

CERTIFICATE



No. 000105/C/IPI/VI/2021

is here by awarded to :

Tafakur, S.Pd.M.Pd.

for His/Her excellent participation
as instructor a course held by this company on

HEAVY EQUIPMENT MAINTENANCE

during the period

June 17th - 18th, 2021

Given In Jakarta, June 18th, 2021



Arum Isnaeni Nur Handayani
Director

MATERI PELATIHAN
PERAWATAN DAN PERBAIKAN ALAT BERAT BERSAMA INFORMASI
PELATIHAN INDONESIA

HEAVY EQUIPMENT MAINTENANCE



Disusun Oleh:

Tafakur (NIP. 19890323 201504 1 004)

HP/WA: 081325322102

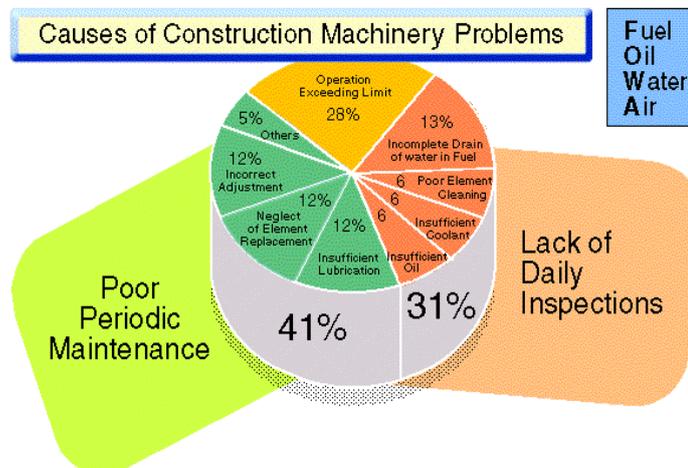
Email: tafakur@uny.ac.id

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMTOIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2021**

A. Pendahuluan

Perawatan atau maintenance pada alat berat bertujuan untuk memastikan performa alat berat dalam kondisi prima ketika digunakan. Selain itu, melalui perawatan alat berat, maka dapat dicegah terjadinya kerusakan alat yang dapat merugikan perusahaan. Hal lain yang menjadi perhatian adalah, kerusakan alat berat yang tidak diinginkan dapat juga berakibat pada kecelakaan kerja yang sangat merugikan. Perawatan alat berat yang baik dapat menghasilkan availability yang tinggi, sehingga dapat menuntungkan perusahaan.

Selama ini, perawatan alat berat dibutuhkan juga untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah. Problem-problem kecil diatasi saat melakukan perawatan berkala. Namun demikian, permasalahan alat berat masih terus saja muncul, karena berbagai penyebab. Berdasarkan data perusahaan, salah satu penyebab kerusakan alat berat adalah dari tindakan perawatan dan perbaikan alat berat itu sendiri akibat pekerjaan perawatan yang kurang baik. Secara lebih rinci, contoh penyebab kerusakan alat berat akibat maintenance dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sumber penyebab kerusakan alat berat akibat perawatan dan perbaikan yang kurang baik

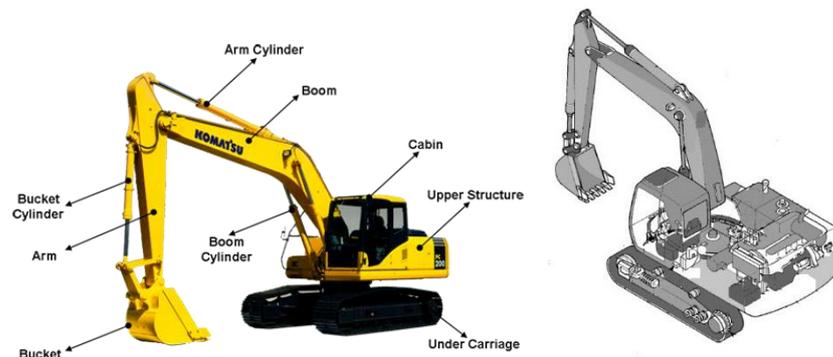
Berdasarkan gambar di atas, sumber penyebab utama kerusakan alat berat berasal dari perawatan berkala yang lemah yang menyumbang 41% dan kelemahan inspeksi harian yang menyumbang 31%. Selain itu, penyebab karena ketidaktepatan dalam mengoperasikan alat berat juga menyumbang kerusakan yang tinggi, yaitu sebesar 26%. Secara spesifik, beberapa pekerjaan yang menjadi penyebab kerusakan antara lain: 1) pembuangan air dari bahan bakar yang kurang tuntas (13%), pembersihan elemen filter yang buruk (6%), cairan

pendingin yang kurang tepat (6%), minyak pelumas engine yang kurang tepat (6%), minyak pelumas lainnya yang kurang tepat (12%), kesalahan penggantian elemen filter (12%), kesalahan penyetelan sistem atau komponen (12%), serta penyebab-penyebab lainnya yang menyumbang 5%. Berdasarkan data ini, maka service, perawatan, dan perbaikan alat berat harus dilakukan secara disiplin dan hati-hati untuk menghindari berbagai kerusakan akibat tindakan perawatan yang dapat merusak alat berat itu sendiri.

B. Heavy Equipment Product Line

1. Hydraulic Excavator

Excavator merupakan alat berat yang digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan penggalian (excavation), membawa material, maupun pemuatan material. Dengan demikian, jenis alat berat ini memiliki tingkat fleksibilitas tinggi dalam pekerjaan. Excavator hampir selalu digunakan pada pekerjaan tambang maupun pekerjaan konstruksi. Excavator memiliki beberapa bagian implemen, yaitu bucket, stik/arm, serta boom. Berikut merupakan gambar konstruksi excavator.



Gambar 2. Konstruksi hydraulic excavator

Perangkat kerja utama excavator berupa bucket. Namun, untuk meningkatkan efektifitas kerja, bucket pada excavator memiliki beberapa jenis sesuai dengan peruntukannya. Selain untuk penggalian, excavator dapat juga digunakan untuk pekerjaan lain dengan mengganti perangkat kerja (attachment) dari bucket menjadi perangkat kerja lainnya.

2. Dozer

Pekerjaan-pekerjaan pemindahan atau untuk mendorong material memerlukan alat berat yang sesuai. Salah satu alat berat yang populer digunakan

pada pekerjaan tersebut adalah dozer. Ditinjau dari jenis penggerakannya, dozer banyak digerakkan dengan track/crawler (bulldozer) serta digerakkan oleh roda (wheel dozer) yang dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3. Konstruksi Dozer

Dozer memiliki beberapa perangkat kerja utama untuk melakukan kerjanya, yaitu blade. Blade dapat bergerak naik/turun (lift/lower) serta melakukan gerakan miring (tilt). Gerakan ini dilakukan oleh silinder yang dikontrol melalui control valve. Selain blade, perangkat kerja dozer terdapat beberapa macam yang dapat diganti.

3. Motor Grader

Motor grader adalah jenis alat berat yang banyak digunakan untuk melakukan perataan tanah baik jalan, maupun di area vertikal (tebing). Motor grader memiliki perangkat kerja berupa blade yang dapat meratakan, mengarahkan, atau menyisir tanah dalam arah horisontal maupun vertikal. Gambar konstruksi motor grader dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

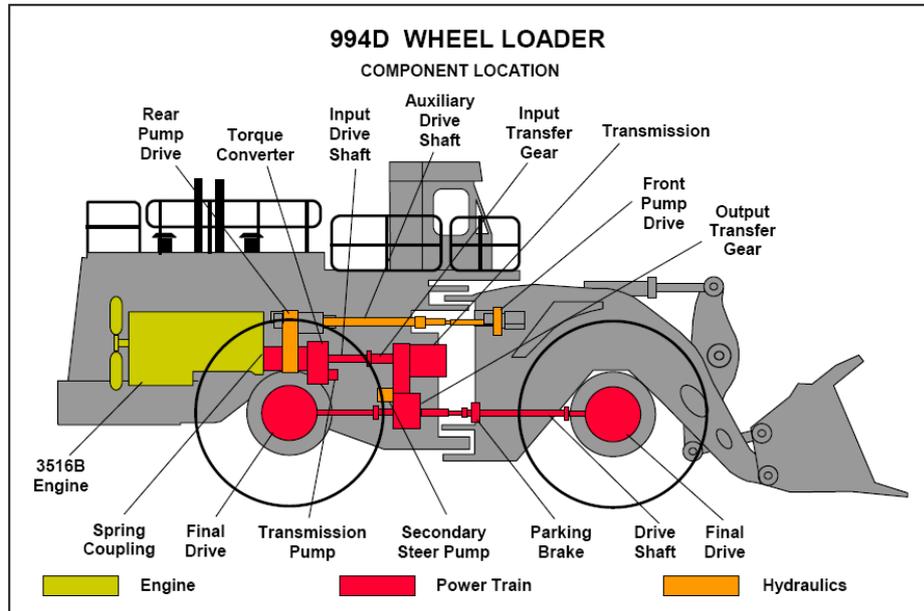


Gambar 4. Konstruksi motor grader

4. Wheel Loader

Wheel loader adalah salah satu alat berat yang menggunakan roda untuk melakukan mobilitasnya. Secara umum, wheel loader digunakan untuk kegiatan loading atau memuat material. Wheel loader memiliki bucket yang besar, sehingga

efisiensi pemuatan sangat tinggi. Namun demikian, dibanding dengan dozer atau excavator, unit ini hanya dapat digunakan pada medan atau jalan yang sudah baik. Dengan penggunaan roda untuk mobilitas, maka mesin ini dapat melakukan mobilitas jarak dekat hingga jarak menengah. Gambar konstruksi wheel loader dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Konstruksi wheel loader

5. Articulated Dump Truck

Articulated dump truck merupakan jenis alat berat yang digunakan untuk membawa material yang dikhususkan untuk medan-medan berat atau berlumpur. Truk jenis ini mampu melakukan penggerakan roda pada setiap rodanya (all wheel drive) dengan memanfaatkan mekanisme transfer. Selain itu, untuk membelokkan unit digunakan silinder steering untuk membelokkan kepala unitnya. Truk jenis ini memiliki beberapa varian kapasitas angkutnya, dari 20 ton, sampai 60 ton. Konstruksi dari articulate dump truck dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. Konstruksi Articulate dump truk

6. Off High Way Truk

Unit ini merupakan dump truk yang memiliki kapasitas muatan yang tinggi. Beberapa unit mampu membawa muatan hingga 400 ton. Unit ini hanya beroperasi pada medan yang sudah dikondisikan. Sebagai penggeraknya digunakan sistem penggerak roda belakang, sedangkan roda depan digunakan untuk steering. Mesin ini banyak digunakan pada aktivitas tambang karena memiliki efektivitas hauling atau pemuatan material yang sangat tinggi. Gambar konstruksi alat berat off highway truck dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. Konstruksi Off Highway truk

7. Unit Pendukung (*Support Machine*)

Untuk menjalankan tugas-tugas pekerjaan di bidang alat berat, mesin-mesin utama seperti excavator, dozer, offhighway truck, dan wheel loader memerlukan mesin/unit pendukung yang digunakan untuk mendukung pekerjaan di tambang. Terdapat beberapa unit alat berat pendukung dalam pekerjaan di

lapangan, terutama pekerjaan tambang. Beberapa mesin pendukung tersebut meliputi:

a. Water truk

Truk ini digunakan untuk mensuplai kebutuhan air pada pekerjaan tambang, termasuk untuk menyirami jalanan di lapangan agar tidak berdebu yang dapat mengurangi pandangan operator mesin alat berat.

b. Tire handler

Mesin atau unit ini digunakan untuk melakukan penggantian roda pada alat berat. Mesin ini sebenarnya adalah modifikasi dari unit wheel loader, namun attachment yang biasanya adalah bucket diganti dengan tire handler.

c. Equipment truk

Unit pendukung ini digunakan oleh bagian departemen atau teknisi alat berat untuk membawa perlengkapan perawatan dan perbaikan alat berat. Hal ini dibutuhkan sebab pada pekerjaan alat berat di lapangan, sering terjadi kerusakan alat berat yang jauh dijangkau oleh mekanik alat berat.

d. Mobile crane

Unit pendukung ini digunakan untuk melakukan tugas pengangkatan benda-benda berat, baik akibat pekerjaan perawatan dan perbaikan alat berat, maupun pekerjaan-pekerjaan pengangkatan di lapangan. Crane ini dapat berpindah-pindah sesuai dengan kebutuhan pekerjaan.

e. Compactor

Unit pendukung ini digunakan untuk melakukan pemadatan tanah. Compactor banyak digunakan untuk melakukan pemadatan jalan saat awal membukakan akses di lapangan, yang akan digunakan oleh mesin alat berat dengan media mobilitas roda.

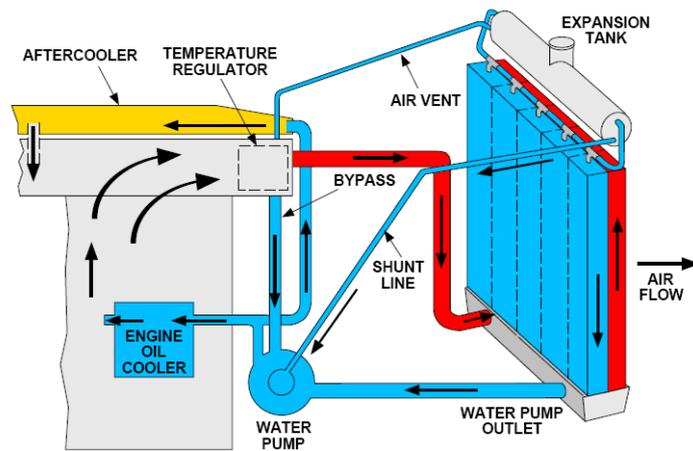
C. Diesel engine

Engine alat berat memegang peran penting dalam kerja alat berat. Sebab engine menjadi penggerak utama dan sumber tenaga utama untuk melakukan mobilitas dan kerja attachment di alat berat. Alat berat merupakan mesin yang banyak beroperasi dengan torsi yang besar, namun kecepatan gerakan yang relatif lebih rendah dibanding mesin pada kendaraan ringan. Dengan kebutuhan mobilitas yang tidak terlalu tinggi, namun yang diutamakan adalah tenaga besar dan periode penggunaan yang lama, maka motor diesel lebih menguntungkan. Motor diesel banyak digunakan sebagai sumber gerakan pada alat berat karena

memiliki banyak keuntungan yaitu: (1) memiliki efisiensi yang tinggi, (2) torsi yang dihasilkan tinggi pada putaran rendah, sehingga dengan penggunaan engine diesel, maka karakteristik yang dibutuhkan pada alat berat dapat didukung oleh mesin diesel. Selain itu, dibandingkan dengan motor bakar lainnya seperti motor bensin, motor diesel lebih menguntungkan untuk mendukung kerja alat berat, seperti efisiensi bahan bakarnya, serta keandalannya dalam melakukan kerja. Oleh karena penggunaan mesin diesel mayoritas digunakan pada alat berat, maka perlu dipahami teknologi-teknologi yang ada pada engine diesel untuk mempermudah pekerjaan perawatan dan perbaikan mesin alat berat. Sebab banyak item perawatan dan service berkala alat berat berhubungan dengan bagian engine alat berat.

Pada prinsipnya, engine yang digunakan pada alat berat hampir sama dengan sistem yang digunakan pada engine di kendaraan ringan. Sistem mekanik engine, sistem pemasukan dan pembuangan, maupun sistem bahan bakar yang digunakan hampir sama. Dengan tuntutan kerja dengan durasi yang panjang serta beban berat, maka diupayakan ketahanan engine serta kestabilan kondisi engine. Teknologi yang diterapkan di engine alat berat harus mendukung kerja engine untuk mencapai performa yang optimum, yaitu efisien bahan bakar, daya yang dihasilkan besar, serta emisi gas buang yang rendah. Dengan kapasitas engine yang besar dan penggunaan dengan medan berat, maka dibutuhkan beberapa teknologi sistem pemasukan engine, seperti turbosharger, aftercooler, maupun fitur untuk melakukan pemeriksaan berkala. Selain itu, sistem pendingin yang digunakan juga harus mampu memenuhi pendinginan dengan kapasitas besar, dan durasi lama. Sehingga perlu penerapan beberapa teknologi, yaitu modular cooling system, serta kipas pendingin radiator banyak yang menggunakan kipas hidrolis. Dengan demikian, kapasitas pendinginan dapat terpenuhi di setiap kondisi engine dan pengendalian.

Teknologi juga banyak diterapkan pada sistem bahan bakar engine. Teknologi Sistem Bahan Bakar yang banyak digunakan seperti Teknologi common rail, Mechanical actuated Unit Injector, Mechanical electronic actuated unit injector, Hydroelectronic Unit Injector, high-pressure injection, extreme pressure injection.



Gambar 8. Teknologi modular cooling system

1. Sistem Pemasukan dan Pembuangan Motor Diesel

Sistem pemasukan (intake) dan pembuangan (Exhaust) merupakan bagian yang esensial bagi kinerja motor diesel. Sesuai dengan karakteristik motor diesel, sistem pemasukan menyediakan udara bersih untuk kepentingan pembakaran pada engine dengan jumlah yang cukup. Sebab, salah satu faktor yang mempengaruhi performa motor bakar adalah efisiensi volumetrik pada engine, dimana efisiensi volumetrik dipengaruhi oleh udara yang masuk pada silinder. Oleh karena itu, jumlah udara yang masuk diupayakan sebanyak mungkin, sehingga tingkat efisiensinya tinggi. Untuk itu, terdapat beberapa perlakuan pada sistem pemasukan udara pada engine antara lain:

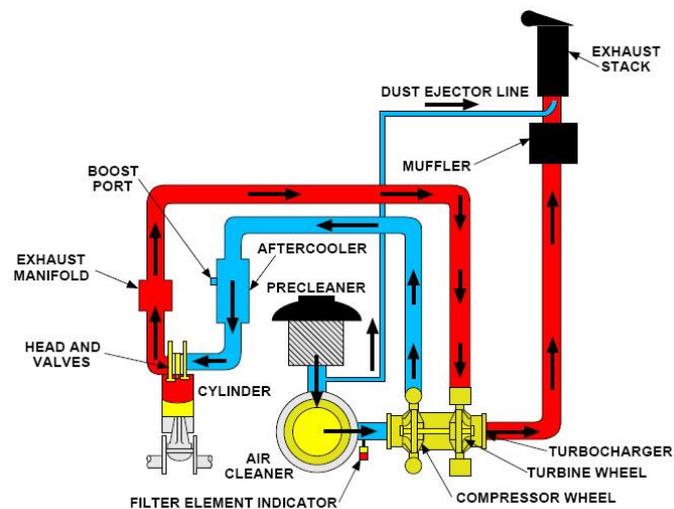
a. Aplikasi turbocharger

Turbocharger adalah komponen yang difungsikan untuk meningkatkan efisiensi volumetrik melalui peningkatan tekanan udara yang ada pada intake manifold. Sebab besarnya aliran udara dipengaruhi oleh perbedaan tekanan antara ruang di intake manifold dengan di ruang bakar. Semakin tinggi perbedaan tekanan udara, maka semakin besar juga debit aliran yang masuk. Akibatnya, dengan waktu pemasukan yang sama,

b. Penggunaan aftercooler

Teknologi after cooler pada motor diesel digunakan untuk menurunkan temperature udara yang dtelah dimampatkan oleh turbocharger. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kepadatan/densitas udara yang masuk ke ruang bakar, sehingga kuantitas bahan bakar yang masuk ke silinder semakin banyak. Efeknya, tenaga yang dihasilkan engine akan semakin

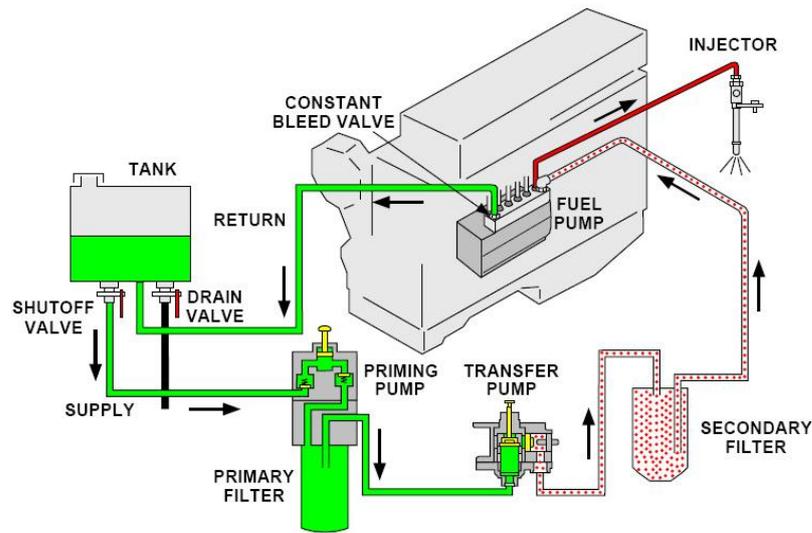
optimal. Penggunaan turbocharger dan after cooler dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 9. Sistem pemasukan udara yang dilengkapi turbocharger dan aftercooler

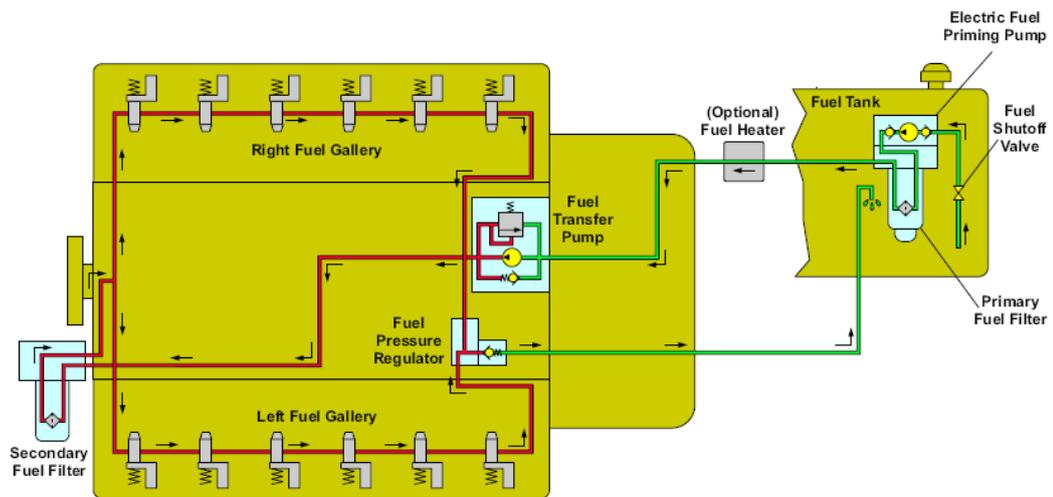
2. Sistem Bahan Bakar Motor Diesel

Sistem bahan bakar motor diesel pada alat berat berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar diesel ke ruang bakar sesuai dengan kebutuhan kerja motor diesel. Sistem bahan bakar pada alat berat memiliki berbagai jenis teknologi yang berbeda-beda, contohnya teknologi commonrail, EUI, HEUI, atau sekedar berteknologi konvensional/mekanik. Terdapat beberapa komponen sistem bahan bakar motor diesel, seperti filter, feedpump, priming pump, water sedimenter, pompa injeksi, pipa dan selang bahan bakar, serta injector bahan bakar. Pada pekerjaan perawatan alat berat, bagian yang sering dilakukan perawatan meliputi :1) pemeriksaan kebocoran, 2) pemeriksaan visual komponen dari keretakan, sobek dan pecah, 3) pembuangan air dari bahan bakar diesel dari water sedimenter, 4) penyetelan tekanan bahan bakar, 5) membuang udara dari bahan bakar, 6) penggantian elemen filter bahan bakar, dan 7) pemeriksaan sistem kontrol elektronik pengontrol sistem bahan bakar. Secara umum, susunan komponen sistem bahan bakar pada alat berat dapat dicontohkan pada gambar berikut ini:



Gambar 10. Susunan komponen dan jalur aliran bahan bakar pada engine dengan sistem injeksi bahan bakar kontrol mekanis.

C27 ACERT ENGINE FUEL DELIVERY SYSTEM



Gambar 11. Sistem bahan bakar pada engine alat berat dengan teknologi kontrol elektronik

3. Sistem Pelumasan Motor Diesel

Sistem pelumasan pada motor diesel alat berat berfungsi untuk memberikan pelumasan terhadap komponen-komponen engine diesel yang bergesekan sehingga mencegah dari keausan dan kerusakan. Oleh karena itu, sistem pelumasan tidak hanya mensuplai oli ke jalur-jalur oli pada engine, namun juga memastikan oli yang mengalir dalam kondisi bersih. Dibutuhkan oli dengan spesifikasi yang tepat untuk memastikan fungsi sistem pelumasan

bekerja dengan optimal. Lebih detail, selain sebagai lubricator, oli pada engine berfungsi juga untuk: mendinginkan komponen yang bergesekan, membersihkan komponen-komponen yang dilewati oli dari kotoran dan bram logam, sebagai perapat/fungsi sealing antara blok silinder dengan piston untuk menjaga tekanan kompresi pada ruang bakar. Pada perawatan alat berat, pekerjaan yang dilakukan adalah melakukan pemeriksaan visual minyak pelumas, serta melakukan penggantian secara berkala baik oli maupun filter oli sesuai dengan interval yang ditentukan.

D. Hydraulic System

Alat berat merupakan alat atau mesin yang hampir tidak lepas dari konsep sistem hidrolik. Sistem hidrolik mampu mengatur arah gerakan, gaya/kekuatan, dan kecepatan gerakan sesuai dengan kebutuhan. Sistem hidrolik pada alat berat dapat berfungsi dengan baik dengan adanya kinerja dari komponen-komponen yang terlibat. Komponen-komponen tersebut seperti minyak hidrolik, tangki hidrolik, pompa hidrolik, filter, katup kontrol, dan aktuator hidrolik. Kombinasi komponen-komponen tersebut yang tersusun menjadi satu menghasilkan kinerja sistem hidrolik sesuai dengan kebutuhan berbagai macam alat berat.

1. Minyak Hidrolik

Minyak hidrolik merupakan komponen yang mutlak ada pada sistem hidrolik. Minyak hidrolik digunakan sebagai media pemindahan daya (*power transmission*) yang ada pada sistem hidrolik dari penggerak mula. Selain fungsi sebagai media pemindah tenaga, fungsi minyak hidrolik lainnya yang tidak kalah penting adalah:

- a. Sebagai pendingin komponen-komponen sistem hidrolik (*Cooling*)
- b. Sebagai pembersih komponen sistem hidrolik terhadap kontaminan (*Cleaning*)
- c. Sebagai pelumas (*Librication*)
- d. Sebagai perapat sistem hidrolik (*Sealing*)

Kekentalan minyak hidrolik seperti oli lainnya, ditentukan oleh *Society Of Automotive Engineering* (SAE) yang ditunjukkan dengan nilai SAE 10W, 20W, 30 W, dan seterusnya. Kebanyakan nilai kekentalan minyak hidrolik yang digunakan di alat berat adalah SAE 10 W. Dilihat dari jenisnya, kita dapat mengklasifikasikan minyak hidrolik menjadi beberapa jenis dari bahan dasarnya, yaitu *petroleum oil*, *synthetic oli*, dan *biodegradable oil*.

2. Tangki Hidrolik (*Hydraulic Tank*)

Tangki hidrolik hampir selalu ada pada aplikasi sistem hidrolik, terutama sistem hidrolik dengan kapasitas yang besar, sehingga menjadi pertimbangan khusus dalam tahap desain unit. Secara umum, fungsi utama tangki hidrolik adalah menampung/menyimpan minyak hidrolik pada sistem. Kapasitas tampungan tangki hidrolik bergantung kebutuhan sistem hidrolik yang digunakan. Beberapa unit alat berat yang kita temui menggunakan 1 tangki untuk memenuhi semua kebutuhan sistem hidrolik. Namun, beberapa unit alat berat lainnya, masing-masing sistem hidrolik dipenuhi oleh masing-masing tangki hidrolik. Selain sebagai penampung, tangki hidrolik juga berperan untuk: (Robert Huzij dkk., 2014: 64)

- a. Sebagai media pembuang panas dari minyak hidrolik
- b. Sebagai tempat pemisah kandungan udara dari minyak hidrolik
- c. Mengendapkan kotoran dari minyak hidrolik agar tidak bersirkulasi di sistem hidrolik.

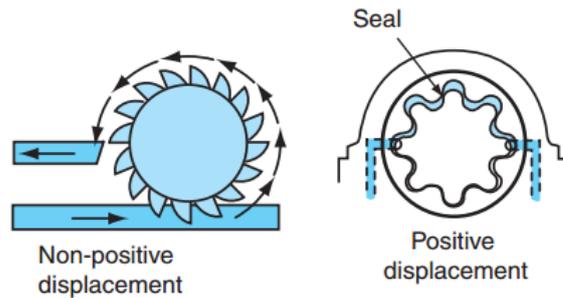
3. Filter Hidrolik

Filter hidrolik merupakan bagian yang sering kita jumpai pada rangkaian sistem hidrolik alat berat. Filter hidrolik digunakan untuk menyaring kotoran yang ada pada minyak hidrolik. Filter dapat dipasang pada sirkuit sebelum atau setelah dari sistem pompa (lubang pengembalian).

4. Pompa Hidrolik

Komponen utama sistem hidrolik yang harus kita pahami adalah pompa hidrolik. Komponen ini mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik. Energi mekanik diperoleh dari sumber tenaga berupa engine, motor, atau sumber lain. Dalam kerja sistem hidrolik, pompa hidrolik berperan untuk menciptakan aliran/debit hidrolik. Saat fluida minyak hidrolik berada dalam sistem tertutup, maka tekanan hidrolik yang tinggi akan tercipta dan pompa terus bekerja.

Pompa hidrolik yang dipasang pada alat berat biasanya terdapat beberapa jenis dilihat dari karakteristik pemompaannya, yaitu nonpositif displacement *pump* dan positif displacement *pump*.



Gambar 12. Perbedaan pompa jenis *nonpositif displacement* dengan jenis *positif displacement*
(Sumber: Robert Huzij dkk., 2014: 67)

a. *Positif displacement pump*

Berbeda dengan jenis pompa non positif displacement, pompa jenis positif displacement memiliki karakteristik kebocoran internal yang kecil, sebab memiliki fungsi *seal* atau perapat pada komponen pompanya. Akibatnya, akan terjadi kenaikan tekanan secara terus menerus ketika bagian dischargenya diberikan hambatan. Dalam aplikasinya, hambatan keluaran pompa ini akibat sirkuit hidrolik yang tertutup.

Pompa jenis positif displacement memiliki dua jenis utama, yaitu jenis *fix displacement* dan *variable displacement*.

1) *Fix displacement pump*

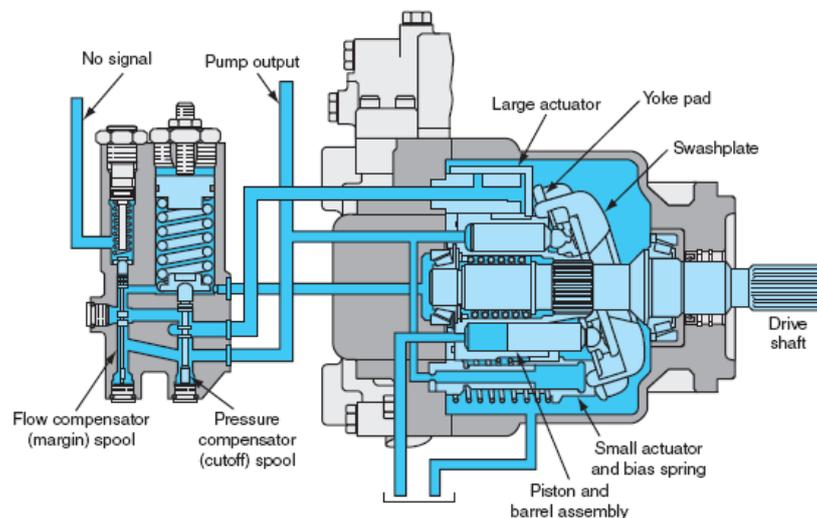
Pada pompa positif displacement, kecepatan gerakan pompa akan mempengaruhi debit minyak hidrolik yang dialirkan. Semakin tinggi putaran pompa, maka debit yang dialirkan akan bertambah juga sesuai pertambahan kecepatannya. Dalam hal ini, tidak ada pengaturan terhadap debit fluida yang dialirkan. Terdapat beberapa jenis konstruksi pompa yang banyak digunakan untuk alat berat dengan karakteristik *fix displacement* ini, seperti jenis eksternal gear dan internal gear (tipe gear *pump*, tipe vane, gerotor, serta jenis piston). Masing-masing memiliki keunggulan dan kelemahan.

Penggunaan gear *pump* dalam aplikasinya memiliki keuntungan: 1) simpel, 2) desain yang kompak, 3) handal, serta 4) biaya produksi murah. Namun, penggunaan gear *pump* dalam sistem hidrolik memiliki kekurangan, antara lain: 1) hanya untuk *fix displacement*, 2) kecepatan harus ditingkatkan untuk memperoleh debit yang besar, 3) serta butuh daya tinggi untuk beroperasi. Untuk penggunaan pompa jenis vane, terdapat keunggulan yang diperoleh, yaitu: 1) desain yang ringkas, 2) suara lebih lembut. Namun pompa jenis ini

juga memiliki kelemahan, yaitu: 1) tidak mampu menahan tekanan terlalu tinggi, 2) tidak menoleransi adanya kontaminan. Untuk penggunaan pompa jenis gerotor, keunggulan yang diperoleh yaitu: 1) desain yang kompak, 2) biaya produksi yang kecil. Sedangkan kelemahan yang ada yaitu: 1) hanya mampu bekerja secara *fix displacement*, 2) karena menggunakan *fix displacement*, maka untuk meningkatkan debit keluaran pompa perlu menaikkan putaran pompa, dan 3) rentang tekanan yang lebih rendah dibanding pompa lainnya. Pompa jenis piston juga banyak digunakan dalam sistem hidrolik, karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu: 1) mampu bekerja pada putaran dan tekanan yang tinggi, 2) memungkinkan bekerja secara *variable*, dan 3) mampu mengurangi konsumsi penggunaan daya putar. Namun, pompa jenis ini memiliki beberapa kekurangan, yaitu: 1) konstruksi lebih kompleks, 2) lebih sensitif terhadap kebersihan, biaya produksi mahal, dan tidak menoleransi adanya kontaminan.

2) *Variable displacement pump*

Lain halnya dengan pompa jenis *fix displacement*, pompa jenis *variable displacement* memiliki karakteristik mampu merubah debit aliran meskipun dalam putaran yang sama.

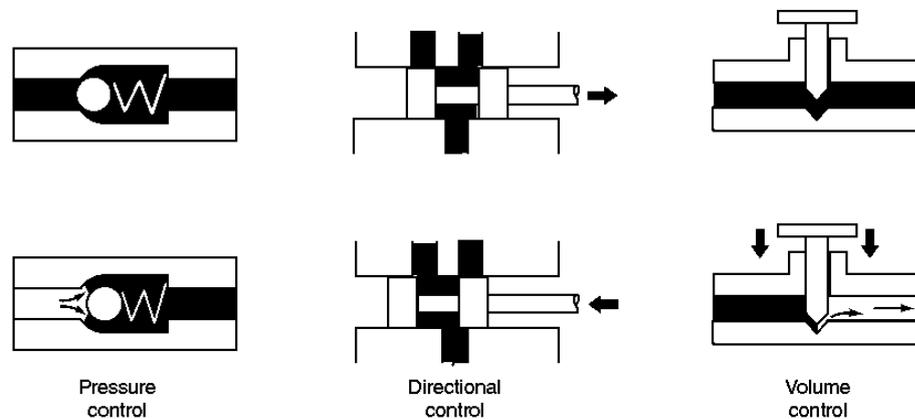


Gambar 13. Konstruksi pompa hidrolik jenis *variable displacement*
(Sumber: Robert Huzij dkk., 2014: 73)

5. Katup Kontrol Hidrolik

Katup kontrol hidrolik merupakan bagian yang berfungsi untuk melakukan pengaturan terhadap tekanan hidrolik, debit aliran hidrolik, serta arah oli hidrolik untuk mendukung kerja sistem hidrolik sesuai kebutuhan. Katup kontrol hidrolik

dapat kita klasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: 1) katup pengatur tekanan (*Pressure control valve*), 2) katup pengatur debit aliran (*flow control valve*), dan 3) katup pengatur arah aliran (*directional control valve*). Masing-masing katup ini memiliki fungsi masing-masing dalam mendukung kinerja sistem hidrolik.



Gambar 14. Jenis katup hidrolik
(sumber: Sumber: Robert Huzij dkk., 2014: 80)

a. Katup pengatur tekanan (*Pressure control valve*)

Sistem hidrolik pada alat berat bekerja pada nilai tekanan yang tertentu secara spesifik. Oleh karena itu, katup pengontrol tekanan digunakan untuk mengatur tekanan pada sistem atau bagian dari sistem hidrolik. Pengaturan tekanan di sini adalah membatasi tekanan maksimum oleh relief valve dan mengurangi tekanan sistem menggunakan pressure reducing valve.

b. Katup pengontrol aliran (*Flow control valve*)

Pada prinsipnya, katup pengontrol aliran difungsikan untuk mengatur debit aliran pada sistem hidrolik. Dengan adanya perubahan aliran ini, maka akan mempengaruhi kecepatan gerakan aktuator. Secara umum, *flow control valve* dibagi menjadi 3, yaitu: 1) *noncompensated or fixed flow control valve*, 2) *pressure compensated or bleed off flow control valve*, dan 3) *flow dividers*. Serta juga diklasifikasikan menjadi *valve yang nonadjustable* dan *adjustable*.

c. Katup pengontrol arah aliran (*Directional control valve*)

Katup pengontrol arah aliran digunakan untuk mengatur arah aliran fluida hidrolik. Dalam aplikasinya, katup ini terdapat beberapa jenis, yaitu *check valve*, *spool valve*, dan *rotary valve* (Robert Huzij dkk., 2014: 85). *Check valve* merupakan katup yang mengatur arah aliran agar arah aliran hidrolik hanya satu arah. Sehingga akan menutup ketika aliran diarahkan sebaliknya. Jenis katup pengatur arah berikutnya adalah *rotary valve* yang mengatur distribusi aliran dengan menggerakkan katup secara rotasi. Contoh aplikasi *rotary valve*

pada sistem hidrolik adalah penggunaan pada katup pengatur hidrolik pada sistem kemudi.

Jenis *Directional Control Valve* berikutnya adalah jenis *Spool*. Katup ini terdiri atas *body* katup dan *spool*. *Spool valve* bekerja dengan melakukan pergeseran *spool* terhadap *body* sehingga dapat memanipulasi hubungan pada saluran-saluran hidrolik, baik dari pompa, tangki, dan aktuator. Dengan demikian, maka bisa didapatkan kerja sistem hidrolik dalam kondisi *netral, start, stop, hold, float*, atau fungsi lainnya bergantung pada kebutuhan. Untuk menggeser *spool* dapat dilakukan dengan berbagai cara, baik secara manual, dengan kontrol hidrolik, pneumatik, maupun menggunakan kontrol elektrik. Ketika kita menggunakan *spool valve* untuk mengatur arah aliran, maka katup ini dapat kita klasifikasikan berdasarkan:

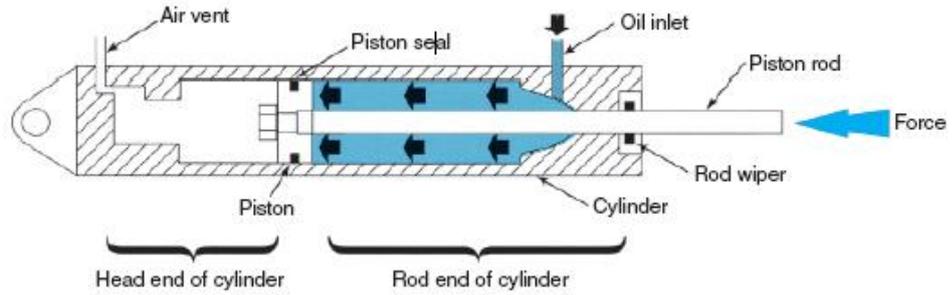
- ✓ Jumlah posisi *spool*
- ✓ Aliran saat pada posisi tengah/netral
- ✓ Metode penggerakan *spool*
- ✓ Metode mengembalikan *spool*

6. Aktuator Hidrolik

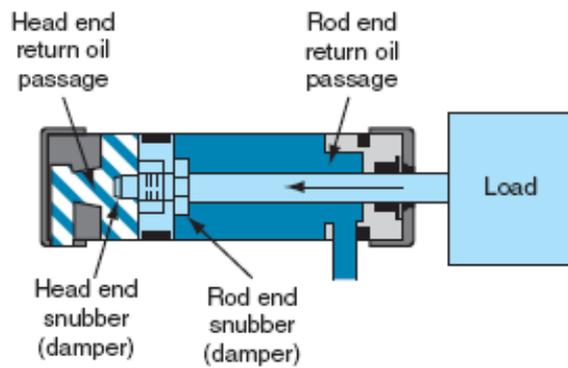
Komponen Aktuator mengkonversi tenaga yang ada pada minyak hidrolik selanjutnya dikonversi menjadi bentuk energi mekanik setelah minyak hidrolik bertekanan diatur aliran, tekanan, maupun arahnya. Aktuator hidrolik pada alat berat dapat diklasifikasikan menjadi jenis gerakan yang diperoleh, yaitu gerakan linier dan gerakan rotasi, sehingga komponen ini dapat diklasifikasikan menjadi aktuator linier dan aktuator rotary.

a. *Linear actuator*

Aktuator linier mengkonversi tenaga hidrolik menjadi gerakan linier oleh silinder hidrolik. Terdapat beberapa jenis silinder hidrolik berdasarkan kerjanya, yaitu *single acting* dan *double acting cylinder*. *Single acting* berarti bahwa tenaga hidrolik hanya digunakan untuk satu gerakan silinder saja untuk mengangkat. Sedangkan untuk menurunkan silinder terjadi akibat bebannya sendiri. *Double acting* berarti bahwa tenaga hidrolik digunakan untuk memberi tenaga pada kedua gerakan silinder secara bolak-balik/resiprokal. Berikut masing-masing gambar konstruksi silinder hidrolik:

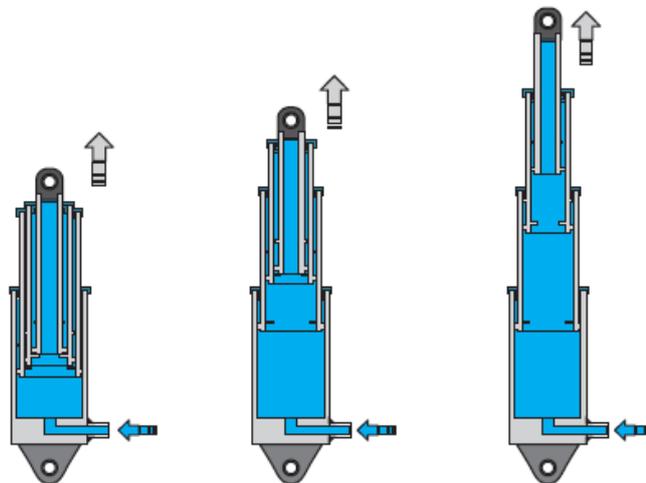


Gambar 15. Konstruksi silinder hidrolik jenis *single acting*
(Sumber: Robert Huzij, 2014: 88)



Gambar 16. Konstruksi silinder hidrolik jenis *double acting*
(Sumber: Robert Huzij, 2014: 88)

Selain itu, terdapat pula silinder hidrolik *single acting* berjenis telescopic yang dapat digambarkan pada gambar berikut:



Gambar 17. Silinder hidrolik jenis telescopic
(Sumber: Robert Huzij, 2014: 88)

b. Rotary actuator

Rotary actuator mengonversi tenaga hidrolik menjadi gerakan rotasi/putaran melalui motor hidrolik. Kerja dari motor hidrolik sebenarnya hampir sama dengan popa hidrolik. Motor hidrolik sendiri memiliki jenis-jenis yang hampir sama dengan pompa hidrolik, seperti jenis gear, vane, dan jenis piston. Hanya saja secara fungsi, motor hidrolik akan menghasilkan gerakan putar yang berasal dari energi hidrolik.

8. Maintenance Management

Perawatan (maintenance) alat berat merupakan pekerjaan yang memiliki frekuensi paling tinggi yang dilakukan oleh mekanik alat berat. Perawatan alat berat didasari pada pendekatan maintenance yang berbeda-beda sesuai perkembangan teknik perawatannya. Pendekatan yang digunakan selama ini meliputi pendekatan *correnctive maintenance*, *preventive maintenance* dan *predictive maintenance*.

a. Corrective maintenance

Pada pendekatan ini, pekerjaan service dan perawatan tidak didasarkan pada program perawatan yang direncanakan. Namun, perawatan dan perbaikan dilakukan ketika mengalami kerusakan pada alat. Setelah alat berat mengalami gangguan atau kerusakan, maka alat baru diperbaiki sesuai dengan kerusakan tersebut. Pendekatan perawatan ini juga disebut dengan *reactive maintenance*, dimana tidak ada waktu untuk menganalisis kerusakan yang terjadi, sehingga tidak ada data untuk dipelajari terhadap kerusakan alat berat. Dengan karakteristik perawatan ini, maka terdapat beberapa kerugian yang muncul, meliputi: 1) biaya perawatan dan perbaikan yang sangat mahal, membutuhkan kerja lembur, produksi yang terganggu akibat kerusakan yang mendadak, serta resiko terhadap keselamatan kerja yang tinggi. Hal ini dikarenakan kerusakan alat berat yang tidak diprediksi, sehingga kerusakan pada muncul tiba-tiba. Selain itu, komponen-komponen alat berat menjadi berumur pendek karena tidak ada tindakan pencegahan terhadap kerusakan dengan baik. Siklus yang terjadi pada pendekata perawatan ini adalah pengoperasian, kerusakan, perbaikan dan diulangi dari langkah pengoperasian lagi.

b. Preventive maintenance

Pada pendekatan perawatan ini, pekerjaan perawatan dilakukan secara terjadwal dan terstruktur dengan baik. Dasar melakukan perawatan dan perbaikan adalah service manual alat berat, dari perawatan pada skala harian, mingguan, bulanan, sampai pada periode tertentu. Dengan perbaikan yang dilakukan secara terjadwal, maka penggantian komponen-komponen alat berat dilakukan sesuai dengan standar umum dari komponen tersebut. Dengan adanya perawatan dan perbaikan yang terjadwal sesuai pedoman perawatan dari pabrik, maka resiko penggunaan alat berat rendah, kepastian perawatan tinggi, dan breakdown alat yang tidak terjadwal jadi turun. Namun demikian, biaya perawatan masih tergolong mahal, dengan waktu dan biaya yang kurang efisien. Selain itu, meskipun breakdown alat dikurangi, namun masih ada potensi loss produksi akibat kerusakan alat. Sisi kekurangan dari pendekatan perawatan ini adalah umur komponen yang pendek. Hal ini terjadi karena tidak adanya upaya untuk memperpanjang usia komponen, serta tidak ada analisis akar masalah dari suatu kerusakan alat berat. Kata kunci pada pendekatan perbaikan preventive maintenance adalah mengganti komponen mesin secara periodic sesuai standar umurnya, tidak peduli komponen itu masih bisa diperpanjang pemakaiannya atau tidak. Siklus yang berlaku pada pendekatan perawatan ini adalah pengoperasian, perawatan berkala, pengoperasian, perawatan berkala kembali.

c. Predictive maintenance

Pada pendekatan perawatan ini, perbaikan dilakukan secara terjadwal. Namun demikian penekanan pada pendekatan ini adalah perawatan yang dilakukan bergantung kondisi alat berat, sehingga item-item perawatan dan perbaikan bisa berbeda dengan perawatan dengan pendekatan preventif maintenance. Pada pendekatan ini, perbaikan dilakukan dari deteksi terhadap kerusakan dan kemungkinan kerusakan yang terjadi pada alat berat. Setelah dilakukan deteksi terhadap kerusakan, selanjutnya dilakukan prediksi terhadap kapan akan rusak, sehingga hasil ini dijadikan dasar untuk penjadwalan perbaikan terhadap kerusakan yang terjadi pada alat berat. Monitoring kondisi Kesehatan alat berat dilakukan secara terus menerus, sehingga jika terjadi gejala kerusakan, maka dilakukan perbaikan sebelum mesin rusak. Dengan demikian, maka dilakukan perpanjangan umur komponen mesin jika tren performa mesinnya masih baik. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan lebih dini pada problem

minor, sehingga data histori dari alat dapat dimanfaatkan untuk informasi pembelian komponen. Dengan monitoring kondisi alat yang efektif, maka downtime alat menjadi terjadi minimum. Siklus perawatan dengan pendekatan ini meliputi, pengoperasian, monitoring kondisi, pengoperasian, dan perbaikan terjadwal.

Secara umum, aktivitas perawatan dan perbaikan alat berat terdiri atas aktivitas berikut ini:

1. Membersihkan atau mencuci alat berat
Mencuci alat berat penting dilakukan sebelum dilakukan perawatan berkala. Hal ini bertujuan untuk mencegah adanya kontaminasi akibat kotoran, serta mempertajam inspeksi saat perawatan dan perbaikan
2. Program pemeriksaan sebelum penggunaan alat berat
Aktivitas ini dilakukan untuk melakukan pemeriksaan-pemeriksaan dasar sebelum unit alat berat diperasikan. Aktivitas ini perlu melibatkan operator alat berat agar dapat berlangsung secara efektif dan efisien.
3. Servis berkala
Servis berkala dilakukan pada periode interval tertentu yaitu servis mingguan (50 jam), bulanan (250 jam), 500 jam, 1000 jam, serta servis 2000 jam. Setiap unit alat berat sangat mungkin memiliki perbedaan item servis masing-masing.
4. Program servis (pemeriksaan mesin, undercarriage, pemeriksaan pelumas, pemeriksaan ban)
Program servis ini dilakukan untuk melakukan deteksi dan diagnosis terhadap kerusakan yang terjadi. Hasil analisis dari program ini adalah memprediksi perbaikan yang perlu dilakukan.
5. Servis pertengahan usia alat berat.
Pada perbaikan midlife, hal yang pokok dilakukan adalah melakukan penggantian-penggantian komponen minor pada alat berat, seperti turbocharge, motor starter, alternator, maupun kompresor. Asumsi umum komponen minor adalah setengah komponen mayor.
6. Overhaul komponen
Pada pekerjaan ini, dilakukan overhaul pada komponen besar pada alat berat, misalnya engine, sistem hidrolis, transmisi, dan differential.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Kholil. (2012). *Alat Berat*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Anonim. (2005). *Caterpillar service training D10T Track type tractor*. Caterpillar.Inc.
- Dharmawan Arumkusumo. (2015). *Hydraulic Components and System*. Balikpapan: PT Thiess Contractors Indonesia.
- James D. Halderman dan Jim Linder. (2012). *Automotive Fuel and Emission Control System, Third Edition*. Upper Saddle River: Pearson Education Inc.
- Robert Huzij, dkk. (2014). *Modern Diesel Technology: Heavy Equipment*. Delmar: Cengage Learning.
-