikasi dan memberi kesimpulan.

Langkah-Langkah

1. Hidupkan dan panaskan *engine* hingga suhu *coolant* mencapai suhu kerjanya.
2. Stop unit *machine* pada area tanah yang datar dan turunkan *work equipment* ke tanah.
3. Buka sisi *cover* dari ruang pompa dan lepaskan *oil pressure pickup plug* (1) dari *engine oil filter*.
4. Pasang *nipple* dari *hydraulic tester* dan hubungan dengan *gauge*-nya.
5. Start *engine* dan putar saklar *auto-decelerator* ke posisi *off*.
6. Hidupkan *engine* dan ukur tekanan oli *engine* pada *high idle* dan *low idle*.

7. Catat hasil pengukuran dan bandingkan dengan nilai spesifikasi pada *manual book*.
8. Setelah selesai pengukuran, lepaskan alat ukur dan kembalikan bagian-bagian yang dilepas ke posisi semula.

Diskusi Kelompok

1. Mengapa tekanan oli penting untuk *diesel engine* alat berat?
2. Apa dampak jika tekanan oli terlalu rendah/tinggi?
3. Bagaimana cara mengatasi masalah tekanan oli tidak normal?

Analisis Hasil Pengujian

Kondisi Hasil Pengukuran	Kemungkinan Penyebab Teknis	Dampak terhadap Engine
Tekanan oli lebih rendah dari spesifikasi	1. Oli kurang atau terlalu encer 2. Oil pump aus atau rusak 3. Oil filter tersumbat 4. Clearance bearing terlalu longgar 5. Relief valve macet terbuka	Pelumasan tidak sempurna, gesekan meningkat, komponen cepat aus, potensi seizure
Tekanan oli lebih tinggi dari spesifikasi	1. Oli terlalu kental 2. Relief valve macet tertutup 3. Saluran oli tersumbat sebagian	Beban pompa meningkat, risiko kebocoran seal, overheating lokal
Tekanan oli fluktuatif (tidak stabil)	1. Permukaan oli rendah dan aerasi 2. Pickup strainer kotor 3. Oil pump cavitation	Tekanan tidak stabil, indikator oli sering menyala, getaran engine meningkat

E. Pemeliharaan Sistem Pendingin

Cooling system (sistem pendingin) pada *engine* alat berat berfungsi untuk menjaga suhu *engine* tetap optimal selama operasi. Sistem ini mencegah *overheating* dengan menyerap panas dari *engine* dan membuangnya melalui *coolant* yang mengalir pada radiator. Selanjutnya, kipas (*fan*) mengembuskan angin untuk membuang panas radiator ke udara terbuka. Pemeliharaan pada bagian sistem pendingin perlu dilakukan agar komponen-komponen pada *cooling system* dapat selalu bekerja secara prima.



1. Memeriksa Radiator dan Radiator Cap

Pada *cooling system*, *radiator*, dan *radiator cap* merupakan komponen utama yang memerlukan pemeriksaan dan perawatan. Pada *radiator* terdapat *radiator fins* (sirip *radiator*) ialah sirip-sirip logam tipis yang terletak di bagian luar radiator. Fungsinya ialah untuk memperluas permukaan pendinginan sehingga panas dari *coolant* dapat lebih cepat dilepaskan ke udara melalui aliran udara (baik secara alami maupun dengan bantuan kipas).



Gambar 1.22 Radiator Fins

Sumber: Edi Fakhri/Kemendikdasmen (2025)

Kondisi *radiator fins* perlu diperiksa secara visual yang meliputi kebersihan dan kondisi fisiknya dari kerusakan, seperti terlipat atau bengkok pada sirip-siripnya. Apakah gunanya membersihkan *radiator fins*? Simaklah uraian berikut agar kamu memahaminya.

- a. Kegiatan membersihkan *radiator fins* berguna untuk mencegah penyumbatan. Penyumbatan dapat disebabkan oleh debu, lumpur, daun, atau serangga yang menyumbat celah *fins*. Hal itu dapat mengurangi efisiensi pendinginan.
- b. Kegiatan membersihkan *radiator fins* berguna untuk mempertahankan aliran udara optimal. Jika *fins* tersumbat, *radiator* tidak dapat mendinginkan *coolant* dengan baik dan berisiko menyebabkan *overheating engine*.
- c. Kegiatan membersihkan *radiator fins* berguna untuk memperpanjang umur radiator. Kotoran yang menumpuk dapat menyebabkan korosi atau kerusakan struktural pada *fins*.
- d. Kegiatan membersihkan *radiator fins* berguna untuk menghemat bahan bakar. *Engine* yang bekerja pada suhu optimal lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar.

Bagaimanakah cara memeriksa *radiator fins*? Lakukanlah kegiatan berikut agar kamu dapat memahaminya.



Aktivitas 1.9 (Mandiri)

Memeriksa *Radiator Fins*

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu memeriksa dan mengidentifikasi kerusakan-kerusakan pada beberapa *radiator fins*.

Langkah-Langkah

1. Lakukan pemeriksaan *radiator fins* pada lima radiator yang berbeda dari lima unit alat berat apa saja di sekolah atau di luar sekolah.
2. Dokumentasikan hasil pemeriksaan berupa foto kondisi *radiator fins*, unit *machine*, dan lokasi unit *machine* menggunakan aplikasi kamera yang ada penandaan titik lokasinya.
3. Komunikasikan hasil kegiatan dan simpulan kegiatan dengan cara mempresentasikannya di depan kelas di bawah bimbingan guru.

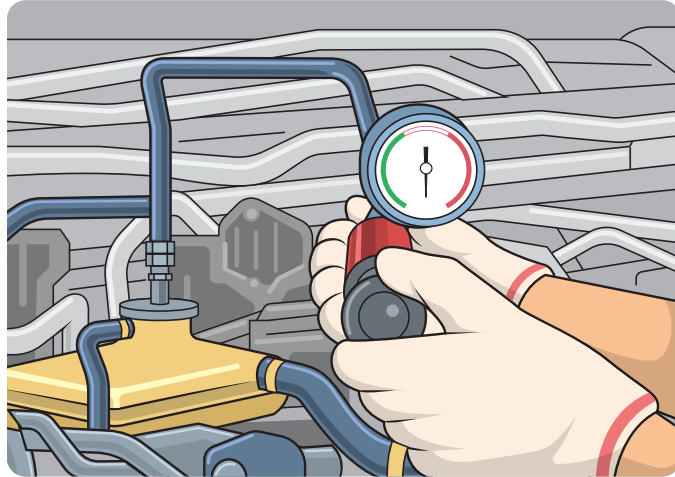
Analisis Hasil Pemeriksaan

Setelah melakukan pemeriksaan, lakukan analisis hasil pengamatan dengan menjawab pertanyaan berikut.

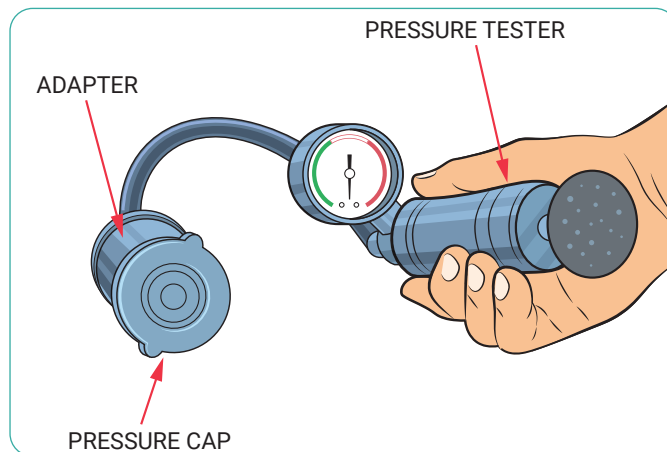
1. Bagaimana kondisi umum *radiator fins* dari kelima unit yang diperiksa (bersih, berdebu, penyok, atau tersumbat)?
2. Apakah terdapat korelasi antara kondisi *radiator fins* dan lingkungan kerja unit (misalnya area berdebu, berlumpur, atau bersuhu tinggi)?
3. Apa dampak dari *fins* yang bengkok, tersumbat, atau berdebu terhadap performa sistem pendingin *engine*?
4. Jika ditemukan kerusakan, tindakan perawatan atau perbaikan apa yang sebaiknya dilakukan (misalnya pembersihan dengan udara bertekanan rendah, perbaikan sirip, atau penggantian radiator)?
5. Buat tabel sederhana untuk membandingkan hasil pemeriksaan lima unit yang kamu amati, meliputi jenis alat berat, kondisi *radiator fins*, lingkungan kerja, dan tindakan yang disarankan.



Setelah kamu memahami dan mempraktikkan cara memeriksa *radiator fins*, sekarang kamu akan memahami cara memeriksa kebocoran *radiator*. Pemeriksaan kebocoran *radiator* dapat dilakukan secara visual. Pemeriksaan secara visual dapat dilakukan dengan melihat adanya tetesan *coolant* yang terjadi di sekeliling *radiator*, di sambungan-sambungan *hose*, dan di pipa. Selain itu, pemeriksaan kebocoran dapat juga dilakukan dengan mengaplikasikan sejumlah tekanan pada radiator menggunakan *radiator pressure tester*. Jadi dengan mengaplikasikan sejumlah tekanan melalui lubang pengisian radiator, akan jelas terlihat radiator mengalami kebocoran atau tidak.



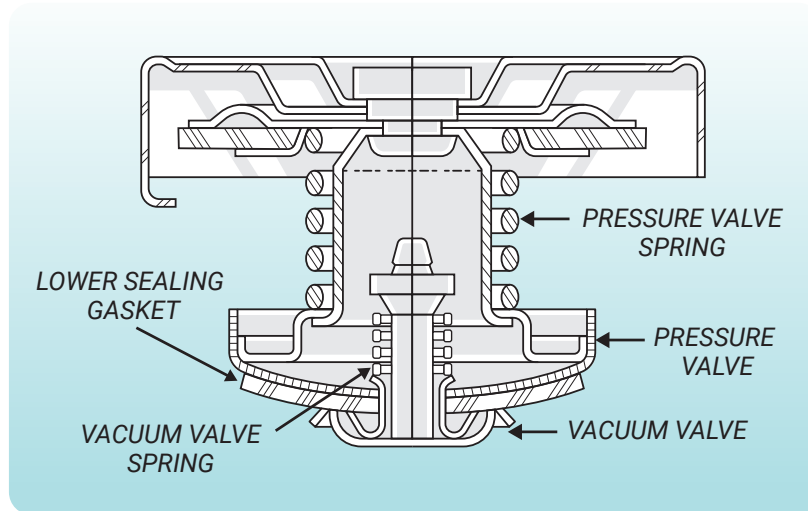
Gambar 1.23 Memeriksa Kebocoran Radiator



Gambar 1.24 Vacuum Valve dan Pressure Valve pada Radiator Cap

Setelah kamu memahami cara memeriksa kebocoran radiator, selanjutnya kamu akan mempelajari tentang pemeriksaan *radiator cap*. Pada *radiator cap* terdapat dua *valve*, yaitu *vacuum valve* dan *pressure valve*. *Vacuum valve* dapat diperiksa secara manual dengan

menariknya ke arah luar menggunakan jari tangan. Jika karet vakum kembali dengan baik saat dilepas ke kedudukan semula, berarti *vacuum valve* dalam kondisi baik. *Pressure valve* dapat diperiksa menggunakan *pressurize pump cap tester*, seperti gambar berikut.



Gambar 1.25 Radiator Cap

Bagaimanakah cara memeriksa kebocoran radiator dan *radiator cap pressure*? Lakukanlah aktivitas kelompok berikut agar kamu mengetahuinya.



Aktivitas 1.10 (Kelompok)

Pemeriksaan Kebocoran Radiator dan Radiator Cap Pressure

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian mampu bekerja sama memahami fungsi dan penggunaan *radiator pressure tester*, memeriksa kebocoran pada radiator, dan menguji tekanan *radiator cap* sesuai spesifikasi.

Alat dan Bahan

1. Radiator *pressure tester kit* (termasuk *adapter* untuk berbagai jenis *radiator cap*).
2. Radiator pada *engine*.
3. Radiator *cap* dengan tekanan spesifikasi berbeda (misal 0,9 bar, 1,1 bar, dll.).
4. Coolant untuk mengisi radiator.
5. Lap atau kain untuk membersihkan tumpahan.
6. APD (sarung tangan, kacamata pelindung).



Pembagian Peran dalam Kelompok (3-4 orang)

1. Operator tester: bertugas memompa dan mengamati tekanan.
2. Pengamat kebocoran: memeriksa kebocoran di selang, sambungan, atau badan radiator.
3. Pencatat data: mencatat hasil pengujian dan membandingkan dengan spesifikasi.
4. Penguji *radiator cap* (jika ada anggota ke-4): Memeriksa fungsi tekanan *radiator cap*.

Langkah-Langkah

Tahap A: Pemeriksaan Kebocoran Radiator

1. Persiapan
 - a. Pastikan radiator dalam kondisi dingin.
 - b. Isi radiator dengan air/*coolant* hingga penuh.
 - c. Pasang *adapter radiator pressure tester* ke lubang pengisian radiator.
2. Pengujian Tekanan
 - a. Operator *tester* memompa tekanan hingga mencapai nilai yang direkomendasikan (misal 1,0–1,5 bar, lihat spesifikasi di *manual book*).
 - b. Pertahankan tekanan selama 2–5 menit. Sementara itu, pengamat kebocoran memeriksa kebocoran di tangki radiator, selang, atau sambungan.
 - c. Jika tekanan turun drastis, tandai area yang bocor.
3. Analisis Hasil
 - a. Jika tidak ada kebocoran, tekanan harus stabil.
 - b. Jika ada kebocoran, identifikasi lokasi dan diskusikan penyebab (retak, seal rusak, dll.).

Tahap B: Pengujian *Radiator Cap Pressure*

1. Persiapan
 - a. Lepaskan *radiator cap* dari radiator.
 - b. Pasang *radiator cap* ke *adapter* khusus di *pressure tester*.
2. Pengujian
 - a. Operator tester memompa tekanan hingga *cap* melepas tekanan (*pressure release*).
 - b. Catat tekanan saat *cap* terbuka (harus sesuai spesifikasi *cap*, misal 0,9 bar).
3. Evaluasi
 - a. Jika *cap* tidak melepas tekanan sesuai spesifikasi, *cap* rusak dan perlu diganti.
 - b. Bandingkan hasil dengan spesifikasi pada *manual book*.



Diskusi Kelompok

1. Apa penyebab umum kebocoran radiator?
2. Mengapa *radiator cap* harus diuji tekanannya?
3. Bagaimana jika *radiator cap* tidak berfungsi dengan baik?
4. Apa manfaat yang kalian peroleh dari aktivitas ini?

2. Memeriksa Coolant pada Radiator dan Tangki Reservoir

Pada *cooling system*, *coolant* harus selalu diperiksa kondisinya setiap hari (*daily inspection*) atau sebelum unit dioperasikan. *Coolant* tidak hanya pada radiator, tetapi juga pada tangki *reservoir* (*reservoir coolant tank*) yang sangat penting untuk dijaga volumenya.

Prosedur pemeriksaan *coolant* pada radiator dapat dilihat secara detail pada bab perawatan berkala (*periodic service*) dari buku ini, *Teknik Alat Berat Kelas XII* dan buku *Teknik Alat Berat Kelas XI*. Kamu juga dapat mencermati kasus industri berikut untuk menambah pengetahuan dan wawasanmu tentang pemeliharaan *diesel engine*.



Gambar 1.26 Tangki Coolant Reservoir

Sumber: Edi Fakhri/Kemendikdasmen (2025)



Kasus Industri

Pekerjaan perawatan *diesel engine* pada unit alat berat sangatlah penting untuk menjaga kinerja *engine* dan umur pakai yang lebih panjang. Selain itu, perawatan bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak semestinya. Sering kali di industri ditemukan *engine* gagal dihidupkan. Gejala awal, *engine* susah hidup, kemudian terdapat asap putih pada gas buangnya, tetapi *battery* dalam kondisi baik. Hal tersebut dapat terjadi karena kurangnya perawatan rutin yang dilakukan pada *engine*. Kasus lainnya sering terjadi *engine overheating*, gejalanya ditandai dengan indikator suhu *engine* yang menyala terus-menerus dan kinerja atau tenaga *engine* menurun hingga terdapat kebocoran *coolant* di bagian bawah *engine*. Hal tersebut terjadi karena juga kurangnya perawatan pada *engine* untuk mencegah terjadinya kerusakan. Bagian-bagian yang seharusnya dilakukan perawatan, seperti pada *cooling system* yang terlihat remeh, tetapi jika tidak dilakukan secara rutin akan menyebabkan kerusakan hingga mengakibatkan hal yang fatal pada *engine*, seperti contoh kasus tersebut.





Uji Kompetensi Bab 1

A. 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
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
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.
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)
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
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



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
- mengganti semua *glow plug* karena pasti rusak
 - memeriksa resistansi dan kontinuitas *wiring harness injector cylinder 3*
 - menonaktifkan *permanent reduced cylinder mode* karena tidak diperlukan
 - melakukan *overhaul engine* secara keseluruhan
 - memeriksa kualitas solar di tangki bahan bakar karena mungkin terkontaminasi
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
- tekanan *fuel feed pump* rendah
 - restriksi pada *fuel return line*
 - keausan internal pada *injection pump*
 - kerusakan *pressure regulator* di *common rail*
 - filter bahan bakar sekunder tersumbat sebagian
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
- mengisi oli baru langsung tanpa *flushing* karena *sludge* akan larut sendiri
 - melakukan *engine flushing* dengan *flushing oil* khusus
 - mencuci bagian luar *engine* dengan air bertekanan
 - menambah aditif pembersih ke oli lama lalu mengoperasikan *engine* 1 jam
 - mengganti filter oli saja tanpa mengganti oli untuk membersihkan *sludge* secara bertahap
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
- meningkatnya tekanan *coolant* dalam sistem
 - turunnya efisiensi pendinginan hingga 40%
 - kerusakan pada *water pump* akibat beban berlebih
 - timbulnya korosi pada *radiator core*
 - baterai cepat soak karena suhu ruang *engine* tinggi

B. Pilihan Benar atau Salah

Tentukan benar atau salah setiap pernyataan-pernyataan berikut ini!

1. Perhatikan gejala pada pernyataan 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

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

3. Analisislah studi kasus berikut.

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



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

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

C. Uraian

Jawablah pertanyaan berikut ini!

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!

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!

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!

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!

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!



Refleksi

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan kamu dapat menjelaskan tentang pembersihan (*cleaning*), penggantian (*replacing*), pengujian (*testing*), penyetelan (*adjusting*), dan penanganan (*handling*) operasi dari komponen-komponen pada sistem-sistem *diesel engine*. Berilah penilaian diri secara jujur tentang tingkat pemahaman dan penguasaan dari materi pada bab ini dengan menjawab pertanyaan berikut.

1. Bagian subbab mana yang belum kamu kuasai atau pahami? Apakah penyebabnya?
2. Bagian subbab mana yang kamu sukai untuk dipelajari? Apakah penyebabnya?
3. Bagian subbab mana yang kamu sulit untuk mencerna dan memahami materi? Apakah penyebabnya?
4. Apakah kamu memiliki ide baru setelah mempelajari materi dalam bab ini? Ide apakah itu?



Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurutmu sulit dipahami? Tuliskan alasanmu!

1.
2.
3.

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kamu pahami? Sebutkan alasannya!

1.
2.
3.



Pengayaan

Kamu disarankan mencari referensi untuk menambah wawasan dan pengalamanmu dalam mendalami materi bab ini. Kamu juga dapat belajar kepada mekanik alat berat atau narasumber yang berpengalaman dalam teknik alat berat. Jika kamu mencari sumber dari internet, pastikan laman yang kamu gunakan merupakan laman resmi dan dapat dipercaya. Beberapa sumber referensi yang dapat kamu pelajari sebagai berikut.

1. <https://s.id/tlZED>



2. <https://s.id/0vhp0>



3. <https://s.id/QLd6d>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-3311-3 (jil.2 PDF)

Bab
2

Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat



Bagaimanakah cara membedakan *hydraulic low power* karena kurangnya tekanan *hydraulic* dengan kurangnya *flow rate* (debit) oli?



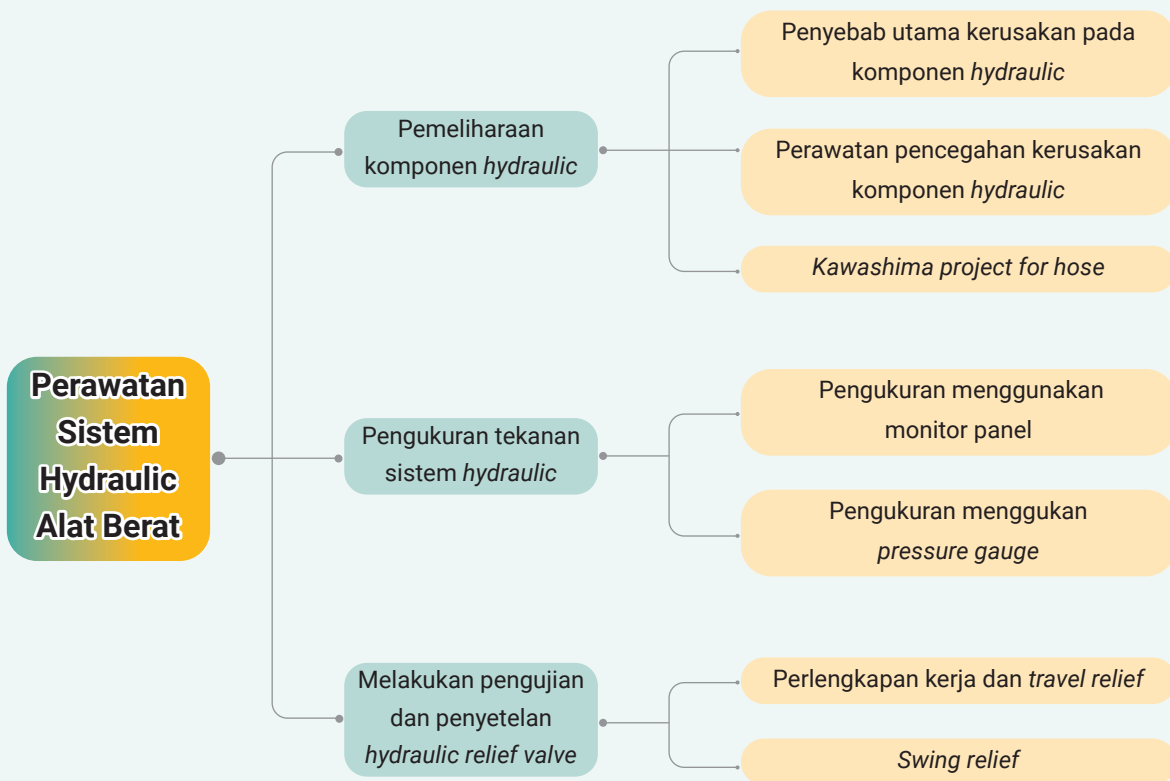


Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat melakukan pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat, melakukan pengukuran tekanan sistem *hydraulic*, serta melakukan *testing* dan *adjusting relief valve*.



Peta Materi



Kata Kunci

- *adjusting*
- *maintenance*
- *measurement*
- *relief valve*
- *testing*

Apabila sebuah alat berat kehilangan tenaga *hydraulic*-nya, kira-kira apakah penyebabnya? Apakah disebabkan karena tekanan *hydraulic* atau *flow* oli yang kurang? Jika tekanan *hydraulic* bermasalah, perlengkapan kerja alat berat tidak kuat untuk mengangkat atau mendorong benda kerja. Sementara itu, apabila *flow oli* yang bermasalah, akan terlihat dari kecepatan perlengkapan kerja melambat dari nilai standar. Kedua permasalahan tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Namun, langkah awal yang dapat dilakukan ialah melakukan pengukuran tekanan dan kecepatan pada perlengkapan kerja alat berat yang menggunakan tenaga *hydraulic*. Selain itu, juga memastikan kegiatan pemeliharaan pencegahan telah berjalan sesuai jadwal yang ditentukan oleh pabrik (*factory*).



Tahukah Kamu?

Life time komponen *hydraulic* sangat ditentukan oleh suhu kerja oli *hydraulic*-nya dan ternyata ketika *setting hydraulic relief valve* terlampaui tinggi akan menaikkan suhu kerja oli *hydraulic*.

Pemeliharaan alat berat yang sesuai dengan prosedur pabrik pembuat dan dipandu melalui *operation maintenance manual* (OMM) membuat *performance* serta kesediaan alat berat menjadi tinggi. Selain itu, dapat memiliki umur yang sesuai atau melebihi dari umur yang direkomendasikan *factory*.

Bagaimanakah cara pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat? Simaklah penjelasan dalam subbab berikut agar kamu mengetahuinya.



A. Pemeliharaan Sistem Hydraulic Alat Berat

Pemeliharaan alat berat meliputi lima aktivitas. Lima aktivitas tersebut, yaitu pengecekan (*inspection*), penyetelan (*adjusting*), pengujian (*testing*), perbaikan (*repair*), serta pergantian (*replace*). Kelima kegiatan itu juga telah disampaikan dalam Bab 1 tentang pemeliharaan *diesel engine*. Salah satu tujuan pemeliharaan tersebut ialah agar komponen-komponen pada sistem *hydraulic* terpelihara dengan baik dan tidak cepat rusak. Apa saja penyebab kerusakan pada komponen sistem *hydraulic*?

1. Penyebab Utama Kerusakan pada Komponen-Komponen pada Sistem Hydraulic

Kerusakan pada peralatan *hydraulic* sekitar 70% (*Guidance for Reusable Parts: Hydraulic Cylinder, Shop Manual*, Komatsu, 1998) disebabkan oleh masalah dalam pemeliharaan dan pemilihan oli *hydraulic*. Oleh karena itu, untuk mencegah kerusakan dan unit alat berat memiliki daya guna yang lebih efisien, penting untuk mempertimbangkan dengan cermat pemilihan oli *hydraulic*. Selain itu, hal penting lainnya menangani unit alat berat secara benar agar dapat mengurangi kerusakan pada komponen *hydraulic*.



Oli *hydraulic* merupakan elemen penting karena bertindak sebagai media untuk mentransmisikan tekanan. Selain itu, oli *hydraulic* juga berperan penting sebagai pendingin dan pelumas pada komponen-komponen *hydraulic* yang bergesekan (*sliding parts*). Oli *hydraulic* digunakan untuk menggerakkan peralatan kerja (*bucket, arm, boom, swing, travel, blade, ripper*, dan lain-lain) pada alat berat melalui komponen-komponen *hydraulic*, seperti silinder *hydraulic*, motor, pompa *hydraulic*, dan *control valve*. Dengan demikian, menyebabkan oli *hydraulic*, terkontaminasi dengan masuknya air atau kotoran lainnya. Kondisi oli *hydraulic* umumnya diperiksa melalui empat parameter sebagai berikut.



Gambar 2.1 Empat Parameter Pemeriksaan Oil Hydraulic

Sumber: *Guidance for Reusable Parts: Hydraulic Cylinder, Shop Manual*, Komatsu (1998)

Parameter yang paling sering mengarah ke kerusakan peralatan *hydraulic* ialah air dan kontaminan yang menyebabkan perubahan warna. Simak penjelasan berikut agar kamu memahami parameter tersebut.

a. Perubahan Warna (*Discoloration*)

Partikel keras dapat menjadi kontaminan, seperti hasil keausan partikel logam, pasir, atau kotoran sebagai akibat *scuffing* pada *sliding surface*. Partikel keras kontaminan tersebut 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, oli *hydraulic* mesti diganti. Jika diperoleh NAS Grade oli *hydraulic* 11 dan 12, oli *hydraulic* dapat digunakan kembali, tetapi minyak dibersihkan terlebih dahulu.



b. Kadar Air (*Water Content*)

Apabila air tercampur ke dalam oli *hydraulic*, oli tidak dapat melumasi dengan benar. Hal itu akan menyebabkan keausan, *seizure*, dan karat (*rusting*) pada komponen-komponen *hydraulic*. Standar 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 tersebut meledak karena tiba-tiba mengalami tekanan tinggi pada titik tertentu, akan menyebabkan kebisingan atau getaran. Khususnya, kejadian tersebut terjadi di sekitar saluran keluaran pompa *hydraulic*, menyebabkan kerusakan akibat erosi. Kavitasi ini dapat dihilangkan dengan melakukan *air bleeding* pada *hydraulic system* (*pump hydraulic*, *hydraulic cylinder*, dan *motor hydraulic*).

d. Suhu Oli *Hydraulic* Naik

Jika suhu oli *hydraulic* dibiarkan naik di atas suhu yang ditentukan, viskositas atau kekentalan oli akan menurun. Dengan demikian, 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*.

Apakah kamu pernah melihat beberapa kerusakan pada komponen *hydraulic*? Contoh beberapa kerusakan pada komponen *hydraulic* sebagai berikut.



Gambar 2.2 Contoh kerusakan *wear ring* dan *slipper seal* pada *hydraulic* silinder.

Sumber: *Guidance for Reusable Parts: Hydraulic Cylinder*, Shop Manual, Komatsu (1998)



Gambar 2.3 Contoh kerusakan *slipper seal* pada *hydraulic* silinder.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Guidance for Reusable Parts: Hydraulic Cylinder, Shop Manual*, Komatsu (1998)

2. Perawatan Pencegahan Kerusakan Komponen *Hydraulic*

Kondisi komponen *hydraulic* perlu untuk selalu diketahui. Tujuannya untuk mencegah terjadi kegagalan pada alat berat dan supaya alat berat dapat berfungsi 100% (*best performance*). Selain itu, khususnya untuk menyadari kebisingan yang tidak normal (abnormal), keausan partikel logam yang terlarut dalam oli pelumas, dan tingkat pelumas oli. Kegiatan 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.

- Selalu gunakan oli *hydraulic* yang *genuine* (sesuai rekomendasi OMM), tetap jaga interval pergantian oli sesuai yang ditentukan. Selain itu, gunakan oli pelumas yang sesuai dengan perubahan suhu sekitar (*ambient temperature*).
- Selalu melakukan *warm up* alat berat secara menyeluruh, hindari penggunaan alat berat dengan beban yang lebih secara tiba-tiba, akselerasi mendadak, atau berhenti tiba-tiba.
- 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.
- Lakukan analisis oli secara berkala dan lakukan segala upaya untuk mencegah kegagalan pada alat berat.



Tabel 2.1 Rekomendasi untuk Bahan Bakar, Air Pendingin, Oli, dan Grease

Reservoir	Fluid Type	Ambient Temperature, Degrees C										Recomended Komatsu Fluids
		-22	-4	14	32	50	68	86	104	122°F		
		-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50°C		
Engine oil pan	Engine oil	(Note. 1)										Komatsu EOS0W30
		(Note. 1)										Komatsu EOS5W40
												Komatsu EO10W30-DH
												Komatsu EO15W40-DH
												Komatsu EO30-DH
Swing machinery case Final drive case Damper case	Powertrain oil (Note. 2)											TO30
Hydraulic system	Powertrain oil											TO10
	Hydraulic oil											HO46-HM
Grease fitting	Hyper grease (Note. 3)											G2-T, G2-TE
	Lithium EP grease											G2-Li
Cooling system	Supercoolant (AF-NAC) (Note. 4)											AF-NAC
Fuel tank	Diesel fuel											ASTM Grade No.1-D S15
												ASTM Grade No.1-D S500
												ASTM Grade No.2-D S15
												ASTM Grade No.2-D S500

Tabel 2.2 Rekomendasi Bahan Bakar, Air Pendingin, Oli, dan Grease pada PC200-8M0

Unit: l

Refilling points	PC200, 200LC-8M0		PC220, 220LC-8M0	
	Specified capacity	Refill capacity	Specified capacity	Refill capacity
Engine oil pan	25.4	23.1	25.4	23.1
Swing machinery case	7.1	6.5	8.2	7.2
Final drive case (each of right and left)	3.8	3.6	5.4	5.0
Damper case	0.65	0.65	0.65	0.65
Hydraulic oil system	237	135	244	135
Fuel tank	400	–	400	–
Cooling system	20.3	20.3	19.9	19.9

Sumber: Operation and Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0, Komatsu



Aktivitas 2.1 (Mandiri)

Merawat dan Mencegah Kerusakan Komponen *Hydraulic*

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu mencari beberapa metode untuk menentukan kadar air dalam oli *hydraulic* dan mencari *data sheet* oli *hydraulic* yang direkomendasikan.

Langkah-Langkah

Salah satu tujuan dari perawatan alat berat ialah memiliki daya guna yang tinggi. Secara aktual, daya guna ini dikenal sebagai cara menghitung dan besar targetnya.

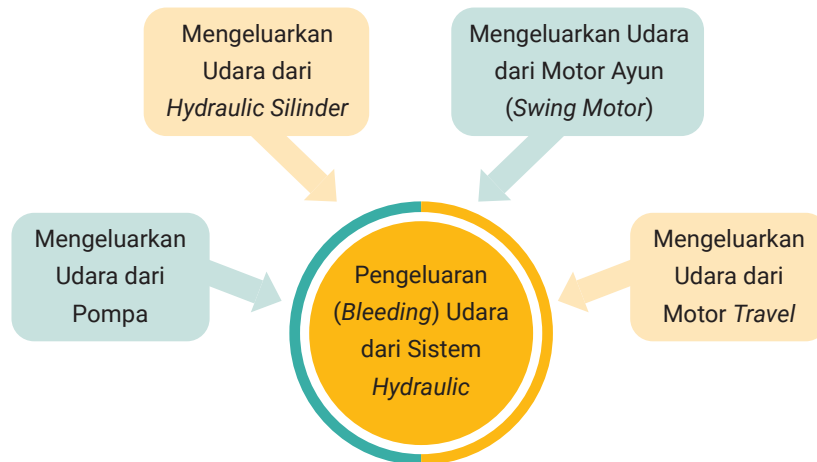
1. Diketahui kandungan air di dalam oli *hydraulic* maksimal ialah 0,2%. Carilah beberapa metode menentukan kadar air dalam analisis oli.
2. Oli *hydraulic* yang direkomendasikan dalam sistem *hydraulic* PC200-8M0 ialah TO10 dan HO46-HM. Carilah *data sheet* untuk kedua jenis tersebut.



Setelah melakukan aktivitas tersebut, simaklah penjelasan tentang perawatan pencegahan kerusakan komponen *hydraulic* berikut.

a. Pengeluaran (*Bleeding*) Udara dari Sistem *Hydraulic*

Pengeluaran udara merupakan salah satu kegiatan dalam perawatan pencegahan kerusakan komponen *hydraulic*. Bagaimanakah cara perawatan tersebut? Kamu dapat mencermati diagram dan uraian berikut untuk memahaminya.



Gambar 2.4 Pengeluaran (*Bleeding*) Udara dari Sistem *Hydraulic*

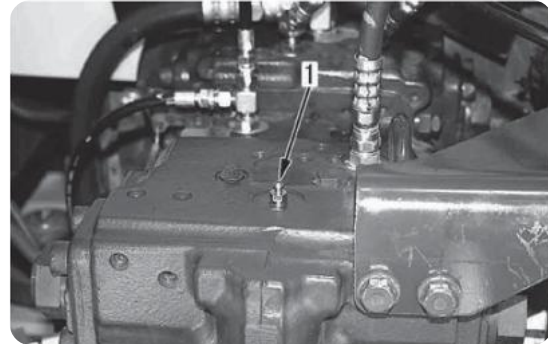
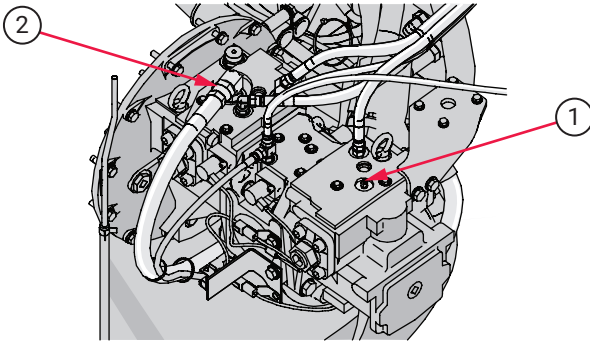
Sumber: Shop Manual PC200, 200LC-8M0, Komatsu

Masing-masing kegiatan memiliki langkah-langkah tertentu. Langkah tersebut akan diuraikan sebagai berikut.

1) Mengeluarkan Udara dari Pompa

Langkah-langkah untuk mengeluarkan udara dari pompa dilakukan sebagai berikut.

- Kendurkan katup pembuangan udara (1) (Gambar 2.5) dan periksa apakah oli merembes ke luar dari katup tersebut.
- Jika oli tidak merembes ke luar, lepaskan selang pembuangan dari rumah pompa *hydraulic*. Setelah itu, isi penuh rumah pompa dengan oli *hydraulic* melalui lubang pembuangan (2). Pegang selang yang telah dilepas dengan kuat dan posisikan ujung selang lebih tinggi dari permukaan oli di tangki *hydraulic* agar oli tidak tumpah ke luar dari selang.
- Setelah selesai melakukan proses pembuangan udara, kencangkan kembali katup pembuangan udara (1) dan pasang kembali selang pembuangan.



Gambar 2.5 Bleeding Port pada PC200-8M0

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

Jalankan *engine* pada putaran rendah tanpa beban (*low idle*) selama 10 menit setelah dinyalakan. Setelah itu, mulai operasikan mesin.

Perhatian

Jika selang pembuangan dipasang terlebih dahulu, oli akan menyembur ke luar dari lubang pembuangan udara (1).

Jika pompa dijalankan tanpa mengisi *pump case* dengan oli *hydraulic* terlebih dahulu, panas yang tidak normal akan timbul dan dapat menyebabkan kerusakan yang tidak terduga pada pompa *hydraulic*.

2) Mengeluarkan Udara dari *Hydraulic Cylinder*

Langkah-langkah mengeluarkan udara dari *hydraulic cylinder* sebagai berikut.

- a) Jalankan mesin pada putaran *idle* rendah, lalu gerakkan setiap *hydraulic cylinder* ke luar masuk sebanyak 4 sampai 5 kali dengan hati-hati agar silinder tidak digerakkan sampai ke ujung langkahnya. (Hentikan silinder sekitar 100 mm (3,9 in) sebelum mencapai ujung langkahnya).

Perhatian

Jika *engine* dijalankan dengan kecepatan tinggi segera setelah dinyalakan atau *hydraulic cylinder* ditekan hingga ke ujung langkahnya, udara yang masuk ke dalam *hydraulic cylinder* dapat menyebabkan kerusakan pada karet piston (*piston packing*).

- b) Selanjutnya, gerakkan setiap *hydraulic cylinder* tiga sampai empat kali sampai ke ujung langkahnya.
 - c) Terakhir, gerakkan setiap *hydraulic cylinder* empat sampai lima kali sampai ke ujung langkahnya untuk menghilangkan udara secara menyeluruh.
- 3) Mengeluarkan Udara dari Motor Ayun (*Swing Motor*)

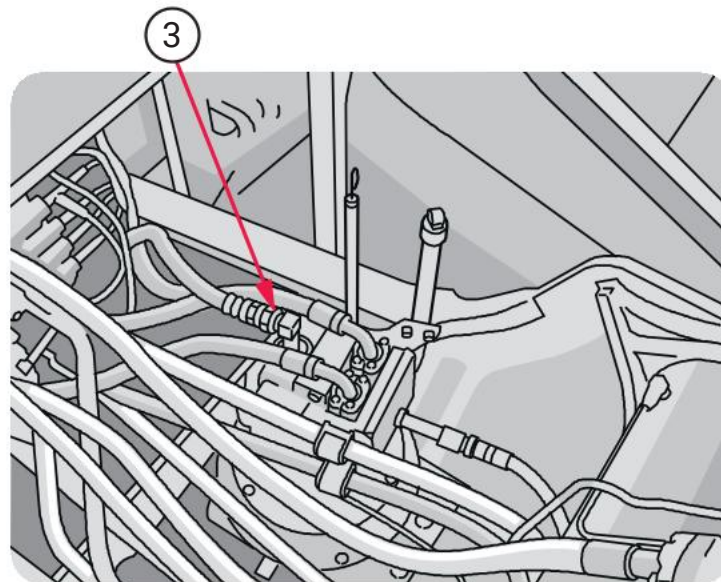
Langkah-langkah untuk mengeluarkan udara dari motor ayun (*swing motor*) sebagai berikut.

- a) Jalankan *engine* pada putaran rendah tanpa beban (*low idle*), kendurkan selang (3) pada port S, dan periksa apakah oli merembes ke luar dari *port S* melalui selang (3).



Perhatian

Jangan mengoperasikan ayunan (*swing*) dalam kondisi apa pun.



Gambar 2.6 Port S pada Swing Motor PC200-8M0

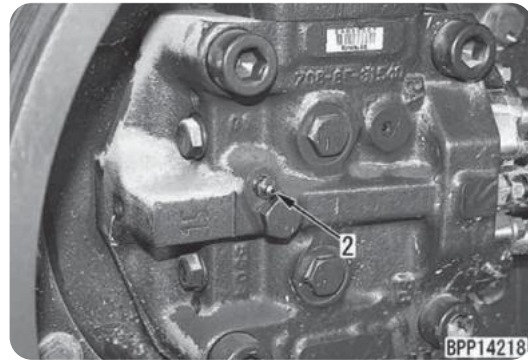
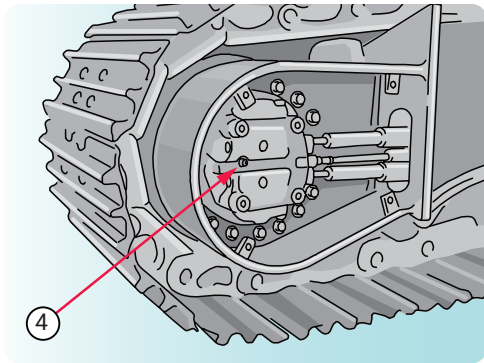
Sumber: diilustrasi ulang dari Shop Manual Pc200, 200LC-8M0/ Komatsu

- b) Jika oli tidak merembes ke luar, matikan *engine*, lepaskan selang (3) dari *port S*, lalu isi bagian dalam rumah motor dengan oli *hydraulic*.
- a) Setelah udara dari motor ayun (*swing motor*) benar-benar dikeluarkan, kencangkan kembali selang (3) pada *port S*.
- b) Jalankan *engine* pada putaran rendah tanpa beban dan ayunkan perlahan ke kiri dan ke kanan sebanyak minimal dua kali secara merata. Hal ini akan secara otomatis mengeluarkan udara dari sirkuit ayun.



4) Mengeluarkan Udara dari *Motor Travel*

Lakukan pengeluaran udara hanya jika oli di dalam *motor travel case* telah dikuras.

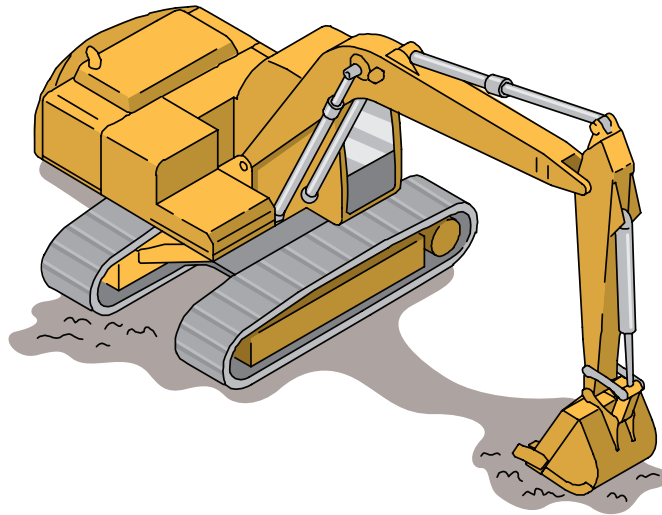


Gambar 2.7 Bleeding Port pada Travel Motor PC200-8M0

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

Langkah-langkah mengeluarkan udara dari *motor travel* sebagai berikut.

- Jalankan mesin pada putaran rendah tanpa beban (*low idle*), kendurkan katup pembuangan udara (4), lalu kencangkan kembali setelah oli mulai mengalir ke luar.
- Jalankan mesin pada *idle* rendah dan ayunkan perlengkapan kerja (*work equipment*) sebesar 90° ke samping, sejajar dengan sisi *track*.



Gambar 2.8 Posisi *upper structure* tegak lurus (90°) dari *lower structure* pada PC200-8M0.

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

- Jack unit* hingga *track* (rantai) sedikit terangkat dari tanah. Putar *track* tanpa beban selama 2 menit. Ulangi prosedur ini pada sisi kiri dan kanan dan putar *track* secara merata ke arah maju maupun mundur.

 Perhatian

Jika pabrikan melampirkan prosedur khusus untuk mengeluarkan udara dari *attachment*, ikuti prosedur yang telah ditentukan oleh pabrikan. Setelah menyelesaikan proses pengeluaran udara, matikan *engine*, diamkan *engine* selama 5 menit sebelum memulai operasi. Hal itu akan membantu menghilangkan gelembung udara dalam oli di dalam *hydraulic cylinder*. Periksa apakah ada kebocoran oli dan bersihkan oli yang tumpah. Setelah proses selesai, periksa level oli, dan tambahkan oli jika levelnya rendah.

Tabel 2.3 Jenis Pengeluaran Udara (*Bleeding Air*) Setiap Pekerjaan pada Sistem *Hydraulic*

● : Execution of work

→ : Go to next procedure

Air Bleeding Item Contents of Work	Air Bleeding Procedure					
	1 Bleeding air from hydraulic pump	2 Starting engine	3 Bleeding air from cylinder	4 Bleeding air from swing motor	5 Bleeding air from travel motor	6 Checking oil level and starting operation
• Replacing hydraulic oil • Cleaning strainer	●	●	●	● (See note)	● (See note)	●
• Replacing return filter element		●	→	→	→	●
• Replacing and repairing hydraulic pump • Removing suction piping	●	●	●	→	→	●
• Replacing and repairing control valve • Removing control valve piping		●	●	→	→	●
• Replacing and repairing cylinder • Removing cylinder piping		●	●	→	→	●
• Replacing and repairing swing motor • Removing swing motor piping		●	→	●	→	●
• Replacing and repairing travel motor • Removing travel motor piping		●	→	→	●	●
• Replacing and repairing swivel joint • Removing swivel joint piping		●	→	→	→	●

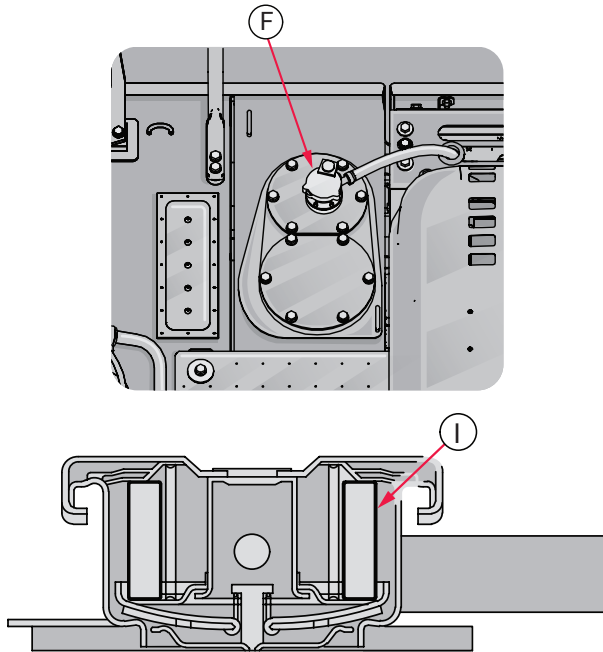
Note: Bleed air from the swing motor and travel motor only when the oil in the motor cases is drained.

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

b. Mengganti Elemen Pernapas (*Breather*) pada Tangki *Hydraulic*

Pergantian *breather element hydraulic tank* ini dilakukan setiap *periodic service* 500HM dengan langkah-langkah sebagai berikut

- 1) Lepaskan tutup pengisi oli (F) yang terletak di bagian atas tangki *hydraulic*.
- 2) Ganti elemen (1) yang berada di dalam tutup tersebut.



Gambar 2.9 Lokasi dan Struktur *Breather Element Hydraulic Tank*

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu

c. Mengganti Elemen Filter Oli *Hydraulic*

Penggantian elemen filter oli *hydraulic* ini dilakukan setiap *periodic service* 1.000 HM dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Tempatkan perlengkapan kerja di permukaan tanah yang keras dan rata dalam posisi perawatan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. Selanjutnya, turunkan hingga menyentuh tanah, lalu matikan *engine*.

Perhatian

Komponen dan oli berada pada suhu tinggi segera setelah mesin dimatikan dan dapat menyebabkan luka bakar. Tunggu hingga suhu turun sebelum memulai pekerjaan.

Saat melepas tutup pengisi oli, putar perlahan untuk melepaskan tekanan di dalam, lalu lepaskan sepenuhnya.

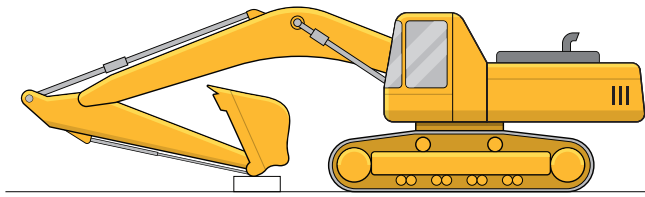
Perhatian

Komponen dan oli berada pada suhu tinggi setelah mesin dimatikan dan dapat menyebabkan luka bakar.

Tunggu hingga suhu turun sebelum memulai pekerjaan.

Saat melepas tutup pengisi oli, putar perlahan untuk melepaskan tekanan di dalam, lalu lepaskan sepenuhnya.





Gambar 2.10 Posisi unit saat melakukan pergantian elemen filter oli *hydraulic*.

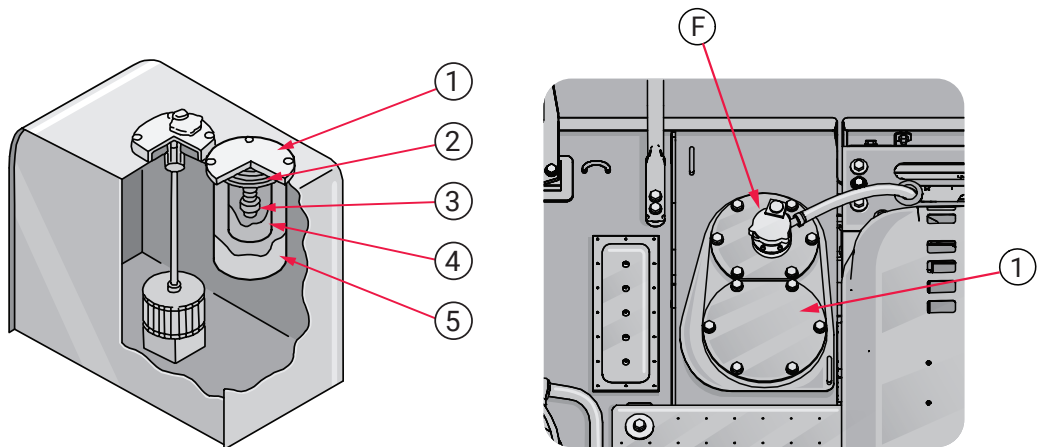
Sumber: *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/ Komatsu*

- 2) Lepaskan tutup pengisi oli (F) dan lepas tekanan di dalam tangki.
- 3) Kendurkan 6 baut, lalu lepaskan penutup (1). Saat melakukan ini, penutup dapat terlepas karena tekanan dari pegas (2), jadi tekan penutup dengan tangan saat melepas baut.

Perhatian

(Lanjutan instruksi atau catatan penting akan menyusul sesuai dengan detail pada panduan teknis/manual berikutnya.)

Jika unit dilengkapi dengan *hydraulic breaker*, maka oli *hydraulic* akan lebih cepat rusak dibandingkan dengan operasi normal menggunakan *bucket*. Untuk detail lebih lanjut, lihat “Interval Perawatan untuk *Hydraulic Breaker*” saat melakukan perawatan.



Gambar 2.11 Lokasi dan Struktur Elemen Filter Oli *Hydraulic*

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/ Komatsu*

- 4) Setelah itu, lepaskan pegas (2), katup (3), dan saringan (4), lalu ambil elemen (5). Periksa bagian bawah rumah filter untuk memastikan tidak ada kotoran. Jika ada, bersihkan dengan hati-hati agar kotoran tidak masuk ke dalam tangki *hydraulic*.
- 5) Bersihkan semua bagian yang dilepas dengan oli pembilas (*flushing oil*).
- 6) Pasang elemen baru pada tempat elemen lama (5) sebelumnya.
- 7) Pasang kembali katup (3), saringan (4), dan pegas (2) di atas elemen.

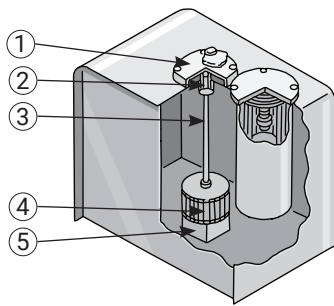


- 8) Tempatkan penutup (1), tekan ke bawah dengan tangan, lalu pasang dan kencangkan baut-bautnya.
- 9) Pasang kembali tutup pengisi oli dan penutup luar, jika ada.
- 10) Untuk mengeluarkan udara (*bleeding air*), nyalakan *engine* sesuai petunjuk pada “Menjalankan *Engine*”, lalu biarkan *engine* berjalan pada kecepatan rendah tanpa beban (*low idle*) selama 10 menit.
- 11) Matikan *engine* setelah proses selesai.

d. Membersihkan Saringan (Strainer) Tangki Hydraulic

Pembersihan saringan (*strainer*) tangki *hydraulic* ini dilakukan setiap *periodic service* 2000HM, dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Lepaskan tutup pengisi oli (F), dan lepaskan tekanan di dalam tangki.



Gambar 2.12 Lokasi dan Struktur Saringan (Strainer) Tangki Hydraulic

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu

- 2) Kendurkan 6 baut, lalu lepaskan penutup (1). Pegang bagian atas batang (3) dan tarik ke atas untuk melepaskan pegas (2) dan saringan (4).
- 3) Bersihkan semua kotoran yang menempel pada saringan (4), lalu cuci dengan oli pembilas (*flushing oil*). Jika saringan (4) rusak, ganti dengan suku cadang baru.
- 4) Saat memasang kembali, masukkan saringan (4) ke dalam bagian yang menonjol (5) di dalam tangki, lalu lanjutkan proses perakitan.

Perhatian

Komponen dan oli berada pada suhu tinggi setelah mesin dimatikan dan dapat menyebabkan luka bakar. Tunggu hingga suhu turun sebelum memulai pekerjaan. Saat melepas tutup pengisi oli, putar perlahan untuk melepaskan tekanan internal, lalu lepaskan tutup sepenuhnya.

Perhatian

Penutup dapat terdorong keluar karena tekanan dari pegas (2). Tekan penutup ke bawah dengan tangan saat melepas baut untuk mencegahnya terpental.



- 5) Rakit kembali sehingga bagian menonjol di bagian bawah penutup (1) menahan pegas (2), lalu kencangkan dengan baut.

Pastikan semua komponen terpasang dengan benar dan tidak ada kebocoran setelah perakitan.

e. Memeriksa Tekanan Pengisian Gas Nitrogen pada Akumulator (untuk Sirkuit Kontrol)

Saat menangani akumulator, selalu ikuti prosedur berikut. Tekanan dalam sirkuit *hydraulic* tidak dapat sepenuhnya dilepaskan. Saat melepas peralatan *hydraulic* perhatikan hal berikut.

- 1) Jangan berdiri di arah semburan oli.
- 2) Kendurkan baut secara perlahan saat melakukan pekerjaan.
- 3) Jangan membongkar akumulator.
- 4) Jangan mendekatkan akumulator ke api dan jangan membuangnya ke dalam api.
- 5) Jangan melubangi atau mengelasnya.
- 6) Jangan memukul, menggulingkan, atau memberikan benturan terhadap akumulator.

Gas nitrogen harus dilepaskan terlebih dahulu saat membuang akumulator. Hubungi distributor Komatsu untuk melakukan pelepasan gas secara aman.

Pembahasan selanjutnya tentang fungsi akumulator dalam sirkuit kontrol, memeriksa fungsi akumulator, cara melepaskan tekanan pada sirkuit *hydraulic*, mengganti akumulator, dan mengganti oli dalam tangki *hydraulic*. Simaklah penjelasan berikut agar kamu memahaminya.

1) Fungsi Akumulator dalam Sirkuit Kontrol

Akumulator menyimpan tekanan dalam sirkuit kontrol. Sirkuit kontrol masih dapat dioperasikan, meskipun mesin telah dimatikan karena tekanan yang tersisa di dalam akumulator. Oleh karena itu, beberapa aksi berikut masih mungkin terjadi.



Perhatian

Akumulator diisi dengan gas nitrogen bertekanan tinggi. Kesalahan dalam penanganan dapat menyebabkan ledakan yang berpotensi menyebabkan cedera serius atau kerusakan alat.



Perhatian

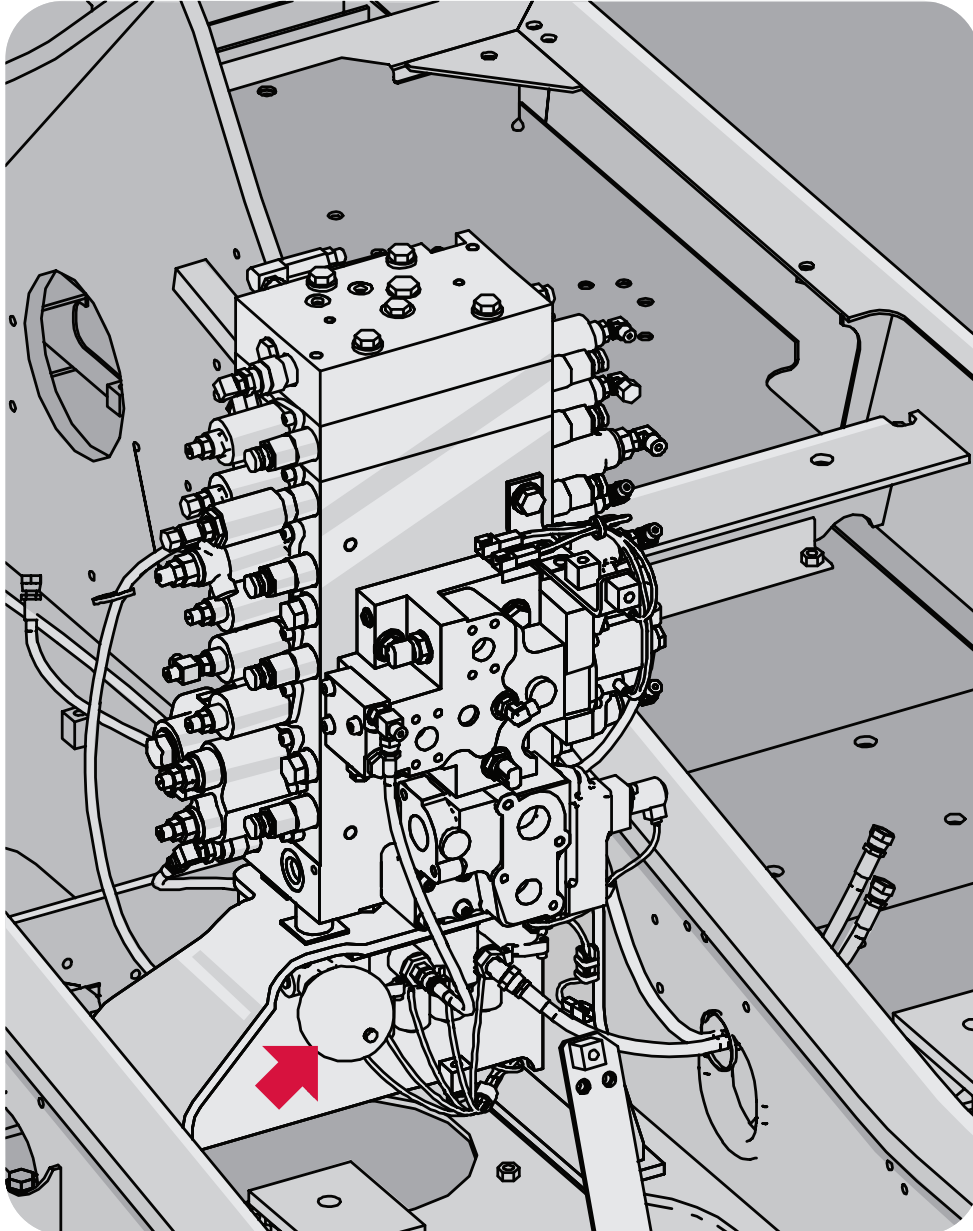
Jika tekanan pengisian gas nitrogen dalam akumulator terlalu rendah dan mesin terus dioperasikan, tekanan sisa dalam sirkuit *hydraulic* tidak akan bisa dilepaskan jika terjadi kerusakan pada mesin.

Hal ini dapat membahayakan proses servis atau perbaikan.



- (a) Jika tuas kontrol digerakkan ke arah menurunkan perlengkapan kerja, perlengkapan tersebut dapat turun dengan sendirinya karena beratnya sendiri.
- (b) Tekanan dalam sirkuit *hydraulic* masih bisa dilepaskan, meskipun *engine* mati.

Catatan: akumulator dipasang di posisi yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13 di sebelah kanan (F) yang mengacu pada ilustrasi dalam buku manual.



Gambar 2.13 Lokasi dan Akumulator pada PC200-8M0

Sumber: Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu

2) Memeriksa Fungsi Akumulator

Pemeriksaan fungsi akumulator dilakukan tiap *periodic service* 2.000 HM dengan langkah-langkah pemeriksaan tekanan gas nitrogen sebagai berikut.

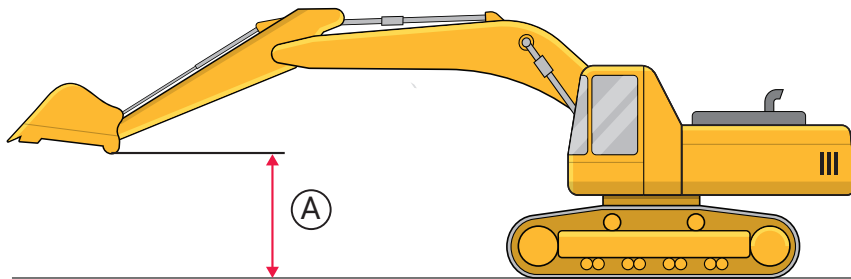
- Hentikan mesin di tanah yang padat dan rata.
- Atur perlengkapan kerja pada posisi jangkauan maksimum sebagai berikut.

Lengan (*arm*) sepenuhnya lurus ke depan, *bucket* sepenuhnya dibalik (*dumped*), tinggi dari tanah 1,5 meter (A) atau 4 kaki 11 inci.



Peringatan:

Sebelum melakukan pemeriksaan, pastikan tidak ada orang atau halangan di sekitar area kerja.



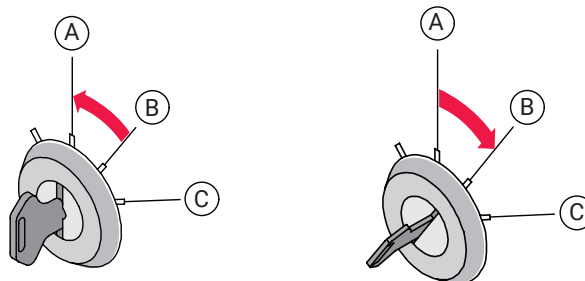
Gambar 2.14 Posisi unit PC200-8M0 saat pemeriksaan fungsi akumulator.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu

Langkah (c) – (e) harus dilakukan dalam waktu 15 detik.

Tekanan di dalam akumulator akan berkurang secara bertahap karena setelah *engine* dimatikan. Selanjutnya, pemeriksaan harus dilakukan segera setelah *engine* dimatikan.

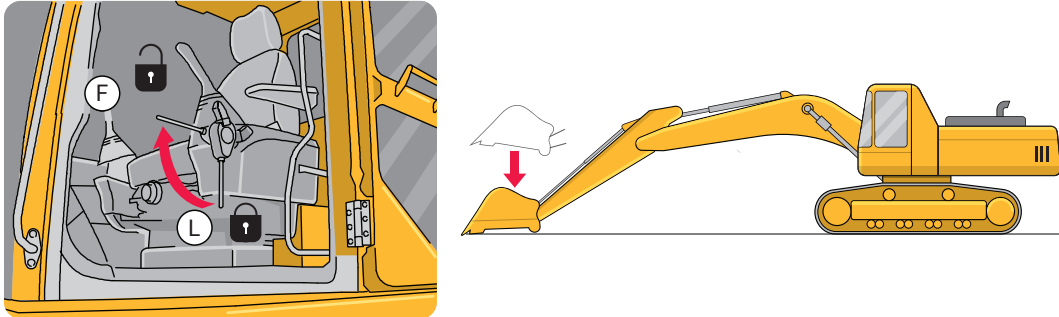
- Tetap pertahankan perlengkapan kerja dalam posisi jangkauan maksimum, lalu putar sakelar starter ke posisi OFF (A) dan matikan *engine*.
- Putar sakelar starter ke posisi ON (B).



Gambar 2.15 Posisi sakelar starter (*starting switch*) saat pemeriksaan fungsi akumulator.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu

- (e) Dengan tuas pengunci (*lock lever*) pada posisi FREE (F), operasikan tuas kontrol perlengkapan kerja secara penuh ke arah TURUN (LOWER), kemudian periksa apakah perlengkapan kerja turun ke tanah.



Gambar 2.16 Posisi *lock lever* dan pergerakan kerja saat pemeriksaan fungsi akumulator.

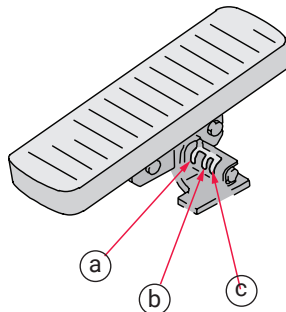
Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu

- (f) Jika perlengkapan kerja turun karena beratnya sendiri dan menyentuh tanah, akumulator dalam kondisi normal. Jika tidak turun atau berhenti di tengah jalan, kemungkinan besar tekanan gas nitrogen dalam akumulator telah menurun. Segera hubungi distributor Komatsu untuk pemeriksaan lebih lanjut.
- (g) Pemeriksaan selesai, kemudian atur tuas pengunci (*lock lever*) ke posisi LOCK, putar sakelar starter ke posisi OFF.

3) Cara Melepaskan Tekanan pada Sirkuit *Hydraulic*

Langkah-langkah melepaskan tekanan pada sirkuit *hydraulic* sebagai berikut.

- (a) Letakkan perlengkapan kerja di atas tanah.
- (b) Pindahkan tuas pengunci perlengkapan kerja (*lock lever*) ke posisi LOCK.
- (c) Pasang pin pengunci pada pedal kontrol *attachment* di posisi (c), yaitu posisi pedal masih dapat dioperasikan. (Jika alat dilengkapi dengan pedal kontrol *attachment*).



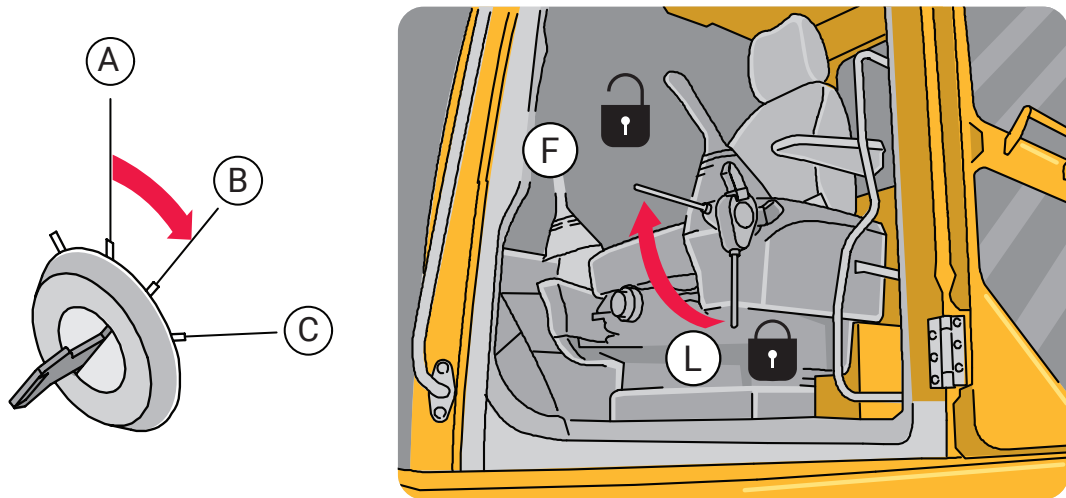
Gambar 2.17 Pedal Kontrol Attachment

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu

Langkah (h) – (k) harus dilakukan dalam waktu 15 detik.

Tekanan dalam akumulator akan berkurang secara bertahap karena mesin dimatikan, maka pelepasan tekanan hanya dapat dilakukan segera setelah mesin dimatikan.

- (h) Matikan *engine*.
- (i) Putar sakelar starter ke posisi ON (B).
- (j) Atur tuas pengunci ke posisi FREE (F), lalu operasikan semua tuas kontrol perlengkapan kerja dan pedal kontrol *attachment* (jika tersedia) secara penuh ke arah depan, belakang, kiri, dan kanan untuk melepaskan tekanan dalam sirkuit kontrol.
- (k) Atur kembali tuas pengunci ke posisi LOCK, lalu putar sakelar starter ke posisi OFF.



Gambar 2.18 Posisi sakelar starter (*starting switch*) dan tuas pengunci (*safety lock lever*) saat pelepasan tekanan *hydraulic*.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

- (l) Pasang pin pengunci di posisi (a) pada gambar 2.18 agar pedal kontrol *attachment* tidak bisa dioperasikan (jika dilengkapi).

e. Mengganti Akumulator (untuk Sirkuit Kontrol)

Interval penggantian akumulator setiap dua tahun atau setiap 4.000 jam operasional, mana yang tercapai lebih dulu.





Peringatan Penting

Akumulator berisi gas nitrogen bertekanan tinggi sehingga kesalahan penanganan dapat menyebabkan ledakan yang mengakibatkan cedera serius atau kerusakan alat. Saat menangani akumulator, selalu ikuti petunjuk berikut.

1. Jangan membongkar akumulator.
2. Jangan membawa akumulator dekat api, jangan dibakar, dibor, atau dilas.
3. Jangan menjatuhkan, membanting, menggulingkan, atau memberikan benturan pada akumulator.

Tekanan dalam sirkuit *hydraulic* tidak dapat dilepaskan sepenuhnya. Saat melepas peralatan *hydraulic*, perhatikan hal berikut.

1. Jangan berdiri di depan arah keluarnya oli.
2. Kendurkan baut secara perlahan.
3. Jika perlu membuang akumulator, gas nitrogen di dalamnya harus dilepas. Hubungi distributor Komatsu untuk menangani hal ini secara aman.



Catatan Teknis

Jika akumulator digunakan setelah performanya menurun, maka saat terjadi kerusakan pada mesin, tekanan sisa dalam sirkuit *hydraulic* tidak dapat dilepaskan yang berpotensi membahayakan operator atau teknisi. Oleh karena itu, mintalah distributor Komatsu untuk mengganti akumulator tepat waktu.



Catatan Lokasi

Akumulator terpasang pada posisi yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13 (mengacu pada gambar di manual). Pastikan untuk mengidentifikasi lokasinya sebelum melakukan penggantian.



f. Mengganti Oli dalam Tangki *Hydraulic*

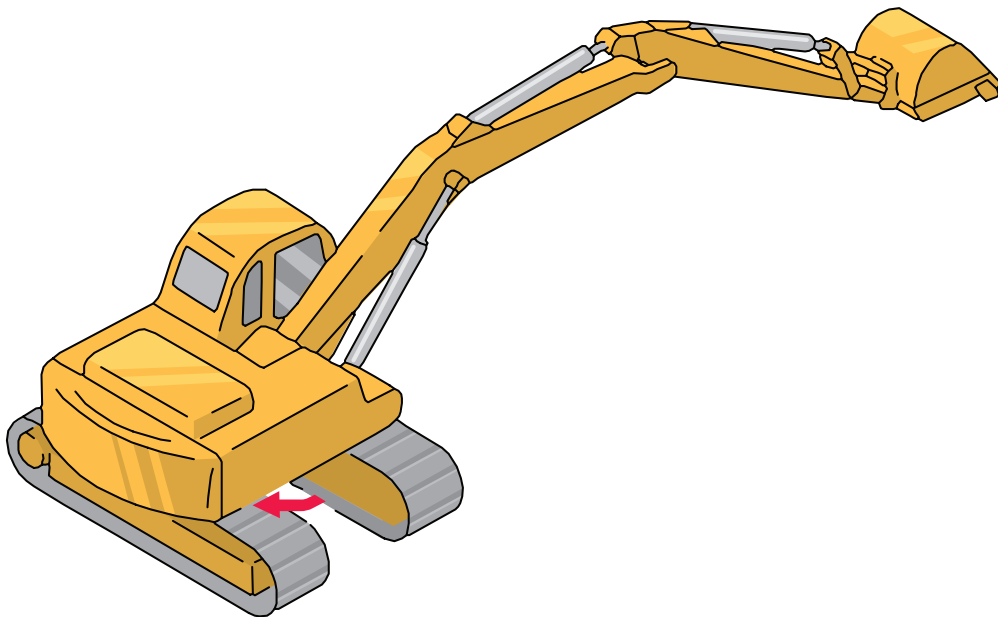
Peringatan:

Bagian-bagian sistem dan oli dalam sistem *hydraulic* berada pada suhu tinggi segera setelah mesin dimatikan dan dapat menyebabkan luka bakar. Oleh karena itu, perhatikan hal berikut.

1. Tunggu hingga suhu turun sebelum memulai pekerjaan.
2. Saat membuka tutup pengisian oli, putar perlahan untuk melepaskan tekanan internal, kemudian lepas tutupnya.

Catatan Penting

Jika mesin dilengkapi dengan *hydraulic breaker*, oli *hydraulic* akan lebih cepat rusak dibandingkan penggunaan normal dengan *bucket*. Untuk lebih jelasnya, lihat bagian "Interval Perawatan untuk *Hydraulic Breaker*" saat melakukan perawatan.



Gambar 2.19 Posisi perlengkapan kerja unit saat pergantian oli *hydraulic*.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu*



Aktivitas 2.2 (Kelompok)

Mengganti Oli dalam Tangki *Hydraulic*

Tujuan

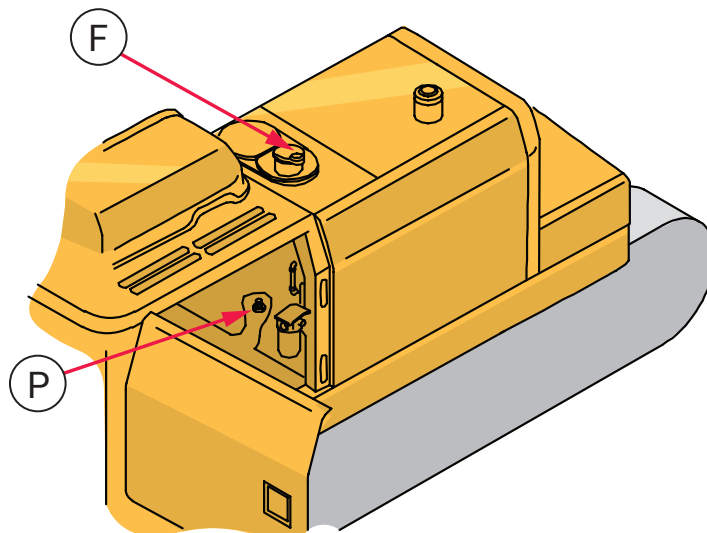
Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mampu mengisi dan membuang oli *hydraulic* dengan kapasitas pengisian ulang: 135 liter (35,67 galon US).

Alat dan Bahan

1. Pegangan untuk kunci soket (*handle socket wrench*)
2. Kain lap
3. Sarung tangan kerja
4. Oli *hydraulic* sesuai spesifik

Langkah-Langkah

1. Putar bagian atas (*swing*) alat berat agar *drain plug* (penutup pembuangan) di bagian bawah tangki *hydraulic* berada di tengah-tengah antara *track* kiri dan kanan.
2. Tarik masuk silinder *arm* dan *bucket* sepenuhnya, lalu turunkan *boom* hingga gigi *bucket* menyentuh tanah.
3. Atur tuas pengunci (*lock lever*) ke posisi LOCK, lalu matikan mesin.
4. Buka tutup pengisian oli (F) yang berada di atas tangki *hydraulic*.



Gambar 2.20 Lokasi tempat pengisian dan pembuangan oli *hydraulic*.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu*



5. Siapkan wadah penampung langsung di bawah *drain plug* (P) untuk menampung oli yang keluar. Lepas *drain plug* (P) dan biarkan oli keluar sepenuhnya. Periksa O-ring pada *plug* (P). Jika rusak, segera ganti. Setelah selesai, pasang kembali *drain plug* dan kencangkan dengan torsi spesifikasi sebagai berikut.

Torsi pengencangan: $68,6 \pm 9,81 \text{ Nm}$ ($7 \pm 1 \text{ kgm}$, $50,6 \pm 7,2 \text{ lbft}$)

⚠ Hati-hati agar oli tidak mengenai tubuh saat membuka *drain plug*.

6. Tuangkan oli *hydraulic* baru melalui lubang pengisian (F) sebanyak 135 liter. Periksa level oli melalui *sight gauge* (kaca pengintip) agar berada antara garis H (*high*) dan L (*low*).
7. Setelah pengisian, lakukan prosedur pembuangan udara (*bleeding air*) dari sistem *hydraulic*.
8. Komunikasikanlah hasil kegiatan dalam bentuk laporan. Selanjutnya, presentasikan hasil laporan dan diskusikanlah bersama teman antarkelompok dengan bimbingan guru.

3. Kawashima Project untuk Hose

Keahlian menilai kondisi suatu komponen dalam unit pada suatu kegiatan inspeksi sangatlah diperlukan. Hal itu karena berhubungan erat dengan tingkat selera seorang inspektur dalam menilainya. Baik penilaian terhadap komponen secara instalasi maupun dalam kondisi fisik dari komponen. Dalam aktivitas *Kawashima project*, hal-hal tersebut sangat diperhatikan.

Kawashima project untuk *hose* adalah suatu kegiatan dalam penanganan *harness* dan *hose*. Terdapat beberapa hal yang menjadi perhatian penting saat melakukan aktivitas *Kawashima project*. Beberapa contoh kasus tentang perlakuan pada pemasangan *hose* dan beberapa problem yang terjadi beserta penyelesaiannya dapat dilihat dalam pemaparan berikut.

Point 1

Permasalahan:

Harness diikat dengan *hose* yang bertekanan sehingga kabel ikut bergetar dan dalam jangka waktu tertentu akan menyebabkan kabel putus di ujung konektor atau komponen elektronik.

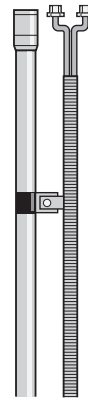
Langkah pencegahan:

Antara *hose* dan *wiring harness* tidak dijadikan satu dan di-*clamp* ataupun di-*tierap* meskipun sudah menggunakan *rubber* untuk proteksinya.

X



✓



Gambar 2.21 Pemisahan Hose dan Wiring Harness

Sumber: Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)

Point 2

Permasalahan:

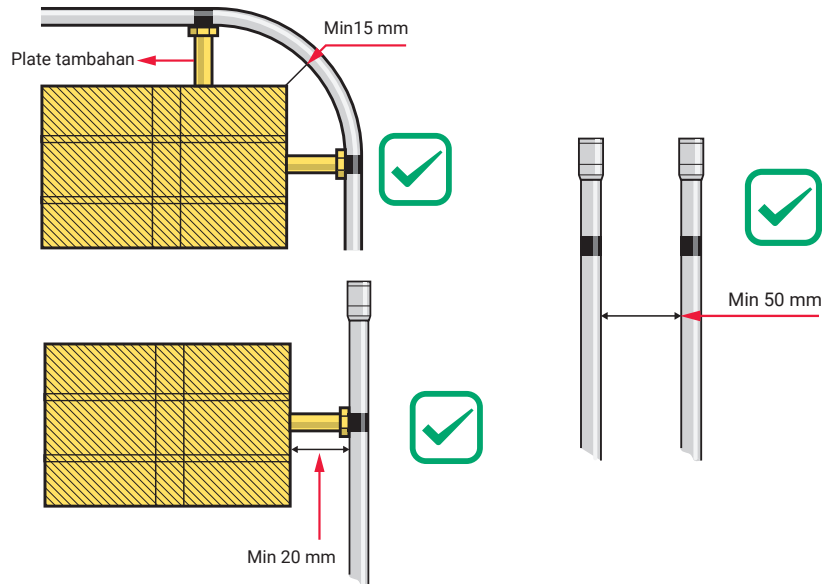
- 1) *Hose* bersinggungan dengan ujung dari tekukan *body* sehingga dapat menimbulkan *hose* rusak.
- 2) *Hose* bersinggungan satu dengan yang lainnya sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan.

Langkah perbaikan:

- 1) Reposisi *hose* sehingga pada ujung tekukan *body* jarak antara *hose* dan *body* + minimal 1,5 cm, jika perlu tambahkan *plate* agar posisi dudukan *hose/harness* lebih tinggi.
- 2) Jika *hose* pada posisi lurus ke atas dan dekat dengan *body* dan tekukan *body* unit, maka jarak antara *hose* dan *body* minimal 3 cm.



- 3) Jarak antara *hose* satu dan yang lainnya minimal 5 cm.
- 4) Tempatkan dan pastikan kekencangan dari posisi dari *hose/harness* menggunakan *clamp* dan *bolt*, *tierap*, atau media lainnya sehingga kabel pada posisi aman (perhatikan posisi *clamp* pada gambar).



Hose bersinggungan dengan ujung dari tekukan body Main Pump



Hose tidak bersinggungan setelah direposisi dan menyesuaikan *clearance* dengan standard

Gambar 2.22 Penanganan Hose yang Bersinggungan

Sumber: Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)

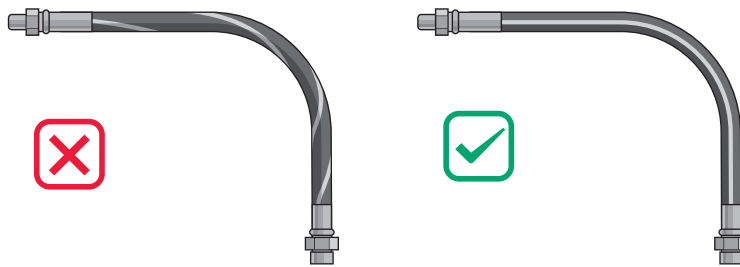
Point 3

Permasalahan:

Kesalahan dalam *hose installation* sehingga fungsi kondisi *hose* sudah tegang saat *install* dikarenakan *twist* pada *hose*.

Langkah perbaikan:

Lakukan metode instalasi *hose* sesuai dengan ukuran *hose* yang *genuine*-nya.



Gambar 2.23 Penanganan Hose Terpelintir

Sumber: Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)

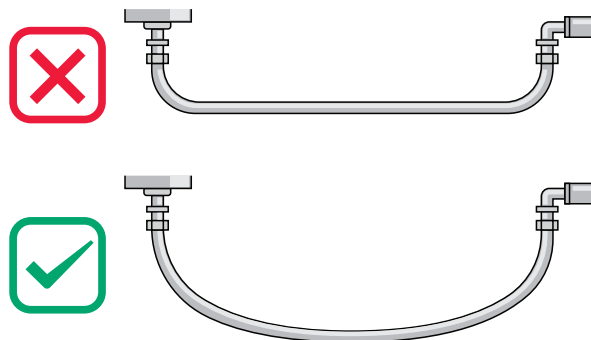
Point 4

Permasalahan:

Kesalahan dalam *hose installation* ialah untuk penentuan panjang *hose* saat dilakukan instalasi. *Hose* terlalu pendek akan mengakibatkan sudut bending menjadi radius yang kecil sehingga akan muncul *stress*.

Langkah perbaikan:

Lakukan metode instalasi *hose* sesuai dengan pasangannya, hindari tekukan *hose* yang terlalu kecil dan panjang *hose* juga harus diperhatikan.



Gambar 2.24 Tekukan Hose

Sumber: diilustrasi ulang dari Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)

Point 5

Permasalahan:

Spiral wrap atau media proteksi lainnya mengalami pergeseran dari tempatnya sehingga tidak berfungsi dengan baik.



Langkah perbaikan:

Tambahkan *vinyl tape* sebagaimana Gambar 2.25, masuk ke lokasi *spiral wrap* sejauh 20 mm dan ke lokasi *hose* sejauh 20 mm. Perputaran pengisolasian diulangi sebanyak tiga kali. Tujuan dari penambahan *vinyl tape* ialah agar tidak terjadi pergeseran dari *spiral wrap* atau media pelindung lainnya.



Gambar 2.25 Perlindungan Hose

Sumber: Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)



Aktivitas 2.3 (Mandiri)

Membuat Peta Pikiran (*Mind Map*) dan *Job Safety Analysis* (JSA)

Tujuan

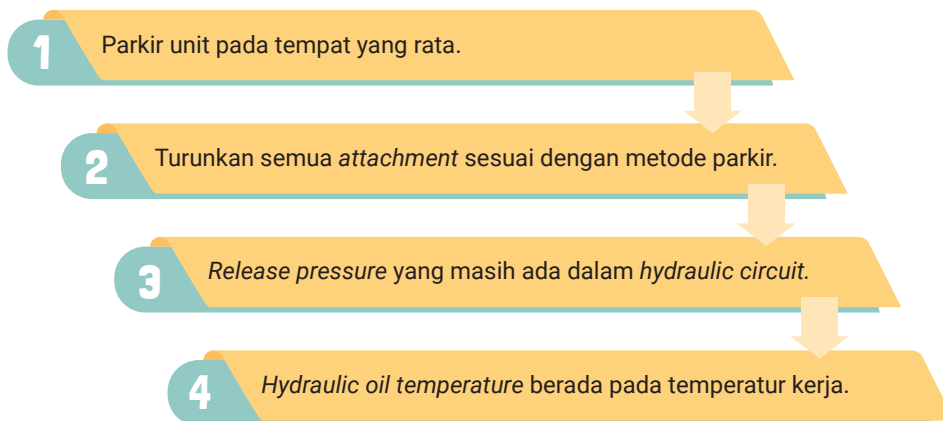
Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu membuat peta pikiran dan *job safety analysis* yang berhubungan dengan sistem *hydraulic*.

Langkah-Langkah

1. Buatlah peta pikiran (*mind map*) untuk kegiatan *bleeding air* pada sirkuit *hydraulic*.
2. Buatlah satu *job safety analysis* (JSA) pada kegiatan *periodic service* sistem *hydraulic*.
3. Komunikasikan hasil aktivitasmu dengan mempresentasikannya di kelas.

B. Pengukuran Tekanan Sistem *Hydraulic* (*Main Relief Valve*)

Beberapa hal yang perlu disiapkan terlebih dahulu sebelum melakukan pengukuran atau pengetesan pada *hydraulic circuit* di antaranya sebagai berikut.



Gambar 2.26 Persiapan sebelum melakukan pengukuran dan pengetesan pada *hydraulic circuit*.

Pengukuran atau pengetesan tekanan pada *hydraulic circuit* pada PC200-8M0 dapat menggunakan dua cara, yaitu memanfaatkan monitor panel dan menggunakan *pressure gauge*. Masing-masing cara tersebut akan diuraikan sebagai berikut.



1. Menggunakan Monitor Panel

Cara pengukuran atau pengetesan tekanan pada *hydraulic circuit* menggunakan monitor panel sebagai berikut.

- Masuk ke *mode service* (tekan tahan 4, lalu tekan secara berurutan 1, 2, dan 3 pada monitor panel).
- Pilih menu *monitoring custom*.
- Pilih 01100 F pump pressure dan 01101 R pump pressure.



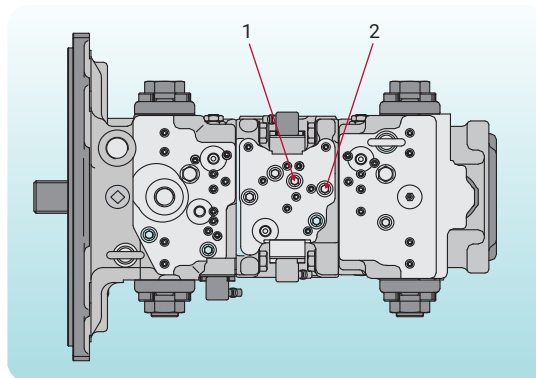
Gambar 2.27 Menu Machine Monitor Pengukuran Tekanan Hydraulic

Sumber: diilustrasi ulang dari Video PPM Chasis PC300-8/PT United Tractors Tbk.

2. Menggunakan Pressure Gauge

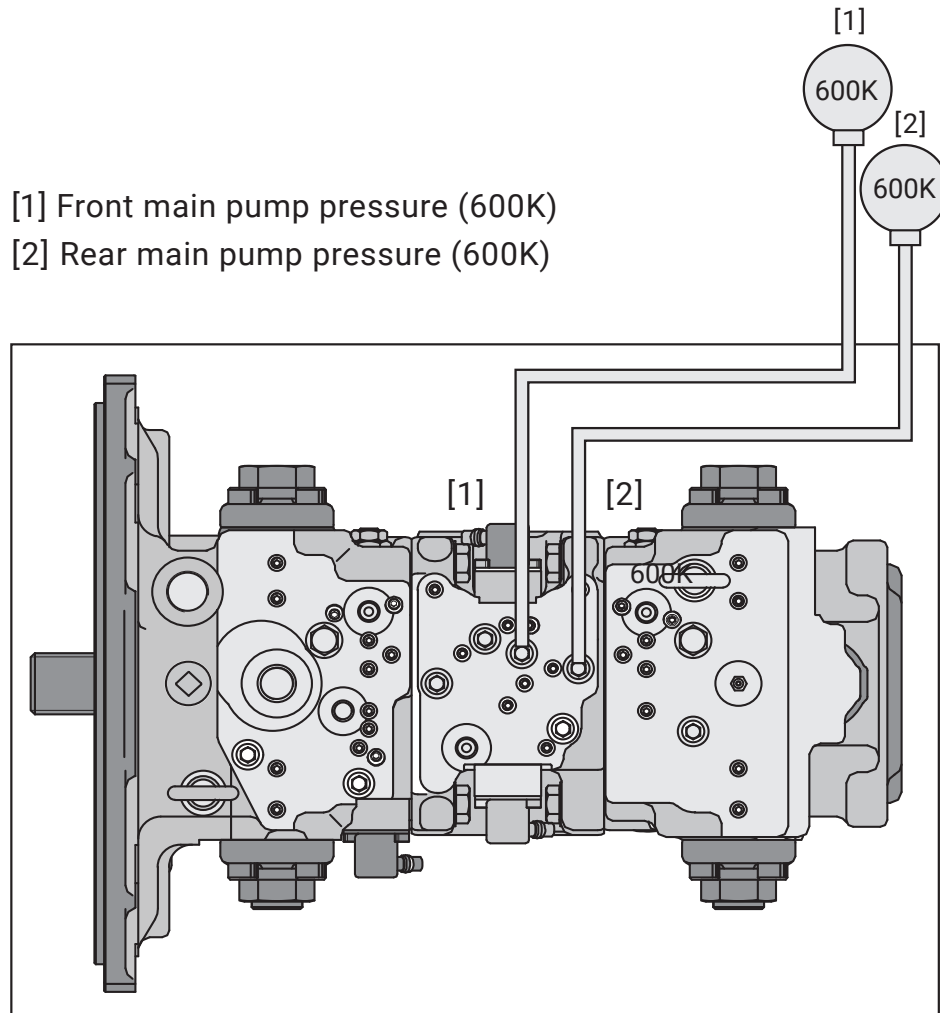
Cara pengukuran atau pengetesan tekanan pada *hydraulic circuit* menggunakan monitor panel sebagai berikut.

- Buka *plug* nomor 1 dan nomor 2.
- Nomor 1 untuk *output* pompa depan dan nomor 2 untuk *output* pompa belakang.
- Instal nipple* dan hubungkan dengan *pressure gauge* 600K.



Gambar 2.28 Plug Pengukuran Tekanan Hydraulic

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



Gambar 2.29 Rangkaian pemasangan *pressure gauge* pada *plug* pengukuran tekanan *hydraulic*.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Pengukuran tekanan oli *hydraulic* (*main relief valve*) pada *hydraulic excavator* terdapat dua set *pressure*, yaitu *low pressure setting* yang bernilai standar 343 kg/cm^2 – 347 kg/cm^2 dan *high pressure setting* 368 kg/cm^2 – 395 kg/cm^2 (nilai standar *new machine PC200-8M0*). Berikut cara dan kondisi pengukuran tekanan oli *hydraulic*.

a. Pengukuran *Main Relief Valve* (*Low Pressure*) pada Perlengkapan Kerja (*Bucket, Arm, dan Boom*)

- 1) Hidupkan *engine* dan set *fuel control dial* (FCD) pada posisi *max*.
- 2) Matikan *swing lock switch*.
- 3) Set *mode* kerja pada posisi *P mode*.



- 4) Gerakkan *arm circuit* pada posisi *arm out* hingga *relief*, langkah ini dapat diganti juga dengan menggerakkan *arm in*, *bucket curl*, atau *boom rise* hingga *relief*.
- 5) Baca hasil pengukuran pada monitor panel atau *pressure gauge*.

b. Pengukuran *Main Relief Valve (High Pressure)* pada Perlengkapan Kerja (*Bucket, Arm, dan Boom*)

- 1) Hidupkan *engine* dan set *fuel control dial* (FCD) pada posisi max.
- 2) Set mode kerja pada posisi *P mode*.
- 3) Gerakkan *arm circuit* pada posisi *arm out* hingga *relief*, langkah ini dapat diganti juga dengan menggerakkan *arm in*, *bucket curl*, atau *boom rise* hingga *relief*.
- 4) Pada saat *arm circuit relief*, tekan tombol *power maximizing* pada lever sebelah kiri.
- 5) Baca hasil pengukuran pada *monitor panel* atau *pressure gauge*.

Prosedur pengukuran tekanan *hydraulic (main relief valve)* dapat juga dilakukan sebagai berikut.

- 1) Nyalakan *engine* dan gerakkan silinder (*arm in/out*, *bucket curl*, atau *boom rise*) yang akan diukur hingga mencapai ujung langkah (*stroke end*).
- 2) Atur mode kerja ke mode daya (*Power Mode-P*).
- 3) Jalankan *engine* pada kecepatan penuh (*FCD Max*), operasikan tuas kontrol perlengkapan kerja kanan dan kiri untuk melepaskan tekanan silinder, lalu ukur tekanan oli menggunakan *monitor panel* atau *pressure gauge*.
 - (a) Tekanan yang diukur saat katup relief utama (*main relief valve*) dilepas akan ditampilkan oleh *monitor panel* atau *pressure gauge*.
 - (b) Jika sakelar *power maximizing (left knop)* tidak ditekan, katup relief utama akan dilepaskan pada tekanan rendah (*low pressure*). Jika sakelar tersebut ditekan, katup relief akan dilepaskan pada tekanan tinggi (*high pressure*).
 - (c) Jika sakelar pengunci ayunan (*swing lock switch*) dalam posisi ON (aktif), solenoid katup relief 2 tahap tetap dalam posisi ON sehingga katup relief dilepaskan pada tekanan tinggi (*high pressure*). Oleh karena itu, pastikan sakelar pengunci ayunan (*swing lock switch*) dalam posisi OFF (nonaktif).

Fungsi dari *power maximizing (left knop)* akan *reset* secara otomatis kurang lebih sekitar 8,5 detik setelah tombol ditekan. Fungsi ini tetap akan *reset* walaupun tombol ditekan secara terus-menerus. Lakukan pembacaan *engine speed* sebelum fungsi ini *reset*.

Pengukuran ini juga dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan sakelar pengunci ayunan (*swing lock switch*). Proses pengukuran tidak perlu menggunakan *power maximizing* dengan mengaktifkan *swing lock switch*,

c. Pengukuran *Unload Valve*

Prosedur pengukuran *unload valve* sebagai berikut.

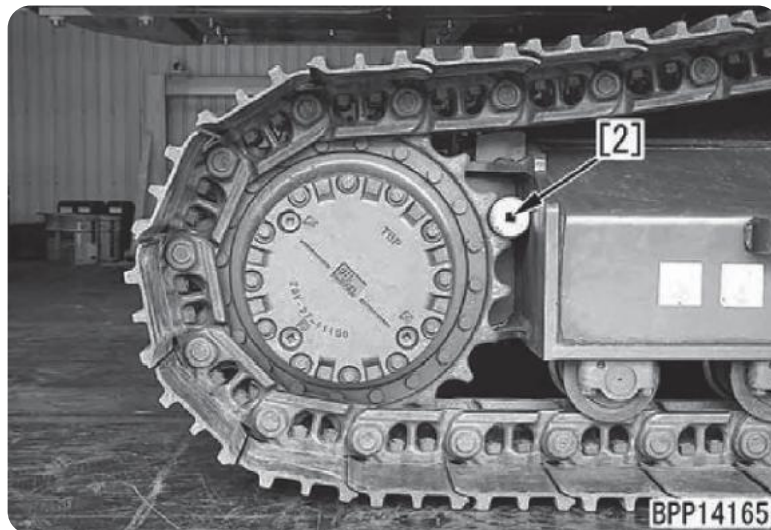
- 1) Hidupkan *engine* dan set *fuel control dial* (FCD) pada posisi max.
- 2) Set mode kerja pada posisi *P mode*.
- 3) Matikan *auto decelerator*.
- 4) Set seluruh perlengkapan kerja *attachment*, *travel*, dan *swing* pada posisi netral.
- 5) Baca *oil pressure* pada *monitor panel* atau *pressure gauge* (tekanan standar pada New Machine PC200-8M0: 26-46 kg/cm²).

Nyalakan *engine*, atur mode kerja ke mode daya (*Power Mode-P*) dan matikan fungsi *auto decelerator*. Jalankan *engine* pada putaran tinggi tanpa beban (*high idle*). Pastikan semua tuas dan pedal pengontrol perlengkapan kerja (*bucket*, *arm*, *boom*) serta penggerak (*swing* dan *travel*) dalam posisi netral, lalu ukur tekanan oli. Tekanan yang diukur pada saat *unload valve* dalam kondisi terbuka akan ditampilkan atau terbaca pada *monitor panel* atau *pressure gauge* yang dikenal sebagai *standby pressure*.

d. Pengukuran Tekanan Relief Perjalanan (*Travel Relief Pressure*)

Prosedur pengukuran tekanan relief perjalanan (*travel relief pressure*) sebagai berikut.

- 1) Jalankan *engine* dan kunci mekanisme perjalanan (lihat gambar 2.30).
- 2) Pasang pin [2] di antara *sprocket* dan rangka *track* untuk mengunci mekanisme perjalanan dengan aman.



Gambar 2.30 Pemasangan pin (kunci mekanisme perjalanan) saat pengukuran *travel relief pressure*.

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



- 3) Atur mode kerja ke mode daya (*Power Mode-P*).
- 4) Jalankan *engine* pada putaran tinggi tanpa beban (*high idle*), operasikan tuas dan pedal perjalanan (*PPC travel lever/pedal*) untuk memicu *relief* pada *travel motor*, lalu ukur tekanan oli melalui *monitor panel* atau *pressure gauge*.
 - (a) Sebelum mengoperasikan tuas dan pedal perjalanan (*PPC travel lever/pedal*), periksa kembali posisi dan arah penguncian *sprocket* yang telah dikunci.
 - (b) Tekanan yang diukur menunjukkan saat katup relief utama (*main relief valve*) dari katup kontrol terbuka (*relieved*).
 - (c) Sirkuit perjalanan (*travel circuit*) selalu terbuka pada tekanan tinggi (*relieved at high pressure setting*).

e. Pengukuran Tekanan Relief Ayunan (*Swing Relief Pressure*)

Prosedur pengukuran tekanan relief ayunan (*swing relief pressure*) sebagai berikut.

- 1) Hidupkan *engine*, atur mode kerja ke mode daya (*Power Mode - P*), dan aktifkan sakelar kunci ayunan (*swing lock switch*).
- 2) Jalankan *engine* pada putaran tinggi tanpa beban (*high idle*), operasikan tuas kontrol perlengkapan kerja sebelah kiri (*PPC swing*) untuk memicu relief pada motor ayunan, lalu ukur tekanan oli melalui *monitor panel* atau *pressure gauge*.
 - (a) Tekanan yang diukur menunjukkan saat katup relief motor ayunan terbuka (*relieved*).
 - (b) Tekanan relief ayunan lebih rendah (tekanan *safety valve swing circuit*) dibandingkan dengan tekanan relief utama (*main relief valve*).

f. Pekerjaan Setelah Selesai Pengukuran

Setelah pengukuran selesai, lepaskan alat ukur dan pasang kembali komponen yang telah dilepas (plug 1 & 2) pada pompa *hydraulic* (lihat Gambar 2.29). Torsi pengencangan untuk *plug* pengambilan tekanan oli: 20 - 27 Nm {2,0 hingga 2,8 kgm}



Aktivitas 2.4 (Kelompok)

Mengukur Tekanan *Hydraulic* pada Unit Alat Berat

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mampu mengukur tekanan *hydraulic* pada unit alat berat sesuai lembar kerja pada PC200-8M0.

Alat dan Bahan

1. Alat ukur tekanan (*pressure gauge*) digital atau jarum dengan *range* 0–60 MPa (0–600 kg/cm²)
2. *Nipple/Quick Coupler* (10 × 1,25 mm)
3. O-ring

Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok yang terdiri atas 2–4 orang.
2. Masuk ke *mode service* (tekan tahan 4, lalu tekan secara berurutan 1, 2, dan 3 pada *monitor panel*).
3. Pilih menu *monitoring custom*.
4. Pilih 01100 F *pump pressure* dan 01101 R *pump pressure*.
5. Buka *plug* nomor 1 dan nomor 2 pada *main pump* (lihat Gambar 2.29)
6. Nomor 1 untuk *output* pompa depan dan nomor 2 untuk *output* pompa belakang.
7. Instal *nipple* dan hubungkan dengan *pressure gauge* 600 kg/cm².
8. Set FCD (*fuel control dial*) pada posisi max.
9. Matikan *swing lock switch*.
10. Set mode kerja pada posisi *P mode*.

Pengukuran *Main Relief Valve (Low Pressure)* pada Perlengkapan Kerja (*Bucket, Arm, dan Boom*)

1. Gerakkan *arm circuit* pada posisi *arm out* hingga *relief*, langkah ini dapat diganti juga dengan menggerakkan *arm in*, *bucket curl*, atau *boom rise* hingga *relief*.
2. Baca hasil pengukuran pada *monitor panel* atau *pressure gauge*.

Pengukuran *Main Relief Valve (High Pressure)* pada Perlengkapan Kerja (*Bucket, Arm, dan Boom*)

1. Gerakkan *arm circuit* pada posisi *arm out* hingga *relief*, langkah ini dapat diganti juga dengan menggerakkan *arm in*, *bucket curl*, atau *boom rise* hingga *relief*.
2. Pada saat *arm circuit relief*, tekan tombol *power maximizing* pada lever sebelah kiri.
3. Baca hasil pengukuran pada *monitor panel* atau *pressure gauge*.

Pengukuran *Unload Valve*

1. Matikan *auto decelerator*.
2. Set seluruh perlengkapan kerja *attachment*, *travel*, dan *swing* pada posisi netral.



3. Baca *oil pressure* pada *monitor panel* atau *pressure gauge* (tekanan standar pada *New Machine PC200-8M0*: 26–46 kg/cm²).

Pengukuran Tekanan Relief Ayunan (*Swing Relief Pressure*)

1. Aktifkan sakelar kunci ayunan (*swing lock switch*).
2. Operasikan tuas kontrol perlengkapan kerja sebelah kiri (*PPC swing*) untuk memicu *relief* pada motor ayunan, lalu ukur tekanan oli melalui *monitor panel* atau *pressure gauge*.

Pengukuran Tekanan Relief Perjalanan (*Travel Relief Pressure*)

1. Pasang pin [2] di antara *sprocket* dan rangka *track* untuk mengunci mekanisme perjalanan dengan aman.
2. Operasikan tuas dan pedal perjalanan (*PPC travel lever/pedal*) untuk memicu *relief* pada *travel motor*, lalu ukur tekanan oli melalui *monitor panel* atau *pressure gauge*.

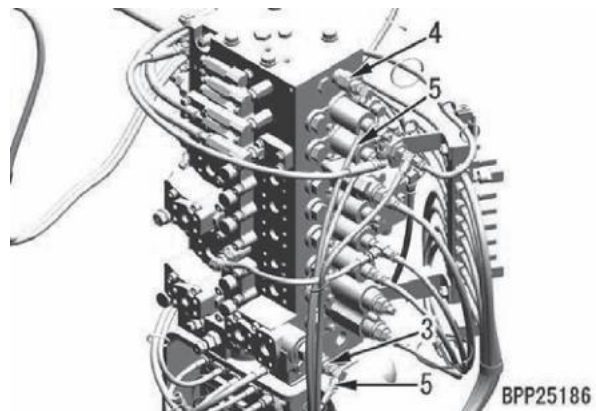
C. Pengujian dan Penyetelan *Hydraulic Relief Valve*

Pengujian dan penyetelan *hydraulic relief valve* dapat dilakukan melalui penyesuaian tekanan relief peralatan kerja dan travel. Selain itu, juga dapat dilakukan melalui penyesuaian tekanan relief ayunan. Apakah perbedaan kedua penyesuaian tersebut? Simaklah uraian berikut agar kamu dapat memahaminya.

1. Penyesuaian (*Adjusting*) Tekanan Relief Peralatan Kerja dan Travel

Prosedur penyesuaian (*adjusting*) tekanan relief peralatan kerja dan travel sebagai berikut.

- a. Jika tekanan relief pada sirkuit peralatan kerja dan sirkuit travel tidak normal, sesuaikan (*adjust*) katup relief utama/*main relief valve* (3) dan (4) sesuai dengan prosedur berikut.
(3): Katup relief utama depan (F)
(4): Katup relief utama belakang (R)
- b. Saat menyetel katup relief utama, lepaskan penutup atas katup kontrol.



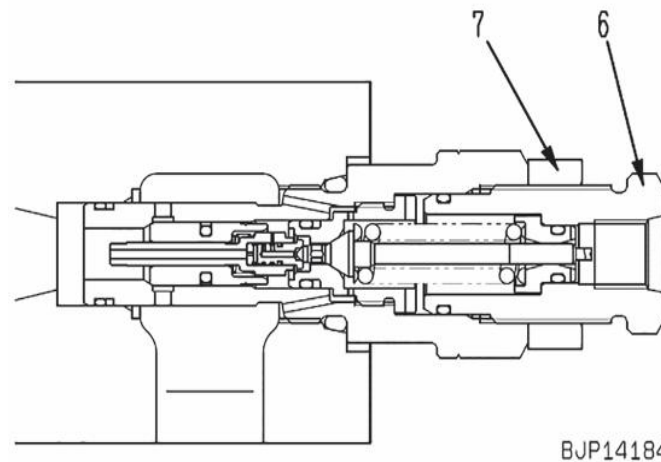
Gambar 2.31 Lokasi *main relief valve* (grup atas dan grup bawah) pada control valve PC200-8M0

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

- c. Sesuaikan hanya tekanan relief rendah dari katup relief utama. Jika prosedur penyetelan untuk tekanan rendah (*low pressure setting*) dilakukan, maka tekanan tinggi (*high pressure setting*) akan otomatis tersetel.
- d. Tekanan relief rendah (*low pressure setting*) adalah tekanan yang diterapkan ketika katup *solenoid relief* 2-tahap dalam kondisi OFF dan tekanan pilot tidak diterapkan ke *port* selektor.

Prosedur penyesuaian (*adjusting*) *main relief valve* pada rangkaian perlengkapan kerja dan *travel system*, sebagai berikut.

- a. Lepaskan selang pilot (5) (terlihat pada Gambar 2.32).
 - b. Tahan pemegang (*holder*) (6), lalu kendurkan mur pengunci (*locknut*) (7).
 - c. Putar pemegang (6) untuk menyetel tekanan yang diinginkan.
 - 1) Jika pemegang diputar ke kanan, tekanan yang disetel akan meningkat.
 - 2) Jika pemegang diputar ke kiri, tekanan yang disetel akan menurun.
 - 3) Jumlah penyesuaian per satu putaran pemegang: sekitar 20,5 MPa (sekitar 209 kg/cm²).
 - d. Sambil menahan pemegang (6), kencangkan mur pengunci (*locknut*) (7).
- Torsi pengencangan mur pengunci: 49 hingga 58,8 Nm (5 hingga 6 kgm).



Gambar 2.32 Struktur dari *Main Relief* Perlengkapan Kerja dan *Travel* pada PC200-8M0

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

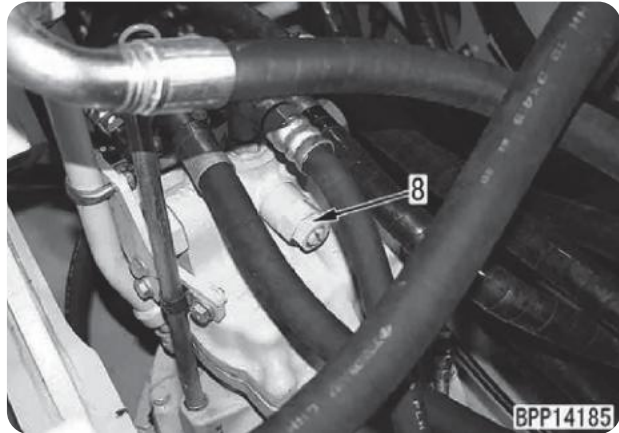
- e. Sambungkan kembali selang pilot (5).
- f. Setelah penyetelan selesai, periksa kembali apakah tekanan oli sudah normal sesuai dengan prosedur pengukuran yang dijelaskan sebelumnya.

2. Penyesuaian (*Adjusting*) Tekanan Relief Ayunan (*Swing Relief Pressure/Safety Valve*)

Apakah kamu mengetahui di manakah lokasi *safety valve* pada *swing motor* PC200-8M0? Kamu dapat mengamati gambar berikut untuk mengetahuinya.

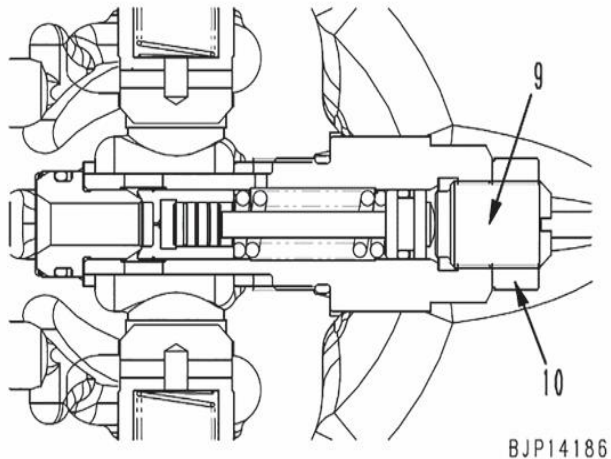
Bagaimanakah penyesuaian (*adjusting*) tekanan relief ayunan (*swing relief pressure/safety valve*)? Jika tekanan relief ayunan (*swing safety pressure*) tidak normal, sesuaikan katup pengaman (8) (lihat Gambar 2.33) pada motor ayunan sesuai dengan prosedur berikut.

1. Sambil menahan sekrup penyetel (*adjustment screw*) (9) (lihat Gambar 2.34), kendurkan mur pengunci (*locknut*) (10).
2. Putar sekrup penyetel (9) untuk menyetel tekanan.
 - a) Jika sekrup diputar ke kanan, tekanan yang disetel akan meningkat.
 - b) Jika sekrup diputar ke kiri, tekanan yang disetel akan menurun.
 - c) Jumlah penyesuaian per satu putaran sekrup: sekitar 6,7 MPa (sekitar 68,4 kg/cm²).
3. Sambil menahan sekrup penyetel (9), kencangkan kembali mur pengunci (*locknut*) (10). Torsi pengencangan mur pengunci: 78 hingga 103 Nm (8 hingga 10,5 kgm).
4. Setelah penyetelan selesai, periksa kembali apakah tekanan oli sudah normal sesuai dengan prosedur pengukuran yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 2.33 Lokasi Safety Valve pada Swing Motor PC200-8M0

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



Gambar 2.34 Struktur Safety Valve pada Swing Motor PC200-8M0

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



Aktivitas 2.5 (Kelompok)

Mencari Informasi tentang Nilai *Relief Pressure* dan *Main Relief Pressure*

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mampu mencari informasi dan berdiskusi tentang nilai *relief pressure* dan *main relief pressure*.

Langkah-Langkah

Bersamaan dengan rekan dalam satu kelompok pada Aktivitas 2.4 sebelumnya, carilah informasi dan diskusikanlah mengenai beberapa hal berikut.

1. Berdasarkan nilai standar pada mesin baru PC200-8M0 untuk *main relief pressure* pada perlengkapan kerja dan travel memiliki nilai yang berbeda, padahal yang bekerja pada *main relief valve* yang sama. Mengapa hal itu terjadi?
2. Mengapa nilai *relief pressure* pada *swing* relatif rendah dibandingkan dengan *main relief pressure* perlengkapan kerja dan travel? Diskusikanlah bersama anggota kelompok.
3. Apa yang terjadi jika nilai *main relief pressure* pada perlengkapan kerja serta travel dan nilai *relief pressure* pada *swing* sirkuit tidak standar? Pertimbangkanlah dari dua sudut, yaitu terlalu rendah dan terlalu tinggi dari nilai standar.
4. Buatlah kesimpulan dari hasil pencarian informasi dan diskusi berbentuk tulisan atau video sesuai kreasi kalian.



Kasus Industri

Nilai tekanan oli pada sistem *hydraulic* yang tidak standar dapat berdampak pada performa unit dan *life time* komponen sehingga perlu dilakukan pengecekan secara berkala (umumnya pada setiap 1.000 HM). Pengecekan ini dikenal sebagai *Pm tune up* yang tidak hanya pada sistem *hydraulic*, tetapi juga pada *engine* dan *power train* unit. *Pm Tune up* ini dapat mengantisipasi berbagai permasalahan pada unit, termasuk permasalahan pada sistem *hydraulic*. Pada kasus industri kali ini mengangkat tentang kecepatan dan tenaga pada semua perlengkapan kerja, *travel*, dan *swing* yang lemah. Hal itu dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu permasalahan pada *unload valve*, *main relief valve*, *self-pressure reducing valve*, *PC-EPC valve*, *PC valve*, *LS-EPC valve*, *LS valve* hingga *servo piston* pada *pump hydraulic*. Guna memastikan komponen mana yang mengalami gangguan, maka dilakukan pengecekan menurut *troubleshooting chart* sehingga dapat menyingkat waktu penyelesaian permasalahan *hydraulic*.





Uji Kompetensi Bab 2

A. Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang benar dari setiap soal!

- Gerakan *arm circuit* pada posisi *arm out* hingga relief, langkah ini dapat diganti juga dengan pergerakan *arm in*, *bucket curl*, atau *boom rise* hingga relief lalu tekan tombol *power maximizing* pada lever sebelah kiri, merupakan prosedur untuk pengukuran
 - main relief valve (low pressure)*
 - main relief valve (high pressure)*
 - unload valve*
 - swing relief pressure*
 - travel relief pressure*
- Berikut yang bukan merupakan cara untuk menaikkan *settingan main relief* ialah
 - travel* digerakkan
 - menggerakkan *boom lower*
 - menonaktifkan *swing lock switch*
 - menggunakan *mode kerja lifting (I)*
 - menekan *left knob ppc/power max switch*
- Besar nilai standar *travel relief* pada PC200-8M0 ialah
 - 28,8–31,8 Mpa
 - 26–46 kg/cm²
 - 343–370 kg/cm²
 - 368–395 kg/cm²
 - 36,7–39,7 MPa
- Pressure relief* yang bekerja membuat nilai tekanan *relief* pada *swing* sirkuit lebih rendah dibandingkan sirkuit *hydraulic* lainnya ialah
 - relief valve low pressure* yang bekerja
 - relief valve high pressure* yang bekerja
 - swing safety valve* yang bekerja
 - swing relief valve low pressure* yang bekerja
 - swing relief valve high pressure* yang bekerja
- Apabila hasil pengukuran *arm in relief* sebesar 300 kg/cm², pernyataan yang benar ialah
 - nilai pengukuran ini telah standar, jadi tidak perlu dilakukan penyetelan *relief valve*
 - nilai pengukuran ini di atas standar, jadi perlu dilakukan penyetelan *relief valve* dengan memutar *judgement relief valve* ke kanan sejauh 1,5 × putaran

- c. nilai pengukuran ini di atas standar, jadi perlu dilakukan penyetelan *relief valve* dengan memutar *judgement relief valve* ke kiri sejauh 2 x putaran
- d. nilai pengukuran ini di bawah standar, jadi perlu dilakukan penyetelan *relief valve* dengan memutar *judgement relief valve* ke kanan sejauh 2,5x putaran
- e. nilai pengukuran ini di atas standar, jadi perlu dilakukan penyetelan *relief valve* dengan memutar *judgement relief valve* ke kiri sejauh 3x putaran

B. Uraian

Jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Oli *hydraulic* yang direkomendasikan dalam sistem *hydraulic* PC200-8M0 ialah TO10 dan HO46-HM. Carilah *data sheet* untuk kedua jenis tersebut!
2. Kerusakan oli *hydraulic* disebabkan oleh beberapa faktor. Sebutkan dan jelaskan penyebab kerusakan oli *hydraulic* tersebut!
3. Sistem *hydraulic* pada alat berat senantiasa dirawat agar terhindar dari kerusakan. Jelaskan melalui diagram tentang perawatan pencegahan pada sistem *hydraulic* alat berat!
4. Nilai *relief pressure* pada *swing* relatif rendah dibandingkan dengan *main relief pressure* perlengkapan kerja dan *travel*. Ungkapkan pendapatmu tentang hal tersebut!
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!



Refleksi

Pembahasan pada Bab 2 mengenai pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat telah meningkatkan pemahamanmu mengenai pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat, pengukuran tekanan sistem *hydraulic*, dan melakukan *testing* dan *adjusting relief valve*. Berilah penilaian diri secara jujur tentang tingkat pemahaman dan penguasaan dari materi pada bab ini dengan menjawab pertanyaan berikut.

1. Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurutmu sulit dipahami? Jelaskan!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kamu pahami? Sebutkan alasannya. Diskusikan dengan teman maupun gurumu.



Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurutmu sulit dipahami? Tuliskan alasanmu!

1.
2.
3.

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kamu pahami? Sebutkan alasannya!

1.
2.
3.



Pengayaan

Buatlah kelompok berbagi pemahaman yang beranggotakan 3–4 murid. Tunjuk salah satu dari kalian yang paham mengenai pemeliharaan sistem *hydraulic* alat berat untuk menjadi tutor kepada teman yang masih kurang paham. Adapun topik pembahasan sebagai berikut.

1. Melakukan Pemeliharaan Sistem *Hydraulic* Alat Berat
2. Melakukan Pengukuran Tekanan Sistem *Hydraulic*
3. Melakukan *Testing* dan *Adjusting Relief Valve*

Gunakan gawai kalian yang telah terhubung dengan koneksi internet, lakukan kegiatan mencari informasi mengenai sistem *hydraulic* pada alat berat. Telusurilah informasi tersebut melalui referensi dan tautan berikut.



1. *Periodic Service 1.000 HM : Penggantian Hydraulic Oil Filter Element*

- a. <https://s.id/rVZkL>
- b. <https://s.id/is6to>



(a)



(b)

2. *Bleeding Udara pada Sistem Hydraulic*

- a. *Hydraulic Cylinder*
<https://s.id/0X6MQ>
- b. *Travel Motor*
<https://s.id/fMEFv>



(a)



(b)

3. *Periodic Service 2.000 HM: Membersihkan Hydraulic Tank Strainer*
<https://s.id/zWkKc>



4. *PPM Chassis : PC300-8 : Pengukuran Tekanan Hydraulic pada Perlengkapan Kerja Hydraulic Excavator Komatsu PC135*
<https://s.id/nStl0>



5. *PPM Chassis : PC300-8 : Pengukuran Tekanan Ayun (Swing Pressure) pada Hydraulic Excavator Komatsu PC135*
<https://s.id/XbEjE>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-3311-3 (jil.2 PDF)

Bab
3

Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat



Apa yang kamu lakukan, jika mendapatkan unit alat berat yang tidak dapat menyala (*engine* tidak dapat start atau *cranking*)?



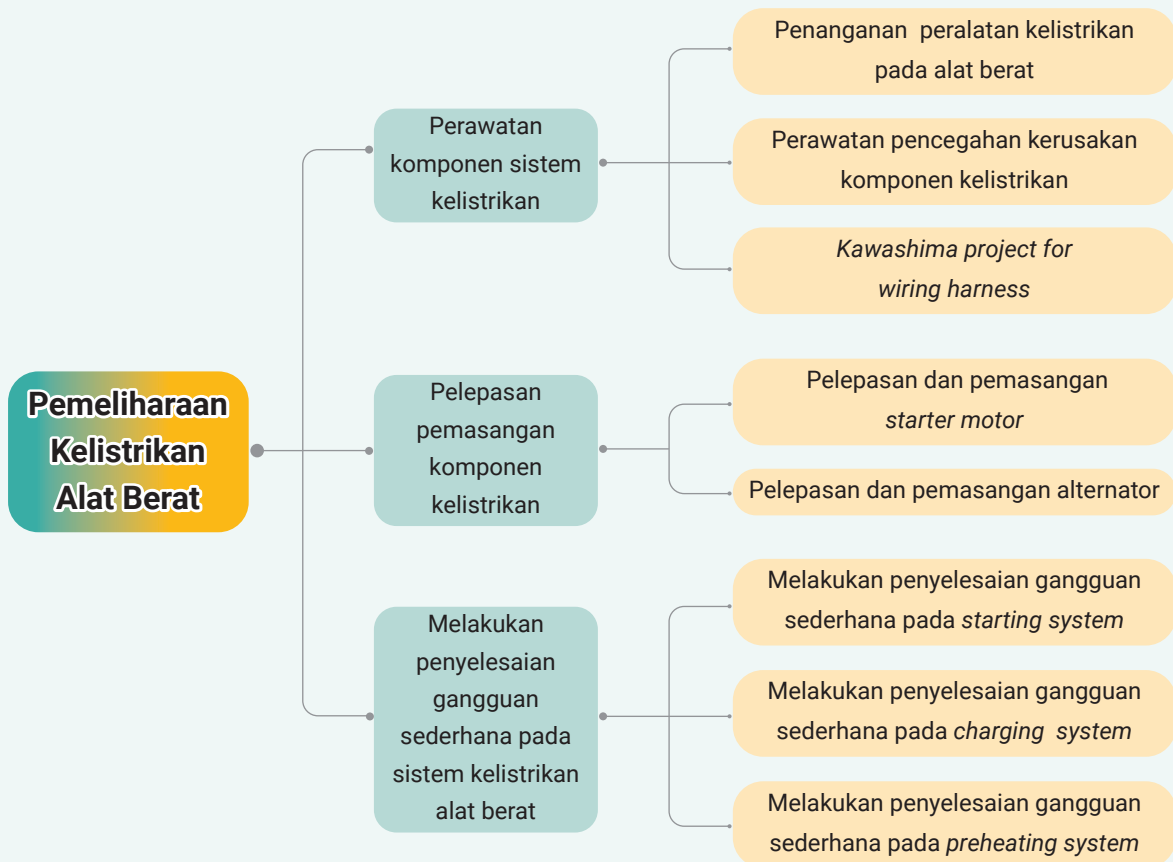


Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kamu dapat melakukan pemeliharaan pada *battery*, *motor starter*, dan *charging alternator*, melepas dan memasang *motor starter*, *charging alternator* serta melakukan penyelesaian masalah sederhana pada rangkaian *starting*, *preheating*, dan *charging system*.



Peta Materi



Kata Kunci

- *Kawashima*
- pemeliharaan
- pelepasan
- pemasangan
- *troubleshooting*

Sebuah unit alat berat yang berada di tempat kerja didapati *engine* yang digunakan tidak dapat *start/cranking*). Hal apa saja yang kamu lakukan untuk menyelesaikan kejadian tersebut? Ada beberapa sebab yang memungkinkan hal itu terjadi. Hal tersebut dapat terjadi karena permasalahan dari *wiring starting circuit* dan *battery*. Selain itu, dapat disebabkan koneksi terminal, *starting motor*, *safety relay*, *battery relay*, dan lain-lain. Pekerjaan pemeriksaan ini, dimulai dari yang mudah dan memahami kriteria pengujian setiap komponen-komponen kelistrikan tersebut. Dengan demikian, hal itu dapat mempercepat penemuan masalah, prosedur dalam penyelesaian permasalahan yang terkait alat berat, dan telah ada panduannya dalam manual unit. Untuk mencegah terjadinya *breakdown* lebih banyak dan lama, maka diperlukan tindakan perawatan pencegahan secara teratur yang telah diatur dalam *operation and maintenance manual* (OMM).



Tahukah Kamu?

Komponen-komponen kelistrikan alat berat, seperti *battery*, *starter motor*, dan alternator, harus dicek secara berkala. Selain itu, juga ada program *midlife* (separuh umur unit) untuk dilakukan penggantian atau disebut juga melepas komponen yang lama dan memasang komponen yang baru. Pemasangan komponen yang baru dilakukan secara benar agar performa *engine* tetap terjaga secara prima.



Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat

Aktivitas pemeliharaan alat berat meliputi penanganan peralatan kelistrikan dan perawatan berkala pada sistem kelistrikan alat berat. Cermatilah penjelasan berikut agar kamu memahami tentang pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat.

1. Tindakan Pencegahan dalam Menangani Peralatan Kelistrikan pada Alat Berat

Kinerja alat berat dalam jangka panjang harus dijaga untuk mencegah terjadinya kerusakan atau gangguan. Oleh karena itu, operasi yang benar, perawatan, pemeriksaan, pemecahan masalah (*troubleshooting*), dan perbaikan pada alat berat harus dilakukan dengan tepat.

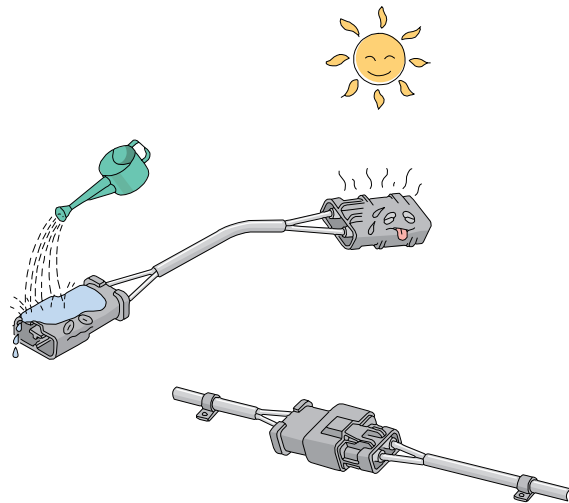
Bagian ini secara khusus membahas prosedur perbaikan yang benar untuk komponen kelistrikan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas perbaikan. Simaklah uraian berikut agar kamu memahami prosedur perbaikan tersebut.

a. Menangani Kabel *Harness* dan Konektor

Bagaimanakah cara penanganan kabel *harness* dan konektor? Simaklah penjelasan berikut ini untuk mengetahuinya.



1. Kabel *harness* terdiri dari kabel-kabel yang menghubungkan satu komponen ke komponen lainnya. Konektor digunakan untuk menghubungkan dan melepaskan satu kabel dengan kabel lainnya. Selain itu, digunakan pelindung atau tabung untuk melindungi kabel-kabel tersebut.
2. Kabel *harness* lebih rentan terhadap pengaruh langsung, seperti air hujan, panas, atau getaran dibandingkan komponen listrik lain yang dipasang dalam kotak atau rumah pelindung. 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*.



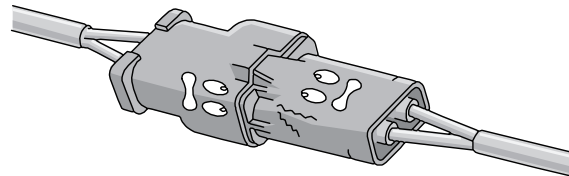
Gambar 3.1 Kabel *harness* lebih rentan terhadap pengaruh air hujan, panas, atau getaran.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/* Komatsu

b. Kegagalan Utama yang Terjadi pada Kabel *Harness*

Kontak tidak sempurna pada konektor (kontak tidak sempurna antara konektor jantan dan betina). Masalah kontak tidak sempurna dapat terjadi karena berikut.

1. Konektor jantan tidak terpasang dengan benar ke konektor betina. Salah satu atau kedua konektor mengalami deformasi atau posisinya tidak sejajar dengan tepat atau karena adanya korosi atau oksidasi pada permukaan kontak.
2. Permukaan kontak yang mengalami korosi atau oksidasi dapat menjadi bersih kembali (dan kontak bisa kembali normal) dengan cara menyambung dan melepaskan konektor sekitar sepuluh kali.

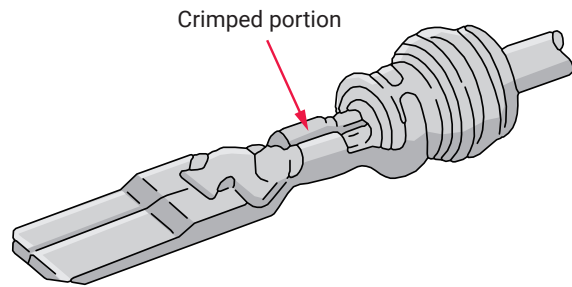


Gambar 3.2 Pemasangan Soket yang Tidak Tepat

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/* Komatsu

c. *Crimping* atau Penyolderan Konektor yang Cacat

Pin pada konektor jantan dan betina dihubungkan ke kabel dengan cara *crimping* (penjepitan) atau penyolderan. Jika gaya berlebih diterapkan pada kabel, area sambungan dapat menjadi longgar. Hal tersebut dapat menyebabkan koneksi tidak sempurna atau bahkan sambungan putus.

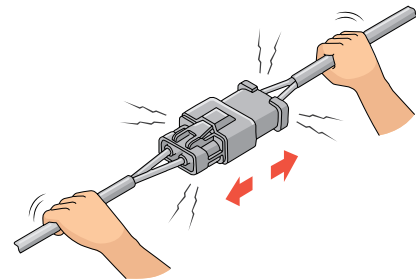


Gambar 3.3 Bagian Kabel yang Dijepit

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/* Komatsu

d. Putusnya Sambungan pada Kabel

Kabel *harness* ditarik untuk melepaskan konektor atau komponen diangkat dengan *crane*. Sementara itu, kabel *harness* masih terhubung atau benda berat menabrak kabel *harness*, maka dapat terjadi *crimping* pada konektor terlepas, solderan rusak, atau kabel *harness* putus.

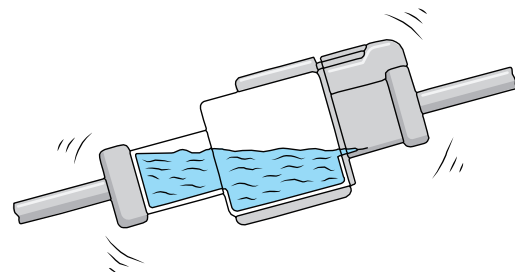


Gambar 3.4 Penarikan Kabel Harness untuk Melepas Konektor

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/* Komatsu

e. Masuknya Air Bertekanan Tinggi ke Dalam Konektor

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 menyemprotkan air ke arah konektor.



Gambar 3.5 Air dalam Konektor

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/* Komatsu

Meskipun konektor dirancang untuk mencegah masuknya air, jika air sudah masuk, air sulit dikeluarkan. Jika air masuk ke dalam konektor, 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.

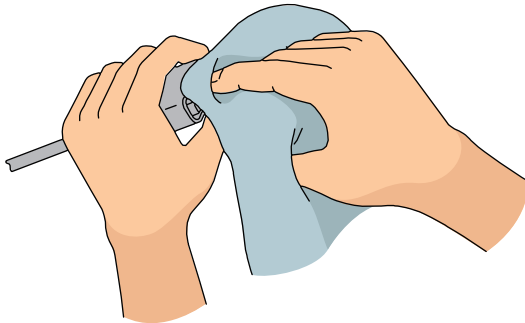
Tindakan apakah yang dilakukan, jika air, lumpur, atau kotoran masuk saat melepas konektor? Apabila minyak, lumpur, atau kotoran menempel pada konektor, apakah yang dilakukan? Simaklah penjelasan berikut agar kamu mengetahuinya.

1) Masuknya Air, Lumpur, atau Kotoran Saat Melepas Konektor

Jika terdapat air, lumpur, atau kotoran yang menempel di bagian luar konektor, maka kotoran tersebut bisa masuk ke dalam konektor saat konektor dilepaskan. Sebelum melepaskan konektor, bersihkan air atau kotoran yang menempel menggunakan kain kering atau tiup dengan udara bertekanan.

2) Minyak, Lumpur, atau Kotoran yang Menempel pada Konektor

- a) Jika terdapat minyak atau gemuk yang menempel pada konektor dan membentuk lapisan minyak di permukaan sambungan antara pin jantan dan betina, arus listrik bisa terhambat yang mengakibatkan kontak tidak sempurna.
- b) Jika ada minyak, gemuk, lumpur, atau kotoran menempel pada konektor, lap bagian tersebut dengan kain kering atau tiup dengan udara bertekanan, lalu semprotkan cairan pembersih kontak listrik.



Gambar 3.6 Pembersihan Air atau Kotoran dari Konektor dengan Kain Lap

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/* Komatsu



Catatan Penting

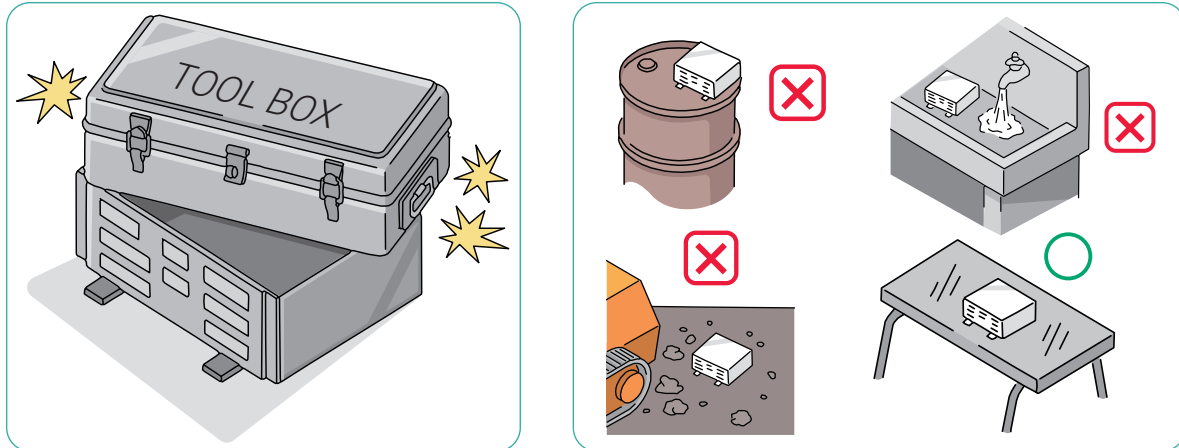
1. Saat membersihkan bagian sambungan konektor, jangan memberikan tekanan berlebih agar pin tidak berubah bentuk.
2. Jika udara bertekanan yang digunakan mengandung minyak atau air, hal itu justru akan membuat kontak makin kotor.
3. Jadi, pastikan udara bertekanan bebas dari minyak dan air sebelum digunakan untuk membersihkan konektor.

f. Penanganan Kontroler

Bagaimanakah cara penanganan kontroler? Penanganan kontroler dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa hal berikut ini.



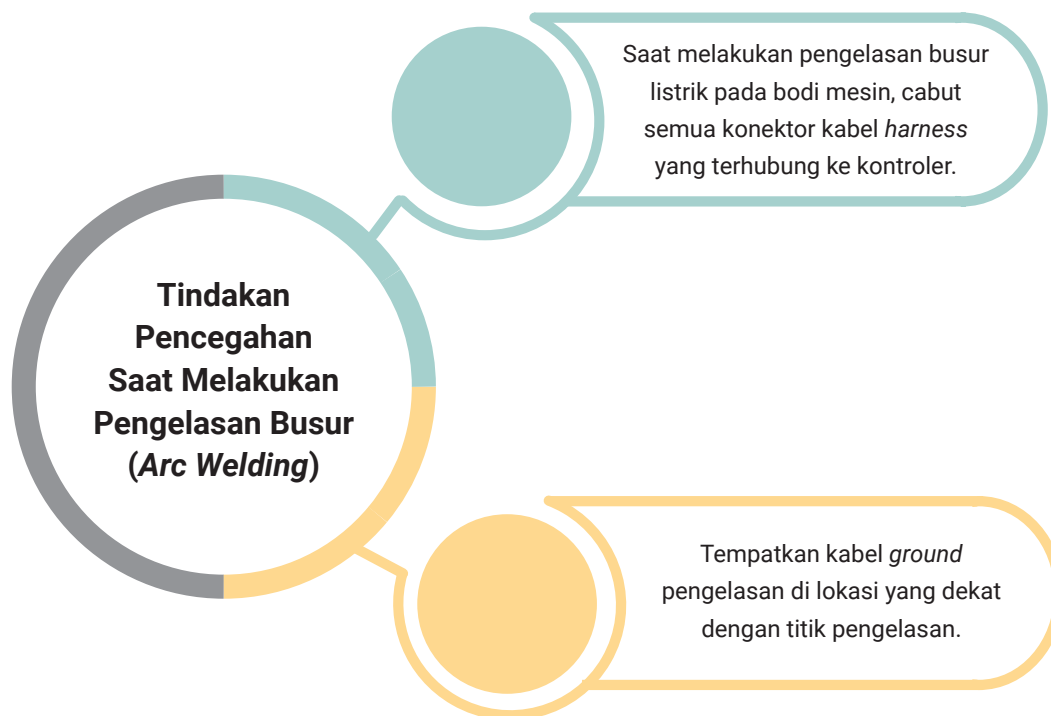
Gambar 3.7 Penanganan Kontroler



Gambar 3.8 Penanganan Kontroler Alat Berat

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Bagaimanakah tindakan pencegahan saat melakukan pengelasan busur (*arc welding*). Cermati diagram berikut ini agar kamu mengetahuinya.



Gambar 3.9 Tindakan Pencegahan Saat Melakukan Pengelasan Busur (Arc Welding)

2. Perawatan Berkala pada Sistem Kelistrikan Alat Berat

Perawatan berkala pada sistem alat berat meliputi pemeriksaan tingkat elektrolit baterai, pemeriksaan sistem kelistrikan alternator, dan pemeriksaan kelistrikan *starting* motor. Simaklah penjelasan berikut ini agar kamu memahami masing-masing perawatan.

a. Pemeriksaan Tingkat Elektrolit Baterai Setiap Servis Berkala 250 Hm

Lakukan prosedur berikut sebelum mengoperasikan mesin. Namun, cermati peringatan dan catatan berikut terlebih dahulu.



Peringatan

1. Jangan gunakan baterai jika tingkat elektrolit berada di bawah garis level bawah (*lower level*). Hal itu akan mempercepat kerusakan bagian dalam baterai dan mengurangi masa pakai baterai. Selain itu, dapat menyebabkan ledakan.
2. Baterai menghasilkan gas yang mudah terbakar dan berisiko meledak, jangan dekatkan api atau percikan api ke arah baterai.
3. Elektrolit baterai berbahaya. Jika terkena mata atau kulit, bilas dengan air dalam jumlah banyak, dan segera konsultasikan ke dokter.



Perhatian

1. Saat menambahkan air suling ke dalam baterai, jangan biarkan tingkat elektrolit melewati garis level atas (*upper level*). Jika tingkat elektrolit terlalu tinggi, cairan bisa bocor dan menyebabkan kerusakan pada permukaan cat atau mengikis (korosi) bagian lain.
 2. Saat menambahkan air suling pada cuaca dingin, tambahkan air sebelum memulai operasi di pagi hari untuk mencegah elektrolit membeku.
-
- 1) Periksa tingkat elektrolit baterai setidaknya sekali dalam sebulan dan ikuti prosedur keselamatan dasar berikut ini (lihat Gambar 3.10).
 - (a) Buka penutup (1) di sisi kiri belakang mesin.
 - (b) Baterai terpasang di bagian (A).

2) Saat memeriksa tingkat elektrolit dari sisi baterai

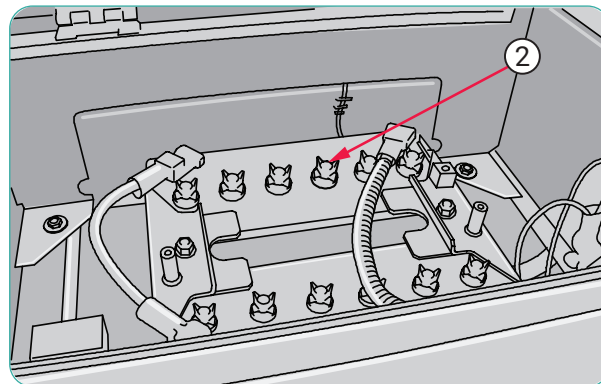
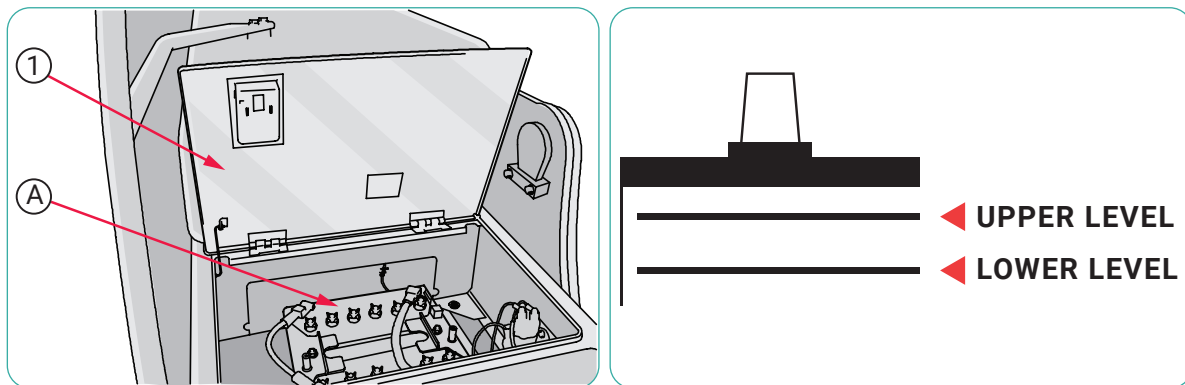
Jika memungkinkan untuk memeriksa tingkat elektrolit dari sisi baterai, lakukan langkah-langkah berikut.

- (a) Gunakan kain basah untuk membersihkan area di sekitar garis indikator tingkat elektrolit. Periksa apakah tingkat elektrolit berada di antara garis Level Atas/*Upper Level* (U.L.) dan Level Bawah/*Lower Level* (L.L.).

⚠ Jika baterai dibersihkan dengan kain kering, listrik statis dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan.

- (b) Jika tingkat elektrolit berada di bawah titik tengah antara garis U.L. dan L.L., buka tutup (2) dan tambahkan air murni (misalnya air pengisi baterai yang dijual di pasaran) hingga mencapai garis U.L.

- (c) Setelah menambahkan air suling, kencangkan kembali tutup (2) dengan rapat.



Gambar 3.10 Pemeriksaan Tingkat Elektrolit Baterai

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/ Komatsu*

 Catatan

Jika air suling ditambahkan melewati garis Level Atas/ *Upper Level* (U.L.), gunakan suntikan (*syringe*) untuk menurunkan tingkat cairan hingga mencapai garis U.L. Netralisasi cairan yang dikeluarkan tersebut dengan soda kue (natrium bikarbonat), lalu bilas dengan air dalam jumlah banyak atau konsultasikan ke distributor Komatsu atau produsen baterai.

3) Jika tidak mungkin memeriksa tingkat elektrolit dari sisi baterai

Jika tidak memungkinkan memeriksa tingkat elektrolit dari sisi baterai atau tidak ada tampilan garis Level Atas/ *Upper Level* (U.L.) di sisi baterai, lakukan pemeriksaan sebagai berikut.

(a) Lepaskan tutup (2) di bagian atas baterai, lihat melalui lubang pengisian air (3), dan periksa permukaan elektrolit. Jika permukaan elektrolit belum mencapai selongsong (4), tambahkan air murni (air isi ulang baterai yang tersedia di pasaran) hingga permukaan mencapai bagian bawah selongsong (garis level atas) secara menyeluruh.

(1) Tingkat yang sesuai: tingkat elektrolit mencapai bagian bawah selongsong sehingga tegangan permukaan menyebabkan permukaan elektrolit sedikit menggembung dan kutub tampak melengkung.

(2) Terlalu rendah: tingkat elektrolit belum mencapai bagian bawah selongsong sehingga kutub tampak lurus dan tidak melengkung.

(b) Setelah menambahkan air suling, kencangkan kembali tutup (2) dengan rapat.

 Catatan

Jika air ditambahkan melebihi ujung bawah selongsong, gunakan pipet untuk mengeluarkan kelebihan elektrolit. Netralisasi cairan yang dikeluarkan dengan natrium bikarbonat (soda kue), lalu bilas dengan banyak air. Jika diperlukan, hubungi distributor Komatsu atau produsen baterai. Untuk meningkatkan pemahamanmu dalam pemeriksaan tingkat elektrolit baterai, simaklah video berikut.

#UTTIPS - Cara
Memeriksa
Level Elektrolit
pada Baterai
(<https://s.id/h7NbT>)



b. Pemeriksaan Sistem Kelistrikan Alternator

Pemeriksaan sistem kelistrikan alternator dilakukan setiap 2.000 jam sekali. Apabila *engine* pada unit alat berat sering dinyalakan, lakukan pemeriksaan ini setiap 1.000 jam. Kamu dapat membuka tautan yang diberikan terkait pemeriksaan alternator pada alat berat.

c. Pemeriksaan Sistem Kelistrikan *Starting Motor*

Pemeriksaan sistem kelistrikan motor starter dilakukan setiap 4.000 jam sekali. Jika *engine* sering dinyalakan, lakukan pemeriksaan ini setiap 1.000 jam. Kamu dapat membuka tautan video di samping untuk memahami petunjuk dalam pemeriksaan sistem kelistrikan motor starter.

Pemeriksaan sistem kelistrikan lainnya pada alat berat *hydraulic excavator*, yaitu *wiring battery*, *battery relay*, dan *fuse*. Hal itu dapat kamu pahami melalui video dengan tautan yang diberikan di samping.

3. Kawashima Project Wiring Maintenance

Wiring maintenance merupakan suatu kegiatan perawatan pencegahan dengan cara melakukan modifikasi jalur, memperkuat (*reinforce*), dan menata kembali *wiring harness*. Kegiatan perawatan tersebut dilakukan bertujuan untuk mencegah kerusakan dini yang diakibatkan oleh gesekan-gesekan terhadap komponen.

Prosedur untuk melakukan *wiring maintenance* ini dimulai dengan melakukan pengecekan terhadap seluruh komponen *wiring electric* yang berpotensi terjadi keausan, benturan, dan gesekan. Selain itu, terjadinya getaran, terjepit, radius bengkokan terlalu kecil, dan terpelintir yang dapat menyebabkan kerusakan dini.

Kegiatan selanjutnya, menyiapkan bahan-bahan untuk melakukan modifikasi, seperti *tie-rop*, *wiring clamp*, dan *gromet*. Setelah itu, dilanjutkan dengan melakukan proses modifikasi terhadap temuan komponen-komponen yang berpotensi terjadi kerusakan dini. Modifikasi dapat dilakukan dengan cara mengubah jalur hingga memperbesar radius bengkokan. Langkah terakhir dari proses perawatan *wiring harness* ini ialah melakukan *monitoring* dan evaluasi terhadap hal yang telah dilakukan. Dengan demikian, apabila masih terdapat temuan-temuan lagi dapat dimulai dari proses awal kembali.

Program

**Pemeriksaan
Harian** PC300-8:

Pemeriksaan
Electrical System
(Wiring Alternator)

#UTTIPS -

Pemeriksaan **Wiring
Starting Motor** pada
Excavator -
YouTube

#UTTIPS -

Pemeriksaan
Sistem Elektrikal
pada **Hydraulic
Excavator**



Kawashima program merupakan salah satu program pemeliharaan alat berat yang bertujuan menjaga performa unit dengan melakukan perawatan *hose* dan sirkuit kelistrikan agar selalu dalam kondisi baik. Kawashima program termasuk dalam kegiatan perawatan pencegahan. Tujuan dari kegiatan ini ialah menghindari kerusakan pada *hose* dan *wiring* sehingga dapat mencegah dari terjadinya *breakdown* pada unit alat berat yang mengurangi nilai *physical availability* (PA) suatu unit. Pekerjaan Kawashima selain melakukan penggantian terhadap kondisi dari *hose* dan *wiring* yang sudah mengalami kerusakan, juga melakukan reposisi terhadap posisi pemasangan yang tidak tepat. Posisi pemasangan *hose* dan *wiring* pada unit yang tidak tepat, akan menyebabkan kerusakan pada sistem *hydraulic*. Selain itu, dapat menyebabkan kerusakan *short circuit* pada sistem kelistrikannya dan berpotensi menyebabkan kerusakan yang paling parah yaitu kebakaran.

Berikut beberapa contoh kasus tentang perlakuan pada pemasangan *wiring harness* serta beberapa problem yang terjadi beserta penyelesaiannya.

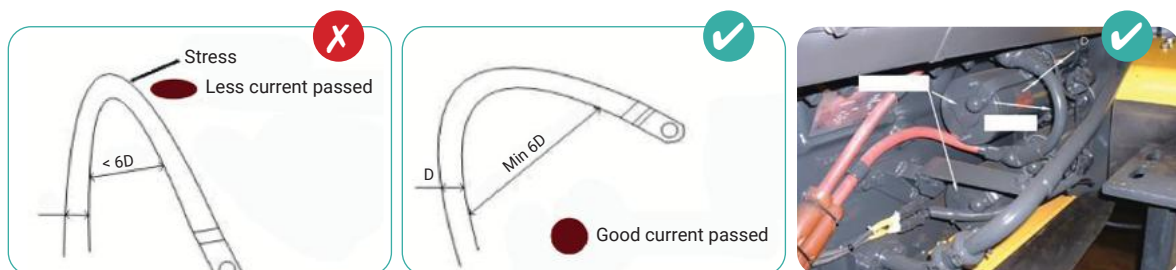
Point 1

Permasalahan:

Radius tekukan dari kabel (pada *starting motor*, *battery*, dan lain-lain) terlalu kecil, sehingga dapat menimbulkan serabut kawat dari kabel PATAH. Selain itu, dapat juga menimbulkan *bolt* mudah kendur karena vibrasi/getaran jika tekukan terlalu kecil.

Langkah Pencegahan:

Tidak melakukan penekukan yang berlebihan pada kabel hingga di bawah standar.



Gambar 3.11 Radius Tekukan pada Kabel

Sumber: Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)

Langkah Perbaikan:

- Reposisi dan pastikan radius dari tekukan kabel adalah 6 kali dari diameter kabel.
- Fixed posisi dari kabel menggunakan *clamp* dan *bolt*, *tie rap* atau media lainnya sehingga kabel pada posisi aman.

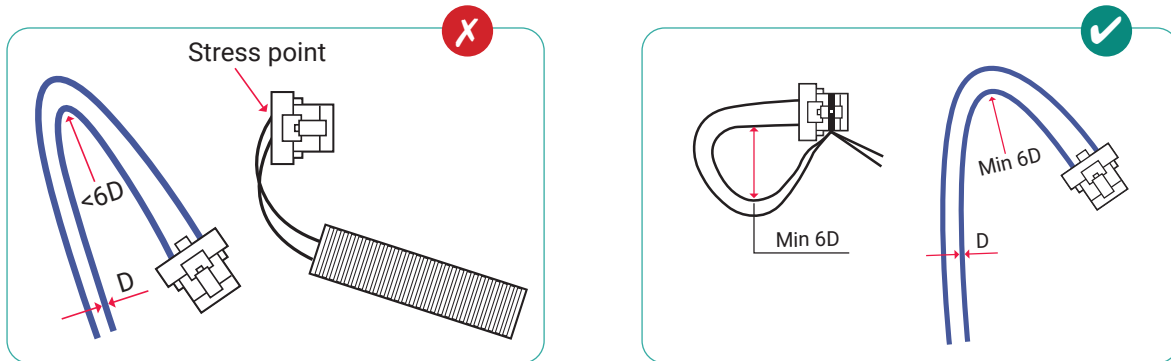
Point 2

Permasalahan:

Radius tekukan dari kabel (pada konektor) terlalu kecil sehingga dapat menimbulkan putusnya pada persambungan dan serabut kawat dari kabel PATAH.

Langkah pencegahan:

Tidak melakukan penekukan yang berlebihan pada kabel hingga dibawah standar.



Gambar 3.12 Radius Tekukan pada Kabel pada Konektor

Sumber: diilustrasi ulang dari *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk* (2012)

Langkah Perbaikan:

- Reposisi dan pastikan radius dari tekukan kabel adalah 6 kali dari diameter kabel.
- Fixed* posisi dari kabel dengan menggunakan *clamp* dan *bolt*, tierap atau media lainnya sehingga kabel pada posisi aman. (Perhatikan posisi *tie rap* pada konektor seperti Gambar 3.12)

Point 3

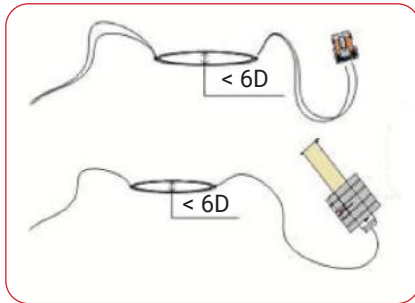
Permasalahan:

Kabel terlalu panjang, radius tekukan penggulungan dari kabel (pada konektor maupun sensor) terlalu kecil sehingga dapat menimbulkan putusnya pada persambungan dan serabut kawat dari kabel PATAH.

Langkah Pencegahan:

- Tidak melakukan penekukan yang berlebihan pada gulungan kabel yang terlalu panjang hingga di bawah standar.
- Panjang kabel yang ideal sesuai kebutuhan dan tidak terlalu panjang.

X

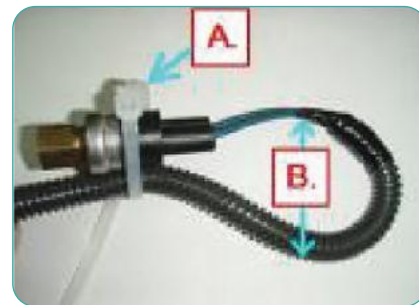
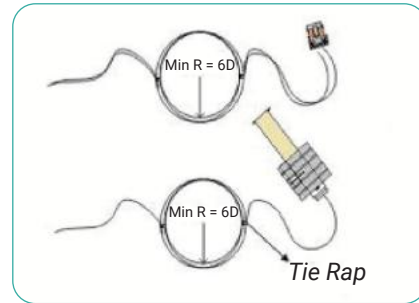


Radius tekukan pada *wiring harness* terlalu kecil dan di bawah standar.



Radius gulungan pada *wiring harness* cukup, tetapi kurang *fix* jika hanya diikat dengan 1 tie rap saja.

✓



Radius tekukan pada *wiring harness* sesuai standar, yaitu minimal 6 kali diameter kabel dan diikat dengan *tie rap*.



Radius gulungan pada *wiring harness* sesuai standar, yaitu minimal 6 kali diameter kabel dan diikat dengan 2 buah *tie rap*.

Gambar 3.13 Radius Tekukan pada Gulungan Kabel dan Sensor

Sumber: Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)

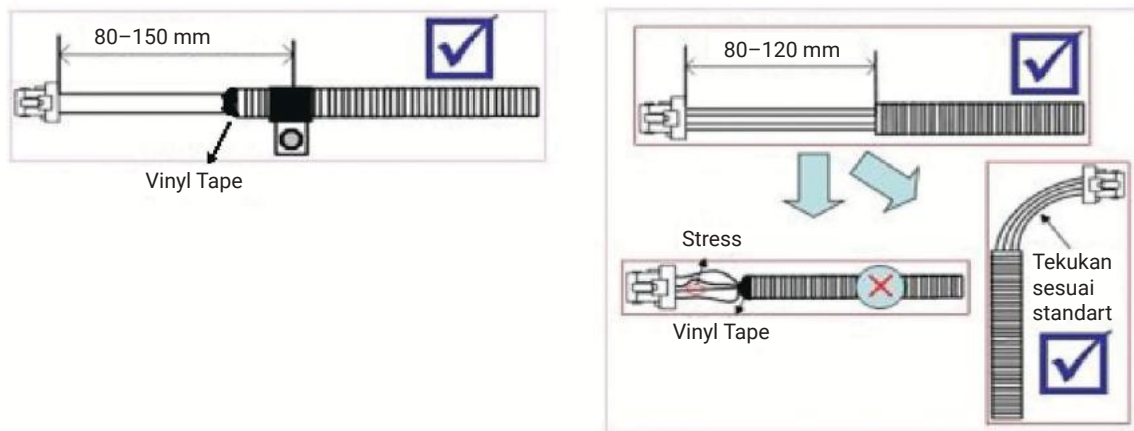
Point 4

Permasalahan:

- Kabel mengalami *stressing* karena jarak antara ujung *spiral conduit* dan konektor terlalu pendek serta kabel diisolasi pada ujung *conduit*.
- Kabel patah karena radius tekukan di bawah standar karena jarak antara ujung *spiral conduit* dan konektor terlalu pendek.

Langkah Pencegahan:

Tidak mengaplikasikan *konduit* terlalu panjang sehingga mengakibatkan jarak antara ujung *konduit* dan konektor terlalu pendek.



Gambar 3.14 Kabel Mengalami Stressing

Sumber: Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)

Langkah Perbaikan:

- Perbaiki jarak antara ujung *conduit* dan konektor sesuai standar dengan memotong *conduit*.
- Tempatkan dan pastikan kekencangan dari posisi dari kabel menggunakan *clamp* dan *bolt*, *tie rap*, atau media lainnya sehingga kabel pada posisi aman. Pastikan jarak *clamp* sesuai standar.

Point 5

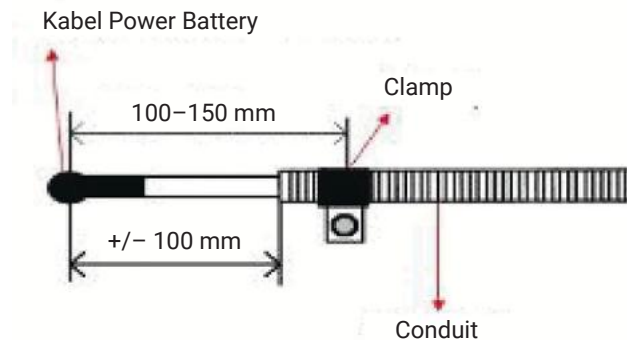
Permasalahan:

Kabel *power* menghasilkan percikan api yang cukup besar jika terjadi *short circuits*.



Langkah Perbaikan

- Tambahkan *spiral conduit* pada kabel *power* (kabel yang berarus tinggi) dan tambahkan *vinyl tape* pada ujung *conduit*.
- Tempatkan dan pastikan kekencangan dari posisi dari kabel menggunakan *clamp* dan *bolt, tie rap* atau media lainnya sehingga kabel pada posisi aman.
- Aplikasikan *spiral conduit* dan *clamp* sesuai standar.



Gambar 3.15 Pemasangan *Spiral Conduit* dan *Clamp* sesuai Standar

Sumber: *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk (2012)*



Aktivitas 3.1 (Kelompok)

Pemeliharaan Sistem Kelistrikan Alat Berat

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mampu melakukan pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat.

Langkah-Langkah

- Buatlah kelompok yang beranggotakan 3–4 orang.
- Carilah informasi terkait melepas, memasang, dan mengeringkan beberapa konektor serta kabel *harness*. Kalian dapat menggunakan *shop manual* unit sebagai panduan.
- Pemeriksaan tingkat elektrolit baterai setiap servis berkala 250 HM, dapat dilakukan dengan beberapa langkah agar pekerjaan ini minim risiko. Buatlah *job safety analysis* (JSA) terkait pekerjaan ini.
- Lakukanlah implementasi implementasi dari KAWASHIMA *Project* pada *wire* dengan memberikan 2 *prototype* per kelompok.

B. Pelepasan dan Pemasangan Komponen Kelistrikan Alat Berat

Pelepasan dan pemasangan komponen kelistrikan alat berat meliputi pelepasan dan pemasangan *motor starter* dan alternator. Simaklah penjelasan berikut agar kamu memahami tentang hal tersebut.

1. Pelepasan dan Pemasangan Motor Starter

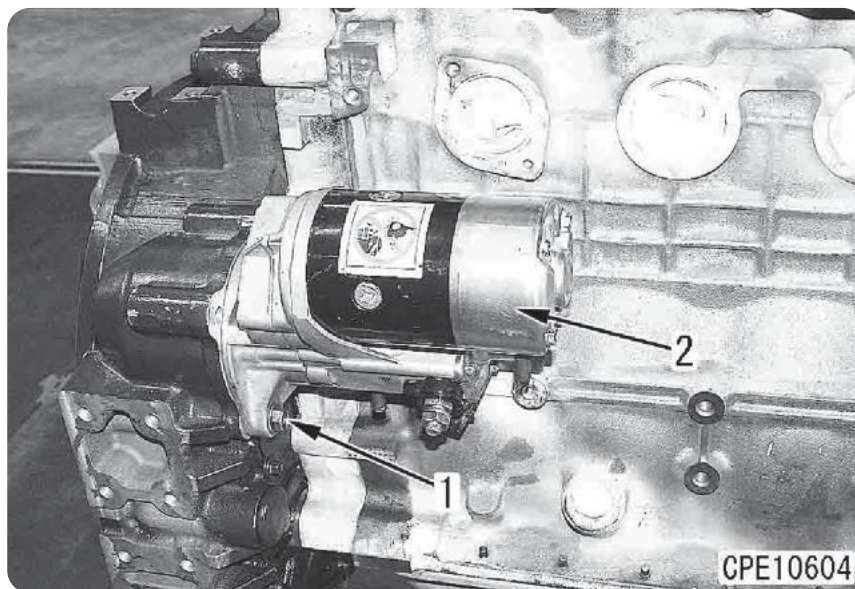
Bagaimanakah cara melepaskan dan memasang *motor starter*? Berikut langkah-langkah tentang pelepasan dan pemasangan *motor starter*.

a. Pelepasan Motor Starter

Pelepasan *motor starter* pada alat berat *hydraulic excavator* dan *bulldozer* dapat dilakukan melalui prosedur berikut ini.

1) Pada Unit Alat Berat *Hydraulic Excavator* PC200-8M0

Amatilah Gambar 3.16 berikut. Lepaskan baut pemasangan (1) dan kemudian lepaskan motor starter (2).



Gambar 3.16 Pelepasan Motor Starter

Sumber: Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu

2) Pada Unit Alat Berat *Bulldozer* D85ESS-2A

Pelepasan *motor starter* pada unit alat berat *bulldozer* dapat dilakukan melalui langkah berikut ini.



- (a) Buka penutup sisi kanan atas dan lepaskan penutup sisi bawah.

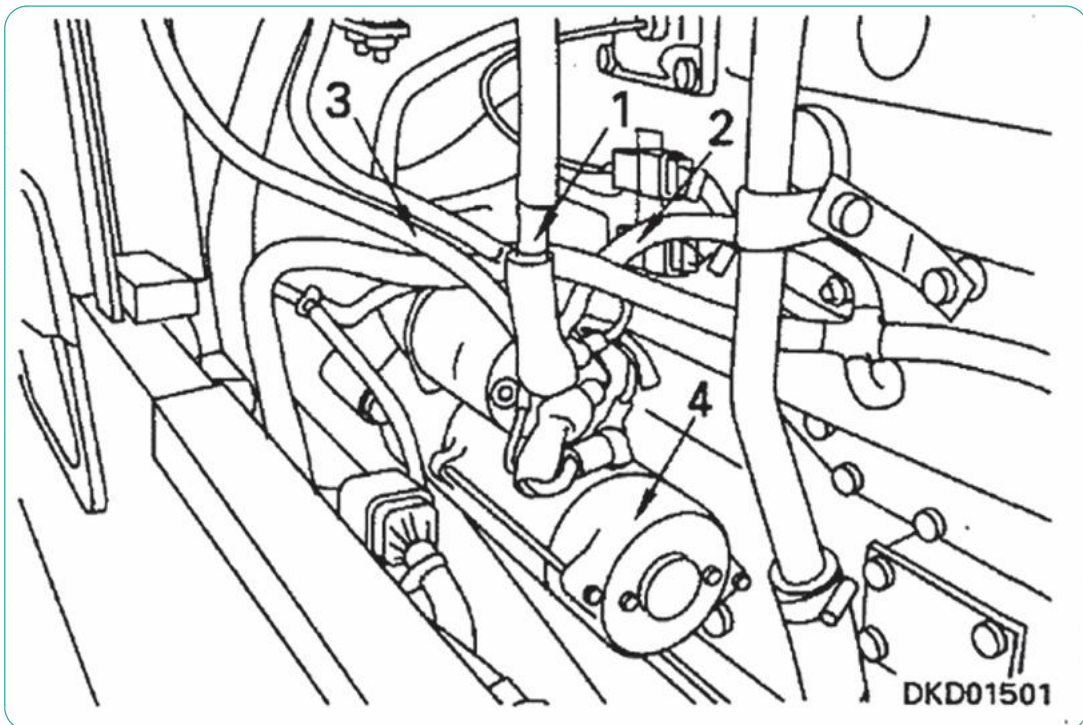
Pada mesin dengan spesifikasi kabin, tangki *washer* terpasang di dalam penutup sisi kanan bawah. Jadi, lepaskan selang dan konektornya terlebih dahulu, kemudian lepaskan penutup sisi bawah.



Catatan

⚠ Lepaskan kabel dari terminal negatif (-) baterai.

- (b) Amati Gambar 3.17, lepaskan kabel (1) dan (2).
- (c) Selanjutnya, lepaskan konektor (3).
- (d) Setelah itu, lepaskan rakitan motor starter (4).



Gambar 3.17 Posisi Motor Starter pada Engine D85ESS-2A

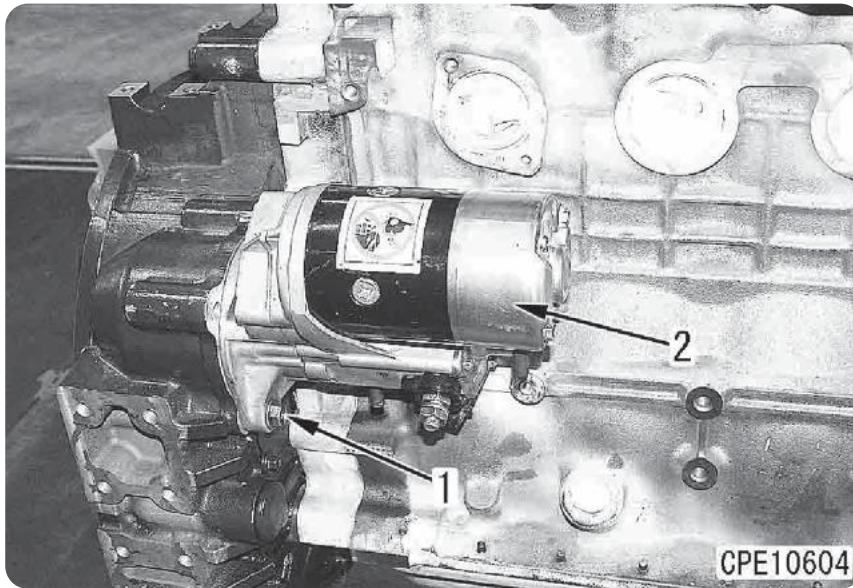
Sumber: Shop Manual Engine 125 Series/Komatsu

b. Pemasangan Motor Starter

Pemasangan *motor starter* pada alat berat *hydraulic excavator* dan *bulldozer* dapat dilakukan melalui prosedur berikut ini.

1) Pada Unit Alat Berat *Hydraulic Excavator* PC200-8M0

Amati Gambar 3.18, pasang *gasket*, lalu pasang *motor starter* (2) dengan baut (1). Selanjutnya, oleskan *sealant gasket* (LG-7) selebar 1 mm di seluruh keliling sisi depan dan belakang *gasket*.



Gambar 3.18 Pemasangan motor starter

Sumber: Shop Manual Engine 107 Series/ Komatsu

2) Pada Unit Alat Berat *Bulldozer* D85ESS-2A

Pemasangan *motor starter* pada unit alat berat *bulldozer* dapat dilakukan dengan urutan yang berlawanan dari langkah pelepasan.

2. Pelepasan dan Pemasangan Alternator

Bagaimanakah cara melepaskan dan memasang alternator? Berikut langkah-langkah tentang pelepasan dan pemasangan alternator.

a. Pelepasan Alternator

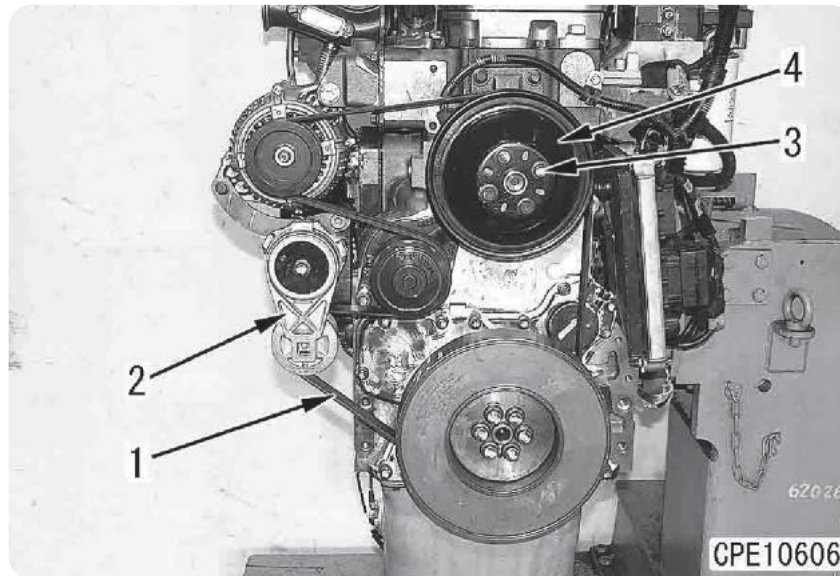
Pelepasan alternator pada unit alat berat *hydraulic excavator* dan *bulldozer* dapat dilakukan melalui langkah berikut ini.

1) Pada Unit Alat Berat *Hydraulic Excavator* PC200-8M0

Sebelum melakukan pelepasan alternator pada *engine*, maka terlebih dahulu lepaskan *fan belt* pada *fan pulley* sebagai berikut.



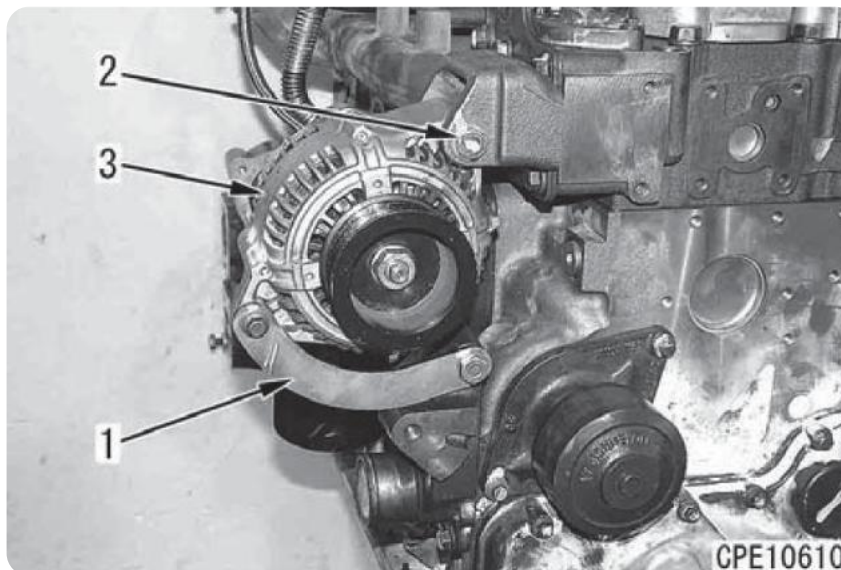
- (a) Amati Gambar 3.19, lepaskan *fan belt* (1) dengan memutar *tensioner* (2) ke arah berlawanan dari arah lilitan untuk mengurangi kekuatan tarik *belt*, lalu lepaskan baut (3) dan kemudian lepaskan *fan pulley* (4).



Gambar 3.19 Kanfigurasi Fan Belt pada Engine PC200-8M0

Sumber: Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu

- (b) Langkah selanjutnya, lepaskan pelat (1), kemudian lepaskan baut (2), lalu lepaskan alternator (3).



Gambar 3.20 Posisi Alternator pada Engine PC200-8M0

Sumber: Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu

2) Pada Unit Alat Berat *Bulldozer* D85ESS-2A

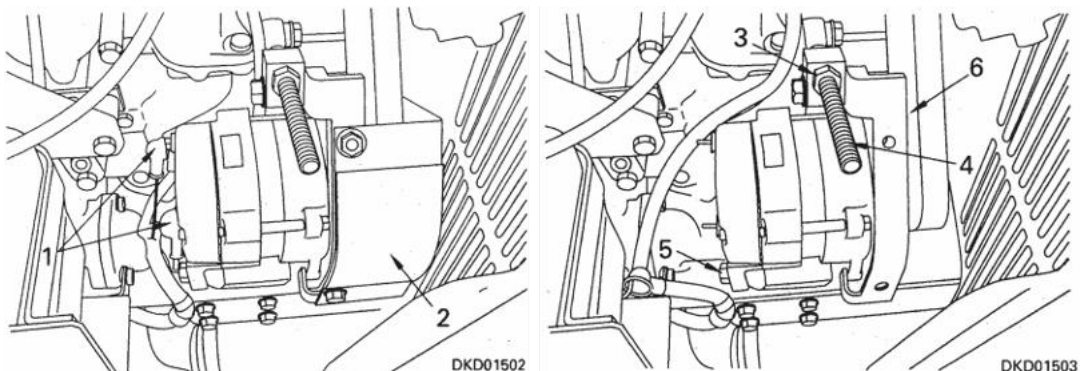
Pelepasan alternator pada unit alat berat *bulldozer* dapat dilakukan melalui langkah berikut ini.

- (a) Buka penutup sisi kanan atas dan lepaskan penutup sisi bawah. Pada mesin dengan spesifikasi kabin, tangki *washer* terpasang di dalam penutup sisi kanan bawah. Jadi, lepaskan selang dan konektornya terlebih dahulu, lalu lepaskan penutup sisi bawah.
- (b) Lepaskan kabel (1).
- (c) Lepaskan penutup (2).
- (d) Lepaskan mur pengunci (3), lalu lepaskan batang (4).
- (e) Kendurkan baut dan mur pemasangan (5) dan lepaskan 2 *fan belt* (6).
- (f) Lepaskan baut dan mur pemasangan, lalu lepaskan rakitan alternator (7).



Catatan

⚠ Lepaskan kabel dari terminal negatif (-) baterai.



Gambar 3.21 Posisi Alternator pada Engine D85ESS-2A

Sumber: Shop Manual Engine 125 Series/Komatsu

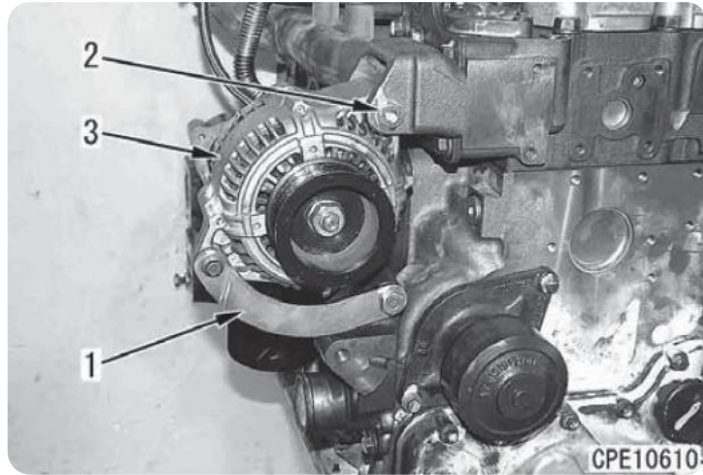
b. Pemasangan Alternator

Pemasangan alternator pada unit alat berat *hydraulic excavator* dan *bulldozer* dapat dilakukan melalui langkah berikut ini.

1) Pada Unit Alat Berat *Hydraulic Excavator* PC200-8M0

Pasang alternator (3) sementara dengan menggunakan baut pemasangan (2). Selanjutnya, pasang pelat (1) dan kencangkan baut pemasangan alternator (2).

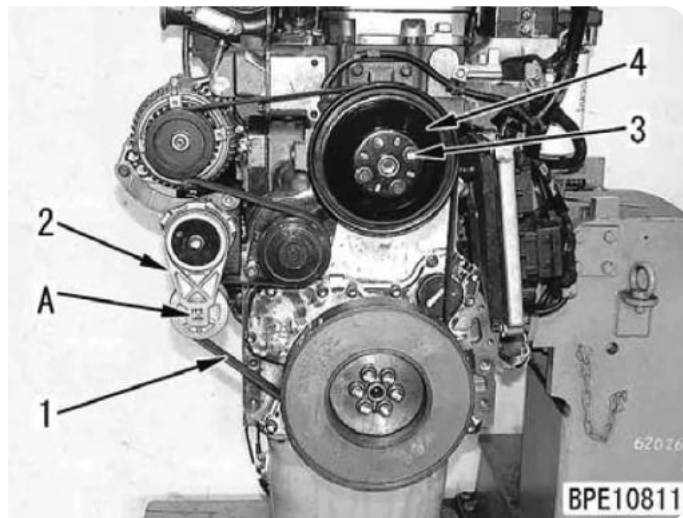




Gambar 3.22 Posisi Alternator pada Engine PC200-8M0

Sumber: Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu

Pasang *fan pulley* (4) dengan baut pemasang (3) dengan standar torsi pengencangan 3 baut pemasangan sebesar 43 ± 6 Nm $\{4.4 \pm 0.6$ kgm}. Setelah itu, pasang *fan belt* (1), lanjut pasang tensioner (2), putar ke arah yang berlawanan dengan arah penarikan.



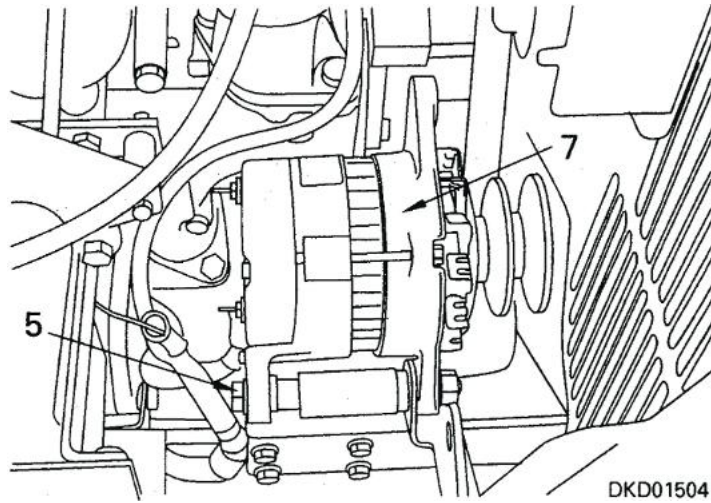
Gambar 3.23 Konfigurasi Fan Belt pada Engine PC200-8M0

Sumber: Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu

2) Pada Unit Alat Berat *Bulldozer D85ESS-2A*

Lakukan pemasangan dengan urutan yang berlawanan dari proses pelepasan. Selanjutnya, bagaimanakah cara penyetelan ketegangan *belt* alternator? Penyetelan ketegangan *belt* alternator dilakukan sebagai berikut.

- (a) Sesuaikan ketegangan *belt* alternator.
- (b) Untuk detailnya, lihat bagian *Testing and Adjusting* (bagian pengujian dan penyesuaian).



Gambar 3.24 Baut (5) Penyetelan Kekencangan *Belt* pada Alternator

Sumber: Shop Manual Engine 125 Series/Komatsu

Selanjutnya, lakukanlah aktivitas berikut agar kamu lebih memahami tentang pelepasan dan pemasangan komponen listrik unit alat berat.



Aktivitas 3.2 (Kelompok)

Pelepasan dan Pemasangan Komponen Listrik pada Unit Alat Berat

Tujuan

Pada aktivitas ini, kalian secara bekerja sama mampu memahami tentang pelepasan dan pemasangan komponen listrik pada unit alat berat.

Langkah-Langkah

1. Buatlah kelompok yang beranggotakan 3–4 orang.
2. Buatlah *job safety analysis* (JSA) dari tiga kegiatan pelepasan dan pemasangan komponen listrik sesuai dengan kreativitas kalian.
3. Komunikasikan hasil kegiatan dengan mempresentasikan di depan kelas sekitar 10 menit.
4. Mintalah pendapat dari kelompok lain terhadap *job safety analysis* (JSA) yang dibuat. Lakukan diskusi tentang hal tersebut sekitar 15 menit.

Setelah kamu memahami, mengerti, dan mampu melakukan pelepasan dan pemasangan komponen listrik pada unit alat berat, selanjutnya pahami materi berikut ini.

Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Sistem Kelistrikan Alat Berat

Sistem kelistrikan alat berat dalam menjalankan fungsinya terkadang mengalami gangguan. Oleh karena itu, perlu adanya tindakan pencegahan gangguan. Tindakan pencegahan saat melakukan *troubleshooting* (pemecahan masalah) pada rangkaian listrik dapat dilakukan sebagai berikut.

1. Pastikan sakelar starter dalam posisi “OFF” sebelum melepas atau menyambungkan konektor.
2. Sebelum memulai *troubleshooting*, periksa semua konektor terkait untuk memastikan tidak ada yang longgar.

Periksa performa konektor dengan cara melepas dan menyambungkan beberapa kali.

3. Pastikan semua konektor yang dilepas sudah disambungkan kembali sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya.

Jika sakelar starter dalam posisi “ON” saat konektor masih terlepas, maka dapat timbul kesalahan diagnosis karena munculnya gejala yang tidak berkaitan dengan bagian yang sebenarnya rusak.

4. Saat melakukan *troubleshooting* pada rangkaian listrik (misalnya pengukuran tegangan, hambatan, kontinuitas, arus, dan sebagainya). Goyang-goyangkan kabel *harness* dan konektor terkait beberapa kali, lalu periksa apakah pembacaan multimeter tetap stabil.

Jika nilai pada multimeter berubah, kemungkinan terdapat kontak yang tidak sempurna dalam rangkaian tersebut.

Selanjutnya, apa saja urutan langkah dalam pemecahan masalah pada sistem kelistrikan alat berat? Simaklah penjelasan berikut ini agar kamu mengetahuinya.

1. Urutan Langkah dalam Pemecahan Masalah

Urutan langkah dalam pemecahan masalah dapat dipelajari dalam infografis Gambar 3.25. Selanjutnya, kamu dapat menyimak langkah-langkahnya mulai dari langkah 1 sampai dengan langkah 8 dalam subbab materi ini.

Langkah-langkah urutan proses pemecahan masalah/troubleshooting



Gambar 3.25 Urutan Pemecahan Masalah

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

a. Langkah 1: Pemeriksaan dan Konfirmasi Gejala

Apa saja pemeriksaan yang dilakukan dan konfirmasi gejala dalam pemecahan masalah? Pemeriksaan dan konfirmasi gejala dapat kamu amati dalam diagram berikut.



Gambar 3.26 Pemeriksaan dan Konfirmasi Gejala

b. Langkah 2: Menentukan Lokasi Penyebab yang Mungkin

Langkah ini dapat dilihat pada bagian pemecahan masalah dalam buku manual bengkel untuk menemukan lokasi penyebab yang mungkin.



c. Langkah 3: Persiapan Alat Pemecahan Masalah

Langkah ini dapat dilakukan sebagai berikut.

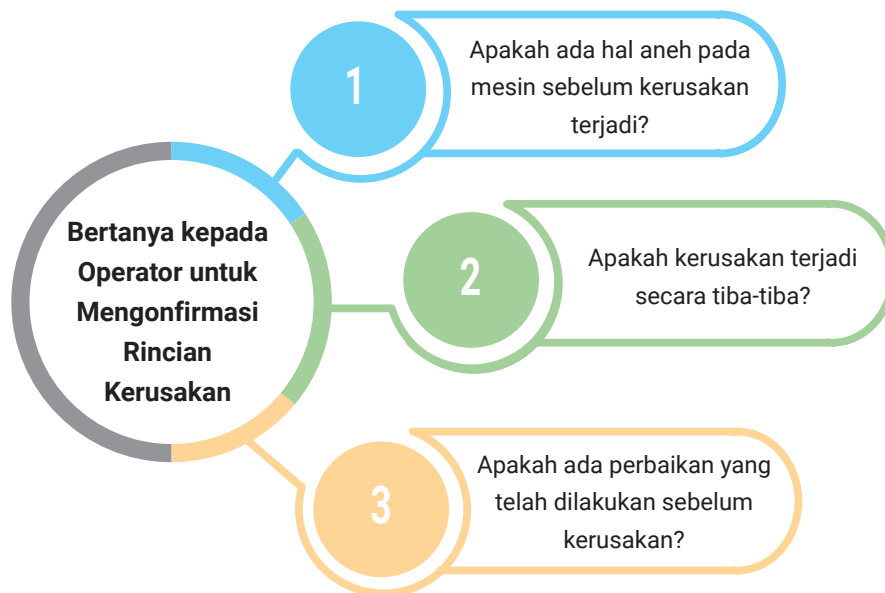
- 1) Lihat tabel alat pemecahan masalah di buku manual dan siapkan alat yang diperlukan, yaitu
 - (a) T-adapter,
 - (b) kit pengukur tekanan *hydraulic*, dan lainnya.
- 2) Lihat dalam buku suku cadang dan siapkan suku cadang pengganti yang diperlukan.

d. Langkah 4: Pergi ke Lokasi Pekerjaan

Setelah langkah persiapan alat pemecahan masalah, selanjutnya pergi ke lokasi pekerjaan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi.

e. Langkah 5: Bertanya kepada Operator untuk Mengonfirmasi Rincian Kerusakan

Langkah ini dapat dilakukan sebagai berikut.



Gambar 3.27 Konfirmasi kepada Operator

f. Langkah 6: Mereplikasi Kerusakan

Setelah bertanya kepada operator, jalankan dan operasikan unit alat berat. Tujuannya untuk mengonfirmasi kondisi alat berat dan menilai kebenaran adanya kerusakan.



g. Langkah 7: Tentukan Lokasi Kerusakan (Lakukan Pemecahan Masalah) dan Putuskan Tindakan yang Akan Diambil

- 1) Sebelum memulai pemecahan masalah, cari dan perbaiki kerusakan sederhana dengan melakukan hal berikut.
 - (a) Periksa *item* sebelum memulai.
 - (b) Periksa *item* lainnya.
- 2) Selanjutnya, lihat bagian pemecahan masalah dalam buku manual bengkel. Setelah itu, pilih diagram alur pemecahan masalah yang sesuai dengan gejalanya dan lakukan pemecahan masalah.

h. Langkah 8: Memutuskan Tempat Perbaikan

Setelah menentukan lokasi kerusakan dan tindakan yang akan diambil, selanjutnya tentukan tempat perbaikan. Tempat perbaikan dapat dilakukan di bengkel atau di lokasi pekerjaan. Pilihlah tempat yang memungkinkan.

2. Gejala dan Pemecahan Masalah

Ada beberapa hal yang diperhatikan saat mendeteksi gejala dan menentukan nomor pemecahan masalah. Sebelumnya, perhatikan hal penting berikut ini.

 Perhatian

- Parkirkan unit alat berat di permukaan yang datar, turunkan perlengkapan kerja ke tanah agar stabil, dan matikan mesin.
- Jika pemecahan masalah dilakukan oleh dua teknisi atau lebih, patuhi sinyal yang telah disepakati secara ketat, dan jangan izinkan orang yang tidak berwenang untuk mendekat.
- Jika tutup radiator dibuka saat mesin masih panas, air panas dapat muncrat ke luar dan menyebabkan luka bakar. Jadi, tunggu hingga mesin dingin sebelum memulai pemecahan masalah.
- Berhati-hatilah agar tidak menyentuh bagian yang panas atau terjebak dalam bagian yang berputar.
- Saat mencabut kabel, selalu cabut kabel dari terminal negatif (-) baterai terlebih dahulu.
- Saat melepas steker atau tutup dari komponen yang berada di bawah tekanan minyak, air, atau udara, pastikan melepaskan tekanan internal terlebih dahulu. Saat memasang alat ukur, pastikan alat tersebut terhubung dengan benar.



Tujuan dari pemecahan masalah ialah untuk menemukan penyebab utama kerusakan, melakukan perbaikan dengan cepat, dan mencegah kerusakan terulang kembali. Dalam melakukan pemecahan masalah, hal penting tentu saja ialah memahami struktur dan fungsi dari unit alat berat. Namun, jalan pintas yang efektif untuk pemecahan masalah ialah dengan mengajukan berbagai pertanyaan kepada operator. Hal tersebut untuk membentuk dugaan kemungkinan penyebab kerusakan berdasarkan gejala yang dilaporkan. Cermati hal penting dan langkah-langkah berikut.

a. Saat Melakukan Pemecahan Masalah, Jangan Terburu-buru Membongkar Komponen

Jika komponen langsung dibongkar segera setelah kerusakan, kemungkinan akan terjadi hal berikut.

- 1) Bagian-bagian yang tidak berhubungan dengan kerusakan atau komponen yang tidak perlu bisa ikut terbongkar.
- 2) Penyebab kerusakan bisa menjadi sulit ditemukan.

Hal tersebut juga dapat menyebabkan pemborosan waktu kerja (jam kerja), penggunaan suku cadang yang tidak perlu, dan pemborosan oli atau gemuk. Selain itu, yang paling penting, kepercayaan dari pengguna atau operator dapat hilang. Oleh karena itu, ketika melakukan pemecahan masalah, perlu dilakukan investigasi awal yang menyeluruh dan pemecahan masalah harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

b. Poin-Poin yang Harus Ditanyakan kepada Pengguna atau Operator

Poin-poin yang harus ditanyakan kepada pengguna atau operator sebagai berikut.

- 1) Apakah ada masalah lain yang terjadi selain dari masalah yang telah dilaporkan?
- 2) Apakah ada hal aneh pada mesin sebelum kerusakan terjadi?
- 3) Apakah kerusakan terjadi secara tiba-tiba, atau sudah ada tanda-tanda sebelumnya?
- 4) Dalam kondisi apa kerusakan tersebut terjadi?
- 5) Apakah sebelumnya pernah dilakukan perbaikan? Kapan perbaikan itu dilakukan?
- 6) Apakah kerusakan seperti ini pernah terjadi sebelumnya?

c. Pemeriksaan Sebelum Memulai Pemecahan Masalah

Pemeriksaan sebelum memulai pemecahan masalah dapat dilakukan sebagai berikut.

- 1) Periksa mesin apakah ada gejala/gejala lain dari kerusakan.
- 2) Lakukan pemeriksaan terhadap *item-item* yang tercantum dalam bagian “Pemeriksaan sebelum memulai”.



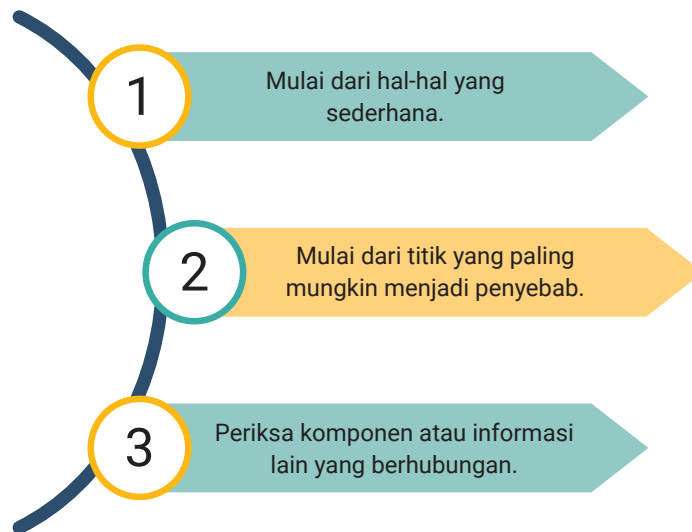
- 3) Lakukan pemeriksaan terhadap *item* pemeriksaan lainnya.
- 4) Periksa hal-hal lain terkait perawatan yang dapat dinilai dari penampilan luar dan dianggap perlu.

d. Pemeriksaan Gejala Kerusakan

Periksa sejauh mana kerusakan terjadi dan nilai apakah itu benar-benar kerusakan atau hanya masalah dalam cara pengoperasian, dan sebagainya. Saat mengoperasikan mesin untuk mereproduksi gejala kerusakan, jangan lakukan pemeriksaan atau pengukuran apa pun yang mungkin memperburuk kondisi masalah.

e. Pemecahan Masalah

Gunakan hasil investigasi dan pemeriksaan dari langkah 2 hingga 4 untuk menyaring kemungkinan penyebab kerusakan. Selanjutnya, gunakan bagan alir pemecahan masalah untuk menemukan sumber kerusakan secara tepat. Prosedur dasar dalam pemecahan masalah sebagaimana yang tercantum dalam diagram berikut.



Gambar 3.28 Konfirmasi kepada Operator

f. Langkah-Langkah untuk Menghilangkan Akar Masalah

Suatu kerusakan saat ini berhasil diperbaiki, tetapi kerusakan serupa dapat terjadi kembali jika penyebab utamanya belum diperbaiki. Untuk mencegah hal tersebut terjadi, selalu selidiki penyebab kerusakan terjadi, kemudian hilangkan penyebab masalahnya.

3. Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana pada *Starting System*

Pada *shop manual* bagian *troubleshooting* terdapat beberapa jenis permasalahan. Permasalahan tersebut, yaitu permasalahan pada *engine (S-mode)*, sistem kelistrikan (*E-mode*), sistem *hydraulic*, dan mekanikal (*H-mode*) beserta cara penyelesaiannya.

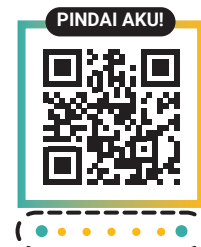


Gambar 3.29 Beberapa Permasalahan pada *Shop Manual*

Sebagai contoh pada permasalahan sistem kelistrikan, akan terdapat jenis kerusakannya (*failure*) dan beberapa informasi terkait permasalahan yang sedang terjadi (*related information*). Selain itu, beberapa kemungkinan penyebab permasalahan (*cause*) yang telah terurut dari yang paling mudah dan cara penentuan penyebab beserta kriterianya (*procedure, measuring location, criteria, and remarks*) .

Contoh

Perhatikan contoh pada tabel berikut dengan permasalahan *engine does not start (engine does not crank)*. Untuk tabel asli permasalahan ini dapat diakses melalui link <https://s.id/9VCvt>, atau pindai kode QR di samping.

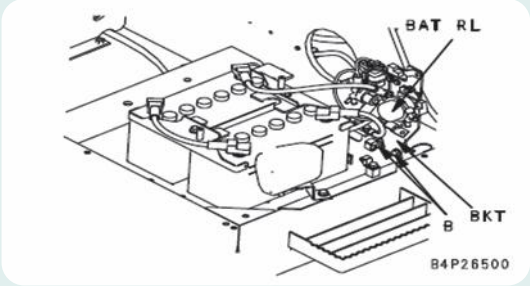
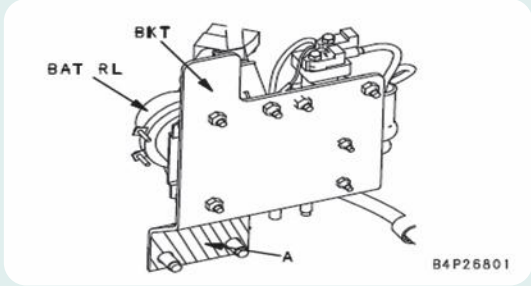


Tabel 3.1 Permasalahan: *Engine Does Not Start (Engine Does Not Crank)*

Kegagalan/Failure	Engine tidak mau hidup (<i>engine tidak berputar/engine does not crank</i>)
Informasi terkait	- Rangkaian <i>starter engine</i> memiliki dua mekanisme pengunci start/<i>start lock</i> sebagai berikut. - Pengunci <i>start</i> oleh perlindungan sandi/<i>password</i> pada <i>machine monitor</i>. - Pengunci <i>start</i> oleh posisi <i>lock lever</i>. - Jika gejala “tidak terdengar suara operasi <i>battery relay</i>” pada saat <i>starting switch</i> diputar ke posisi ON, lakukan pemecahan masalah juga untuk E-1.

No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
1.	<i>Fusible link</i> F04 atau F05 rusak	- Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. - Lepas <i>fusible link</i> F04 dan F05. - Ukur tahanan antara terminal F04 dan F05, batas tahanan maksimum: 1 Ω
2.	Fuse No. 3 dan 17 pada <i>fuse box</i> F01 rusak	Jika <i>fuse</i> putus, kemungkinan besar arus pendek disebabkan oleh gangguan ke <i>ground</i> . (Lihat penyebab No. 16).
3.	Terminal longgar atau sirkuit terbuka/ <i>open circuit</i> pada terminal	- Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. - Periksa terminal pada motor <i>starter</i>, <i>alternator</i>, <i>battery relay</i>, dan terminal T04, T07, T08, dll.
4.	Kontak (<i>grounding</i>) rusak antara dudukan <i>battery relay</i> dan rangka/ <i>frame/chasis</i>	- Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. - Ukur tahanan antara terminal baterai (terminal R01) dan <i>ground</i>. Batas tahanan maksimum: 1 Ω - Gunakan rangka unit/<i>chasis</i> sebagai <i>ground</i>). - Jika hasil pemeriksaan menunjukkan <i>grounding</i> bermasalah, lakukan pemeriksaan dengan langkah di bawah - Lihat gambar - Lepaskan kabel <i>ground</i> baterai. - Lepas <i>battery relay</i> (BAT RL). - Lepas dudukan <i>battery relay</i> (BKT). - Periksa permukaan kontak antara dudukan <i>battery relay</i> (BKT) dan rangka/<i>chasis</i>, pastikan tidak berkarat atau kotor (periksa sisi rangka/<i>chasis</i> juga). - Jika ada karat, bersihkan. - Periksa <i>mounting bolt</i> (B) apakah berkarat. - Jika <i>mounting bolt</i> (B) berkarat, ganti dengan <i>bolt</i> berlapis nikel. <i>Mounting bolt</i> (B) sesuai torsi yang ditentukan.



No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
5.	Kapasitas baterai tidak mencukupi	Siapkan kondisi dengan <i>starting switch</i> dalam posisi OFF, lalu lakukan pemeriksaan tanpa memutar <i>starting switch</i> ke posisi ON. 1. Tegangan baterai (dua unit): minimal 24 V 2. Berat jenis elektrolit (masing-masing): minimal 1,26
 		
6.	<i>Engine controller system</i> rusak	Daya suplai <i>engine controller</i> dan sinyal ACC diperiksa menggunakan prosedur untuk kode kegagalan [DB2QKR]. Jika kode kegagalan [DB2QKR] muncul, lakukan pemecahan masalah untuk kode tersebut terlebih dahulu.
7.	Sakelar start rusak, relai pemutus starter (R06), relai kode pribadi (R07), relai baterai, atau kabel penghubung rusak	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas fuse No.19 (30 A) di fuse box F01 (untuk mencegah <i>engine</i> hidup selama pemeriksaan). 3. Pasang adaptor T pada konektor E10. 4. Putar <i>starting switch</i> ke posisi START dan tahan (dua orang dibutuhkan untuk pemeriksaan ini). Tegangan: antara E10 (1) dan <i>ground</i> → 20–30 V ★ Jika tegangan normal, lanjutkan pemeriksaan ke penyebab No.14.
8.	<i>Starting switch</i> rusak (internal open circuit)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas konektor H15 dan sambungkan adaptor T ke sisi <i>male</i>. 3. Setelah pemeriksaan, lakukan pemeriksaan ulang dengan <i>starting switch</i> pada posisi ON dan START. a. Antara H15 (<i>male</i>) (1) dan (2): 1) <i>starting switch</i> di OFF → Tahanan Min. 1 MΩ 2) <i>starting switch</i> di ON → Tahanan Maks. 1 Ω b. Antara H15 (<i>male</i>) (1) dan (5): 1) <i>starting switch</i> di OFF → Tahanan min. 1 MΩ 2) <i>starting switch</i> di START → Tahanan maks. 1 Ω c. Antara H15 (<i>male</i>) (1) dan (4): 1) <i>starting switch</i> di OFF → Tahanan min. 1 MΩ 2) <i>starting switch</i> di START → Tahanan maks. 1 Ω

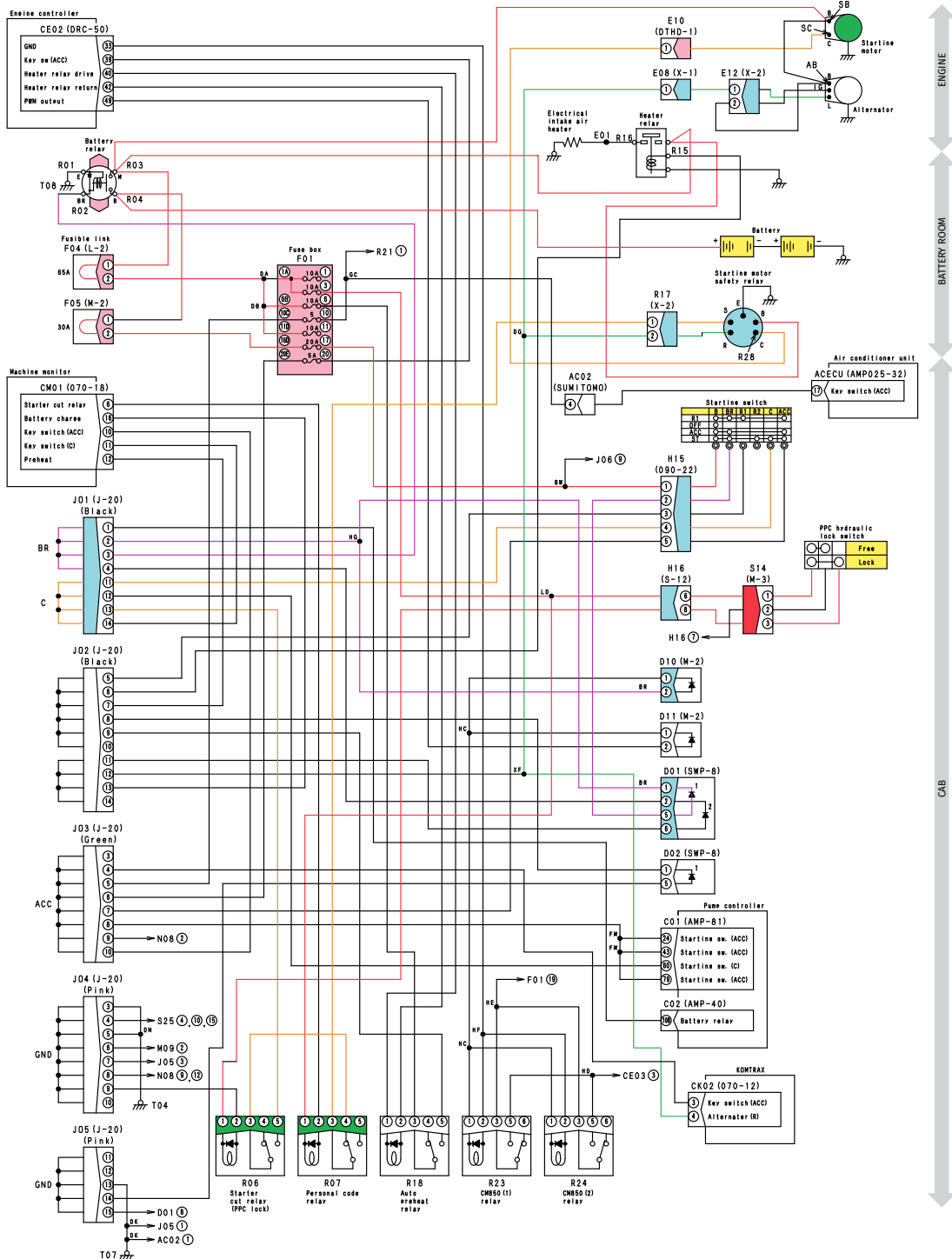
No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
9.	<i>Lock lever switch</i> rusak (<i>internal open circuit</i>)	- Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. - Lepas konektor S14 dan sambungkan adaptor T ke sisi <i>female</i>. - Antara S14 (<i>female</i>) (1) dan (3): <i>Lock lever</i> di posisi FREE → Tahanan min. 1 MΩ <i>Lock lever</i> di posisi LOCK → Tahanan maks. 1 Ω* Jika ada karat, bersihkan. - Periksa <i>mounting bolt</i> (B) apakah berkarat. * Jika <i>mounting bolt</i> (B) berkarat, ganti dengan <i>bolt</i> berlapis nikel. <i>Mounting bolt</i> (B) sesuai torsi yang ditentukan.
10.	<i>Starter cut relay</i> (R06) rusak (<i>internal open circuit</i>)	- Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. - Ganti <i>starter cut relay</i> (R06) dengan <i>horn relay</i> (R08). - Coba hidupkan <i>engine</i>. Jika <i>engine</i> dapat hidup, maka <i>starter cut relay</i> (R06) asli rusak.
11.	Relai kode pribadi/ <i>personal code relay</i> (R07) rusak (<i>internal open & short circuit</i>)	★ Jika tidak ditemukan masalah pada penyebab lain, lakukan pemeriksaan berikut. - Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. - Ganti relai kode pribadi/<i>personal code relay</i> (R07) dengan <i>horn relay</i> (R08). - Coba hidupkan <i>engine</i>. Jika <i>engine</i> dapat hidup, maka relai kode pribadi/<i>personal code relay</i> (R07) asli rusak.
12.	Dioda D01 rusak (<i>internal open & short circuit</i>)	- Putar <i>staring switch</i> ke posisi OFF. - Lepas konektor D01 dan sambungkan adaptor T ke dioda. ★ Periksa dengan menggunakan multimeter dalam mode pengukuran dioda. - Antara D01 (<i>male</i>) (1) dan (5) → Tidak ada kontinuitas - Antara D01 (<i>male</i>) (5) (+) dan (1) (-) → Ada kontinuitas - Antara D01 (<i>male</i>) (2) dan (6) → Tidak ada kontinuitas - Antara D01 (<i>male</i>) (6) (+) dan (2) (-) → Ada kontinuitas
13.	<i>Safety relay motor starter</i> rusak (cacat internal)	- Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. - Lepaskan kabel hanya dari terminal C pada <i>safety relay</i> motor <i>starter</i>. - Pasang adaptor T di antara sisi <i>male</i> dan <i>female</i> dari konektor R17. - Putar <i>starting switch</i> ke posisi START dan lakukan pemeriksaan. - Antara terminal <i>safety relay</i> B dan E → Tegangan suplai: 20–30 V - Antara terminal <i>safety relay</i> R (R17-2) dan terminal E → Tegangan masukan dari alternator: Maks. 1 V

No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
		c. Antara terminal <i>safety relay</i> S (R17-1) dan terminal E → Tegangan masukan ke motor starter: 20–30 V d. Antara terminal <i>safety relay</i> C (R28) dan terminal E → Tegangan keluaran menuju motor starter: 20–30 V Jika suplai daya dari alternator normal dan masukan ke motor starter normal tetapi keluaran ke motor starter tidak normal, maka <i>safety relay</i> motor starter rusak.
14.	Motor starter rusak (cacat internal)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Putar <i>starting switch</i> ke posisi START dan lakukan pemeriksaan. Antara terminal <i>motor starter</i> B (SB) dan <i>ground</i> → Tegangan suplai: 20–30 V Antara terminal <i>motor starter</i> C (SC) dan <i>ground</i> → Tegangan masukan ke motor starter: 20–30 V Jika suplai daya dan masukan ke <i>motor starter</i> normal, tetapi motor tidak berputar, berarti <i>motor starter</i> rusak.
15.	Alternator rusak (<i>internal short circuit</i>)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Pasang adaptor T ke konektor E12. 3. Putar <i>starting switch</i> ke posisi ON. Tegangan antara E12 (1) dan <i>ground</i> → Tegangan masukan dari alternator: Maks. 1 V

Berikut sirkuit kelistrikan terkait sistem *engine start* yang memudahkan pemahamanmu dalam penyelesaian permasalahan *engine does not start*. Cermatilah *circuit diagram related to engine start circuit* berikut.



Circuit diagram related to engine start



Gambar 3.30 Rangkaian Listrik Terkait Sistem *Starting* pada PC200-8

Sumber: diilustrasi ulang dari *Shop Manual* PC200, 200LC-8M0/Komatsu



4. Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana pada *Charging System*

Penyelesaian gangguan pada sistem *charging* memiliki panduan yang terdapat dalam *shop manual*, sama seperti panduan penyelesaian kerusakan pada sistem *starting*. Penyelesaian tersebut memiliki beberapa level, yaitu level penyelesaian (*action level*) dari yang rendah L01 hingga tinggi di L04 dan kode masalah (*failure code*) yang terdeskripsi pada bagian “*Failure*”. Selain itu, terdapat juga penjelasan mendalam terkait gangguan yang terjadi (*detail of failure*), apa yang dilakukan oleh *machine monitor*, dan dampak masalah pada unit alat berat. Selain itu, beberapa informasi terkait permasalahan yang sedang terjadi (*related information*) dan beberapa kemungkinan penyebab permasalahan (*cause*) yang telah terurut dari yang paling mudah, serta cara penentuan penyebab beserta kriterianya (*procedure, measuring location, criteria, and remarks*). Contoh permasalahan *charge voltage low* [AB00KE] terdapat dalam Tabel 3.2 berikut.



Tabel 3.2 Permasalahan: *Charge Voltage Low* [AB00KE]

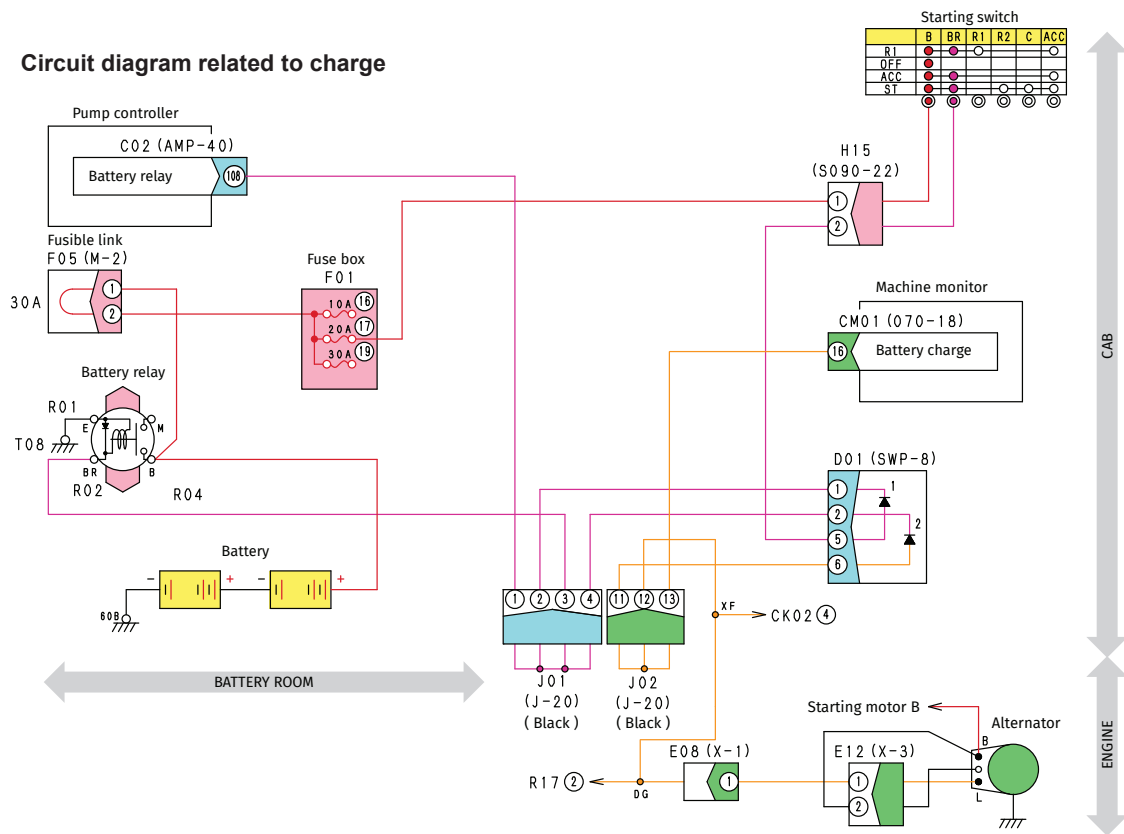
Tingkat Tindakan (Action Level)	L03
Kode Kegagalan (Failure Code)	AB00KE
Kegagalan/Failure	Tegangan pengisian rendah (Sistem <i>Machine Monitor</i>)
Rincian Kegagalan	Saat <i>engine</i> beroperasi, tegangan dari alternator menurun, dan <i>machine monitor</i> mendeteksi bahwa tegangan baterai rendah (di bawah 7,8 V).
Tindakan dari <i>Machine Monitor</i>	Menampilkan lampu indikator pengisian (<i>charge level monitor</i>) berwarna merah pada monitor mesin. Walaupun penyebab kegagalan hilang, kondisi mesin tidak akan kembali normal sampai <i>starting switch</i> diputar ke posisi OFF.
Informasi Terkait	• Tegangan sinyal dari alternator dapat diperiksa menggunakan fungsi pemantauan (kode: 04300 – tegangan pengisian). • Cara mereproduksi kegagalan: nyalakan mesin.



No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
1.	Terminal alternator longgar atau sirkuit terbuka pada terminal	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Periksa kondisi terminal.
2.	Alternator gagal menghasilkan daya (padahal sistem normal)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Pasang adaptor T ke konektor E12. 3. Hidupkan <i>engine</i>. Antara E12 (1) dan <i>ground</i>: Kecepatan <i>engine</i>: sedang atau lebih tinggi → Tegangan 27,5–29,5 V
3.	Dioda rusak	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas dioda D01 dan sambungkan adaptor T ke sisi <i>male</i>. ★ Periksa kontinuitas menggunakan multimeter pada mode dioda. • Antara D01 (<i>male</i>) (2) (+) dan (6) (–) → Tidak ada kontinuitas • Antara D01 (<i>male</i>) (6) (+) dan (2) (–) → Ada kontinuitas
4.	<i>Wiring harness</i> atau <i>machine</i> monitor rusak	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Pasang adaptor T ke konektor CM01. 3. Nyalakan <i>engine</i>. Antara CM01 (16) dan <i>ground</i>: Tegangan 20–30 V
5.	<i>Open circuit</i> pada <i>wiring harness</i> (kabel putus atau kontak konektor rusak)	★ Jika tidak ditemukan kerusakan pada penyebab 2, maka pemeriksaan ini tidak perlu dilakukan. 1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas konektor CM01 dan E12, kemudian pasang adaptor T ke masing-masing sisi <i>female</i>. Antara CM01 (<i>female</i>) (16) dan E12 (<i>female</i>) (1): Tahanan Maks. 1 Ω
6.	Hubungan singkat ke <i>ground</i> pada kabel penghubung (kontak dengan rangka)	★ Jika tidak ditemukan kerusakan pada penyebab 2, maka pemeriksaan ini tidak perlu dilakukan. 1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas konektor CM01 dan E12, lalu sambungkan adaptor T ke salah satu sisi <i>female</i>. Antara CM01 (<i>female</i>) (16) atau E12 (<i>female</i>) (1) dan <i>ground</i>: Tahanan Min. 1 MΩ
7.	<i>Machine</i> monitor rusak	Jika tidak ditemukan kerusakan pada pemeriksaan di atas, maka <i>machine</i> monitor rusak. (Karena ini merupakan cacat internal, pemecahan masalah tidak dapat dilakukan.)



Agar memudahkan dalam penyelesaian gangguan pada *charging system* ini, maka diawali dengan pemahaman terkait sistem kelistrikannya, seperti terlihat pada Gambar 3.31.



Gambar 3.31 Rangkaian Listrik Terkait Sistem *Charging* pada PC200-8

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

5. Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana pada *Preheating System*

Bagian ini hampir sama dengan dua contoh gangguan sederhana yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu pada *starting system* dan *charging system*. Pada sistem tersebut terdapat jenis kerusakan (*failure*) dan beberapa informasi terkait permasalahan yang sedang terjadi (*related information*). Selain itu, ada beberapa kemungkinan penyebab permasalahan (*cause*) yang telah terurut dari yang paling mudah dan



Untuk tabel asli permasalahan ini dapat diakses melalui kode QR di samping.
<https://s.id/9M3tt>



cara penentuan penyebab beserta kriterianya (*procedure, measuring location, criteria, and remarks*).

Contoh permasalahan *preheater does not operate*, dapat kamu pelajari pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Permasalahan: *Preheater Does Not Operate*

Kegagalan/Failure	1. Pemanasan manual tidak berfungsi (<i>manual preheating does not function</i>)
Informasi terkait	* Prosedur pemecahan masalah ini dilakukan ketika fungsi pemanasan manual tidak berfungsi untuk memanaskan pemanas udara masuk elektrik (<i>ribbon heater</i>). a. “Pemanasan otomatis” dan “pemanasan manual” keduanya tersedia. Ketika salah satu fungsi dioperasikan, monitor pemanasan akan menyala. (Ketika monitor pemanasan tidak menyala, lakukan pemecahan masalah “3”) Saat pemanas beroperasi, monitor pemanasan tidak menyala. b. Jika “<i>machine monitor</i> tidak menampilkan apa pun” atau “tidak terdengar suara operasi dari <i>battery relay</i> saat <i>starting switch</i> di posisi ON”, maka <i>main electric power supply system</i> mungkin rusak. Oleh karena itu, lakukan pemecahan masalah untuk E-3 dan E-1. c. Sebelum melakukan pemecahan masalah, pastikan tidak ada kode kerusakan terkait yang muncul. (Jika kode kegagalan [D110KB] muncul, selesaikan masalah tersebut terlebih dahulu.)

No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
1.	Fuse No. 17 di <i>fuse box</i> F01 rusak	Jika <i>fuse</i> No. 17 di <i>fuse box</i> F01 putus, kemungkinan terjadi hubungan singkat ke <i>ground</i> . Dalam hal ini, lakukan pemeriksaan penyebab pada nomor 8 terlebih dahulu.
2.	Terminal longgar atau rangkaian terbuka/ <i>open circuit</i> di terminal	1. Putar sakelar <i>start</i> ke posisi OFF. 2. Periksa terminal pada <i>heater relay</i>, <i>battery relay</i>, <i>heater relay</i> udara masuk elektrik (<i>ribbon heater</i>), dll.
3.	Rangkaian terbuka atau hubungan singkat ke <i>ground</i> pada kabel	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas konektor CM01 dan H15, kemudian pasang T-adapter pada sisi <i>female</i> dari H15. * Pemeriksaan tahanan koil <i>heater relay</i>: Antara H15 (<i>female</i>) (3) dan <i>ground</i> → Tahanan: sekitar 20 Ω 1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Putar <i>starting switch</i> ke posisi ON. Antara terminal input pada sisi kontak <i>heater relay</i> dan <i>ground</i> → Tegangan: 20–30 V

No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
		1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas terminal R16 <i>heater relay</i>. Catatan: Untuk mencegah arus mengalir melalui pemanas, <i>starting switch</i> harus diposisikan ke HEAT. 3. Putar <i>starting switch</i> ke posisi HEAT. Antara terminal <i>heater relay</i> R15 dan <i>ground</i> → Tegangan: 20–30 V.
4.	<i>Heater relay</i> rusak (tidak berfungsi)– Terminal R16	Jika tidak ditemukan kerusakan pada pemeriksaan penyebab nomor 3 dan <i>heater relay</i> tidak berbunyi, <i>heater relay</i> dinyatakan rusak.
5.	Dioda D02 rusak (<i>internal open & short circuit</i>)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas konektor D02 dan hubungkan T-adapter ke sisi <i>male</i>. Periksa dengan multimeter pada mode <i>dioda</i>. Antara D02 (<i>male</i>) (1) (+) dan (5) (–) → Tidak ada kontinuitas Antara D02 (<i>male</i>) (5) (+) dan (1) (–) → Ada kontinuitas
6.	Pemanas udara masuk elektrik (<i>ribbon heater</i>) rusak (<i>internal open circuit</i>)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas konektor E01. Antara E01 dan <i>ground</i> → Ada kontinuitas
7.	<i>Starting switch</i> rusak	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas kabel baterai. 3. Lepas konektor H15 dan hubungkan T-adapter ke sisi <i>male</i>. 4. Posisikan <i>starting switch</i> ke OFF/HEAT dan lakukan pemeriksaan. Antara H15 (<i>male</i>) (1) dan (3): a. Posisi OFF → Tahanan min. 1 MΩ b. Posisi HEAT → Tahanan min. 1 MΩ
8.	Hubungan singkat ke <i>ground</i> pada kabel (kabel menyentuh <i>ground</i>)	* Jika tidak ditemukan kerusakan pada pemeriksaan penyebab nomor 3, pemeriksaan ini tidak perlu dilakukan. 1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepas konektor H15 dan CM01, terminal R15 dan E01, serta sambungkan T-adapter ke terminal B motor <i>starter</i>. Pengukuran tahanan: 1. Antara terminal <i>heater relay</i> R15 (sisi kabel) dan <i>ground</i> → Min. 1 MΩ 2. Antara terminal input pada sisi kontak <i>heater relay</i> dan <i>ground</i> → Min. 1 MΩ 3. Antara terminal <i>heater relay</i> R15 (sisi kabel pemanas udara masuk) dan <i>ground</i> → Min. 1 MΩ

Kegagalan/Failure	2. Pemanasan otomatis tidak berfungsi (automatic preheating does not function)
Informasi Terkait	a. Pemanasan otomatis dimulai ketika suhu tekanan udara (<i>boost temperature</i>) di bawah -4°C. (Kode pemantauan suhu tekanan: 18.500 pada <i>machine monitor</i>) b. Jika pemanasan otomatis tidak berfungsi, periksa apakah pemanasan manual berfungsi. c. <i>Engine controller</i> memeriksa sisi primer (koil) dari <i>preheating relay</i> (konektor R18) dan akan menampilkan kode kesalahan [CA2555] dan [CA2556] jika terjadi kerusakan. d. <i>Engine controller</i> juga memeriksa sensor suhu tekanan dan menampilkan kode kesalahan [CA153] dan [CA154] jika sensor rusak.

No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
1.	Fuse No. 6 rusak di fuse box F01	Jika fuse No. 6 di fuse box F01 putus, kemungkinan ada hubungan singkat ke ground. Dalam kasus ini, lakukan pemecahan masalah pada penyebab nomor 5 terlebih dahulu.
2.	Auto preheater relay R18 rusak (<i>open atau short circuit dalam internal wiring</i>)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Ganti auto preheater relay (konektor R18) dengan <i>horn relay</i> (konektor R08) untuk contoh uji. 3. Putar <i>starting switch</i> ke posisi ON. Jika pemanas otomatis berfungsi saat suhu udara yang masuk (<i>boosted air</i>) berada di bawah -4°C, maka auto preheater relay yang lama rusak.
3.	Rangkaian terbuka atau hubungan singkat ke <i>ground</i> pada kabel	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepaskan konektor CM01 dan R18, lalu hubungkan <i>T-adapter</i> ke sisi <i>female</i> dari R18. a. Jika tahanan lebih dari $1\text{ M}\Omega$, kabel mengalami rangkaian terbuka. Jika tahanan kurang dari $1\text{ }\Omega$, kabel mengalami hubungan singkat ke <i>ground</i>. b. Pemeriksaan tahanan koil relai pemanas: Antara R18 (<i>female</i>) (5) dan <i>ground</i> → Tahanan sekitar $20\text{ }\Omega$.
4.	Rangkaian terbuka pada kabel (putusnya kabel atau konektor rusak)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepaskan konektor R18 dan CM01, lalu hubungkan <i>T-adapter</i> ke sisi <i>female</i> dari R18. 3. Lepas fuse No. 6 di fuse box F01. a. Antara R18 (<i>female</i>) (3) dan F01-6 → Tahanan maksimum $1\text{ }\Omega$ b. Antara R18 (<i>female</i>) (5) dan terminal relai pemanas R15 → Tahanan maksimum $1\text{ }\Omega$

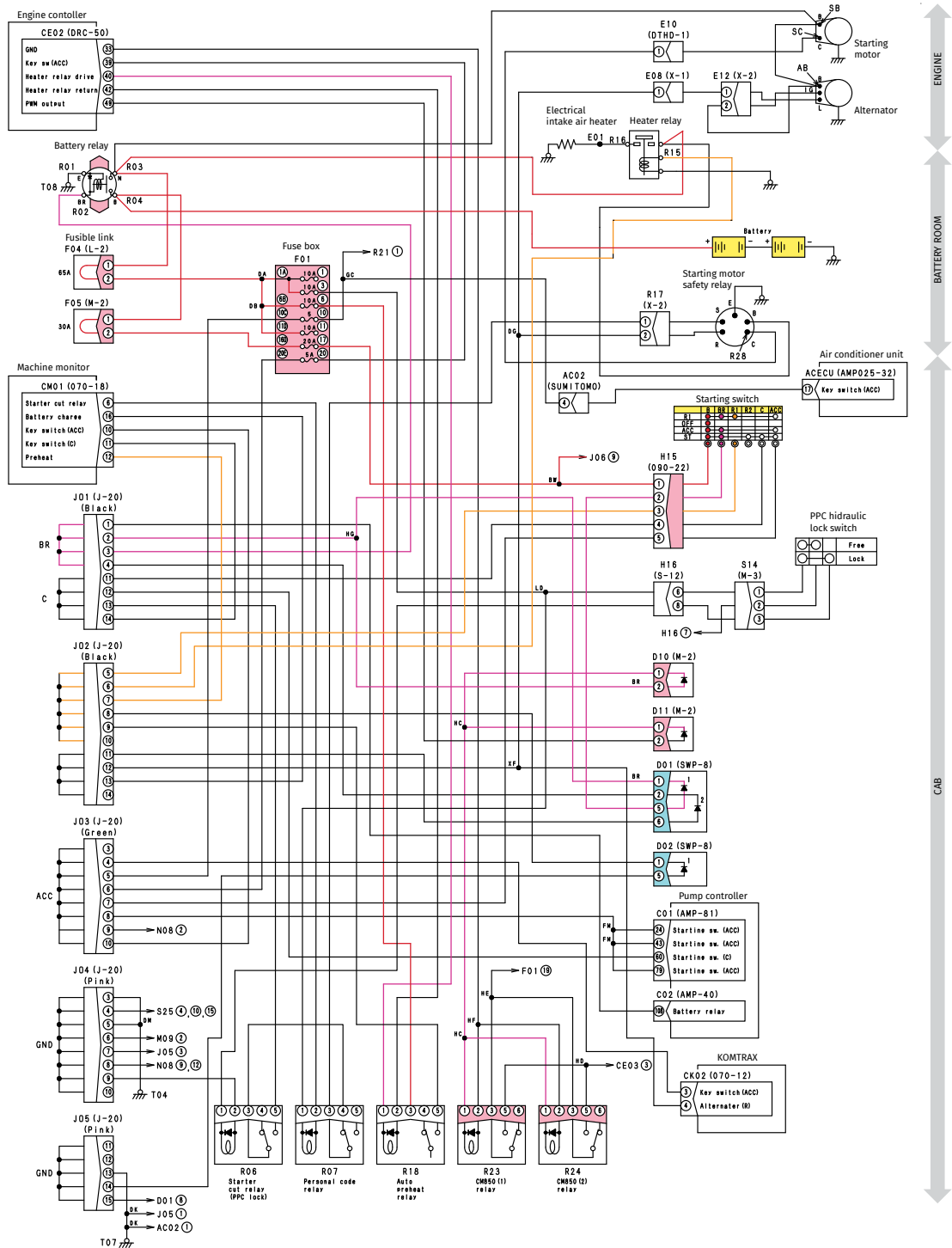
No.	Penyebab	Prosedur, Lokasi Pengukuran, Kriteria, dan Keterangan
5.	Hubungan singkat ke <i>ground</i> pada kabel (kontak dengan sirkuit <i>ground</i>)	Jika <i>fuse</i> tidak putus, pemeriksaan ini tidak diperlukan. 1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepaskan konektor CM01, R18, dan terminal motor starter B, lalu hubungkan T-adapter ke sisi <i>female</i> dari R18. - Antara R18 (<i>female</i>) (3) dan <i>ground</i> → Tahanan minimum 1 MΩ

Kegagalan/Failure	3. Saat pemanas awal (<i>preheater</i>) beroperasi, indikator monitor pemanasan tidak menyala.
Rangkaian Terbuka pada Kabel/ Wiring Harness (Kabel Putus atau Kontak Konektor Rusak)	1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Lepaskan konektor H15, CM01, dan R18, lalu hubungkan T-adapter ke masing-masing sisi <i>female</i>. Antara H15 (<i>female</i>) (3) dan CM01 (<i>female</i>) (16) → Tahanan maksimum 1 Ω Antara R18 (<i>female</i>) (5) dan CM01 (<i>female</i>) (16) → Tahanan maksimum 1 Ω
Machine Monitor Rusak	Jika tidak ditemukan kerusakan dari pemeriksaan di atas, maka <i>machine monitor</i> dinyatakan rusak. Referensi prosedur sebagai berikut. 1. Putar <i>starting switch</i> ke posisi OFF. 2. Pasang T-adapter ke konektor CM01. 3. Lepaskan terminal <i>heater relay</i> R16. ☆ Untuk mencegah arus mengalir melalui pemanas saat <i>starting switch</i> diputar ke posisi HEAT. 4. Putar <i>starting switch</i> ke posisi HEAT. Antara CM01 (16) dan (3) (<i>ground</i>) → Tegangan 20 sampai 30 V

Pemahaman terkait sistem *preheating* akan memudahkan penyelesaian gangguan pada *preheating system* ini. Hal itu dapat kamu lihat pada Gambar 3.32.



Circuit diagram related to engine preheating



Gambar 3.32 Rangkaian Listrik Terkait Sistem Preheating pada PC200-8

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



Aktivitas 3.3 (Mandiri)

Menjelaskan Cara Kerja Beberapa Rangkaian Listrik

Tujuan

Pada aktivitas ini, kamu secara mandiri mampu menjelaskan cara kerja beberapa rangkaian listrik pada unit alat berat.

Langkah-Langkah

1. Jelaskan cara kerja rangkaian pada Gambar 3.30 rangkaian listrik terkait sistem *starting* pada PC200-8.
2. Jelaskan cara kerja rangkaian pada Gambar 3.31 rangkaian listrik terkait sistem *charging* pada PC200-8.
3. Jelaskan cara kerja rangkaian pada Gambar 3.33 rangkaian listrik terkait sistem *preheating* pada PC200-8.
4. Penjelasan tersebut dapat kamu komunikasikan melalui kegiatan presentasi di depan kelas.



Kasus Industri

Permasalahan pada unit alat berat terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu kerusakan kelistrikan, *hydraulic*, mekanikal, dan *engine*. Dalam penyelesaian permasalahan-permasalahan tersebut tetap menggunakan metode penyelesaian masalah yang sama, yaitu menggunakan delapan (8) langkah. Kasus industri kali ini ialah tentang *engine* tidak dapat *start* (*engine can't start*). Delapan (8) langkah penyelesaian, yaitu sebagai berikut.

1. Langkah pertama, pemeriksaan, konfirmasi gejala dengan mencari tahu nama pelanggan, jenis, nomor seri mesin, serta rincian lokasi pekerjaan. Selanjutnya, ajukan pertanyaan untuk mendapatkan gambaran masalah, seperti kondisi kerusakan, pekerjaan yang sedang dilakukan saat kerusakan terjadi, lingkungan operasional, riwayat masa lalu, dan rincian perawatan. Apabila alat tersebut memiliki *maintenance technology*, seperti KOMTRAX, dapat menentukan lokasi pengoperasian unit, waktu pengoperasian unit, kondisi terjadinya kesalahan, dan interval penggantian suku cadang.



2. Langkah kedua, menentukan lokasi penyebab yang mungkin dengan melihat bagian pemecahan masalah dalam buku manual bengkel untuk menemukan lokasi penyebab yang mungkin. Berikut beberapa penyebabnya, yaitu terdapat kegagalan fungsi pada *fuse & fusible link*, terminal yang kendur atau terbuka, permasalahan *grounding* pada *battery relay*, kapasitas *battery* yang sudah menurun hingga sampai pada permasalahan pada *engine controller*.
3. Langkah ketiga, menyiapkan alat untuk pemecahan masalah dengan melihat tabel alat pemecahan masalah di buku manual dan menyiapkan alat yang diperlukan. Alat yang diperlukan, yaitu *T-adapter*, *multitester*, dan buku suku cadang (*parts book*) serta menyiapkan suku cadang pengganti yang diperlukan.
4. Langkah keempat, pergi ke lokasi pekerjaan. Setelah tiba di lokasi, maka lakukan langkah kelima.
5. Langkah kelima, menanyakan kepada operator untuk mengonfirmasi rincian kerusakan dengan mengajukan beberapa pertanyaan. “Apakah ada hal aneh pada mesin sebelum kerusakan terjadi? Apakah kerusakan terjadi secara tiba-tiba? Apakah ada perbaikan yang telah dilakukan sebelum kerusakan?”
6. Langkah keenam, kita mereplikasi kerusakan dengan menjalankan dan mengoperasikan unit alat berat untuk mengonfirmasi kondisinya dan menilai apakah benar-benar ada kerusakan.
7. Langkah ketujuh, menentukan lokasi kerusakan (lakukan pemecahan masalah) dan memutuskan tindakan yang akan diambil dengan melihat bagian pemecahan masalah dalam *shop manual*. Selanjutnya, pilih diagram alur pemecahan masalah yang sesuai dengan gejalanya dan lakukan pemecahan masalah.
8. Langkah kedelapan, melakukan perbaikan baik di *workshop* atau di lokasi pekerjaan yang memungkinkan. Delapan langkah tersebut mengajarkan kita dalam menyelesaikan permasalahan. Tim teknikal di industri selalu melakukan delapan langkah tersebut agar lebih cepat dalam menyelesaikan masalah dan melakukannya sesuai prosedur manual.



Uji Kompetensi Bab 3

A. Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang benar dari setiap soal!

1. Berikut yang bukan termasuk dalam komponen sistem *charging* ialah
 - a. *battery*
 - b. *battery relay*
 - c. *alternator*
 - d. *safety relay*
 - e. *regulator*
2. Berikut prosedur pengukuran pada *safety relay*.
 - I. Lakukan pengukuran kontinuitas pada terminal B dan C pada *safety relay*, kondisi *switch* (SW) dalam kondisi terbuka (*off*), maka kondisi baik $< 1 \Omega$ dan dalam kondisi rusak $> 1 M\Omega$.
 - II. Hubungkan terminal negatif (-) baterai dengan terminal E *safety relay* menggunakan kabel.
 - III. Hubungkan terminal positif (+) baterai dengan *switch* (SW) di salah satu terminalnya dan ujung satunya ke terminal R *safety relay*.
 - IV. Hubungkan terminal positif (+) baterai dengan terminal S *safety relay* menggunakan kabel.
 - V. Atur posisi *rotary switch* pada Avometer keposisi pengukuran hambatan (Ohm).Urutan yang benar dari prosedur tersebut ialah
 - a. I, II, III, IV, V
 - b. IV, II, I, III, V
 - c. V, IV, II, I, III
 - d. II, IV, III, V, I
 - e. III, IV, V, I, III
3. Jika terjadi *preheating system* tidak dapat bekerja, berikut yang bukan penyebabnya ialah
 - a. *Defective Heater Relay*
 - b. *Defective Safety Heater*
 - c. *Defective Starting Switch*
 - d. *Defective Electrical Intake Air Heater*
 - e. *Ground Fault in Wiring Harness*



4. Penanganan komponen elektrik menjadi bagian penting dalam pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat. Penanganan kontroler yang salah ialah
 - a. Jangan meletakkan benda apa pun di atas kontroler
 - b. Saat cuaca hujan, jangan biarkan kontroler berada di tempat yang terkena hujan
 - c. Tutup konektor kontrol dengan isolasi (*tape*) atau kantong plastik/ *vinil*.
 - d. Diperbolehkan menyentuh kontak konektor
 - e. Jangan letakkan kontroler di atas minyak, air, atau tanah, atau di tempat yang dapat menjadi sangat panas, meskipun hanya dalam waktu singkat.
5. Pada sistem *starting* pada PC200-8M0, terdapat *PPC lock hydraulic switch*, *starter cut relay*, dan *personal cut relay*. Berikut hubungan yang benar dari kinerja tiga komponen tersebut ialah
 - a. *PPC lock hydraulic switch* memutus dan menyambungkan terminal S *safety relay* yang menuju ke *starter cut relay* dan *personal cut relay* yang keduanya diaktifkan melalui *machine monitor*.
 - b. *PPC lock hydraulic switch* mematikan dan mengaktifkan *starter cut relay*, dari tegangan terminal C dari *starting switch* dapat menuju ke S *safety relay* dan *personal cut relay*.
 - c. *PPC lock hydraulic switch* memutus dan menyambungkan terminal C dari *starting switch* yang menuju ke *starter cut relay* dan *personal cut relay*.
 - d. *PPC lock hydraulic switch* mematikan dan mengaktifkan *personal cut relay* sehingga terminal S dari *starting switch* dapat menuju ke C *safety relay* melalui *starter cut relay* yang diaktifkan melalui *machine monitor*.
 - 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*.

B. Uraian

Jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Carilah informasi terkait melepas, memasang, dan mengeringkan beberapa konektor serta kabel *harness* menggunakan *shop manual* unit!
2. Buatlah *job safety analysis* (JSA) pelepasan dan pemasangan *starting motor*!
3. Jelaskan cara kerja rangkaian pada Gambar 3.30 tentang rangkaian listrik terkait sistem *starting* pada PC200-8!

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*, *starting motor*!
5. Jelaskan delapan langkah dalam penyelesaian masalah pada sistem kelistrikan alat berat!



Refleksi

Pembahasan pada Bab 3 mengenai pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat ini diharapkan telah meningkatkan pemahaman dan keterampilanmu. Materi mengenai perawatan sistem kelistrikan alat berat, pembongkaran dan pemasangan komponen-komponen kelistrikan dan penyelesaian gangguan sederhana pada sistem kelistrikan alat berat. Berilah penilaian diri secara jujur tentang tingkat pemahaman dan penguasaan dari materi pada bab ini dengan menjawab pertanyaan berikut.

1. Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurutmu sulit dipahami? Jelaskan!
2. Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kamu pahami? Sebutkan alasannya! Diskusikan dengan teman maupun gurumu!

Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas)

Materi pembelajaran atau topik apakah yang menurutmu sulit dipahami? Tuliskan alasanmu!

1.
2.
3.

Materi pembelajaran atau topik apakah yang mudah kamu pahami? Sebutkan alasannya!

1.
2.
3.





Pengayaan

Buatlah kelompok berbagi pemahaman yang beranggotakan 3-4 murid. Tunjuk salah satu dari kalian yang paham mengenai pemeliharaan sistem kelistrikan alat berat untuk menjadi tutor kepada teman yang masih kurang paham. Adapun topik pembahasan sebagai berikut.

1. Melakukan Perawatan Sistem Kelistrikan Alat Berat
2. Melakukan Pembongkaran dan Pemasangan Komponen Kelistrikan
3. Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Sistem Kelistrikan Alat Berat

Gunakan gawai kalian yang telah terhubung dengan koneksi internet, lakukan kegiatan mencari informasi mengenai tiga topik. Telusurilah informasi tersebut melalui referensi dan tautan berikut.

1. Cara Memeriksa Level Elektrolit pada Baterai
<https://s.id/h7NbT>



2. Pemeriksaan *Wiring Starting Motor* pada *Excavator*
<https://s.id/pvCZC>



3. #UTTIPS - Pemeriksaan Sistem Eletrikal pada *Hydraulic Excavator*
<https://s.id/IN3Bj>



4. *Shop Manual Book* PC200-8M0 dan D85SS-2A

- a. <https://s.id/FFwen>
- b. <https://s.id/n0v5D>



(a)



(b)

5. *Operation & Maintenance Manual Book* PC200-8M0 dan D85SS-2A

- a. <https://s.id/3DIPb>
- b. <https://s.id/M08d0>



(a)



(b)

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-3311-3 (jil.2 PDF)

Bab
4

Pemeliharaan *Power Train* dan *Undercarriage* Alat Berat



Pernahkah kamu melihat *machine* (unit alat berat) tidak dapat beroperasi pada saat *engine running*? Menurutmu apakah penyebabnya?



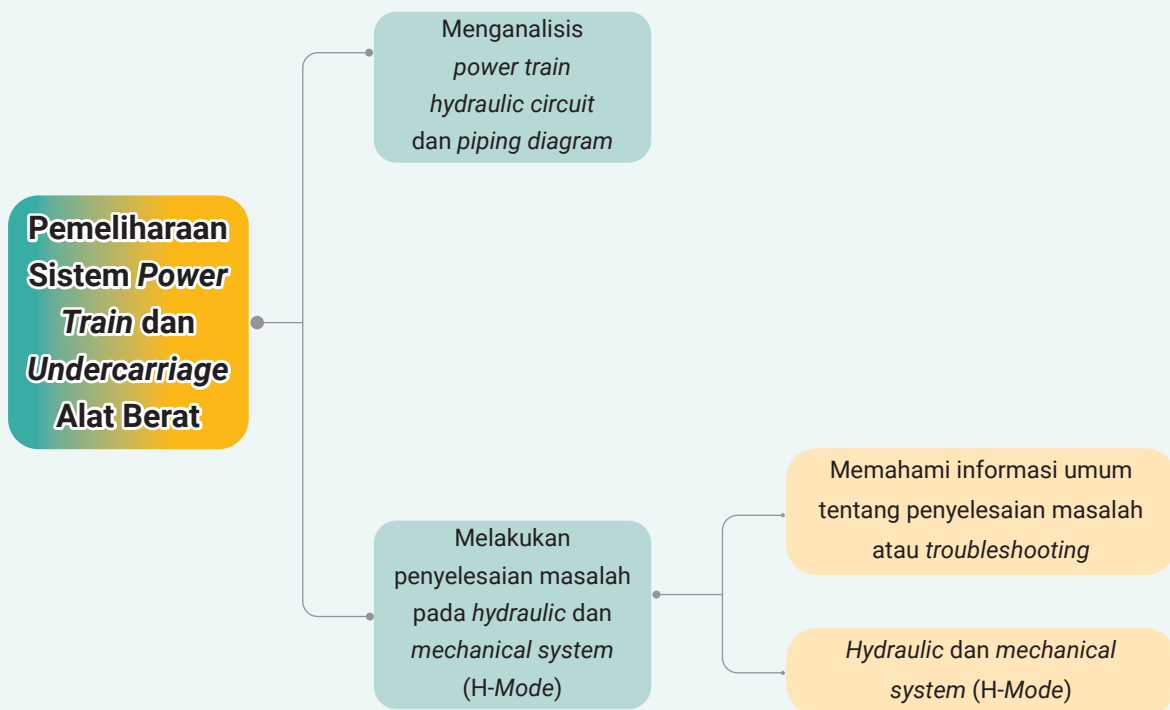


Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan dapat menyelesaikan gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) mengacu pada *shop manual*.



Peta Materi



Kata Kunci

- *hydraulic system*
- *mechanical system*
- *H-Mode*
- *power train*
- *troubleshooting*

Pernahkah kalian melihat *machine* atau unit alat berat seperti *track type tractor* atau *wheel loader* tiba-tiba tidak dapat bergerak maju? Kemungkinan hal itu terjadi disebabkan adanya kondisi yang tidak sesuai atau tidak normal pada *machine* atau unit alat berat. Oleh karena itu, dalam materi ini, kamu akan memahami betapa pentingnya prosedur untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*). Tujuannya agar kinerja *machine* atau unit alat berat tetap optimal.

Untuk mengukur pemahaman awalmu, silakan kerjakan tugas berikut.

1. Sebutkan komponen utama pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *bulldozer* D85E-SS-2A!
2. Jelaskan fungsi komponen utama pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *bulldozer* D85E-SS-2A!
3. Sebutkan tiga contoh permasalahan yang terjadi pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *bulldozer* D85E-SS-2A!
4. Bagaimana langkah-langkah dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *bulldozer* D85E-SS-2A?
5. Hal apa saja yang harus diperhatikan dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *bulldozer* D85E-SS-2A?



Tahukah Kamu?

Tahukah kamu, mengapa penting memahami prosedur untuk melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) pada *machine* atau unit alat berat? Pemahaman tentang prosedur penyelesaian gangguan dapat mengoptimalkan *machine* atau unit alat berat, menghemat biaya operasional, dan mencegah kerusakan parah di kemudian hari.

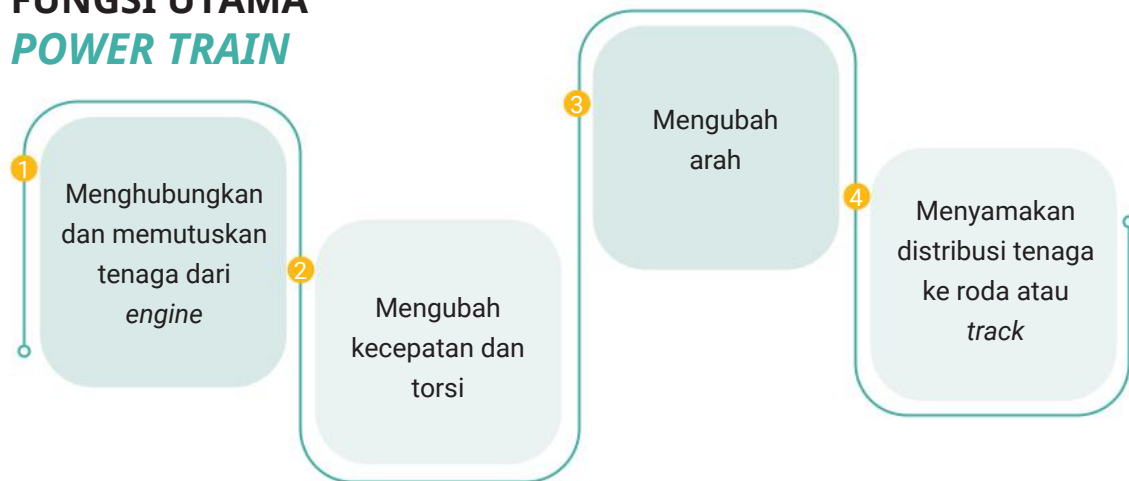


Memahami Power Train Hydraulic Circuit dan Piping Diagram

Pada bab ini kamu akan mempelajari tentang cara menyelesaikan gangguan sederhana pada sistem *power train* dan *undercarriage* yang mengacu pada *shop manual*. Sebagaimana yang sudah kamu pelajari di Kelas XI, *power train* adalah suatu rangkaian komponen yang memindahkan tenaga (*horse power*) yang dihasilkan oleh *engine* menuju roda atau *track*.

Apakah fungsi *power train* tersebut? Fungsi utama *power train* dijelaskan dalam diagram berikut ini.

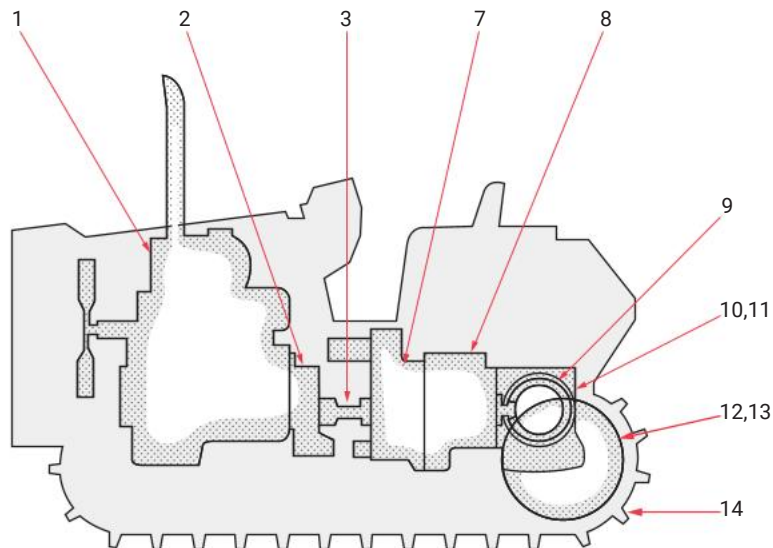
FUNGSI UTAMA POWER TRAIN



Gambar 4.1 Fungsi Utama Power Train

Materi pelajaran tentang penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) dapat menggunakan contoh *bulldozer* D85E-SS-2A yang menggunakan penggerak mekanis (*mechanical drive system*). Untuk jenis yang lain kamu dapat melakukan pengembangan secara mandiri dengan bimbingan guru. Selain itu, menyesuaikan dengan *machine* yang dimiliki oleh sekolah masing-masing.

Perhatikan gambar berikut ini. Gambar berikut menjelaskan tentang nama-nama komponen dan cara kerja dari *power train system*.



Gambar 4.2 Power Train System

Sumber: diilustrasi ulang dari Shop Manual D85E-SS-2A

Apakah nama komponen yang ditandai dengan nomor pada gambar tersebut? Nama masing-masing komponen pada gambar dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 4.1 Komponen *Power Train System*

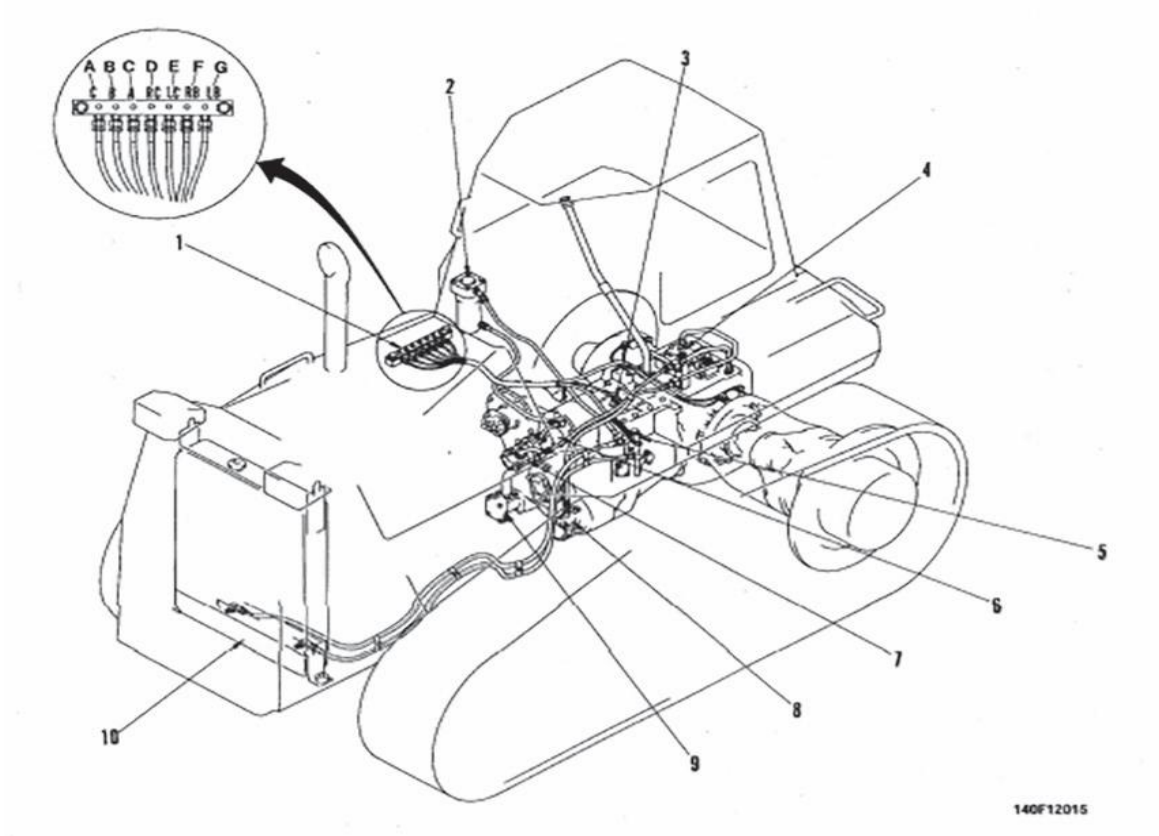
Nama Komponen					
1	Engine	8	Transmission	12	Final Drive
2	Damper	9	Bevel Gear	13	Sprocket
3	Universal Joint	10	Steering Clutch	14	Track Shoe
7	Torque Converter	11	Steering Brake		

Bagaimanakah prosedur kerja *power train system* tersebut? Simaklah uraian berikut ini agar kamu memahaminya.

1. *Horse power* dari *engine* disalurkan melalui oli dari *torque converter* ke *input shaft* (*turbine shaft*).
2. Pada transmisi kecepatan dikurangi dan rentang kecepatan dipilih (maju: 3 kecepatan, mundur 3 kecepatan) dengan kombinasi sistem *planetary gear* dan *hydraulic clutches*.
3. Sepasang *clutches* yang dipilih sesuai dengan perubahan beban dihubungkan dan gaya penggerak ditransmisikan dari *pinion bevel* di ujung belakang transmisi ke *bevel gear*.
4. Tenaga penggerak yang dikirimkan ke *bevel gear* dikirimkan dengan cara mengaktifkan atau menonaktifkan *steering clutch* dan *steering brake* untuk mengendalikan arah perjalanan. Jika *steering* dan *directional lever* dioperasikan untuk mengarahkan *machine*, gaya gerak pada *steering clutch* di sisi tempat tuas dioperasikan dilepaskan (*disengaged*) dan arah putaran berubah. Radius putaran dikontrol menggunakan *steering brake*. *Steering clutch* dan *steering brake* menggunakan kopling cakram ganda tipe basah yang diperkuat pegas (*wet-type spring-boosted multiple disc clutches*).
5. Tenaga yang berasal dari *steering units* disalurkan ke *final drive*. *Final drive* terdiri dari *single-stage spur gear* dan *single-stage planetary gear*. Roda gigi ini mengurangi kecepatan dan memutar *sprocket* untuk menggerakkan *drive track shoe* dan menggerakkan *machine*.

Sebelum kita melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) akan diberikan terlebih dahulu pemahaman tentang *power train hydraulic circuit* dan *piping diagram*.

Perhatikan Gambar 4.3 untuk menambah pengetahuanmu tentang sistem perpipaan *hydraulic* yang digunakan untuk menggerakkan komponen-komponen sistem *power train* pada *bulldozer*. Gambar 4.3 mendeskripsikan tentang nama komponen dan letaknya yang sangat membantumu untuk menyelesaikan gangguan sederhana.



Gambar 4.3 Power Train Hydraulic Piping Diagram

Sumber: Shop Manual D85E-SS-2A

Tabel 4.2 Komponen Power Train Hydraulic Piping Diagram

Nama Komponen			
1	Central pressure detection port	A	Pressure detection port for torque converter outlet port
2	Power train oil filter	B	Pressure detection port for torque converter inlet port
3	Transmission contro valve	C	Transmission modulating pressure detection port
4	Brake valve	D	Right clutch pressure detection port
5	Main relief valve	E	Left clutch pressure detection port
6	Power train pump	F	Right brake pressure detection port
7	Power train lubrication pump	G	Left brake pressure detection port
8	Scavenging pump		
9	Power train oil strainer		
10	Power train oil cooler		



Aktivitas 4.1 (Mandiri)

Memahami Fungsi Komponen Pemipaan *Hydraulic Power Train* pada *Bulldozer*

Tujuan

Pada aktivitas ini kamu mampu secara mandiri memahami fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train*.

Langkah-Langkah

1. Persiapkan *shop manual* yang dapat kalian unduh pada tautan berikut ini: (<https://s.id/9U5Yf>).
2. Cari informasi tentang fungsi komponen pemipaan *hydraulic power train* sesuai Gambar 4.3. Selanjutnya, tulis hasil pencarian informasi pada lembar kerja di buku tugasmu. Panduan lembar kerja sebagai tertera dalam tabel berikut.

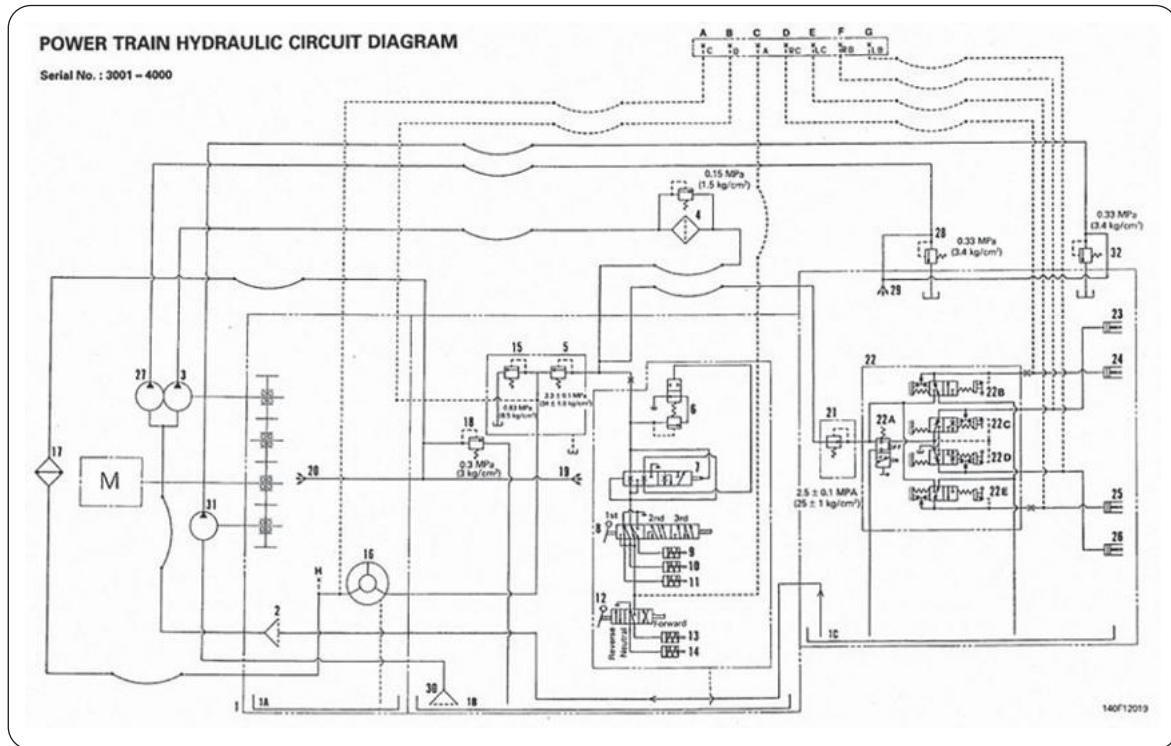


No.	Nama Komponen	Fungsi
1	Central pressure detection port	
2	Power train oil filter	
3	Transmission control valve	
4	Brake valve	
5	Main relief valve	
6	Power train pump	
7	Power train lubrication pump	
8	Scavenging pump	
9	Power train oil strainer	
10	Power train oil cooler	
A	Pressure detection port for torque converter outlet port	
B	Pressure detection port for torque converter inlet port	
C	Transmission modulating pressure detection port	
D	Right clutch pressure detection port	
E	Left clutch pressure detection port	
F	Right brake pressure detection port	
G	Left brake pressure detection port	

3. Komunikasikan hasil aktivitas dengan mempresentasikannya di depan kelas untuk didiskusikan dengan bimbingan dan arahan dari guru.



Setelah melakukan Aktivitas 4.1, kamu telah memahami lokasi dan fungsi dari komponen pemipaan *hydraulic power train*. Selanjutnya, simak dan cermatilah pembahasan tentang sirkuit diagram *hydraulic power train* berikut.



Gambar 4.4 Power Train Hydraulic Circuit Diagram

Sumber: Shop Manual D85E-SS-2A

Untuk memahami cara kerja pada *circuit diagram* Gambar 4.4 dibagi menjadi tiga bagian penjelasan. Kamu dapat membaca bagian I halaman 172, bagian II halaman 173, bagian III halaman 174. Apa arti kode nomor yang tercantum pada sirkuit tersebut? Amatilah keterangan dalam tabel berikut agar kamu mengetahuinya.

Tabel 4.3 Keterangan Bagian Power Train Hydraulic Circuit Diagram

Nama Komponen			
1	Power train oil pan	22	Steering control valve
	1A Torque converter case		22A Parking brake valve
	1B Transmission case		22B Right clutch valve
	1C Steering case		22C Right brake valve
2	Oil strainer		22D Left brake valve
3	Power train pump		22E Left clutch valve

Nama Komponen			
4	Power train oil filter	23	Right brake
5	Main relief valve (3.3 + 0.1 MPa/34 + 1.0 kg/cm ²)	24	Right clutch
6	Modulating valve	25	Left clutch
7	Quick return valve	26	Left brake
8	Speed valve	27	Power train lubrication pump
9	1st clutch	28	Lubrication valve
10	3rd clutch	29	Clutch, brake lubrication
11	2nd clutch	30	Strainer
12	Directional valve	31	Scavenging pump
13	Reverse clutch	32	Lubrication valve
14	Forward clutch	A (C)	Pressure detection port for torque converter outlet port
15	Torque converter relief valve (0.83 MPa/8.5 kg/cm ²)	B (B)	Pressure detection port for torque converter inlet port
16	Torque converter	C (A)	Transmission modulating pressure detection port
17	Oil cooler	D (RC)	Right clutch pressure detection port
18	Transmission lubrication valve (0.3 MPa/3 kg/cm ²)	E (LC)	Left clutch pressure detection port
19	Transmission lubrication	F (RB)	Right brake pressure detection port
20	PTO lubrication	G (LB)	Left brake pressure detection port
21	Reducing valve (2.5 + 0.1 MPa/25 + 1 kg/cm ²)	H	Power train oil temperature sensor mount

Kamu telah mengenal komponen-komponen *power train hydraulic circuit diagram* dan letaknya. Selanjutnya, akan dijelaskan cara kerja aliran oli pada sistem tersebut. Untuk memudahkan kalian dalam memahami cara kerjanya, maka akan dibagi menjadi tiga bagian penjelasan. Cermati diagram berikut untuk memahami masing-masing bagian.

Bagian I

Engine yang digunakan pada *Bulldozer D85E-SS-2A* disimbolkan dengan huruf M memiliki *output* energi mekanis yang akan menggerakkan tiga *hydraulic pump*, yaitu *hydraulic pump* untuk *power train* (3), kemudian ada *lubricating pump* (27) dan *scavenging pump* (31) melalui *power take off* (PTO).

Hydraulic pump untuk *power train* (3) akan mengubah energi mekanis dari *engine* menjadi energi kinetis, yaitu dengan memindahkan oli yang berasal dari *steering case* menuju ke sistem *power train*.

Ketika oli ini dipindahkan menuju sistem *power train*, maka dilakukan filterisasi terlebih dahulu oleh *filter oli power train* (4) yang dilengkapi dengan *bypass valve*. Setelah difilterisasi, *oli power train* ini akan dijaga tekanannya yang akan masuk ke *power train* oleh *main relief valve* (5).

Dari sinilah oli akan didistribusikan, ada yang menuju *torque converter* (16) dan ada yang menuju ke *transmission control valve*. Kita lihat pada sisi *control valve*, bahwa oli yang berasal dari *main relief valve* (5) itu akan didistribusikan menuju ke *torque converter relief valve* (15).

Torque converter relief valve (15) ini akan menurunkan tekanan dari *main relief valve* (5) sebesar 8.5 kg/cm² menuju ke *torque converter* (16), oli ini akan digunakan untuk mengoperasikan *torque converter* (16), oli yang masuk ke dalam *torque converter* (16) ini, dengan kata lain diatur nilai tekanannya oleh *torque converter relief valve*.

Oli yang masuk ke *torque converter* itu akan terlempar oleh *pump* pada *torque converter* akan menabrak turbin hingga turbin berputar menjadi *output torque converter* berupa putaran yang akan diberikan kepada input transmisi.

Oli setelah digunakan, dari *torque converter* akan dikeluarkan menuju ke *oil cooler* (17) untuk didinginkan. Selanjutnya, oli tersebut digunakan untuk lubrikasi yang ada di *power take off* (PTO) melalui nomor 20 dan juga untuk lubrikasi yang ada di transmisi di nomor 19 untuk *feeder*-nya.

Namun, tekanan yang digunakan untuk lubrikasi baik itu ke *power take off* (PTO) ataupun ke transmisi yang telah didinginkan oleh *oil cooler* tetap harus dijaga tekanannya oleh *lubricating valve* (8) sebesar 3 kg/cm².



Bagian II

Oil yang berada di *power train* dijaga oleh *main relief valve* nomor 5 yang salah satunya nanti akan diberikan untuk menuju ke sistem transmisi ke dalam transmisi *control valve*.

Pada bagian yang kedua ini kita akan melihat oli pada sisi *power train system*-nya. Pada bagian sebelumnya dijelaskan bahwa oli yang berada pada *power train* dijaga oleh *main relief valve* (5) yang salah satunya akan didistribusikan menuju ke transmisi *control valve*.

Transmisi *control valve* ini sendiri terdiri dari *modulating valve* nomor 6, ada *quick return* nomor 7, kemudian dilanjutkan ke *speed control valve* nomor 8 dan *directional valve* nomor 12. Seperti yang kita ketahui transmisi pada D85E-SS-2A ini memiliki 5 *clutch*, yaitu *forward clutch* (14) *reverse clutch* (13), dan *speed clutch* 1st, 2nd dan 3rd yang nanti pada proses pemasukan *gear*-nya harus ada 2 *clutch* yang *engaged* satu dari sisi *directional*-nya diatur oleh *directional control valve* nomor 12 dan juga salah satu dari 3 *speed* yang diatur oleh *speed control valve* nomor 8. Jadi, harus ada 2 *clutch engaged* dari 2 *control valve* ini.

Dalam *engaged*-nya memerlukan *oil pressure* yang tentunya berasal dari *circuit power train*. Namun, oli yang berada pada *circuit power train* diatur oleh *main relief valve* nomor 5. Ketika oli masuk ke dalam *transmission control valve*, dilakukan pemodulasian oleh *modulating valve*. *Modulating valve* ini tidak hanya digunakan sebagai modulasi, dapat juga sebagai pengatur tekanan yang akan masuk ke dalam 5 *clutch* tadi.

Jadi, fungsi utama dari *modulating valve* yang satu sebagai pemodulasi *pressure* yang akan masuk ke dalam *clutch* dalam proses *engaged* menjadi perlahan agar diharapkan perpindahan giginya tidak mengalami kejutan.

Namun, ketika *modulating valve* ini bekerja sama dengan *quick return* nomor 7, maka nanti 22 ini akan membuat proses *disengaged*-nya menjadi lebih cepat. Sementara itu, kalau *speed control valve* nomor 8 hanya menentukan ini mengarah ke *clutch* 1st, 2nd dan 3rd, sedangkan sisi yang lain ada *directional* tadi.

Untuk menentukan apakah nanti untuk *forward*, di luar daripada itu, oli yang diatur oleh *main relief valve* tadi tidak hanya digunakan *torque converter* dan tidak hanya digunakan untuk *system transmission control valve*. Namun, juga digunakan untuk penyuplaian pada *steering brake* dan *steering clutch* yang ada di dalam *steering brake system* yang ada di D85E-SS-2A. Olinya pun digunakan dalam *system steering brake* ini juga dan dilakukan penurunan kembali oleh *steering relief valve*, yaitu sebesar 25 kg/cm².

Bagian III

Pada bagian ketiga ini kita masuk ke dalam proses lubrikasi yang ada di *power train system*, berada di D85E-SS-2A. Jadi, lubrikasi sebagaimana telah disampaikan, dapat juga diawali dari *output torque converter*.

Setelah didinginkan, kemudian digunakan untuk lubrikasi yang ada di *power take off (PTO)* maupun yang ada di transmisi melalui *feeder* nomor 20 dan juga nomor 19. Namun, ada *lubricating pump* khusus digunakan pada D85E-SS-2A, yaitu melalui *hydraulic pump lubrication* nomor 27.

Olinya diambil dari *steering case*, kemudian dipindahkan menuju *lubrikasi relief valve* nomor 28 yang nanti olinya digunakan untuk lubrikasi pada *steering system* dan *steering brake* melalui *feeder* nomor 29. Namun, juga ada *hydraulic pump* yang ketiga *scavenging* nomor 31 umumnya memang *scavenging pump* itu untuk memindahkan oli dari *torque converter case* menuju ke *transmission case*.

Pada D85E-SS-2A ini cukup berbeda. Ternyata, *scavenging pump* nomor 31 dapat melakukan pemindahan oli yang berasal dari *transmission case* dan itu ditujukan atau dipindahkan menuju ke sistem lubrikasi. Sistem tersebut berada di *steering brake* pada D85E-SS-2A dengan diatur tekanannya oleh *lubricating valve* nomor 32, yaitu senilai 3,4 kg/cm².

Beberapa pengukuran ingin dilakukan. Misalnya, ingin melakukan pengukuran *main relief valve*, kemudian juga *torque converter relief valve*, dan juga *output* dari *torque converter* ataupun tekanan yang berada di sisi *clutch* untuk *forward*. Selain itu, juga tekanan yang berada pada *forward* atau *reverse (directional)* atau tekanan yang berada di *steering brakes*, *steering clutch* kanan, dan kiri dapat menggunakan *central port* bagian atas, huruf a, b, c, d, e, f, g ini dapat diperjelas nanti melalui diagramnya.



Aktivitas 4.2 (Kelompok)

Memahami Cara Kerja dari *Power Train Hydraulic Circuit Diagram*

Tujuan

Pada aktivitas ini kalian mampu bekerja sama memahami, menganalisis, dan membuat kesimpulan tentang *power train hydraulic circuit*.



Langkah-Langkah

1. Buatlah sembilan kelompok yang masing-masing terdiri atas empat orang.
2. Diskusikan hal berikut untuk masing-masing kelompok.
 - a) Jika *power train oil filter* tersumbat, apakah akan berakibat pada kerja dari sistem *power train*?
 - b) Mengapa tekanan oli yang ada pada sistem *power train* harus dijaga oleh *main relief valve*? Jika *main relief valve* rusak, apa yang akan terjadi pada sistem *power train*?
 - c) Mengapa tekanan oli pada *inlet* dan *outlet torque converter* harus dijaga? Jika tekanan kurang atau melebihi standar yang telah ditentukan, apa akibatnya pada sistem *power train*?
3. Komunisasikan hasil analisis dan kesimpulan kalian dengan mempresentasikannya di depan kelas. Setelah itu, diskusikan dengan kelompok lain.

B. Melakukan Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic and Mechanical System (H-Mode)*

Pada subbagian ini kamu akan mempelajari tentang memahami informasi umum tentang penyelesaian masalah (*troubleshooting*). Selain itu, kamu juga akan mempelajari tentang melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic* dan *mechanical system (H-Mode)*.

1. Memahami Informasi Umum tentang Penyelesaian Masalah (*Troubleshooting*)

Kamu telah memahami tentang lokasi dan fungsi dari komponen pemipaan *hydraulic power train* dan sirkuit diagram *hydraulic power train*. Selanjutnya, cermatilah pembahasan tentang cara menyelesaikan gangguan sederhana berikut.

a. Memahami Hal-Hal Penting Sebelum Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana

Hal-hal yang harus diingat saat menyelesaikan masalah (*troubleshooting*) sebagai berikut.

- 1) Hentikan *machine* di tempat yang datar dan periksa pin pengaman, blok, dan rem parkir terpasang dengan kencang.
- 2) Apabila melakukan operasi dengan dua pekerjaan atau lebih, patuhi tanda yang telah disepakati dan jangan izinkan orang yang tidak berwenang mendekat.

- 3) Jika tutup radiator dilepas saat *engine* masih panas, air panas dapat menyembur ke luar dan menyebabkan luka bakar. Jadi, tunggu hingga *engine* dingin sebelum memulai penyelesaian masalah.
- 4) Berhati-hati agar tidak menyentuh bagian yang panas atau terjepit di bagian yang berputar.
- 5) Saat melepaskan kabel, selalu lepaskan terminal negatif (-) baterai terlebih dahulu.
- 6) Saat melepaskan sumbat atau tutup dari lokasi yang bertekanan karena minyak, air, atau udara selalu lepaskan tekanan internal terlebih dahulu. Saat memasang peralatan pengukur, pastikan untuk menyambungkannya dengan benar.

b. Memahami Langkah-Langkah Melakukan Penyelesaian Gangguan Sederhana

Tujuan penyelesaian masalah ialah untuk menentukan penyebab dasar kegagalan, melakukan perbaikan dengan cepat dan mencegah terulangnya kembali kegagalan. Saat melakukan penyelesaian masalah, tentu saja yang penting ialah memahami struktur dan fungsinya. Namun, jalan pintas untuk pemecahan masalah yang efektif ialah mengajukan berbagai pertanyaan kepada operator untuk mendapatkan gambaran tentang kemungkinan penyebab kegagalan yang akan menghasilkan gejala yang dilaporkan.

- 1) Saat melakukan pemecahan masalah, jangan terburu-buru membongkar komponen. Jika komponen dibongkar segera setelah terjadi kegagalan akan berakibat berikut.
 - a) Bagian-bagian yang tidak ada hubungannya dengan kegagalan atau bagian-bagian lain yang tidak diperlukan akan dibongkar.
 - b) Akan menjadi mustahil untuk menemukan penyebab kegagalan.

Hal ini juga akan menyebabkan pemborosan jam kerja, suku cadang, oli, atau *grease*. Pada saat yang sama, juga akan menghilangkan kepercayaan pengguna atau operator. Oleh karena itu, ketika melakukan pemecahan masalah, perlu dilakukan investigasi awal secara menyeluruh dan melakukan pemecahan masalah sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.

- 2) Hal-hal yang perlu ditanyakan kepada pengguna atau operator sebagai berikut.
 - a) Apakah ada masalah lain yang terjadi, selain masalah yang dilaporkan?
 - b) Apakah ada yang aneh terjadi pada *machine* sebelum kegagalan terjadi?
 - c) Apakah kegagalan terjadi secara tiba-tiba atau adakah masalah pada kondisi *machine* sebelum kegagalan?



Catatan Penting

Ketika melakukan pemecahan masalah, perlu dilakukan investigasi awal secara menyeluruh dan melakukan pemecahan masalah sesuai dengan prosedur yang ditetapkan.



- d) Dalam kondisi apa kegagalan terjadi?
 - e) Apakah ada perbaikan yang dilakukan sebelum kegagalan? Kapan perbaikan tersebut dilakukan?
 - f) Apakah kegagalan serupa pernah terjadi sebelumnya?
- 3) Pemeriksaan sebelum penyelesaian masalah dengan memperhatikan hal berikut.
- a) Apakah ada tanda-tanda penyimpangan pada *machine*?
 - b) Lakukan pemeriksaan sebelum memulai pekerjaan hari itu.
 - c) Lakukan pengecekan terhadap *item* lainnya.
 - d) Pengecekan *item* perawatan dapat dilakukan secara eksternal, jadi pengecekan dilakukan terhadap *item* yang dianggap perlu.

4) Mengonfirmasi kegagalan

Konfirmasikan sendiri tingkat kegagalan dan putuskan apakah akan menanganinya sebagai kegagalan sesungguhnya atau sebagai masalah pada metode pengoperasian, dan lain-lain. Saat mengoperasikan *machine* untuk mengaktifkan kembali gejala pemecahan masalah, jangan melakukan investigasi atau pengukuran apa pun yang dapat memperburuk masalah.

5) Penyelesaian masalah

Gunakan hasil investigasi dan inspeksi pada *item* 2 hingga 4 untuk mempersempit penyebab kegagalan. Selanjutnya, gunakan tabel penyelesaian masalah untuk menemukan posisi kegagalan secara tepat. Prosedur dasar untuk penyelesaian masalah sebagai berikut.

- 1) Mulailah dari poin-poin sederhana.
 - 2) Mulailah dari titik yang paling memungkinkan.
 - 3) Selidiki informasi bagian terkait lainnya.
- 6) Langkah-langkah untuk menghilangkan penyebab kegagalan sekalipun kegagalan telah diperbaiki. Jika penyebab kegagalan tidak diperbaiki, kegagalan yang sama akan terjadi lagi. Untuk mencegah hal tersebut, selalu selidiki penyebab masalah tersebut terjadi. Selanjutnya, hilangkan akar penyebabnya.
- 7) Melakukan pemeriksaan sebelum melakukan penyelesaian masalah/*troubleshooting*.

Kamu telah memahami tentang Informasi umum tentang penyelesaian masalah/*troubleshooting*. Berikutnya lakukan pemeriksaan pada *machine*/unit alat berat mengikuti formulir kerja berikut ini sebelum kamu melakukan penyelesaian masalah/*troubleshooting*.

Tabel 4.4 Pengecekan Sebelum Melakukan *Troubleshooting*

Checks Before Troubleshooting				
D85EES-2A				
	No.	Item	Criteria	Remedy
Checks before starting	Lubricating oil, cooling water	1. Check fuel level		Add fuel
		2. Check for dirt or water in fuel		Clean, drain
		3. Check of hydraulic oil level		Add oil
		4. Check of hydraulic oil strainer		Clean, drain
		5. Check of power train oil level		Add oil
		6. Check of engine oil level (level of oil in oil pan)		Add oil
		7. Check cooling water level		Add water
		8. Check condition of dust indicator		Clean or replace
	Electrical equipment	9. Check for loose or corroded battery terminals or wires		Tighten or replace
		10. Check for loose or corroded alternator terminals or wires		Tighten or replace
		11. Check for loose or corroded starting motor terminals or wires		Tighten or replace

Sumber: Shop Manual D85E-SS-2A

Sebelum menghidupkan *engine*, lihat di sekeliling dan bagian bawah *machine* untuk memeriksa apakah ada mur atau baut yang kendur, kebocoran oli, bahan bakar, atau cairan pendingin. Selain itu, periksa kondisi peralatan kerja dan sistem *hydraulic*. Periksa juga kelonggaran pada konektor, kelonggaran pada kabel, dan penumpukan debu di tempat yang terkena suhu tinggi.

Penumpukan bahan yang mudah terbakar atau kebocoran bahan bakar atau oli di sekitar baterai, *engine* itu sendiri, KDPF (Komatsu Diesel Particulate Filter), *turbocharger*, atau komponen *machine* bersuhu tinggi lainnya dapat menyebabkan *machine* terbakar. Periksa secara menyeluruh dan perbaiki jika ditemukan kondisi yang tidak normal.



2. Melakukan Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic* dan *Mechanical System* (H-Mode)

Untuk melakukan penyelesaian masalah pada *hydraulic* dan *mechanical system* (H-mode), kamu dapat melihat pada *shop manual Bulldozer D85E-SS-2A*. Pilihlah bab tentang “*Testing and Adjusting*”, kemudian pilih subbab tentang “*Troubleshooting*”.

Kategori nomor kode *troubleshooting* dibagi menjadi empat sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini. *Power train* menggunakan nomor kode *troubleshooting* H-00.

Tabel 4.5 Nomor Kode *Troubleshooting*

<i>Troubleshooting Code Number</i>	<i>Component</i>
S-00	<i>Engine</i>
H-00	<i>Power Train, work equipment (hydraulic, mechanical system)</i>
E-00	<i>Electronic system</i>
M-00	<i>Machine monitor</i>

Untuk memudahkan kamu untuk mengetahui mode kegagalan dan penyebabnya, cermati contoh dalam Tabel 4.6. Kamu dapat merujuk pada tabel tersebut dan akan memudahkan untuk mengetahui penyebab dari suatu kegagalan. *Bulldozer D85E-SS-2A* pada tabel tersebut disajikan 18 *item* mode kegagalan (*failure mode*). *Part* yang diduga menjadi penyebab kegagalan yang dibagi menjadi dua sistem, yaitu *hydraulic system* dan *mechanical system*. Pada *hydraulic system* dibagi menjadi dua komponen, yaitu *power train* dan *valve*. Tanda O menunjukkan *part* yang diduga menjadi penyebab kegagalan.



Tabel 4.6 Contoh Mengetahui Mode Kegagalan

TABLE OF FAILURE MODES AND CAUSES (Hydraulic, Mechanical System)																										
Part Causing Failure	Failure Mode	Hydraulic System													Mechanical System						Trouble shooting					
					Power Train							Valve														
		PPC pump	PPC charge valve	PPC valve	Power train pump	Clutch valve	Brake valve	Main relief valve	Transmission valve	Hydraulic pump	Strainer	Hydraulic cylinder	Spool	Main relief valve	LS relief valve (for work equipment)	Unload valve	Pressure compensation valve	Linkage	Steering clutch (disk, brake, etc.)	Brake clutch (disk, brake, etc.)	Internal parts of transmission	Internal parts of torque converter	Engine	Cooling system	Loose piping clamps, entry of air, oil leakage	If there is any abnormality, go to YES/ NO Trouble shooting Table H-0X
1	Brakes does not work					0	0										0	0	0							H-1
2	Machine does not turn (can travel in a straight line)					0	0										0	0	0							H-2
3	Overruns when turning					0	0										0	0	0							H-3
4	Can turn in only one direction (when streering and directional lever is operated)					0	0										0		0							H-4
5	Excessive time lag				0			0	0								0									H-5
6	Machine can travel in only one direction (forward or reverse)								0								0			0						H-6
7	Machine does not move (when engine is started and lever is shifted to 2nd or 3rd)				0	0	0	0	0	0							0	0	0	0	0	0				H-7
8	Machine does not move in any speed range				0	0	0	0	0	0							0	0	0	0	0	0				H-8
9	Power train oil temperature rises too high				0	0	0	0									0	0	0	0	0	0	0	0	0	H-9
10	Drawbar pull is weak, travel speed is slow				0	0	0	0	0								0	0	0	0	0					H-10
11	Abnormal noise is generated from around hydraulic pump									0	0													0		H-11
12	Speed of all work equipment is slow	0	0	0					0					0		0										H-12
13	No work equipment moves	0	0						0					0		0										H-13
14	All work equipment lacks power	0	0	0					0					0		0										H-14
15	Blade lifting speed is slow or lacks power		0										0		0		0							0		H-15
16	Blade tilt speed is slow or lacks power		0										0		0		0	0						0		H-16
17	Hydraulic drift of blade lift is excessive										0															H-17
18	Hydraulic drift of blade tilt is excessive										0															H-18

Sumber: Shop Manual D85E-SS-2A

Berikutnya akan diberikan satu contoh cara mengetahui penyebab kegagalan dari sistem *power train* dan cara melakukan perbaikan. Contoh yang diambil ialah *failure mode* H-1, yakni *brake does no work*.

Selanjutnya, mulai dilakukan pengecekan dan pengukuran mengikuti pernyataan yang ada pada diagram penelusuran kegagalan.

- Pengecekan diawali dengan pertanyaan, “*Is braking capacity sufficient?* (Apakah kapasitas pengereman cukup?). Lihat *note* 1) pahami dan kerjakan. Setelah kamu melakukan pengecekan sesuai dengan *note* 1)



Catatan Penting

Sebelum melakukan *troubleshooting* terlebih dahulu lakukan pengecekan *level oli power train*.



dan jika hasilnya sesuai dengan apa yang dipersyaratkan, maka lanjut ke baris YES berikutnya dan kamu diarahkan pada kolom *cause* dan kamu akan menemukan perintah untuk lanjut ke H-2 dan pada kolom *remedy*, tidak ada perintah untuk melakukan tindakan apa pun.

- b. Jika hasil pengecekan tidak sesuai dengan apa yang dipersyaratkan, maka lanjut ke baris NO, dan kalian akan mendapati pertanyaan, “*Is clutch and brake oil pressure normal?*” (apakah tekanan oli *clutch* dan *brake* normal?). Di bawah kotak ada perintah untuk melihat *table 1* yang berisi spesifikasi tekanan *hydraulic clutch* dan *brake*. Lakukan pengecekan dan pengukuran. Pada bagian/langkah yang kedua ini ada dua kemungkinan yakni YES dan NO.
 - 1) Jika hasil pengecekan dan pengukuran sesuai dengan spesifikasi, maka lanjut ke baris YES dan kalian diarahkan pada kolom *cause* yang berisi informasi penyebab kegagalan. Kegagalan itu ialah terjadi keausan *brake disc* dan *plate*, pada kolom *remedy* ada perintah untuk melakukan tindakan yakni lakukan penggantian pada *brake disc* dan *plate* yang telah terjadi keausan.
 - 2) Jika hasil pengecekan dan pengukuran tidak sesuai dengan spesifikasi, maka lanjut ke baris NO. Selanjutnya, kita akan berpidah pada bagian/langkah yang ke 3.
- c. Pada langkah/bagian yang ketiga ini, diawali dengan pertanyaan, “*Is adjustment of brake linkage correct?*” (Apakah penyetelan *brake linkage* sudah benar?). Selanjutnya, kamu diminta untuk melihat prosedur *testing adjusting*. Lakukan pengecekan dan pengukuran sesuai dengan prosedur. Jika hasil pengecekan dan pengukuran tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, maka lanjut ke baris NO dan kalian diarahkan pada kolom *cause* yang berisi informasi penyebab kegagalan yakni terjadi *defective adjustment of linkage* (kurang tepat dalam melakukan penyetelan *linkage*). Pada kolom *remedy* ada perintah untuk melakukan tindakan yakni lakukan *adjust* (penyetelan). Jika hasil pengecekan dan pengukuran sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan, maka lanjut ke baris YES, akan lanjut pada langkah/bagian keempat.
- d. Pada langkah/bagian yang keempat ini, diawali dengan pertanyaan, “*Does spool of valve move smoothly?*” (Apakah *valve spool* bergerak dengan lancar?) (*brake*). Lakukan pengecekan. Jika hasil pengecekan *valve spool* bergerak dengan lancar

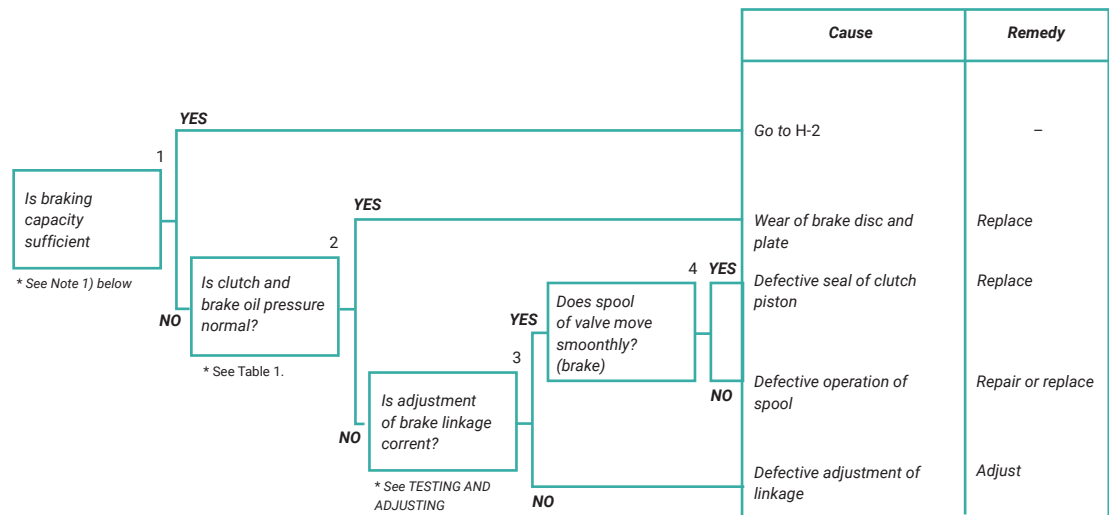


Catatan Penting

Menginjak pedal rem sepenuhnya dan atur ke R2 untuk mengatur kondisi *stall*, kemudian injak pedal deselerator secara bertahap dari posisi lambat untuk meningkatkan kecepatan engine ke *full throttle* dan pada kondisi ini *machine* tidak boleh bergerak.



maka ke baris YES dan kamu diarahkan pada kolom *cause* yang berisi informasi penyebab kegagalan yakni terjadi *defective seal of clutch piston* (kerusakan pada *seal of clutch piston*) dan pada kolom *remedy* ada perintah untuk melakukan tindakan yakni lakukan *replace* (penggantian). Jika hasil pengecekan *valve spool* tidak bergerak dengan lancar, maka ke baris NO dan kalian diarahkan pada kolom *cause* yang berisi informasi penyebab kegagalan, yakni terjadi *defective operation of spool* (*spool* tidak bekerja dengan baik). Pada kolom *remedy* ada perintah untuk melakukan tindakan yakni lakukan *repair or replace*-perbaiki atau penggantian.



Gambar 4.5 Diagram Penelusuran Kegagalan

Tabel 4.7 Spesifikasi Tekanan Hydraulic Clutch dan Brake

Table 1			Unit: Mpa (kg/cm ²)	
Conditions			Hydraulic pressure (left, right)	
			Clutch	Brake
Brake pedal not depressed	Engine speed	Full	0	Min. 2.2 (22)
		Low idling	0	Min. 2.2 (22)
Brake pedal depressed	Engine speed	Full	0	0
		Low idling	0	0





Aktivitas 4.3 (Kelompok)

Melakukan Penyelesaian Masalah pada *Hydraulic and Mechanical System (H-Mode)*

Tujuan

Pada aktivitas ini kalian mampu bekerja sama melakukan pemecahan *study* kasus dan menganalisis hasilnya hingga membuat kesimpulan.

Langkah-Langkah

1. Buatlah pembagian kelompok dengan masing-masing kelompok beranggotakan empat orang.
 - a) Kelompok 1–5: kasus 1
 - b) Kelompok 6–9: kasus 2
2. Lakukan analisis kasus, diskusikan dengan anggota kelompok. Selanjutnya, empat tugas yang diberikan.

Kasus 1

Seorang operator *Bulldozer* D85E-SS-2A, ketika pergantian *shift* kerja, melaporkan kepada operator berikutnya bahwa unit hanya dapat melakukan pergerakan ke arah depan saja. Selanjutnya, operator tersebut melaporkan kepada kalian selaku seorang mekanik untuk melakukan perbaikan. Sebagai mekanik, kalian membuat JSA sebelum melakukan pekerjaan, kemudian melakukan analisis terhadap keluhan operator tersebut. Kerjakan tugas berikut.

- 1) Buatlah bagan alur kerja untuk mengetahui penyebab kegagalan dari sistem *power train* serta cara melakukan perbaikan mengacu pada *shop manual Bulldozer* D85E-SS-2A.
- 2) Buat daftar peralatan yang diperlukan untuk melakukan proses *testing* dan *adjusting*.
- 3) Tuliskan prosedur melakukan proses *testing* dan *adjusting*.
- 4) Periksa dan tentukan *part* apa saja yang perlu diperbaiki dan diganti.

Kasus 2

Seorang operator *Bulldozer* D85E-SS-2A, ketika sedang melakukan pekerjaan meratakan lahan, tiba-tiba *bulldozer* tidak dapat bergerak. Selanjutnya, operator tersebut melaporkan kejadian tersebut kepada atasannya. Kalian selaku mekanik mendapat tugas untuk melakukan pengecekan dan perbaikan pada *bulldozer* tersebut. Kalian menemui operator tersebut dan menanyakan tentang kejadian tersebut. Operator pun menjelaskan bahwa



dia memasukkan *lever* pada posisi 2nd dan 3rd. Namun, ketika pedal *deselerator* diinjak, unit tidak mau bergerak. Selaku seorang mekanik kalian membuat JSA sebelum melakukan pekerjaan, kemudian melakukan analisis terhadap keluhan operator tersebut. Kerjakan tugas berikut.

- 1) Buatlah bagan alur kerja untuk mengetahui penyebab kegagalan dari sistem *power train* serta cara melakukan perbaikan mengacu kepada *shop manual Bulldozer D85E-SS-2A*.
 - 2) Buat daftar peralatan yang diperlukan untuk melakukan proses *testing and adjusting*.
 - 3) Periksa dan tentukan *part* apa saja yang perlu diperbaiki dan diganti.
 - 4) Catat spesifikasi yang tertera pada *shop manual* terkait kegagalan tersebut.
3. Komunikasikan hasil kerja kelompok dengan mempresentasikan dan mendiskusikannya dengan kelompok lain.



Kasus Industri

Seorang mekanik harus memiliki kemampuan menganalisis kegagalan pada sistem *power train* dan *undercarriage*. Sering kali di industri ditemukan mekanik mendapatkan keluhan dari operator terhadap unit yang mereka gunakan. Keluhan tersebut, antara lain, munculnya suara berisik pada mekanisme *power train* dan *undercarriage*, sistem pengereman tidak bekerja, *machine/unit* alat berat tidak dapat bergerak maju dan mundur, transmisi tidak dapat dioperasikan. Seorang mekanik yang salah dalam menganalisis kegagalan berdampak pada waktu lamanya unit tidak beroperasi karena perbaikan. Hal yang lebih parah lagi, sampai kerusakan unit tidak dapat beroperasi dalam waktu yang panjang. Hal tersebut, pada akhirnya menimbulkan biaya yang tinggi.





Uji Kompetensi Bab 4

A. 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*
2. Fungsi dari *torque converter 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* dari tekanan tinggi yang tidak normal
 - e. mengurangi tekanan oli *differential*
3. Tekanan spesifikasi dari *main relief* pada *bulldozer D85E-SS-2A* ialah
 - a. 3,2 Kg/cm²
 - b. 33.0 Mpa
 - c. 3,2 Mpa
 - d. 0,83 Mpa
 - e. 8,5 Kg/cm²
4. Berapakah tekanan spesifikasi dari *torque converter inlet* pada *Bulldozer D85E-SS-2A* ialah
 - a. 3,2 Kg/cm²
 - b. 33,0 Mpa
 - c. 3,2 Mpa
 - d. 0,83 Mpa
 - e. 8,5 Kg/m²
5. Kategori nomor kode *troubleshooting* untuk *power train*, *work equipment (hydraulic, mechanical system)* ialah
 - a. S-OC
 - b. H-OC
 - c. E-OO
 - d. M-OO
 - e. N-OO



6. Kategori nomor kode *troubleshooting* untuk *electronic system* ialah
- a. S-OC
 - b. H-OC
 - c. E-OO
 - d. M-OO
 - e. N-OO
7. Kategori nomor kode *troubleshooting* untuk *machine monitor* ialah
- a. S-OC
 - b. H-OC
 - c. E-OO
 - d. M-OO
 - e. N-OO
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
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 berbelok dalam satu arah saja (maju atau mundur)
 - e. 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



B. Menjodohkan

Jodohkan pernyataan pada kolom sebelah kiri dengan kolom di sebelah kanan!

1.	No	Check Item	No	Standar Value
1.		<i>Torque converter stall speed</i>		77 ± 12 mm
2.		<i>Brake pedal</i>		1.690 ± 100 rpm
3.		<i>Riper control lever (Hold - Raise)</i>		79 ± 12 mm
4.		<i>Decelerator pedal</i>		58 ± 9 mm
5.		<i>Blade control lever (Hold - Lower)</i>		58 ± 9 mm
2.	No	Check Item	No	Standar Value
1.		<i>Torque converter stall speed</i>		79 ± 12 mm
2.		<i>Brake pedal</i>		65 ± 10 mm
3.		<i>Riper control lever (Hold - Lower)</i>		81 ± 12 mm
4.		<i>Gear shift lever</i>		1.690 ± 100 rpm
5.		<i>Blade control lever (Hold-Raise)</i>		39 ± 6 mm
3.	No	Part No.	No	Part Name
1.		799-101-5001		<i>Elbow</i>
2.		790-261-1203		<i>Adapter</i>
3.		799-401-2320		<i>Hydraulic gauge</i>
4.		790-261-1311		<i>Digital hydraulic tester</i>
5.		790-261-1350		<i>Hydraulic tester</i>



4.

Measurement Location	Nomor
Transmission main relief pressure	
Left brake actuating pressure	
Right brake actuating pressure	
Torque converter inlet pressure	
Torque converter outlet pressure	

Sumber: diilustrasi ulang dari Shop Manual D85ESS-2A

5.

No	Combination of Speed
1.	F1
2.	F2
3.	F3
4.	R1
5.	R2

No	Clutches
	No. 1 dan No. 4
	No. 1 dan No. 5
	No. 2 dan No. 3
	No. 2 dan No. 4
	No. 2 dan No. 5

C. Uraian

Jawablah pertanyaan berikut ini!

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!
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!
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!
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!
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?



Refleksi

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan kamu dapat menjelaskan tentang gangguan sederhana pada pemindah tenaga (*power train*) dan kerangka bawah (*undercarriage*) mengacu pada *shop manual*. Berilah penilaian diri secara jujur tentang tingkat pemahaman dan penguasaan dari materi pada bab ini dengan menjawab pertanyaan berikut.

1. Apa pemahaman baru yang kamu dapatkan tentang menyelesaikan gangguan sederhana pada sistem *power train* unit alat berat?
2. Hal apa yang menurut kalian paling kritis dalam menyelesaikan gangguan sederhana pada sistem *power train* unit alat berat?



3. Jika kalian menemukan permasalahan lapangan yang lain, hal penting apa yang akan kalian prioritaskan setelah mempelajari ini?

Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Pengayaan

Untuk menguatkan pemahamanmu tentang materi dalam bab ini, silakan akses *shop manual* pada tautan berikut ini.

<https://s.id/lmXFx>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
REPUBLIK INDONESIA, 2025

Teknik Alat Berat untuk SMK/MAK Kelas XII

Penulis: Margono, Rudi Harianto, Edi Fakhrin

ISBN: 978-634-00-3311-3 (jil.2 PDF)

Bab
5



Penyelesaian Gangguan Sederhana pada Unit Alat Berat



Menurut kalian apa dampaknya jika mekanik alat berat tidak memahami prosedur penyelesaian gangguan sederhana?





Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan dapat melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat.



Peta Materi



Kata Kunci

- *action level*
- *alarm monitor*
- *buzzer*
- *gangguan sederhana*
- *paper works*

Pernahkah kamu melihat *machine* atau unit alat berat, seperti *excavator*, *track type tractor*, atau *wheel loader* tiba-tiba kehilangan tenaga saat bekerja? Apakah kamu juga pernah melihat pada monitor *machine* muncul simbol peringatan “!”? Kemungkinan hal itu terjadi dapat disebabkan karena adanya kondisi yang tidak sesuai atau tidak normal pada *machine*/unit alat berat. Oleh karena itu, dalam materi menyelesaikan gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat ini, kamu akan memahami pentingnya untuk melakukan perawatan berkala agar kinerja tetap optimal. Selain itu, umur *machine*/unit alat berat dapat diperpanjang.

Untuk mengukur pemahaman awalmu, silakan mengerjakan tugas berikut ini.

1. Apakah tujuan dilaksanakannya perawatan secara berkala pada *machine*/unit alat berat?
2. Kegiatan perawatan berkala pada *machine*/unit alat berat meliputi apa saja?
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!

Kamu akan belajar tentang menerapkan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat pada Bab 5 ini. *Machine*/unit alat berat yang berada di sekolahmu kadang berbeda dengan yang ada di sekolah lain. Ada CAT, Komatsu, Hitachi, Sunny, Kobelco, Sumitomo, Pindad, dan yang lainnya. Pada pembahasan kali ini, kita akan mengambil satu contoh menerapkan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat PC 200-8M0.

Dalam menerapkan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat PC 200-8M0 ada enam hal yang harus kamu kuasai. Enam hal tersebut dapat kamu cermati dalam diagram berikut ini.



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 tidak hanya untuk perbaikan, tetapi juga suatu investasi agar *machine*/unit alat berat tetap awet dan efisien.





Gambar 5.1 Enam hal yang harus dikuasai dalam menerapkan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine/unit* alat berat PC 200-8M0.

Apakah perbedaan dan penjelasan masing-masing hal tersebut? Cermatilah uraian dalam subbab berikut agar kamu mengetahuinya.

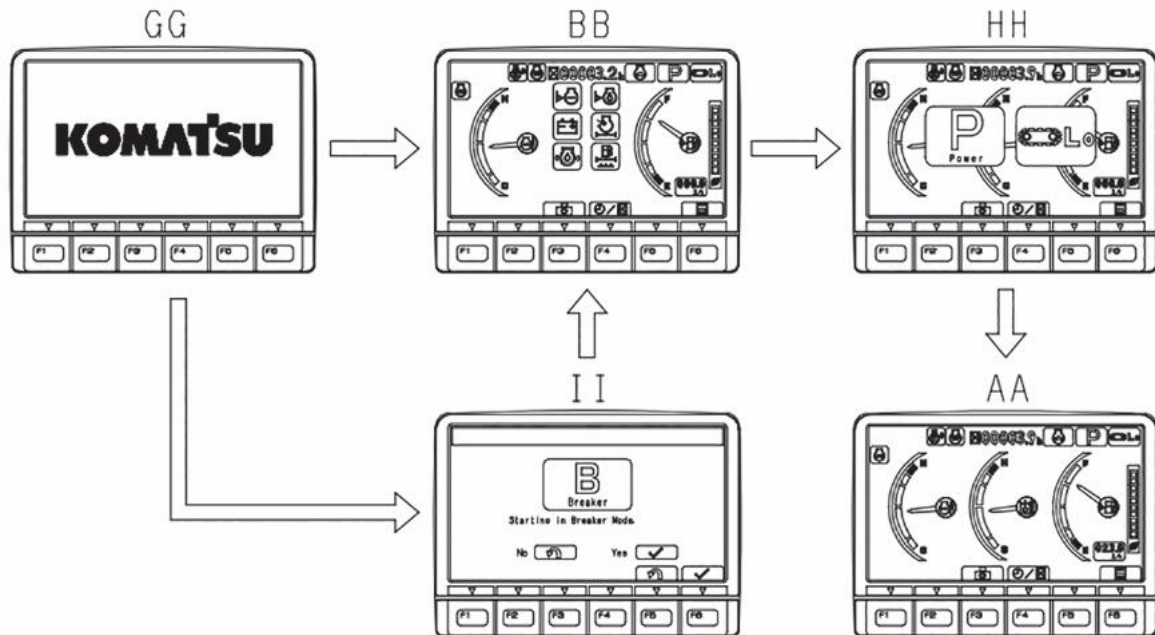
A. Pengoperasian Dasar pada Monitor *Machine*

Pengoperasian dasar pada monitor *machine* dapat dilakukan pada beberapa kondisi. Kondisi pengoperasian, meliputi pengoperasian pada saat kondisi normal dan pengoperasian dasar pada monitor *machine*, jika terjadi ketidaknormalan/kelainan pada saat menghidupkan *engin*. Selain itu, juga pengoperasian dasar pada monitor *machine* pada saat terjadi ketidaknormalan/kelainan selama operasi. Berikut akan dijelaskan masing-masing kondisi pengoperasian tersebut.

1. Pengoperasian Dasar pada Monitor *Machine* Saat Kondisi Normal

Pengoperasian dasar pada monitor *machine* saat kondisi normal dapat dilakukan melalui prosedur tertentu. Apakah kamu mengetahui prosedur tersebut? Cermatilah gambar berikut dan penjelasan yang diberikan.



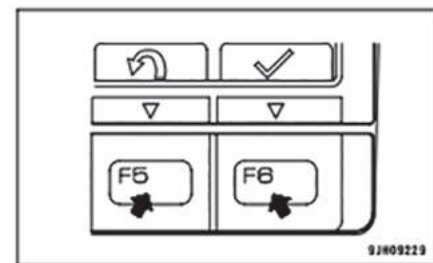


Gambar 5.2 Pengoperasian dasar pada monitor *machine* saat kondisi normal.

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

Prosedur pengoperasian dasar pada monitor *mechine* saat kondisi normal, dapat dilakukan dengan cara berikut.

- Ketika *starting switch* diputar ke posisi ON, layar pembuka GG akan ditampilkan.
- Setelah layar pembuka GG ditampilkan selama 2 detik, layar beralih ke pemeriksaan sebelum memulai layar BB.
- Setelah pemeriksaan sebelum memulai layar BB ditampilkan selama 2 detik, layar beralih ke tampilan *working mode/travel mode* tampilan layar HH.
- Setelah layar tampilan *working mode/travel mode* HH ditampilkan selama 2 detik, layar beralih ke layar standar AA.
- Jika *working mode* saat *engine* dihidupkan ialah mode B, layar pembuka GG ditampilkan selama 2 detik, kemudian layar beralih ke layar konfirmasi mode pemutus II.
- Saat memulai dalam mode B, tekan tombol F6. Jika tidak ingin memulai mode B tekan tombol F5. Dalam kondisi ini, sistem akan memulai dengan mode E.



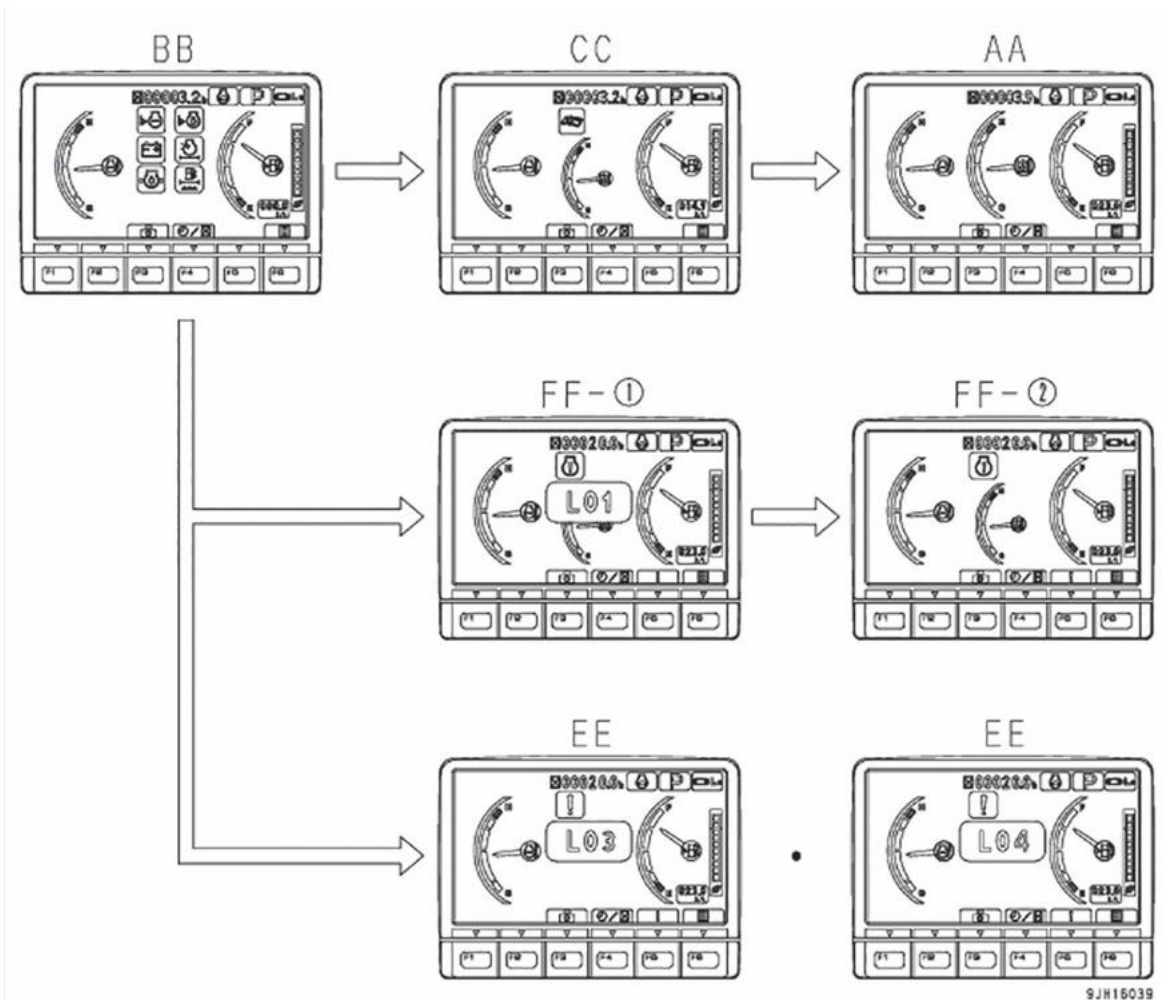
Gambar 5.3 Tombol F5 dan F6

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0



2. Pengoperasian Jika Terjadi Ketidaknormalan/Kelainan Saat Menghidupkan Engine

Pengoperasian dasar pada monitor *machine* saat kondisi jika terjadi ketidaknormalan atau kelainan saat menghidupkan *engine* dapat dilakukan melalui prosedur tertentu. Apakah kamu mengetahui prosedur tersebut? Cermatilah gambar berikut dan penjelasan yang diberikan.

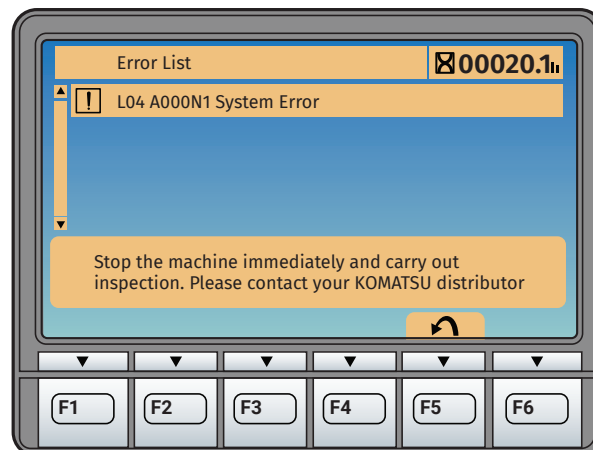
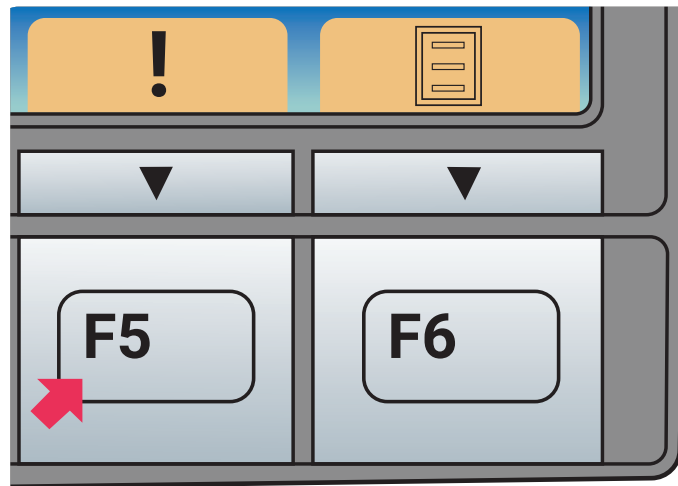


Gambar 5.4 Pengoperasian dasar pada monitor *machine* saat kondisi jika terjadi ketidaknormalan saat menghidupkan *engine*.

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

Prosedur pengoperasian dasar pada monitor *mechine* saat kondisi jika terjadi ketidaknormalan saat menghidupkan *engine*, dapat dilakukan dengan cara berikut.

- Jika ada kelainan saat menghidupkan *engine*, periksa sebelum *starting* layar BB berubah ke *maintenance time warning screen* CC, *warning screen* FF, atau *error screen* EE.
- Setelah menampilkan layar, periksa sebelum *starting* layar BB selama 2 detik, layar berubah ke *maintenance time warning screen* CC.
- Setelah menampilkan *maintenance time warning screen* CC selama 30 detik, layar kembali ke layar standar AA.
- Setelah menampilkan periksa sebelum *starting* layar BB selama 2 detik, layar berubah menjadi *warning screen* FF dan *error screen* EE.
- Jika terdapat kesalahan,"!" akan ditampilkan di atas tombol F5. Tekan F5 untuk memeriksa detail kesalahan. Daftar kesalahan yang ada akan ditampilkan pada layar.

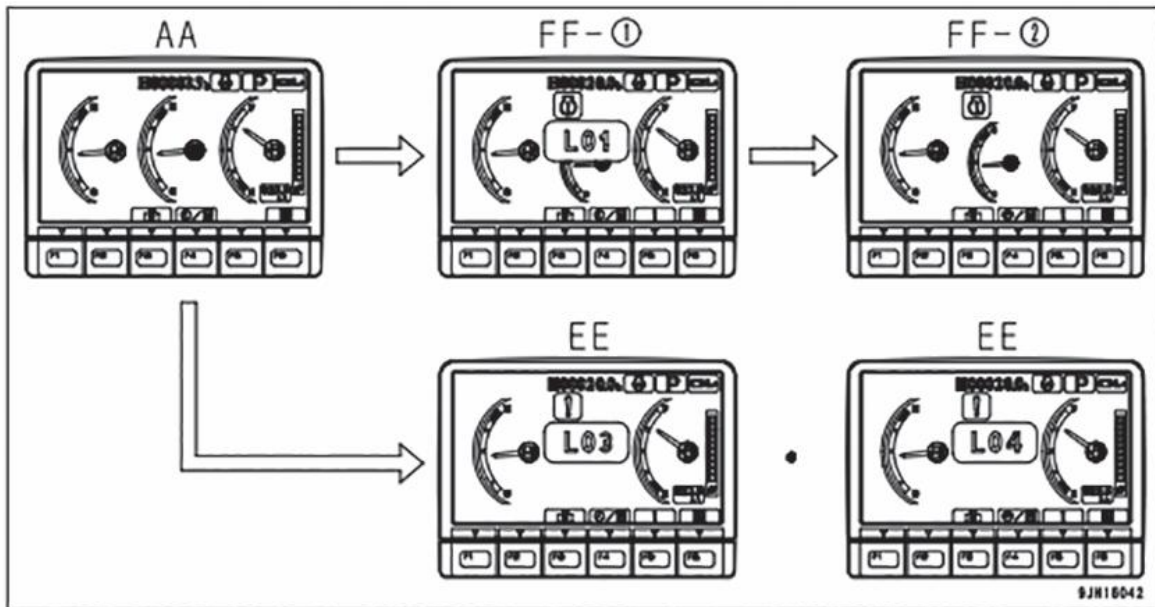


Gambar 5.5 Tombol F5 untuk memeriksa kesalahan.

Sumber: diilustrasi ulang dari *Operation & Maintenance Manual* PC 200-8M0

3. Pengoperasian Jika Terjadi Ketidaknormalan/Kelainan Selama Operasi

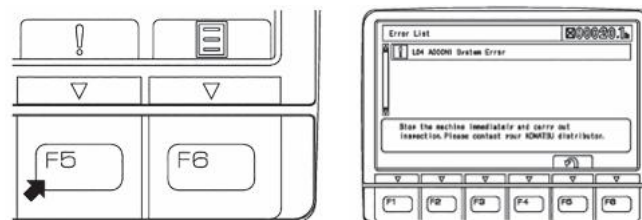
Pengoperasian dasar pada monitor *machine* saat kondisi jika terjadi ketidaknormalan atau kelainan selama operasi dapat dilakukan melalui prosedur tertentu. Apakah kamu mengetahui prosedur tersebut? Cermatilah gambar berikut dan penjelasan yang diberikan.



Gambar 5.6 Pengoperasian jika terjadi ketidaknormalan atau kelainan selama operasi.

Prosedur pengoperasian dasar pada monitor *mechine* saat kondisi jika terjadi ketidaknormalan atau kelainan selama operasi, dapat dilakukan dengan cara berikut.

1. Jika terjadi ketidaknormalan/kelainan selama pengoperasian, *Standard screen* AA berubah menjadi *warning screen* FF-(1) atau *error screen* EE.
2. Setelah menampilkan layar peringatan FF-(1) selama 2 detik, layar secara otomatis berubah menjadi layar peringatan FF-(2).
3. Jika terdapat kesalahan, “!” akan ditampilkan di atas tombol F5. Tekan tombol F5 untuk memeriksa detail kesalahan. Daftar kesalahan yang ada akan ditampilkan di layar.



Gambar 5.7 Tombol F5 jika terjadi kesalahan.

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0



Aktivitas 5.1 (Mandiri)

Melakukan Pengoperasian Dasar pada *Monitor Machine*

Tujuan

Pada aktivitas ini kamu mampu secara mandiri melakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine* dan menganalisis hasilnya hingga membuat kesimpulan.

Langkah-Langkah

1. Pengoperasian dasar pada monitor *machine* pada saat kondisi normal.
 - a. Putar *starting switch* ke posisi ON.
 - b. Perhatikan tampilan pada *machine monitor*.
 - c. Buat diagram tahapan-tahapan yang terjadi pada *machine monitor* pada kondisi normal.
2. Jika terjadi ketidaknormalan/kelainan pada saat menghidupkan *engine*.
 - a. Putar *starting switch* ke posisi ON.
 - b. Perhatikan tampilan pada *machine monitor*.
 - c. Buat diagram tahapan-tahapan yang terjadi pada *machine monitor* pada kondisi tidak normal pada saat menghidupkan *engine*.
3. Jika terjadi ketidaknormalan/kelainan selama operasi.
 - a. Putar *starting switch* ke posisi ON.
 - b. Perhatikan tampilan pada *machine monitor*.
 - c. Buat diagram tahapan-tahapan yang terjadi pada *machine monitor* pada kondisi tidak normal selama operasi.
4. Presentasikan hasil dan kesimpulan aktivitas di depan kelas serta diskusikan dengan teman di bawah bimbingan dan arahan dari guru.

B. Tampilan Peringatan

Tahukah kamu informasi apa yang disajikan saat tampilan peringatan? Simaklah penjelasan berikut agar kamu memahaminya.

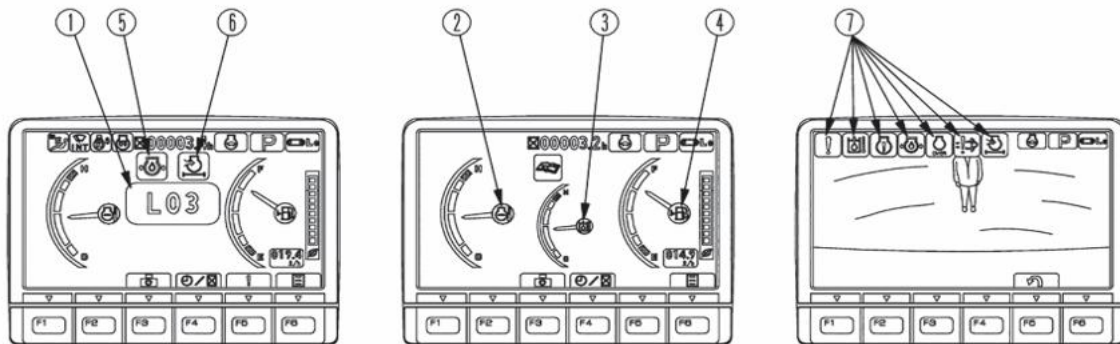
1. Notice

Pemberitahuan yang perlu dipahami pada tampilan peringatan sebagai berikut.

- a. Munculnya salah satu tingkat tindakan “L01” hingga “L04” pada monitor *machine* menunjukkan adanya kelainan pada *machine*.



- b. Ambil tindakan yang tepat dengan mengikuti daftar yang ditampilkan monitor dan solusinya.
- c. Monitor alarm yang menyala merah saat level tindakan ditampilkan, mendesak kalian untuk segera menghentikan pekerjaan yang sedang berlangsung, menghentikan dalam prosedur normal, atau menjedanya sementara.
- d. Jika tidak ada tindakan yang diambil, *machine* dapat mengalami kerusakan serius. Segera ambil tindakan yang diperlukan.



Keterangan:

- | | |
|---------------------------------------|------------------|
| 1. Action level monitor | 5. Alarm monitor |
| 2. Engine coolant temperature monitor | 6. Alarm monitor |
| 3. Hydraulic oil temperature monitor | 7. Alarm monitor |
| 4. Fuel level monitor | |

Gambar 5.8 Tampilan Peringatan

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

2. Remark

Hal yang perlu kamu pahami pada layar standar dan layar tampilan gambar kamera sebagai berikut.

a. Layar Standar

- 1) Jika alarm yang dikeluarkan saat ini ialah satu jenis, alarm tersebut akan ditampilkan pada monitor alarm (5).
- 2) Jika alarm yang dikeluarkan saat ini ada dua jenis, alarm tersebut akan ditampilkan pada monitor alarm (5) dan (6) masing-masing.
- 3) Jika alarm yang dikeluarkan saat ini berjumlah tiga jenis atau lebih, alarm tersebut akan ditampilkan pada monitor alarm (5) dan (6) secara bergantian setiap 2 detik.



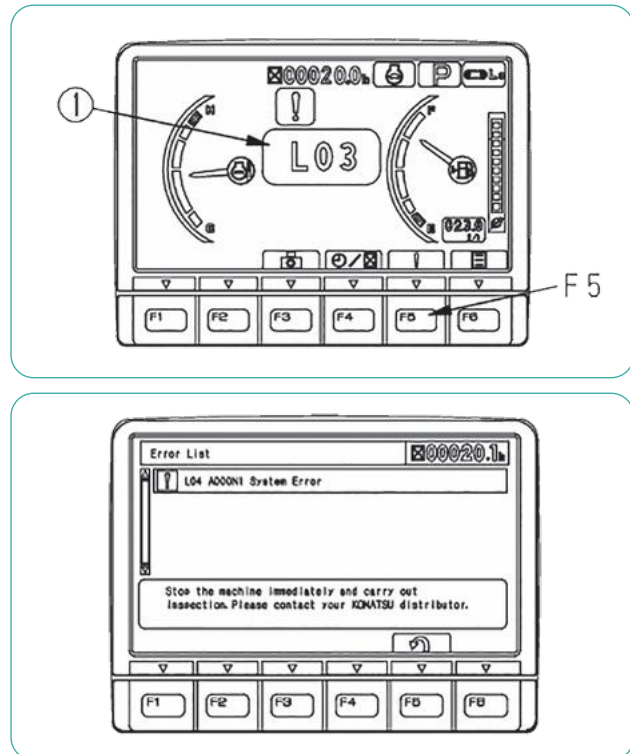
b. Layar Tampilan Gambar Kamera

- 1) Alarm yang dikeluarkan saat ini ditampilkan dengan berkedip pada monitor alarm (7).
- 2) Bila dua atau lebih alarm dikeluarkan, alarm tersebut ditampilkan secara berurutan mulai dari sisi paling kiri layar.

C. Monitor Tingkat Tindakan

Berikut akan dijelaskan tentang monitor tingkat tindakan.

1. Monitor ini (1) menunjukkan tingkat urgensi kelainan pada *machine* dengan L01 hingga L04.
2. Makin besar angka pada tabel, makin serius efek kelainan tersebut pada *machine*, jika tidak diperbaiki.
3. Jika monitor *machine* menunjukkan level tindakan, periksa pesan yang ditampilkan pada panel monitor.
4. Jika tombol F5 ditekan pada layar standar saat monitor ini ditampilkan, daftar kesalahan yang sedang terjadi akan ditampilkan. Untuk cara menampilkan kesalahan, lihat “*occurred error list display switch*”.
5. Ambil tindakan yang tepat mengikuti pesan yang ditampilkan pada panel monitor.



Gambar 5.9 Monitor Tingkat Tindakan

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

Setelah kamu memahami tentang monitor tingkat tindakan, berikut akan dijelaskan mengenai solusinya. Amatilah tabel berikut ini.



Tabel 5.1 Daftar Tampilan Monitor Tingkat Tindakan dan Solusinya

Urgency	Action level	Buzzer	Alarm Monitor	Remedy
High ↑ ↓ Low	L04	Terdengar terus-menerus	Lampu berwarna merah	Hentikan <i>machine</i> segera dan lakukan pemeriksaan dan perawatan.
	L03	Terdengar sesekali	Lampu berwarna merah	Hentikan pekerjaan, pindahkan <i>machine</i> ke tempat yang aman, dan lakukan pemeriksaan dan perawatan.
	L02	Terdengar sesekali	Lampu berwarna merah	Hentikan pekerjaan dan jalankan <i>machine</i> pada kecepatan sedang tanpa beban.
	L01		Lampu berwarna kuning	Beberapa fungsi di atas mungkin dibatasi dalam beberapa kasus. Namun, hal itu tidak memengaruhi pekerjaanmu. Setiap kali pekerjaan selesai, lakukan inspeksi dan pemeliharaan.

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

D. Daftar Monitor Alarm

Apakah kamu mengetahui tentang daftar monitor alarm? Simaklah penjelasan berikut agar kamu mengetahuinya.

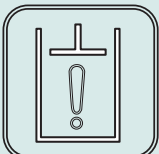
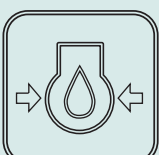
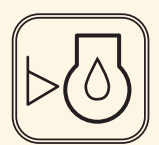
Notice

Monitor ini tidak menjamin kondisi *machine*. Jangan hanya mengandalkan monitor saat melakukan pemeriksaan sebelum memulai. Selalu turun dari *machine* dan periksa setiap komponen secara langsung. Jika monitor alarm berwarna merah, jika tidak ada tindakan yang diambil, *machine* dapat mengalami kerusakan serius. Segera lakukan tindakan. *Output engine* atau kecepatan *engine* terbatas dan kecepatan operasi *machine* dapat menjadi lambat, tergantung pada alarm.

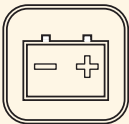
Tabel 5.2 Monitor Alarm dan Warnanya

Symbol	Type of Monitor	Display Color/Machine Condition (Action Level)			
		Red	Yellow	White	Blue
	Engine coolant temperature monitor	High temperature (L02)	-	Low temperature	Normal



Symbol	Type of Monitor	Display Color/Machine Condition (Action Level)			
		Red	Yellow	White	Blue
	Hydraulic oil temperature monitor	High temperature (L02)	-	Low temperature	Normal
	Fuel level monitor	Low level	-	-	Normal
	System state monitor	Abnormal (L04/L03)	Abnormal (L01)	-	-
	Hydraulic system state monitor	Abnormal (L04/L03)	Abnormal (L01)	-	-
	Engine system state monitor	Abnormal (L04/L03)	Abnormal (L01)	-	-
	Engine oil pressure monitor	Low oil pressure (L03)	-	-	-
	Engine oil level monitor	-	Low oil level (L01)	-	-
	Radiator coolant level monitor	-	Low coolant level (L01)	-	-

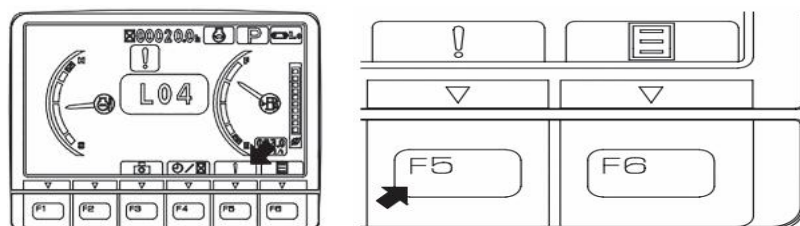


Symbol	Type of Monitor	Display Color/Machine Condition (Action Level)			
		Red	Yellow	White	Blue
	Charge level monitor	Abnormal (L03)	-	-	-
	Water separator monitor	Abnormal	-	-	-
	Air cleaner clogging monitor	-	Clogged (L01)	-	-
	Air conditioner system state monitor	-	Clogged (L01)	-	-
	Maintenance monitor	Time is over	Notice	-	-

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

E. Menampilkan Daftar Kesalahan yang Sedang Terjadi

Jika terdapat kesalahan, simbol “!” akan ditampilkan di bagian atas tombol F5. Jika tombol F5 ditekan saat simbol “!” ditampilkan, layar pada bagian tampilan monitor akan berubah ke layar daftar kesalahan yang terjadi. Lakukan tindakan perbaikan yang tepat sesuai dengan pesan yang ditampilkan pada *monitor panel*.



Gambar 5.10 Monitor Panel

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

Jika terjadi kesalahan, tombol F1, F2, dan F5 dapat digunakan dengan mengikuti informasi berikut ini.

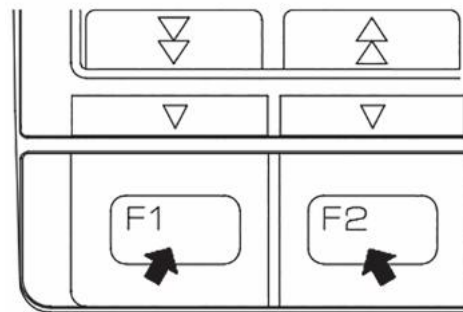
- a. F1 berfungsi menampilkan halaman berikutnya. Saat di halaman terakhir, halaman pertama akan ditampilkan.



Gambar 5.11 Halaman Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

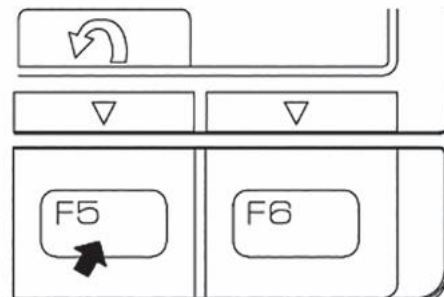
- b. F2 berfungsi menampilkan halaman sebelumnya. Saat di halaman pertama, halaman terakhir akan ditampilkan.



Gambar 5.12 Tombol F1 dan F2

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

- c. F5 berfungsi kembali ke layar standar.



Gambar 5.13 Tombol F5

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0



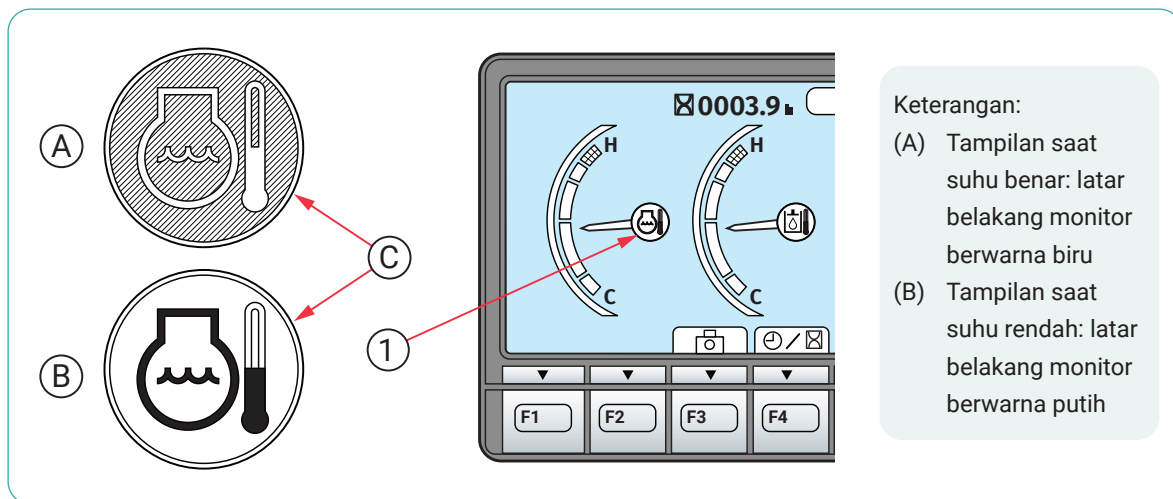
F. Jenis Monitor Alarm, Level Tindakan, dan Solusi yang Harus Dikerjakan

Subbab ini akan menjelaskan tentang jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan dalam perawatan berkala dan penyelesaian gangguan pada unit alat berat. Simaklah uraian berikut ini agar kamu memahaminya.

1. Engine Coolant Temperature Monitor

Monitor ini memperingatkan tentang kondisi yang disebabkan oleh suhu cairan pendingin *engine*. Apabila kondisinya tidak normal, monitor menyala merah dan menampilkan level tindakan “L02”, suhu cairan pendingin *engine* telah meningkat terlalu tinggi. Saat monitor ini menyala, sistem pencegahan panas berlebih, secara otomatis diaktifkan dan kecepatan *engine* turun.

Hentikan pengoperasian dan jalankan *engine* pada *low idle* hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.



Gambar 5.14 Engine Coolant Temperature Monitor

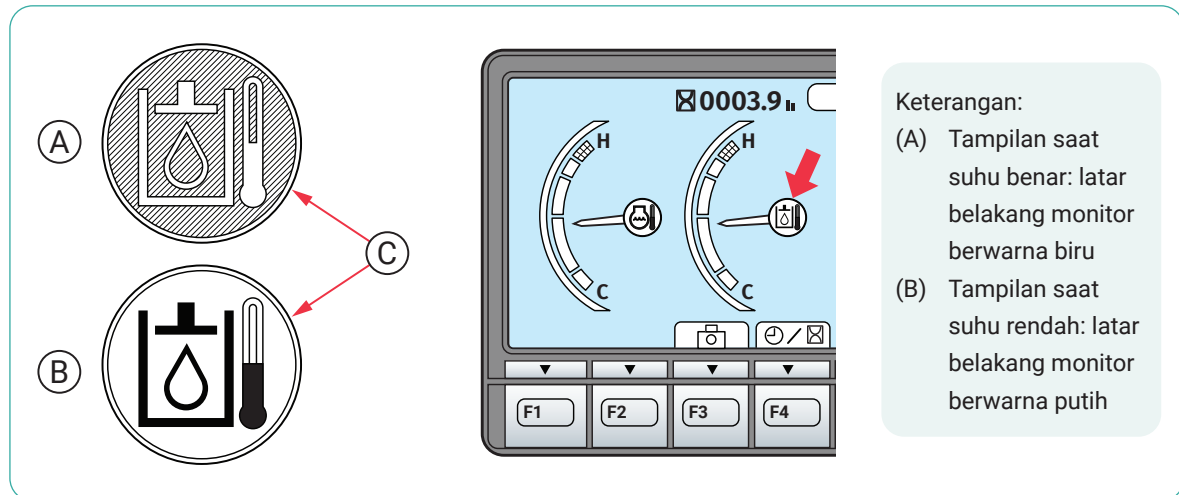
Sumber: diilustrasi ulang dari Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

2. Hydraulic Oil Temperature Monitor

Monitor ini memperingatkan tentang kondisi yang disebabkan oleh suhu oli *hydraulic*. Apabila kondisinya tidak normal, monitor menyala merah dan menampilkan level tindakan “L02”, suhu oli *hydraulic* telah meningkat secara tidak normal.



Hentikan pengoperasian dan matikan *engine* atau jalankan pada putaran rendah (*low idle*) hingga monitor berubah ke warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai. Apabila kondisi suhu rendah, monitor menyala putih. Suhu oli *hydraulic* telah turun rendah. Perlu pemanasan komponen *hydraulic*, melakukan operasi pemanasan untuk peralatan *hydraulic* sampai monitor menunjukkan warna tampilan normal (biru) pada suhu yang sesuai.

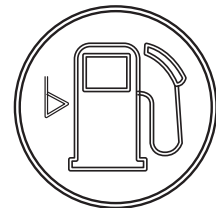


Gambar 5.15 Hydraulic Oil Temperatur Monitor

Sumber: diilustrasi ulang dari Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

3. Fuel Level Monitor

Monitor ini memperingatkan rendahnya sisa bahan bakar. Ketika level bahan bakar yang tersisa rendah, monitor menyala merah. Jumlah bahan bakar tersisa menjadi sekitar 41 liter (10.83 galon AS) atau kurang. Tambahkan bahan bakar sesegera mungkin. Ketika level bahan bakar normal: monitor menyala biru.



Gambar 5.16 Fuel Level Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

4. System State Monitor

Monitor ini memperingatkan tentang kelainan pada sistem *machine*, termasuk sensor. Saat tingkat tindakan “L04” ditampilkan: monitor menyala merah dan bel alarm-alarm *buzzer* berbunyi terus-menerus. Hentikan *machine* segera, lakukan pemeriksaan dan perawatan.

Saat tingkat tindakan “L03” ditampilkan, monitor menyala merah dan bel alarm (alarm *buzzer*) berbunyi sebentar-sebentar. Hentikan pekerjaan, pindahkan *machine* ke tempat yang aman dan lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.

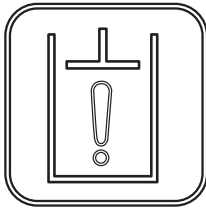


Gambar 5.17 System State Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

Saat tingkat tindakan “L01” ditampilkan, monitor menyala kuning. Beberapa fungsi di atas mungkin dibatasi dalam beberapa kasus. Tiap kali pekerjaan selesai, lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.

5. Hydraulic System State Monitor



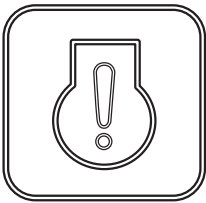
Gambar 5.18 Hydraulic System State Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

Monitor ini memperingatkan tentang kelainan pada sistem *hydraulic*. Saat tingkat tindakan “L04” ditampilkan: monitor menyala merah dan bel alarm berbunyi terus-menerus. Hentikan *machine* segera dan lakukan pemeriksaan dan perawatan. Saat tingkat tindakan “L03” ditampilkan: monitor menyala merah dan bel alarm berbunyi sebentar-bentar. Hentikan pekerjaan, pindahkan *machine* ke tempat yang aman, lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.

Saat tingkat tindakan “L01” ditampilkan: monitor menyala kuning. Beberapa fungsi di atas mungkin dibatasi dalam beberapa kasus. Namun, hal itu tidak memengaruhi pekerjaanmu. Tiap kali pekerjaan selesai, lakukan inspeksi dan pemeliharaan.

6. Engine System State Monitor

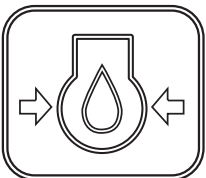


Gambar 5.19 Engine System State Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

Monitor ini memperingatkan adanya kelainan pada sistem *engine*. Saat tingkat tindakan “L04” ditampilkan: monitor menyala merah dan bel alarm (*alarm buzzer*) berbunyi terus-menerus. Hentikan *machine* segera dan lakukan pemeriksaan dan perawatan. Saat tingkat tindakan “L03” ditampilkan: monitor menyala merah dan bel alarm berbunyi sebentar-sebentar. Hentikan pekerjaan, pindahkan *machine* ke tempat yang aman, lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.

Saat tingkat tindakan “L01” ditampilkan: monitor menyala kuning. Beberapa fungsi di atas mungkin dibatasi dalam beberapa kasus. Tiap kali pekerjaan selesai, lakukan inspeksi dan pemeliharaan.



Gambar 5.20 Engine Oil Pressure Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

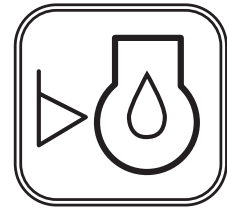
7. Engine Oil Pressure Monitor

Monitor ini memperingatkan tentang ketidaknormalan pada tekanan oli pelumas *engine*. Ketika tekanan oli rendah: monitor menyala merah dan menunjukkan tingkat tindakan “L03”. Bel alarm berbunyi sebentar-sebentar. Hentikan pekerjaan, pindahkan *machine* ke tempat yang aman, lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan.



8. Engine Oil Level Monitor

Monitor ini memperingatkan tentang penurunan level oli pelumas *engine*. Monitor ini hanya ditampilkan saat *engine* mati (*stop*). Saat level oli rendah: monitor menyala kuning dan menunjukkan tingkat tindakan “L01”. Level oli di *engine oil pan* tidak mencukupi. Periksa level oli dalam *engine oil pan* dan tambahkan oli. Jika level oli turun lagi dalam waktu singkat, kemungkinan oli *engine* bocor.

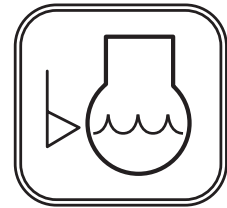


Gambar 5.21 Engine Oil Level Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

9. Radiator Coolant Level Monitor

Monitor ini memberi peringatan tentang turunnya level cairan pendingin radiator. Ketika level cairan pendingin turun: monitor menyala kuning dan menunjukan tingkat tindakan “L01”. Cairan pendingin radiator tidak mencukupi. Periksa level cairan pendingin di subtangki radiator dan tambahkan cairan pendingin. Jika level cairan pendingin turun lagi dalam waktu singkat, kebocoran cairan pendingin seharusnya dari radiator.

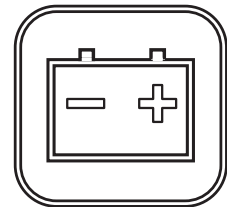


Gambar 5.22 Radiator Coolant Level Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

10. Charge Level Monitor

Monitor ini memperingatkan tentang ketidaknormalan pada sistem pengisian daya saat *engine* sedang bekerja. Apabila kondisinya tidak normal: monitor menyala merah dan menunjukkan tingkat tindakan “L03”. Bel alarm berbunyi sebentar-sebentar. Pengisian daya tidak dapat dilakukan secara normal saat *engine* sedang bekerja. Matikan *engine* dan periksa apakah *fan belt* rusak.

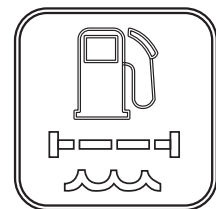


Gambar 5.23 Charge Level Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

11. Water Separator Monitor

Monitor ini memberi peringatan saat air telah terkumpul di dalam *water separator*. Apabila kondisinya tidak normal: monitor menyala merah. Air terakumulasi di *water separator*. Matikan *engine* dan kuras *water separator*.

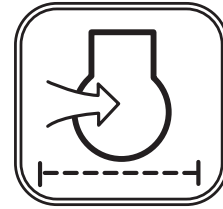


Gambar 5.24 Water Separator Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

12. Air Cleaner Clogging Monitor

Monitor ini memperingatkan adanya penyumbatan pada pembersih udara. Saat tersumbat: monitor menyala kuning dan menunjukkan tingkat tindakan “L01”. Pembersih udara tersumbat. Matikan *engine*, lalu periksa dan bersihkan pembersih udara.



Gambar 5.25 Air Cleaner Clogging Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

13. Air Conditioner System State Monitor

Monitor ini memperingatkan tentang ketidaknormalan pada sistem pendingin udara. Apabila kondisinya tidak normal: monitor menyala kuning dan menunjukkan tingkat tindakan “L01”. Sistem AC ada kelainan. Lakukan pemeriksaan dan pemeliharaan sesegera mungkin.



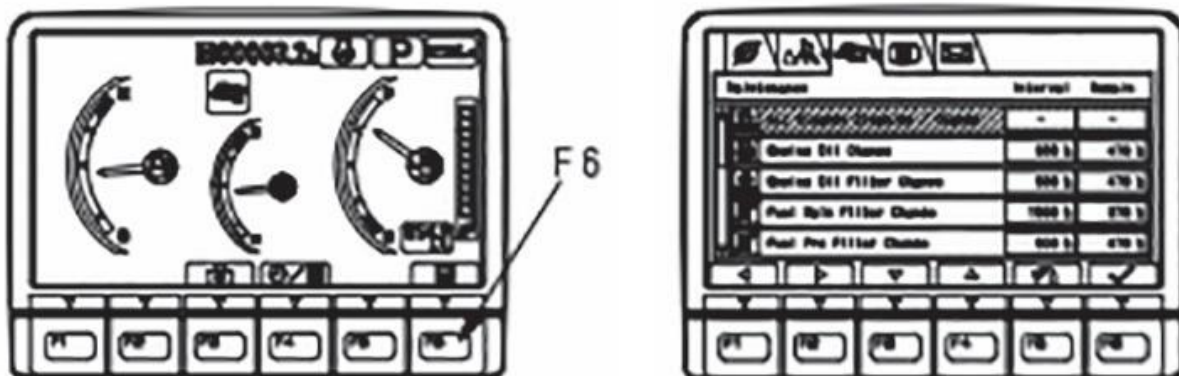
Gambar 5.26 Air Conditioner System State Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0

14. Maintenance Monitor

Monitor ini menampilkan pemberitahuan dan alarm mengenai waktu pemeliharaan. Monitor ini menyala ketika *starting switch* diputar ke posisi “ON”. Monitor akan mati setelah 30 detik dan tampilan akan berubah ke layar standar. Ketika waktu telah berlalu: monitor menyala merah. Waktu pemeliharaan telah berlalu. Jika tidak ada tindakan yang diambil, kinerja *machine* akan menjadi lebih buruk dan umur *machine* akan lebih pendek. Lakukan pemeliharaan yang diperlukan sesegera mungkin.

Pada waktu pemberitahuan: monitor menyala kuning. Waktu pemeliharaan makin dekat. Siapkan *part* yang diperlukan untuk pemeliharaan. Lakukan pemeriksaan *item* pemeliharaan yang diperlukan pada layar pemeliharaan dengan menekan tombol F6.



Gambar 5.27 Maintenance Monitor

Sumber: Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0



Aktivitas 5.2 (Kelompok)

Melakukan Pengujian Dasar pada Monitor *Machine* Saat Kondisi Tidak Normal, Saat Menghidupan *Engine*, dan Saat Operasi

Tujuan

Pada aktivitas ini kalian mampu bekerja sama melakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine* dan menganalisis hasilnya hingga membuat kesimpulan pada kondisi tidak normal, saat menghidupan *engine*, dan saat operasi.

Alat dan Bahan

1. *Machine*/unit Alat berat yang memiliki *machine* monitor
2. *Paper work*
3. APAR (alat pemadam api ringan)
4. APD (*safety glasses, safety shoes, safety helmet*)

Langkah-Langkah

1. Buatlah sembilan kelompok dengan masing-masing anggota kelompok 4 orang (15 menit).
 - a. Kelompok 1–5: pengoperasian dasar pada monitor *machine* pada saat *engine* di *running*.
 - b. Kelompok 6–9: pengoperasian dasar pada monitor *machine* pada saat *machine* dioperasikan.
2. Lakukan pengoperasian dasar pada monitor *machine* sesuai dengan petunjuk yang sudah dipelajari di atas atau sesuai dengan OMM berdasarkan merk dan *type machine*/unit alat berat yang dimiliki sekolah (30 menit).
3. Dokumentasikan proses pengoperasian dengan foto (pembacaan ketidaksesuaian pada *machine* monitor dan video).
4. Lakukan analisis data, diskusikan hasil pengoperasian apakah terjadi ketidaksesuaian. Buat kesimpulan tentang ketidaksesuaian yang ditemukan menggunakan Tabel 5.3 tentang Hasil Pengoperasian Dasar Pada Monitor *Machine*. (30 menit)
5. Komunikasikan hasil kegiatan dan analisis kalian dengan cara setiap kelompok mempresentasikannya. (15 menit)
4. Buatlah kesimpulan dari hasil pencarian informasi dan diskusi berbentuk tulisan atau video sesuai kreasi kalian.

Tabel 5.3 Hasil Pengoperasian Dasar pada Monitor *Machine*

<i>Urgency</i>	<i>Action Level</i>	<i>Buzzer</i>	<i>Alarm Monitor</i>	<i>Remedy</i>



Kasus Industri

Perawatan berkala pada *machine/unit* alat berat merupakan hal yang sangat penting. Sering kali di industri ditemukan seorang mekanik mendapatkan keluhan operator terhadap unit yang mereka gunakan. Misalkan, suhu cairan pendingin *engine* meningkat terlalu tinggi, suhu oli *hydraulic* meningkat tidak normal, *engine low power*, *engine* jebol sehingga *machine* berhenti beroperasi. Kesalahan dalam mengganti oli *final drive* berdampak pada rusaknya komponen *final drive*. Kualitas bahan bakar yang digunakan kurang baik, juga mengakibatkan filter cepat buntu yang akhirnya berujung pada *engine low power*. Kasus lain yang ditemukan, buruknya *periodic inspection* dan *periodic service* akan menambah waktu *downtime* unit (waktu lamanya unit tidak dapat beroperasi karena perbaikan). Hal yang lebih parah lagi, sampai *breakdown* unit (kerusakan unit tidak dapat beroperasi dalam waktu yang panjang). Hal tersebut pada akhirnya menimbulkan *high cost* (biaya yang tinggi).





Uji Kompetensi Bab 5

A. Pilihan Ganda

Pilihlah satu jawaban yang benar dari setiap soal!

1. Apabila pada monitor *machine* muncul tanda “!”, informasi yang dapat dipahami ialah
 - a. *error existing* (sedang terjadi kesalahan)
 - b. *working mode* (mode kerja)
 - c. *action level* (level tindakan)
 - d. suhu cairan pendingin *engin* terlalu tinggi
 - e. suhu cairan pendingin *engin* terlalu rendah
2. Suatu kesalahan (*error existing*) pada monitor *machine* muncul, untuk menampilkan daftar kesalahan yang **sedang terjadi**, tombol yang ditekan ialah
 - a. F1
 - b. F2
 - c. F3
 - d. F4
 - e. F5
3. Untuk menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi **pada halaman berikutnya**, maka tombol yang ditekan ialah
 - a. F1
 - b. F2
 - c. F3
 - d. F4
 - e. F5
4. Untuk menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi **pada halaman sebelumnya**, maka tombol yang ditekan ialah
 - a. F1
 - b. F2
 - c. F3
 - d. F4
 - e. F5
5. Untuk kembali ke **tampilan layar standar**, maka tombol yang ditekan ialah
 - a. F1
 - b. F2
 - c. F3
 - d. F4
 - e. F5

6. Simbol yang menunjukkan adanya kesalahan yang menandakan bahwa suhu oli *hydraulic* terlalu tinggi ialah



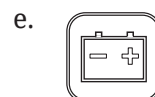
7. Simbol yang menunjukkan adanya kesalahan yang menandakan bahwa suhu cairan pendingin *engine* terlalu tinggi ialah



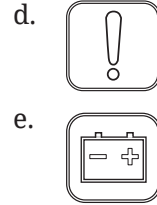
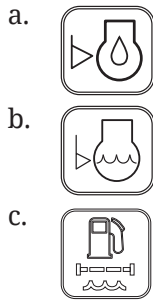
8. Simbol yang menunjukkan adanya kesalahan yang menandakan ada kelainan pada sistem *machine*, termasuk sensor ialah



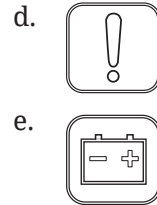
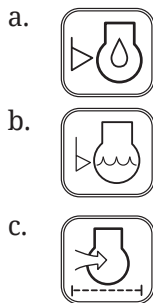
9. Simbol yang menunjukkan adanya ketidaknormalan pada sistem pengisian daya saat *engine* sedang bekerja ialah



10. Simbol yang menunjukkan bahwa air telah terkumpul di dalam *water separator* ialah



11. Simbol yang menunjukkan bahwa terjadi penyumbatan pada pembersih udara ialah



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 makin dekat, monitor menyala kuning. Segera siapkan *part* untuk melakukan pemeliharaan. Untuk mengetahui *item* pemeliharaan tombol yang ditekan ialah

- | | |
|-------|-------|
| a. F1 | d. F5 |
| b. F2 | e. F6 |
| c. F3 | |

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 | d. 10.80 galon AS |
| b. 50 liter | e. 10.00 galoan AS |
| c. 60 liter | |

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.
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.

B. 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?
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?
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?



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?
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 apa yang harus dikerjakan?



Refleksi

Pembahasan pada Bab 5 mengenai melakukan penyelesaian gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat ini diharapkan telah meningkatkan pemahaman dan keterampilanmu. Materi mengenai pengoperasian dasar monitor *machine*, tampilan peringatan, monitor tingkat tindakan, daftar monitor alarm, menampilkan daftar kesalahan yang sedang terjadi, dan jenis monitor alarm, level tindakan, dan solusi yang harus dikerjakan. Berilah penilaian diri secara jujur tentang tingkat pemahaman dan penguasaan dari materi pada bab ini dengan menjawab pertanyaan berikut.

1. Apa pemahaman baru yang kamu dapatkan tentang menyelesaikan gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat?
2. Hal apa yang menurutmu paling kritis dalam menyelesaikan gangguan sederhana pada *machine*/unit alat berat?
3. Jika kamu menemukan permasalahan lapangan yang lain, hal penting apa yang akan kamu prioritaskan setelah mempelajari materi ini?

Lembar Refleksi (Kerjakan di Buku Tugas)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





Pengayaan

Untuk menguatkan pemahaman kalian, silakan akses OMM pada tautan berikut ini. Selanjutnya, lihatlah daftar kesalahannya dan buatlah tabel sebagaimana contoh pada Tabel 5.3 hasil pengoperasian dasar pada monitor *machine*.

https://s.id/XsJbp	
https://s.id/LRPHv	
https://s.id/jloJy	

Glosarium

- adjusting** : penyetelan sebuah komponen alat berat yang dimaksudkan untuk mengembalikan *performance* alat berat sesuai standar.
- air cleaner** : filter udara masuk yang berfungsi untuk menyaring udara yang diisap masuk ke dalam *combustion chamber* (ruang bakar) agar udara yang masuk benar-benar bersih terbebas dari debu, pasir, dan partikel-partikel kotoran lainnya.
- auto-deceleration speed** : (kecepatan dekselerasi otomatis): kecepatan *engine* yang secara otomatis diturunkan oleh sistem kontrol ketika unit *excavator* tidak dioperasikan dalam jangka waktu tertentu.
- blowby pressure** : (tekanan *blowby*): gas *pressure* yang lolos dari *combustion chamber* melalui celah antara *piston ring* dan silinder, kemudian masuk ke dalam *crankcase*.
- condition based maintenance** : jenis perawatan yang dilakukan berdasarkan kondisi unit yang pada saat itu, seperti program analisis pelumas, program pemeriksaan mesin (*Pm tune up*, program pemeriksaan *undercarriage*, dan lain-lain.)
- corrective maintenance** : perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi *machine* ke kondisi standar melalui pekerjaan perbaikan atau penyetelan.
- diagnostik** : proses mencari kesalahan sistem listrik.
- down time** : waktu saat sebuah alat tidak dapat beroperasi dikarenakan alat tersebut sedang mengalami suatu kerusakan.
- ECU** : (*engine control unit*): komputer kontrol mesin.
- engine high idle** : kecepatan putar *engine* tertinggi tanpa beban.
- engine low idle** : kecepatan putar *engine* terendah tanpa beban.



<i>grounding/earthing</i>	: sambungan ke tanah untuk keamanan listrik
<i>high availability</i>	: berdaya guna tinggi.
<i>hydraulic drift</i>	: penurunan <i>attachment</i> yang diizinkan, disebabkan karena kebocoran pada sistem <i>hydraulic</i> ketika lever posisi netral.
<i>hydraulic stall speed</i>	: kecepatan putar <i>engine</i> ketika sistem <i>hydraulic</i> dalam keadaan <i>relief</i> , sama dengan kondisi pada <i>rated speed</i> .
<i>inspection</i>	: pengecekan pada sebuah alat.
<i>internal leakage of pump</i>	: kebocoran di dalam <i>pump</i> yang menyebabkan <i>flow rate pump</i> turun/efisiensinya rendah.
kabel listrik (<i>electrical wire/cable</i>)	: media penghantar arus listrik.
<i>maintenance</i>	: 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.
melepas (<i>disconnect/remove</i>)	: memisahkan sambungan kabel atau komponen.
memasang (<i>connect/install</i>)	: menyambung atau memasang kembali komponen.
pemeriksaan kontinuitas	: pengecekan sambungan menggunakan multimeter.
pengencangan	: proses mengencangkan baut/konektor.
<i>periodic inspection</i>	: <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.
<i>periodic maintenance</i>	: pelaksanaan pemeliharaan yang dilakukan setelah alat bekerja untuk jam operasi tertentu.



<i>periodic service</i>	: 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> .
<i>preventive maintenance</i>	: perawatan yang dilakukan dengan tujuan untuk mencegah kemungkinan timbulnya gangguan atau kerusakan pada alat berat.
<i>rate output/horse power</i>	: tenaga maksimum yang dapat dihasilkan oleh <i>engine</i> .
<i>rated speed</i>	: kecepatan ketika <i>engine</i> menghasilkan tenaga maksimum.
<i>relay</i>	: sakelar otomatis yang dikendalikan listrik.
<i>reliable repair cost</i>	: biaya perbaikan yang sewajarnya.
<i>relief pressure</i>	: tekanan oli maksimum di dalam sistem <i>hydraulic</i> pada saat operasi.
<i>repair</i>	: suatu perbaikan yang dilakukan pada sebuah alat.
<i>replace</i>	: penggantian suatu komponen pada sebuah alat.
<i>safety pressure</i>	: tekanan oli maksimum di dalam sistem <i>hidraulic</i> pada saat <i>lever control valve</i> dalam posisi netral yang diakibatkan adanya gaya dari luar aktuator.
<i>sekring (fuse)</i>	: pengaman arus lebih.
<i>sensor</i>	komponen pendeteksi kondisi (suhu, tekanan, posisi).
<i>service meter</i>	: angka yang menunjukkan jumlah jam kerja (<i>operating hours</i>) sebuah unit yang pada umumnya terletak pada <i>monitor panel</i> unit itu sendiri.
<i>service</i>	: suatu kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya keausan <i>abnormal</i> (kerusakan) sehingga umur alat berat dapat mencapai umur pakai yang direkomendasikan oleh <i>factory</i> .



soket (<i>socket/connector</i>)	: sambungan ujung kabel.
solenoid	: penggerak elektromagnetik.
terminal	: titik sambungan kabel di komponen listrik.
testing	: pengujian yang dilakukan pada suatu alat berat untuk mengetahui kondisi sebuah komponen.
wiring harness	: jalur kabel listrik yang terorganisir.



Daftar Pustaka

- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Preventive Maintenance*, 2005.
- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Contamination Control*, 2005.
- Caterpillar. *Excavator Supplement for 3066 Engine, Disassembly and Assembly*, Supplemental Information, 2000.
- Caterpillar . *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Fundamental Power Train*, 2005.
- Caterpillar. *Modul Teknisi Layanan Caterpillar, Caterpillar Machine & Engine Designation*", 2005.
- Caterpillar . *Direct Drive System*, UT School, 2009.
- 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.
- Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200-8M0*
- Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 200LC-8M0*
- Operation & Maintenance Manual Hydarulic Excavator PC 220-8M0*
- 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

Bab 1

- Gambar 1.5 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.10 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.11 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.13 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.20 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.21 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.22 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.26 Edi Fakhrin/Kemendikdasmen (2025)
- Gambar 1.8; 1.2; 1.14; 1.15; 1.17; 1.18; 1.19 *Shop Manual Hydraulic Excavator*, PC 200-8MO, 30
Testing and Adjusting

Bab 2

- Gambar 2.2 *Guidance For Reusable Parts: Hydraulic Cylinder*, Shop Manual, Komatsu (1998)
- Gambar 2.3 *Guidance For Reusable Parts: Hydraulic Cylinder*, Shop Manual, Komatsu (1998)
- Gambar 2.5 *Shop Manual* PC200, 200LC-8MO, Komatsu
- Gambar 2.6 *Shop Manual* PC200, 200LC-8MO, Komatsu
- Gambar 2.7 *Shop Manual* PC200, 200LC-8MO, Komatsu
- Gambar 2.8 *Shop Manual* PC200, 200LC-8MO, Komatsu
- Gambar 2.9 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.10 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.11 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.12 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.13 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.14 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.15 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.16 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu
- Gambar 2.17 *Operation Maintenance Manual* (OMM) PC200, 200LC-8MO/Komatsu



Gambar 2.18 *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.19 *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.20 *Operation Maintenance Manual (OMM) PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.21 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*

Gambar 2.22 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*

Gambar 2.23 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*

Gambar 2.24 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*

Gambar 2.25 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*

Gambar 2.27 *Screenshot Video PPM Chasis PC300-8/ PT United Tractors Tbk.*

Gambar 2.28 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.29 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.30 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.31 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.32 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.33 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 2.34 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Bab 3

Gambar 3.1 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.2 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.3 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.4 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.5 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.6 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.8 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.10 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Gambar 3.11 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*



- Gambar 3.12 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*
- Gambar 3.13 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*
- Gambar 3.14 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*
- Gambar 3.15 *Basic Maintenance Komatsu Small Hydraulic Excavator PC13010-7, PC200-8, PC300-8/ PT United Tractors, Tbk, 2012.*
- Gambar 3.16 *Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu*
- Gambar 3.17 *Shop Manual Engine 125 Series/ Komatsu*
- Gambar 3.18 *Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu*
- Gambar 3.19 *Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu*
- Gambar 3.20 *Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu*
- Gambar 3.21 *Shop Manual Engine 125 Series/ Komatsu*
- Gambar 3.22 *Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu*
- Gambar 3.23 *Shop Manual Engine 107 Series/Komatsu*
- Gambar 3.24 *Shop Manual Engine 125 Series/ Komatsu*
- Gambar 3.25 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*
- Gambar 3.30 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*
- Gambar 3.31 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*
- Gambar 3.32 *Shop Manual PC200, 200LC-8M0/Komatsu*

Bab 4

- Gambar 4.2 *Shop Manual D85E-SS-2A*
- Gambar 4.3 *Shop Manual D85E-SS-2A*
- Gambar 4.4 *Shop Manual D85E-SS-2A*

Bab 5

- Gambar 5.2 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
- Gambar 5.3 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
- Gambar 5.4 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
- Gambar 5.5 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
- Gambar 5.6 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*



Gambar 5.7 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.8 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.9 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.10 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.11 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.12 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.13 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.14 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.15 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.16 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.17 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.18 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.19 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.20 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.21 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.22 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.23 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.24 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*
Gambar 5.25 *Operation & Maintenance Manual PC 200-8M0*

Daftar Sumber Bahan Pengayaan

Bab 1

Pengayaan 2:

Caterpillar. *Testing and Adjusting. 303C CR and 303.5C CR Mini Hydraulic Excavator Hydraulic System*. 2010. Diakses pada 18-11-2025. <<https://engine.od.ua/files/sample/REN9615-04-CONTENTS.pdf>>

Pengayaan 3:

Perkins. 2006. *Systems Operation Testing and Adjusting:1104D Industrial Engine*. UK: Perkins Engines Company.



Daftar Sumber Video YouTube

Pengayaan Bab 2

Cat Products. "*Properly Changing Return Filter on Cat Hydraulic Excavators*". 2011. Diakses pada 22-11-2025.

<https://youtu.be/IFygK13Or2Y?si=5H_dNuPAj8Q5jJFa>

LANDKING Parts Official. "*Learn How to Change the Hydraulic Oil Filter on Your Excavator*". 2022. Diakses pada 22-11-2025.

<https://youtu.be/UPuvDSimGkw?si=aRlqi1pK_9jDFagI>

HETA. "*Clean the Hydraulic Suction Strainer*". 2025. Diakses pada 22-11-2025.

< <https://youtu.be/O7LxxPIuXQo?si=j6MP-8mSISYXa8cA>>

Technical Development Corpu UT. "*Periodic Service Hour PC300-8: Membersihkan Hydraulic Tank Strainer*". 2023. Diakses pada 10-9-2025.

< <https://www.youtube.com/watch?v=vJEUrfG7a5Q>>

Technical Development Corpu UT. "*PPM Chassis: PC300-8: Pengukuran Travel Main Relief Valve Oil Pressure*". 2023. Diakses pada 10-9-2025.

< <https://www.youtube.com/watch?v=5LotINOb9YQ>>

United Tractors. "UTTIPS-Cara Mengganti Breather Element pada Tangki Hidrolik". 2018. Diakses pada 10-9-2025.

<<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Xkl6JtTf68g>>

United Tractors. "UTTIPS-Pemeriksaan Level Oli Tangki Hidrolik". 2018. Diakses pada 10-9-2025.

< <https://www.youtube.com/watch?v=zutRgbnzvbw>>

United Tractors. "UTTIPS-Bleeding Udara dari Hydraulic Pump Excavator". 2024. Diakses pada 10-9-2025.

< <https://www.youtube.com/watch?v=FwWM6xZFM-E>>

United Tractors. "UTTIPS-Bleeding Udara dari Hydraulic Cylinder Excavator". 2024. Diakses pada 10-9-2025.

< <https://www.youtube.com/watch?v=yjUPXIRz5TU>>

United Tractors. "UTTIPS-Bleeding Udara dari Travel Motor Excavator". 2024. Diakses pada 10-9-2025. < <https://www.youtube.com/watch?v=o9oArsMsvME>>



Pengayaan Bab 3

United Tractors. “UTTips-Cara Memeriksa Level Elektrolit pada Baterai”. 2018. Diakses pada 10-9-2025. <<https://www.youtube.com/watch?v=NeDDsPqVSDg>>

United Tractors. “UTTips-Pemeriksaan *Wiring Starting Motor* pada *Excavator*”. 2024. Diakses pada 10-9-2025. <<https://www.youtube.com/watch?v=FfrC9CYyAeM>>

United Tractors. “UTTips-Pemeriksaan Sistem Elektrikal pada *Hydraulic Excavator*”. 2024. Diakses pada 10-9-2025. <https://www.youtube.com/watch?v=ga_Gv4JEG2w>



Indeks

A

abrasif 4, 20, 21
action level 148, 202, 212
adjusting 2, 3, 4, 64, 68, 69, 103, 104, 105, 108,
181, 183, 184, 219
advanced symbols 193
air cleaner 22, 23, 24, 25, 28, 60, 62, 63, 219
akumulator viii, 83, 84, 85, 86, 87, 88
alarm monitor 192, 202, 212
APAR 14, 211
APD 14, 22, 42, 51, 56, 211
arc welding 118
auto decelerator 100, 102

B

basic symbol 193
blade 13, 70
bleeding 2, 24, 45, 46, 62, 71, 72, 82, 91, 96
bulldozer 3, 4, 6, 11, 22, 30, 42, 47, 51, 60, 63,
128, 129, 130, 132, 165, 166, 167, 183, 185

C

connector 43, 44, 221
control valve 31, 34, 35, 70, 79, 95, 103, 169,
170, 172, 173, 221
coolant 2, 4, 5, 24, 25, 27, 29, 51, 52, 53, 55, 57,
58, 61, 63, 64, 200, 202, 203
cooling system 52, 53, 58
cranking 2, 20, 33, 34, 37, 38, 111, 113

D

deceleration speed 4, 6, 10, 11, 219
discoloration 70

E

ECU 32, 34, 37, 38, 61, 219
elektrolit ix, 119, 120, 121, 161, 228
engine iv, x, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,
14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38,
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50,
51, 52, 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64,
66, 69, 76, 77, 79, 80, 82, 84, 85, 87, 98, 99,
100, 101, 106, 111, 113, 122, 130, 142, 143,
144, 145, 146, 148, 149, 156, 157, 163, 165,
166, 167, 172, 176, 178, 181, 185, 186, 189,
195, 196, 197, 199, 202, 206, 207, 208, 209,
210, 211, 212, 214, 216, 217, 219, 220, 226
engine coolant 4, 5, 24, 27, 29
engine running 31, 163
engine speed 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 59, 99
error screen 197, 198
excavator 3, 4, 6, 8, 10, 22, 30, 42, 47, 51, 60,
61, 62, 63, 98, 122, 128, 129, 130, 132, 193,
219
exhaust system 3, 20

F

fuel level monitor x



H

handling 2, 64

high idle 7, 28

horse power 167

hydraulic iv, vii, viii, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 24, 29, 32, 33, 34, 51, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 106, 107, 108, 109, 122, 123, 128, 129, 130, 132, 138, 142, 156, 159, 164, 167, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 178, 179, 181, 185, 186, 187, 206, 207, 208, 212, 214, 216, 219, 220, 221

hydraulic circuit viii, 96, 97, 164, 167, 171, 174

hydraulic cylinder 69, 70, 71, 72, 76, 110, 223, 227

hydraulic oil 4, 5, 11, 24, 29, 79, 178

hydraulic pump 8, 13, 29, 79, 172, 174

I

idle vii, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 23, 27, 29, 33, 34, 41, 43, 46, 51, 62, 76, 77, 78, 82, 100, 101, 206, 207, 216, 219

idle speed vii, 4, 6, 7, 8

injeksi 31, 36, 37, 38, 40, 42, 43

injektor 9, 31, 40, 41, 42, 43, 45, 59, 60

intake valve 15, 17, 18

K

kavitasi 45

knob 45, 46, 107

kompresi 2, 4, 7, 8, 15, 18, 19, 20, 26, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 38, 59

konektor 36, 91, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 124, 126, 127, 129, 135, 144, 145, 146, 149, 151, 152, 153, 154, 159, 178, 220

kontroler ix, 116, 117, 118

korosi 47, 53, 61, 114, 119

L

left knop 99

low idle vii, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 33, 34, 41, 43, 51, 76, 77, 78, 82, 206, 207, 216, 219

lubricating pump 172, 174

lubricating system 38, 50

M

maintenance time warning screen 197

Manual Book 6, 8, 9, 10, 11, 162

modulating valve 173

monitor vii, x, 5, 7, 8, 9, 10, 15, 36, 37, 38, 45, 68, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 143, 148, 149, 151, 153, 154, 159, 179, 186, 192, 193, 194, 195, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 215, 216, 217, 218, 221

O

oksidasi 47, 114

operation maintenance manual 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 223, 224

P

Panel x, 97, 204

Parameter vii, xi, 6, 70



performa 2, 3, 4, 8, 9, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 29, 35, 36, 47, 50, 54, 61, 106, 113, 123, 135, 193

piston 4, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 47, 59, 60, 71, 76, 106, 182, 219

power train iv, 106, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 186, 189

R

radiator fins 53, 54, 55, 61

relief speed 8, 13

relief valve viii, 24, 29, 34, 63, 68, 69, 99, 101, 103, 104, 106, 107, 108, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 185

repairing 79

ripper 13, 70

S

safety relay 113, 145, 146, 158, 159, 160

slipper seal vii, 71, 72

steering brake 167, 173, 174

steering clutch 167, 173, 174, 185

swing lock switch 24, 98, 99, 101, 102, 103, 107

swing motor 77, 79, 105

T

testing 2, 3, 4, 21, 64, 68, 69, 108, 181, 183, 184, 221

torque converter oil 4, 5, 11, 12, 13

troubleshooting xi, 175, 178, 179

U

undercarriage iv, 164, 165, 166, 184, 189, 219

V

valve v, vii, ix, xi, 15, 16, 17, 18, 30, 56, 96, 98, 99, 100, 102, 103, 105, 109, 110, 227

W

warning screen 197, 198

water separator monitor x, 209

wear ring vii, 71, 72

wiring harness viii, 92, 154, 158

working mode 9, 24, 29, 195, 213



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
3. 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):

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), Perpustakaan, 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, Kemendikbudristek, 2024.
2. Panduan Guru Seni Rupa untuk Kelas II dan V SD/MI (Kemendikbudristek, 2024)
3. Panduan Guru Seni Rupa untuk Kelas I dan IV SD/MI (Kemendikbudristek, 2023)
4. Buku Siswa dan Buku Guru Pendidikan Pancasila Kelas VIII SMP (Kemendikbudristek, 2023)
5. Buku Siswa dan Buku Guru Dasar-Dasar Kimia Analisis untuk Kelas X SMK (Kemendikbudristek, 2023)
6. Buku Siswa dan Buku Guru Dasar-Dasar Pemasaran untuk Kelas X SMK (Kemendikbudristek, 2023)
7. Buku Siswa dan Buku Guru Bahasa Inggris: English for Change untuk Kelas XI SMA/MA (Kemendikbudristek, 2022)
8. Buku Siswa Bahasa Inggris: Work in Progress untuk Kelas X SMA/MA (Kemendikbudristek, 2022)
9. Panduan Guru Matematika untuk Kelas XII SMA/MA (Kemendikbudristek, 2021)
10. Buku Siswa dan Buku Guru Kimia untuk Kelas XII SMA/MA (Kemendikbudristek, 2021)
11. Panduan Guru Matematika untuk Kelas IV SD/MI (Kemendikbudristek, 2020)

