

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan penelitian terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

NO	Peneliti/Tahun	Permasalahan	Kerangka pemecahan	Hasil
1	Wahyudi,Suyadi, Heru S,2013	<i>Engine</i> pada <i>articulated dump truck</i> A40E dengan kode unit AA14 mengalami <i>low power</i> diakibatkan karena terjadi kerusakan pada <i>copper sleeve</i> . Sehingga terjadi penurunan tekanan kompresi pada ruang bakar	Melakukan penggantian komponen <i>cooper sleeve</i> yang baru	Setelah dilakukan proses perbaikan <i>engine</i> berjalan dengan normal kembali. Rpm engine dapat mencapai 2000 rpm. Lalu kemudian dilakukan <i>test running</i> , unit berjalan dengan normal dan tidak mengalami <i>low power</i>
2	Mohamad Adi Saputra,Akhmad Syarief, 2014	terjadinya <i>engine low power</i> pada unit <i>Wheel Loader</i> akibat adanya kontaminan air pada <i>fuel system</i> di PT Kalimantan Prima Persada jobsite Sungai Putting.	Solusi dari permasalahan <i>low power</i> pada unit <i>wheel loader</i> WA500-3 Komatsu adalah a. Pembuatan <i>mainhole fuel tank</i> sehingga mudah di <i>maintenance</i> b. Perubahan letak <i>strainer</i>	adanya perbaikan dengan mengimplementasikan alternatif solusi disamping telah menurunkan frekuensi temuan <i>fuel</i> kontaminan air sejumlah 10 temuan, menurunkan <i>frekuensi low power</i> sebesar 14 temuan, menurunkan <i>frekuensi breakdown</i> unit WA500-3 sebesar 15 temuan, menaikkan PA section A2B sebesar 2, 73 % dan menaikkan PA <i>Dapartement Plant</i> sebesar 0,27 % selama bulan Juli

			<i>fuel</i> sehingga lebih mudah dalam <i>maintenance</i> c. Pembuatan lubang <i>drain</i> yang efektif pada <i>fuel tank</i> d. Pembuatan <i>fuel contaminant sensor</i>	sampai dengan September 2013 dibanding selama periode April sampai dengan Juni 2013.
3	M Almas Hanif, Nugroho Santoso, 2019	Terjadinya <i>Low Power</i> pada <i>Bulldozer Caterpillar D6R XL</i>	Dilakukan perbaikan plunger yang haus pada HEUI pump.	Keausan ditunjukkan oleh nilai <i>injection actuation output</i> yang hanya mencapai 3771 psi. Setelah perbaikan, <i>injection actuation output</i> meningkat mencapai 3843 psi.
4	Hasan Basr, Hendro Purwono, Rasma pada tahun 2018	Terjadinya <i>engine low power</i> pada HD 785-5, hal ini disebabkan karena <i>fuel filter</i> mengalami kebuntuan sehingga kotoran kotoran yang berukuran kecil tidak tersaring dan masuk ke dalam FIP dan mengakibatkan plunger mengalami jammed atau tidak mau kembali lagi ke plunger	Dilakukan penggantian <i>Fuel Injection Pump</i> (FIP) yang baru	Setelah dilakukan penggantian pada <i>Fuel injection pump</i> HD 785-5, bahan bakar tersuplai ke <i>injection nozzle</i> dan kembali terjadi pembakaran di ruang bakar yang membuat <i>engine</i> kembali stabil

		barel karena tersumbat kotoran sehingga bahan bakar tidak disuplai ke <i>injection nozzle</i> maka di ruang bakar tidak terjadi pembakaran sehingga menyebabkan <i>engine low power</i>		
--	--	---	--	--

2.2 Excavator Komatsu PC200-8



Gambar 2. 1 Excavator Komatsu PC 200-8
(sumber: <http://alatberat1985.blogspot.com>)

Excavator merupakan salah satu alat berat yang sering dijumpai karena perannya yang sangat penting. Alat berat ini memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan efisiensi pekerjaan di berbagai sektor bisnis. Fungsinya meliputi mengeruk, memadatkan, menghancurkan atau membongkar, serta memindahkan material dengan menggunakan bahu (*boom*), lengan (*arm*), dan *bucket*.

Salah satu jenis *excavator* yang cukup populer adalah *excavator* PC 200-8, yang merupakan tipe *crawler excavator* yang diproduksi oleh perusahaan asal Jepang, *Komatsu Ltd*. Model ini merupakan pengembangan dari tipe sebelumnya PC 200-7.

Pengertian kode PC 200-8 adalah sebagai berikut:

- Kode "PC 200-8" menunjukkan bahwa unit ini adalah *excavator* dari *Komatsu*.
- Angka "200" pada kode menunjukkan berat total unit *excavator* siap operasi, termasuk berat dari oli, bahan bakar, *coolant*, dan operator. Perhitungannya adalah $200 \times 0,1 = 20$ Ton.
- Huruf "-8" pada kode menunjukkan bahwa *excavator* ini telah mengalami modifikasi atau pembaharuan sebanyak 7 kali.

Dengan berbagai fitur dan pembaharuan terkini, *excavator* PC 200-8 merupakan alat yang handal dan efisien dalam menunjang berbagai kebutuhan pekerjaan berat.

A. Spesifikasi unit

1. Spesifikasi *engine* :

Pada *engine* yang terdapat pada unit *excavator Komatsu* PC 200-8 menggunakan *engine* model *Komatsu* SAA6D107E-1, kode *engine* ini memakai *turbocharger*, *water cooled 4 cycle direct injection*, *aftercooler* dan memiliki 6 silinder *in line*, yang berdiameter silinder 107 mm dan sudah mengalami 1 kali modifikasi atau pembaharuan.

spesifikasi *engine excavator Komatsu* PC 200-8 :

- *Engine model* / model *engine*: SAA6D107E-1
- *Water cooled 4 cycle, direct injection*
- *Number of cylinder*: 6
- *Engine make*: 2238
- *Bore* : 107 mm / 4.21 inchi
- *Stroke* : 124 mm / 4.88 inchi
- *Aspiration* : *Turbocharger and aftercooler*
- *Piston displacement* : 6.69 liter / 408 in
- *Epa tier 3 emissions*
- *Governor* : *all speed electronic*
- *Fan Drive type* : *mechanical*
- *Hose power*:
SAE J 1995: gross 116 kW / 155 hose power
ISO 9492 / SAE J 1349 : net 110 kW / 148 HP
Rated Rpm : 2000 Rpm

2. Spesifikasi *hydraulic*:

Pada unit *excavator Komatsu PC 200-8* terdapat spesifikasi menggunakan *hydraulic system type hydrauMid* yang dilengkapi dengan LS (*load sensing*) valve. Pada sistem hidrolik yang terdapat pada *excavator Komatsu PC 200-8* menggunakan pompa hidrolik bertipe *variable displacement piston pump*. Unit ini mempompa hidrolik (*variable displacement piston pump*) mensuplai oli atau *fluida* ke komponen sistem hidrolik seperti *cylinder bucket*, *cylinder arm*, *cylinder boom*, *2 travel motor*, *swing motor* dan komponen hidrolik lainnya.

Spesifikasi *hydraulic system* pada unit *excavator Komatsu PC 200-8*:

- *Type (hydrauMid)*
Hydraulic mechanical intelligence new design
Close-center system dengan load sensing
Valve dan compensated valve
- *Hydraulic motor*
Swing motor: 1x axial piston motor dengan swing holding brake
Travel motor: 2x axial piston motor dengan parking brake
- *Hydraulic cylinder*
Boom : size 2-130 mm x 1334 mm x 90 mm
Arm : size 1-135 mm x 1490 mm x 95 mm
Bucket: size 1-115 mm x 1120 mm x 80 mm
- *Relief valve setting*
Implement circuit : 380 kg/cm²
Travel circuit : 380 kg/cm²
Swing circuit : 295 kg/cm²
Pilot circuit : 33 kg/cm²
- *Main pump*
Type: variable displacement piston pump
Pump for : boom, arm, bucket, swing dan travel circuit
Maximum flow: 439 liter/ menit
- Nomor dari *selectable working mode* : 5
- *Supply ke control circuit : self reducing valve*

3. *Fuel coolant & lubricant* pada *excavator Komatsu PC 200-8*:

Pada unit *excavator Komatsu PC 200-8* memiliki standar pada *coolant*, oli dan bahan bakar atau *fuel* serta pelumasan atau *lubricating* yaitu:

- Pada *engine* mempunyai kapasitas oli 25.4 liter menggunakan jenis oli : SAE 15 W 40 H
- Pada *swing machinery* mempunyai kapasitas oli 7.1

liter menggunakan jenis oli: *power train oil* TO 30

- Pada *hydraulic* mempunyai kapasitas oli 237 liter menggunakan jenis oli : *hydraulic oil* H0 46-HM
- Pada *final drive*,punyai kapasitas oli 38 liter dan menggunakan jenis oli: *power train oil* TO 30
- Radiator / *cooling system* berkapasitas : 20.3 liter
- *Fuel tank* berkapasitas 400 liter menggunakan bahan bakar: *diesel fuel*

4. *Drive and brake excavator Komatsu PC 200-8:*

Pada unit *excavator Komatsu PC 200-8* mempunyai kecepatan travel motor maksimal 5.5 km/h dalam mode *high*, sedangkan dalam mode *low* memiliki kecepatan 3 km/h. Berikut spesifikasi *drive and brakes* pada unit *excavator Komatsu PC 200-8*

- *Steering control* : two lever with pedals
- *Cradiability* : 70 %
- *Service brake* :hydraulic lock
- *Parking brake* : mechanical disc brake
- *Maximum drawbar full* : 18.200 KG
- *Maximum travel speed*

High mode:5.5 km/h

Autoshift mid :4.1 km/h

Low mode : 3 km/h

5. *Bucket capacity excavator Komatsu PC 200-8*

Pada unit *excavator Komatsu PC 200-8* mempunyai kapasitas biasa adalah 0.8 m³. Namun kapasitas *bucket* bisa bervariasi sesuai kebutuhan dan permintaan atau pesanan dari *customer* ke pihak pabrikan atau dealer dalam hal ini PT United Tractors. Spesifikasi *bucket* unit *excavator Komatsu PC 200-8* yaitu:

- *Reference bucket capacity* : 1.4 yd³ atau 1.28 m³
- *Minimum bucket capacity* : 0.7 yd³ atau 0,64 m³
- *Maximum bucket capacity* : 1.6 yd³ atau 1.46 m³

a. Kelebihan Unit

Berikut ini beberapa keunggulan dari unit *excavator Komatsu PC 200-8*:

- Jika dibandingkan dengan *excavator Komatsu PC 200-7* maka unit ini lebih irit dari segi konsumsi bahan bakar sampai ke angka 10% lebih irit
- Unit ini sudah lulus standar EPA Tier 3.
- Unit ini *engine* terdengar lebih halus karena ada peredam yang dipasang oleh *Komatsu* di area *engine*. Memiliki *noise* 2Db lebih halus dari PC 200-7.
- Kabin operator sudah di *design* dengan *system* ROPS sehingga operator akan merasa aman saat melakukan aktivitas.
- Kabin ini sudah menggunakan *technology display TFT = Thin Film Transistor*.

b. Cara kerja excavator

Cara kerja *excavator* hidrolik adalah dengan digerakkan secara hidrolik. Mesin diesel memutar pompa yang kemudian mengalirkan *fluida hydraulic* dari tangki ke dalam sistem dan kembali lagi ke tangki. Komponen-komponen yang mendapat distribusi *fluida hydraulic* dan pompa adalah *bucket cylinder*, *arm cylinder*, *boom cylinder*, *swing motor* dan *travel motor* untuk menghasilkan suatu kondisi kerja tertentu.

Jenis gerakan *hydraulic excavator* terdiri atas 6 gerakan, cara kerjanya adalah:

1. Swing

Swing hydraulic excavator berputar sampai 360°. Sistem gerakan ini adalah dengan menggerakkan lever yang membuka katup pada *control valves* yang berisi *fluida hydraulic* sehingga mengalir ke *swing motor* sehingga *hydraulic excavator* akan berputar dengan putaran tertentu, sehingga mengalir ke *swing motor* sehingga *hydraulic excavator* akan berputar dengan putaran tertentu.

2. Traveling left shoe

Pergerakan ini dibagi menjadi dua gerakan yaitu gerakan maju dan gerakan mundur yang digerakkan oleh katup yang ada di *control valves*. Energi *hydraulic* dari pompa akan diubah lagi menjadi energi mekanis melalui *travel motor*. *Travel motor* memutar *sprocket* selanjutnya menggerakkan *track shoe* sehingga menghasilkan gerakan pada *hydraulic excavator*.

3. Traveling right shoe

Pergerakan ini dibagi menjadi dua gerakan yaitu gerakan maju dan gerakan mundur yang digerakkan oleh katup yang ada di *control valves*. Energi *hydraulic* dari pompa akan diubah lagi menjadi energi mekanis melalui *travel motor*. *Travel motor*

memutar *sprocket* selanjutnya menggerakkan *track shoe* sehingga menghasilkan gerakan pada *hydraulic excavator*.

4. Boom (raise-down)

Pergerakan *boom* dilakukan oleh *boom cylinder*. Sistem gerakan ini dilakukan dengan menggerakkan lever di ruang operator sehingga katup *boom raise* dan katup *boom down* pada *control valve* yang berhubungan dengan *boom cylinder* sehingga membuka. *boom* akan melakukan gerakan mengangkat jika katup *boom raise* terbuka sedangkan katup *boom down* tertutup. *Fluida* akan mengalir dari katup *boom raise* dan menekan piston dari *cylinder boom* sehingga *boom* melakukan pergerakan *raise-down*.

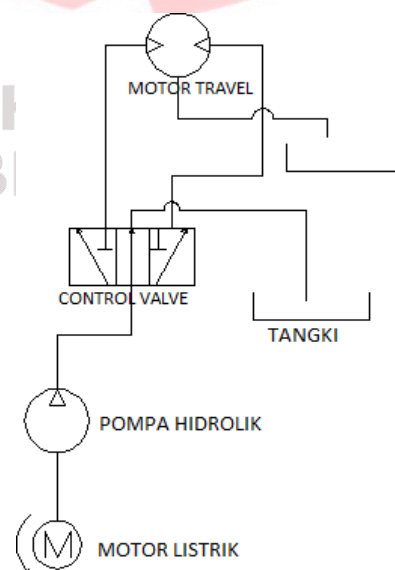
5. Arm (in-out)

Pergerakan *arm* dilakukan oleh *arm cylinder*. Sistem gerakan ini diatur oleh katup *arm in* dan katup *arm out*. *Arm* akan melakukan gerakan rnengangkat jika katup *arm out* terbuka sedangkan katup *arm in* tertutup. *Fluida* akan mengalir dari katup *arm out* dan menekan piston *arm cylinder*, Sedangkan untuk gerakan *arm* turun, kondisi katup *arm in* dan *arm out* berlaku sebaliknya.

6. Bucket (crawl-dump)

Pergerakan *bucket* dilakukan oleh *bucket cylinder*. Sistem gerakan ini diatur oleh pergerakan katup *bucket crawl* dan katup *bucket dump*. *Bucket* akan melakukan gerakan mengangkat (*dump*) jika katup *bucket dump* terbuka sedangkan katup *bucket crawl* tertutup. Pada saat itu, *fluida* akan mengalir dari katup *bucket dump* dan menekan piston *bucket cylinder*, Sedangkan gerakan *bucket* menekuk (*crawl*) kondisi katup *bucket crawl* dan katup *bucket dump* adalah sebaliknya.

7. Rangkaian hidrolik *travel motor*



Gambar 2. 2 Rangkaian hidrolik *travel motor*
(sumber: <http://komponenalat-berat.blogspot.com>)

2.3 *Engine diesel*

A. Pengertian

Engine adalah komponen atau perangkat yang mengubah energi panas dalam bahan bakar menjadi energi kinetik, dan juga digunakan sebagai sumber tenaga atau penggerak utama untuk mesin, genset, kapal dan peralatan industri lainnya. Pemanasan udara dikombinasikan dengan induksi bahan bakar menciptakan pembakaran, yang menghasilkan tenaga yang dibutuhkan untuk menjalankan mesin. Pembakaran bahan bakar membutuhkan udara yang mengandung oksigen. Bahan bakar menciptakan tenaga. Setelah dinyalakan, bahan bakar terbakar dengan mudah dan efisien. Bahan bakar harus terbakar dengan cepat dalam proses yang teratur untuk menghasilkan panas..

Udara + bahan bakar + panas = pembakaran

Pembakaran ditentukan oleh tiga hal, yaitu:

- Volume udara
- Jenis bahan bakar yang digunakan
- Jumlah campuran bahan bakar dan udara

B. *Komponen engine*

1. *Cylinder block*



Gambar 2. 3 *Cylinder blok*
(Sumber : <https://fastnlow.ne>)

Block merupakan komponen sangat penting, disamping sebagai tempat penyimpan tenaga, *block* juga berfungsi sebagai tempat terikatnya sebagaimana besar komponen pada mesin. *Block* ini sangatlah kuat, menahan hasil gaya, tekanan, panas dan berat yang akan diterima oleh *cylinder block*. Jenis silinder terbagi dalam dua, yakni

- *In-line* (atau lubang liner pada *cylinder* adalah sejajar)
- *V-engine* (gambar diatas) adalah penyusunan liner yang membentuk huruf "V"

2. *Cylinder liner*



Gambar 2. 4 *Cylinder liner*
(Sumber : <https://multisparepart.com>)

Kegunaan dari *liner* ini adalah sebagai rumah pemandu gerakan *piston*, membentuk ruang bakar & dapat menyerap panas (hasil pembakaran) karena pada dinding *liner* terdapat saluran pendinginan mesin. Terdapat juga *liner* yang langsung menyatu dengan *cylinder block*

3. *Piston*



Gambar 2. 5 *Piston*
(Sumber : <https://multisparepart.com>)

Sebagai komponen mesin pembakaran, *piston* mengubah energi yang dilepaskan selama pembakaran menjadi aksi mekanis dan mentransferkannya ke poros engkol dalam bentuk gaya puntir melalui pin piston dan batang penghubung

4. *Ring piston*



Gambar 2. 6 *Ring piston*
(Sumber : <https://teknisimobil.com>)

Ring piston biasanya terletak di bagian atas ruang *piston*, dan disebut sebagai *ring* kompresi. Ring ini berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran kompresi dalam ruang bakar. Ruang bakar sendiri berisi campuran antara udara dan bahan bakar.

5. Connecting rod



Gambar 2. 7 Connection rod
(Sumber : <https://www.perkins.com>)

Connecting rod menghubungkan *piston* dengan *crankshaft* dan memindahkan gaya hasil pembakaran ke *crankshaft*.

Bagian-bagiannya terdiri dari:

- *Rod eye, gudgeon-end* atau *small end* sebagai penahan *piston pin bushing*
- *Piston pin bushing*. *Bushing* merupakan jenis bearing yang mendistribusikan beban dan dapat diganti bila aus.
- *Shank* adalah bagian *connecting rod* antara *small* dan *big end*, berbentuk I-beam yang kuat dan kaku.
- *Crankshaft journal bore* dan *cap* terletak pada bagian ujung besar (*big end*) *connecting rod*. Komponen ini membungkus *crankshaft bearing journal* dan mengikatkan *connecting rod* ke *crankshaft*.
- *Bolt* dan *nut rod* mengunci *rod* dan *cap* pada *crankshaft*, disebut *crank end* atau *big end* dari *connecting rod*.
- *Big-end bearing connecting rod* terdapat pada *crank-end*. *Crankshaft* berputar didalam *bearing connecting rod*, yang membawa beban. *Connecting rod* memindahkan gaya hasil pembakaran ke *crankshaft* dan merubah gerakan naik turun menjadi gerak putar.

Connecting rod merupakan besi tempa yang dikeraskan dan di-*shot peen* untuk membuang tegangan. Ujungnya dirancang tirus untuk memberikan tambahan bidang kontak antara pin dengan *bore* saat langkah tenaga. Ini menghasilkan kekuatan dan ketahanan ekstradari *piston* dan *rod assembly*.

6. *Bearing connecting rod*



Gambar 2. 8 *Bearing connecting rod*
(sumber : <https://www.indiamart.com>)

Bearing connecting rod bagian atas terpasang pada *connecting rod* dan disebut *upper half shell*. Setengah bagian lainnya terpasang pada cap dan disebut *lower half shell*. Normalnya *upper half shell* menahan beban lebih besar. *Locating lug* merupakan bagian yang tak dapat dipisahkan dari *bearing shell* dan digunakan untuk memastikan bearing duduk dengan benar pada *connecting rod* ataupun cap

7. *Crankshaft*



Gambar 2. 9 *Crankshaft*
(sumber : <https://www.sandvik.coromant.com>)

Crankshaft terbuat dari baja karbon tempa (*carbon steel forging*) yang seluruhnya dikeraskan. *Big end* dari *connecting rod* memutar *crankshaft*, yang terletak pada bagian bawah *engine block*. *Crankshaft* memindahkan gerak putar ke *flywheel* dan lainnya (*clutch*, *transmission* dan lain-lain) dan memberikan tenaga yang cocok untuk kerja. *Crankshaft* untuk *in-line engine* umumnya mempunyai satu *connecting rod bearing journal* untuk setiap *cylinder*, sedangkan pada *V-engine* pada setiap *connecting rod bearing journal* menangani dua buah *cylinder*. *Connecting rod bearing journal* menentukan posisi *piston* dan kapan *piston* tersebut berada pada posisi titik mati atas (*top dead center*). Beberapa *connecting rod bearing*

journal mempunyai *lightening hole* (lubang peringan) untuk mengurangi berat dan membantu keseimbangan *crankshaft*. *Crankshaft* memiliki lubang oli untuk mengalirkan oli dari *main bearing journal* menuju *connecting rod journal bearing*. Saluran-saluran ini tertutup pada salah satu ujungnya menggunakan *cup plug* atau *set screw*. *Counterweight* digunakan untuk membantu menyeimbangkan *crankshaft* dan mengurangi *vibrasi* (getaran) saat *engine* berputar. *Counterweight* dapat menjadi satu dengan *crankshaft* ataupun terpisah dan diikat dengan baut dengan *crankshaft*. *Main bearing* menyangga *crankshaft* pada *block* dan sejajar antara satu dengan yang lainnya.

8. *Vibration damper*



Gambar 2. 10 *Vibration damper*
(Sumber :<https://penambang.com>)

Vibration damper merupakan suatu komponen yang meniadakan getaran puntir atau *torsional vibration* yang disebabkan oleh variasi gaya (biasanya dari sekitar 3 sampai 10 ton (2.724 sampai 9.080 kg) pada *piston* dan setelah *crank*. *Torsional vibration* merupakan gaya berirama (*rhythmic force*) yang terjadi pada antara dua langkah tenaga. Hilang-timbulnya gaya pada *crankshaft* menyebabkan *crankshaft* terpuntir secara bergantian. Bila pengukuran tidak dilakukan untuk mencegah hal ini, bunyi *engine* akan kasar dan *crankshaft* akan patah

ada 2 jenis *vibration damper*:

- *Rubber damper* menggunakan karet untuk menyerap *vibrasi*.
- *Viscous damper* menggunakan oli berat dan *free-floating steel ring* untuk menyerap *vibrasi*.

9. Flywheel



Gambar 2. 11 Flywheel
(Sumber : <https://www.autoguru.com.au>)

Flywheel terdiri dari:

- Flywheel
- Ring gear, yang terdapat disekeliling flywheel dan digunakan untuk men-start engine
- Flywheel housing

Fungsi merupakan penghubung antara engine dan beban. Flywheel diikat pada bagian belakang crankshaft. Crankshaft memutar flywheel pada langkah tenaga, dan momentum pada flywheel membuat crankshaft berputar dengan halus selama terjadinya 3 langkah lain pada setiap cylinder pada engine ber-cylinder banyak.

Flywheel juga berfungsi untuk:

- Menyimpan tenaga untuk momentum diantara langkah tenaga.
- Meminimalkan goyangan torsional atau rotational pada crankshaft
- Memindahkan tenaga ke machine, torque converter, beban atau peralatan transmisi lainnya

10. Camshaft



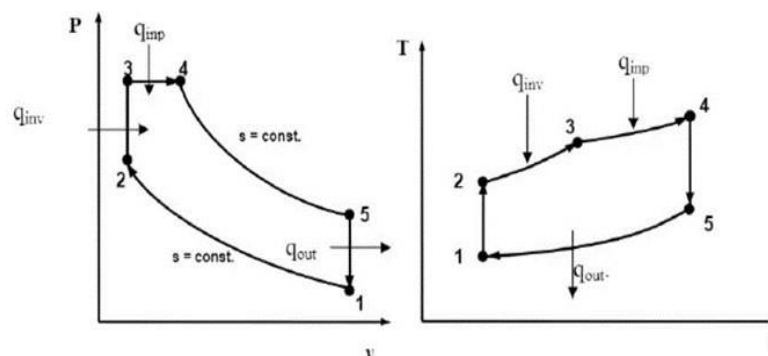
Gambar 2. 12 Camshaft
(Sumber : <https://www.sandvik.coromant.com>)

Camshaft terbuat dari *alloy steel* khusus yang ditempa dan dikeraskan agar handal dan tahan lama. Seluruh *camshaft* memiliki *bearing journal* dan *lobe* untuk setiap atau sepasang *valve* dan *fuel injector*. *Camshaft* mengatur proses buka dan tutup *intake* dan *exhaust valve* dan pada beberapa aplikasi, juga mengatur *fuel injector*. Komponen ini dinamakan *camshaft* karena *lobe*-nya berbentuk telur atau *cam*. Saat *camshaft* berputar, *cam* akan bergerak naik-turun, menekan *cam follower* dan komponen *valve train* untuk membuka dan menutup *valve engine*. Pada saat *cam* diatas, *valve* akan membuka penuh

2.4 Siklus *dual cycle*

Siklus *dual cycle* adalah model termodinamika yang menggabungkan dua siklus termodinamika ideal, yaitu siklus Otto (siklus pembakaran dalam mesin bensin) dan siklus diesel (siklus pembakaran dalam mesin diesel). Sederhana nya Dinamakan siklus gabungan karena pemasukan kalornya merupakan gabungan dari pemasukan kalor pada volume tetap (Seperti pada siklus otto) dan pemasukan kalor pada tekanan tetap (Seperti pada siklus diesel), Siklus *dual cycle* ini mencoba menggambarkan karakteristik dan performa mesin dengan menggabungkan aspek-aspek dari kedua siklus tersebut.

Siklus *dual cycle* menganggap bahwa dalam suatu mesin, bagian awal pembakaran menggunakan proses seperti siklus Otto (pembakaran isokhorik atau pada volume konstan), di mana campuran udara-bahan bakar terbakar pada tekanan konstan. Kemudian, bagian akhir pembakaran menggunakan proses seperti siklus diesel (pembakaran isothermal atau pada suhu konstan), di mana bahan bakar *diesel* disemprotkan ke dalam udara yang sudah dipanaskan oleh pembakaran awal. Proses kombinasi dari kedua siklus tersebut menciptakan siklus *dual cycle*, dan dapat diperlihatkan dalam diagram PV (*pressure-volume*) dan TS (*temperature-entropy*). Diagram PV akan menunjukkan perubahan tekanan dan volume dalam siklus, sedangkan diagram TS akan menunjukkan perubahan suhu dan entropi.



Gambar 2. 13 Diagram P-v dan T-s

(Sumber: <https://id.scribd.com/document/510762871/Materi-Siklus-Gabungan-2>)

Kelima proses yang membentuk siklus gabungan adalah:

- Proses 1-2: Kompresi insentropik
- Proses 2-3: Pemasukan kalor pada volume konstan(isochoric)
- Proses 3-4: Pemasukan kalor pada tekanan konstan(isobaric)
- Proses 4-5:Ekspansi instropik
- Proses 5-1:Pembuangan kalor pada volume konstan(isochoric)

2.5 Cara kerja *engine*



Gambar 2. 14 Cara kerja *engine*
(Sumber : <https://ksj.co.id/piston-hidrolik/>)

1. Langkah hisap

Pada langkah ini piston bergerak dari titik mati atas menuju titik mati bawah. Katup hisap/*intake* terbuka sehingga akibat kevakuman yang terjadi dari ekspansi volume pada ruang bakar maka udara dari luar dapat masuk ke ruang bakar melalui katup hisap/*intake* yang terbuka

2. Langkah kompresi

Setelah piston mencapai titik mati bawah, piston berputar ke titik mati atas, tetapi katup tidak terbuka. Karena jumlah solar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar dari nozzle berkurang, tekanan tinggi harus digunakan untuk menginjeksikan solar ke ruang bakar, membentuk partikel kabut cair solar yang sangat halus. Saat solar diinjeksikan, campuran solar dan udara di dalam ruang bakar mulai terbakar akibat panas yang dihasilkan

3. Langkah pembakaran/kerja

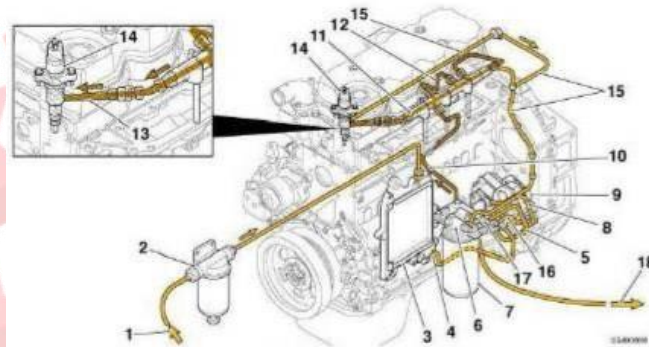
Proses pembakaran campuran solar dan udara berlanjut hingga *piston* mencapai titik mati atas dan kemudian kembali mengubah arah. Kembali ke titik mati bawah. Sebelum 100 derajat *celcius*, *piston* mencapai titik mati atas. Campuran udara dan bahan bakar akan terbakar, menghasilkan ledakan dan tekanan yang memaksa *piston* turun.

4. Langkah buang

Setelah terjadi energi ledakan panas ada langkah *power* telah berubah bentuk menjadi energi mekanis maka sisa proses pembakaran yang ada harus dibuang. Proses ini terjadi ketika *piston* bergerak dari titik mati atas dengan kondisi katup buang terbuka. Gas sisa hasil pembakaran didorong keluar oleh *piston* melalui katup buang. Selanjutnya melalui *muffler* gas tersebut akan dilepas ke udara bebas

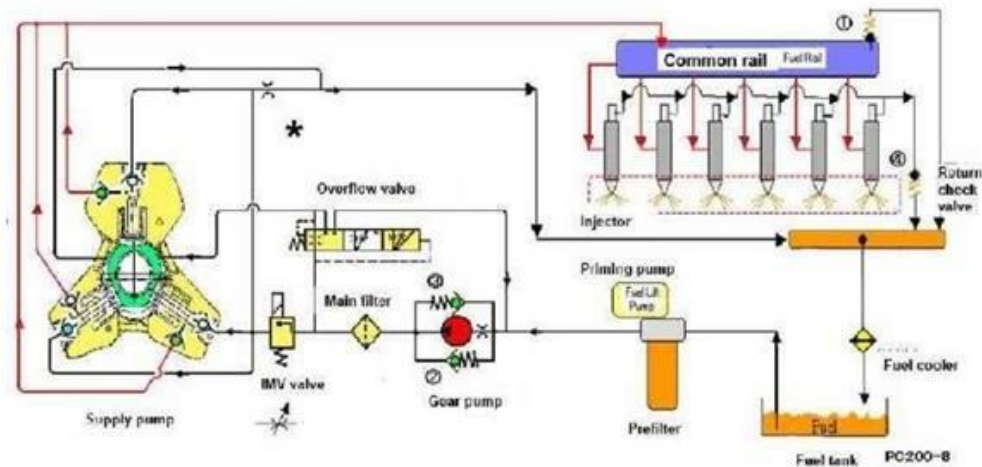
2.6 Fuel system engine

Sistem bahan bakar adalah suatu sistem yang berfungsi untuk menyimpan bahan bakar secara aman, menyalurkan bahan bakar ke mesin dan mengkabutkan bahan bakar agar bercampur dengan udara



Gambar 2. 15 Fuel system
(Sumber : capable mechanic course book)

1. From fuel supply tank
2. Water / fuel separator
3. ECM cooling plate
4. To fuel gear pump
5. To fuel filter
6. Fuel filter head
7. Fuel filter
8. To high pressure pump
9. High pressure pump
10. To fuel rail
11. Fuel rail
12. To injector
13. High pressure connector
14. Injector
15. Fuel return from injector and fuel rail to fuel filter head
16. Fuel return from high pressure pump to fuel filter head
17. Fuel return manifold
18. To fuel supply tank

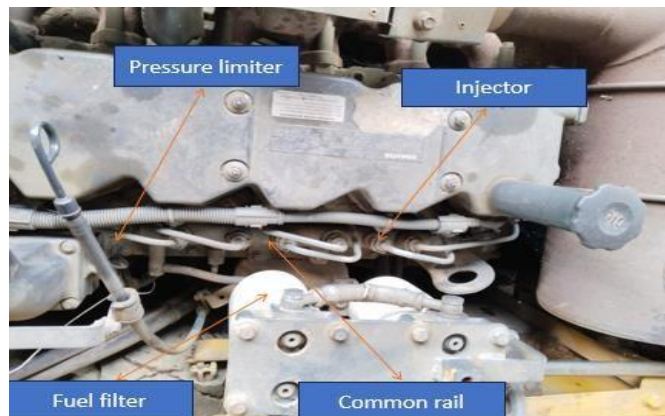


Gambar 2. 16 CRI fuel system
(Sumber : *capable mechanic course book*)

Fuel system pada PC 200 – 8 menggunakan *high pressure common rail* yang di kendalikan secara elektronik. Sistem *common rail* bertekanan tinggi terdiri dari 4 komponen utama, yaitu :

- *Fuel pump gear pump*
- *High pressure pump*
- *Fuel rail*
- *Injector*

High pressure pump men *supply fuel* bertekanan tinggi menuju *common rail* terlepas dari kecepatan *engine*, *fuel* yang bertekanan lalu akan terakumulasi di dalam *fuel rail* dan *fuel* akan di *supply* dengan konstan menuju *injector*. *Electronic control module (ECM)* akan mengontrol waktu penginjeksian yang dilakukan oleh *injector*. *Fuel* yang masuk ke dalam *high pressure pump* di naikan tekanannya mencapai 25 – 180 Mpa (255 – 1.837 kg/cm²) dan kemudian akan masuk ke dalam *fuel rail* dimana *fuel* selanjutnya akan di distribusikan ke masing – masing *injector*. Pada *fuel rail* terdapat *pressure sensor* yang mengecek tekanan pada *fuel rail*. Tekanan yang diukur oleh *fuel rail pressure sensor* digunakan oleh ECM untuk mengatur tekanan *fuel* yang dihasilkan oleh *high pressure fuel pump*. *Fuel rail* juga dilengkapi dengan *pressure relief valve*, valve ini digunakan sebagai pengaman untuk mengeluarkan tekanan berlebih pada *fuel rail*.



Gambar 2. 17 CRI system description
(Sumber : *capable mechanic course book*)

Sistem *fuel common rail* bertekanan tinggi menggunakan solenoid pada *injector*, *fuel* bertekanan tinggi mengalir menuju sisi *injector*, ketika solenoid bekerja *needle* yang berada di dalam *injector* akan terangkat dan *fuel* akan diinjeksikan. *Clearance* pada lubang *nozzle* sangat kecil dan apabila ada kotoran atau kontaminan lain menempel pada lubang *injector* maka akan menyebabkan *injector* menjadi jammed. ECM mengatur waktu dan banyak *fuel* yang akan diinjeksikan dengan mengaktifkan solenoid pada *injector* dengan cara mengirim sinyal elektrik kepada solenoid untuk mengangkat *needle*.

a. *Fuel gear pump*

Fuel gear pump bekerja menghisap *fuel* dari *fuel tank* kemudian dialirkan menuju *fuel filter*, dan mengalir ke dalam *high pressure pump chamber*. Pompa jenis ini adalah *eksternal gear pump*.



Gambar 2. 18 Fuel gear pump
(Sumber : *capable mechanic course book*)

b. *Filter*

Sesuai dengan namanya *fuel filter* merupakan komponen dalam *fuel system* yang berfungsi sebagai penyaring. Sebelum masuk ke dalam *injection pump*, *fuel* harus disaring dari partikel – partikel yang bisa

menyumbat orifice yang terdapat dalam *fuel system*. Kebanyakan *filter* yang digunakan adalah jenis *cartridge*

c. *Supply pump / injection pump*

Fuel yang masuk ke dalam *supply pump* dinaikan tekanannya menjadi 25 – 180 Mpa (255 – 1.837 kg/cm²) oleh tiga pompa radial. Sebuah *IMV (inlet metering valve)* valve mengatur banyaknya *fuel* yang masuk ke dalam pompa. *IMV valve* menggunakan sinyal elektrik yang diberikan oleh *ECM* untuk menjaga tekanan *fuel* pada *fuel rail*. *Fuel* yang berlebih dan tidak masuk ke dalam pompa akan mengalir menuju *overflow valve*, dan akan kembali menuju *fuel tank*.



Gambar 2. 19 Supply pump
(Sumber : capable mechanic course book)

d. *Common rail*

Common rail berfungsi sebagai tempat untuk pendistribusian *fuel* kemasing – masing *injector*. Pada *common rail* terdapat *fuel pressure sensor* yang mengecek tekanan yang masuk ke dalam *common rail*. Informasi mengenai besar tekanan yang diukur oleh *fuel pressure sensor* akan digunakan oleh *ECM* untuk mengatur *output fuel* yang dihasilkan oleh *high pressure pump*. Pada *common rail* juga terdapat *pressure relief valve* sebagai pengaman yang berfungsi untuk mengurangi tekanan pada *common rail* dengan cara membleeding tekanan yang berlebih menuju *fuel tank*.

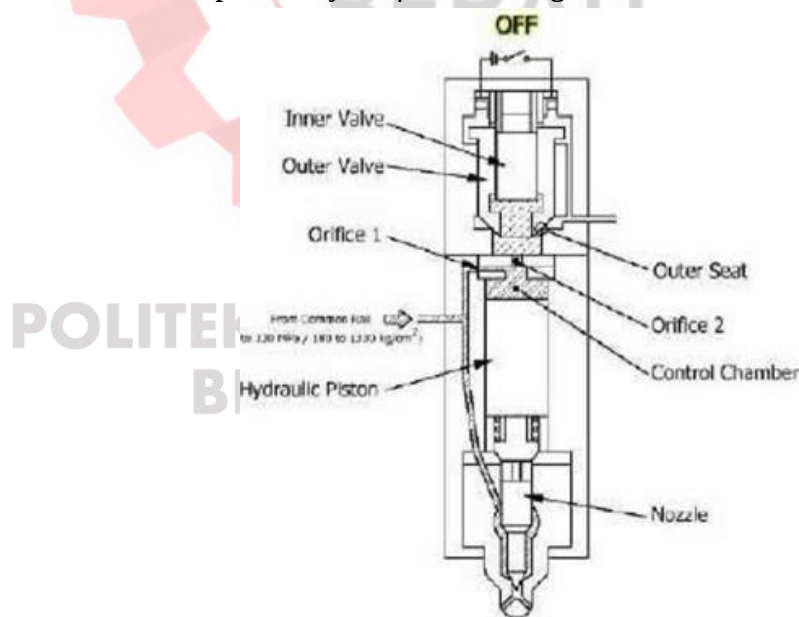


Gambar 2. 20 Common rail
(Sumber : capable mechanic course book)

e. Injector

Injector berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar bertekanan tinggi dari *common rail* ke dalam ruang bakar sesuai dengan timing, jumlah bahan bakar, *injection ratio* dan *spray injector*. *Injector* menggunakan *TWV* (*two way valve*) yang di kontrol secara elektik oleh *ECM*, valve ini berfungsi untuk mengatur tekanan dalam *control chamber* yang bertujuan untuk mengatur awal dan akhirnya suatu proses injeksi. Orifice pada *injector* berfungsi untuk mengatur sudut pembukaan *nozzle* untuk mengontrol *fuel injection ratio*. *Hydraulic piston* berfungsi untuk meneruskan tenaga ke *needle valve* pada *nozzle* tergantung tekanan pada *control chamber*. *TWV* (*two way valve*) pada *injector* terdiri dari *inner valve* (*fixed*) dan *outer valve* (*variable*). Komponen tersebut terpasang dalam satu *shaft* dan membentuk *inner* dan *outer seat*, dan pada saat *TWV ON* atau *OFF* salah satu dari kedua *seat* menjadi terbuka.

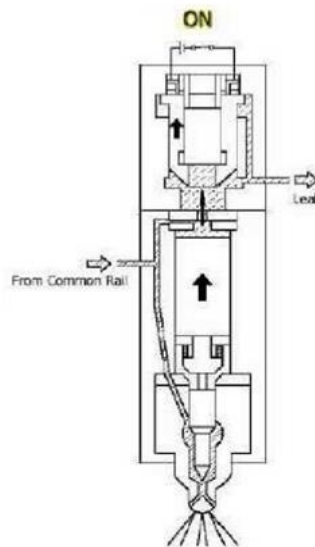
- Pada saat tidak ada arus yang mengalir ke *solenoid*, *outer valve* akan terdorong ke bawah oleh *valve spring* dan *fuel pressure*, dan *outer seat* akan tertutup. Tekanan dari *fuel* yang tinggi dari *common rail* akan bekerja pada *controller chamber*, sehingga *nozzle* tertutup dan tidak ada proses injeksi *fuel* ke ruang bakar



Gambar 2. 21 Posisi OFF
(Sumber : capable mechanic course book)

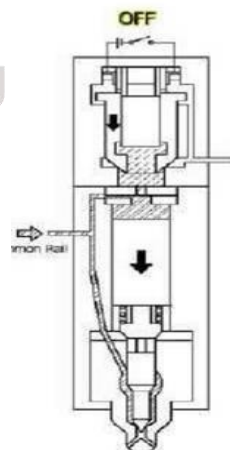
- Pada saat arus listrik dari *ECM* mengalir ke *TWV* (*two way valve*), *outer valve* akan tertarik ke atas oleh gaya elektromagnetik sehingga *outer seat* akan terbuka. Hasilnya *fuel* mengalir dari *control chamber* melewati orifice dan *nozzle needle* akan terangkat dan *fuel*

diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Akibat dari kerja orifice, *fuel injection ratio* akan naik secara bertahap, jika arus listrik terus dialirkan ke selenoid, maka akan didapat *injection ratio* yang maksimum.



Gambar 2. 22 Posisi ON
(Sumber : *capable mechanic course book*)

- Ketika arus listrik dari ECM menuju ke selenoid di hentikan, TWV menjadi berhenti, *outer valve* turun ke bawah oleh gaya spring dan *fuel pressure*. Akibatnya *outer seat* tertutup, pada saat itu *fuel* dengan tekanan yang tinggi dari *common rail* bekerja pada *controller chamber* sehingga *nozzle* tertutup dengan tiba – tiba sehingga proses penginjeksian *fuel* ke ruang bakar menjadi berhenti



Gambar 2. 23 Posisi OFF
(Sumber : *capable mechanic course book*)

f. *Elektrical system* pada *HPCR* berfungsi untuk mengatur pembakaran *engine* dengan cara mengatur *fuel system*, pengaturan tersebut diolah oleh *engine controller (ECM)* berdasarkan input dari tiap – tiap sensor yang terpasang pada *engine*. Selain itu *electrical system* berfungsi untuk mencegah kerusakan *engine* dengan cara memonitor seluruh sistem vital *engine* seperti *cooling system* dan *temperature system*.

1) *Engine controller input* :

a) *Temperature sensor*

- *Coolant low temperature sensor*
- *Coolant high temperature sensor*
- *Fuel temperature sensor*

b) *Pressure sensor*

- *Boost pressure sensor*
- *Common rail pressure sensor*
- *Engine oil high pressure switch*
- *Engine oil low pressure switch*

c) *Position sensor*

- *Throttle pedal*
- *Fuel control dial*

d) *Speed sensor*

- *G revolution sensor*
- *Ne revolution sensor*

2)

Engine controller output :

a) *IMV solenoid*

b) *TWV solenoid*

2.7 *Engine low power*

2.7.1 *Pengertian engine low power*

Engine low power adalah suatu kondisi dimana tenaga yang dihasilkan dari *engine* mengalami penurunan sehingga menyebabkan unit tidak dapat beroperasi dengan maksimal. Pada PC 200-8 *engine low power* biasanya ditandai dengan kode *error* yang muncul di monitor panel yaitu : *Failure code* (CA559) dan (CA553)

Failure code [CA559] Rail Press Low Error

Action level	Failure code	Failure	Common Rail Pressure Low Error (Engine controller system)	
L01	CA559			
Detail of failure	● Low pressure error (1) is detected in common rail circuit.			
Action of controller	● None in particular			
Problem on machine	● Engine does not start at all or does not start easily. ● Exhaust gas becomes black. ● Engine output lowers.			
Related information	● Common rail pressure can be checked with monitoring function. (Code: 36400 Common rail pressure) ● Method of reproducing failure code: Start engine.			
Cause		Procedure, measuring location, criteria and remarks		
1	Use of improper fuel	Check fuel used as it may be improper one.		
2	Fuel leakage to outside	Fuel may leak to outside. Check it (Check visually while running engine at low idle).		
3	Defect in low-pressure circuit parts	★ For more information on troubleshooting, see Note 1. ★ For check of fuel pressure in low-pressure circuit, see Testing and adjusting, "Testing fuel pressure".		
		Negative pressure at fuel supply pump inlet (outlet side of fuel pre-filter)	At high idle (if engine can be started) Max. -50.7 MPa (Max. -380 mmHg)	
		Inlet pressure of fuel main filter	During cranking (if engine cannot be started) 0.3 to 1.1 MPa (3.1 to 11.3 kg/cm ²)	
			At low idle (if engine can be started) 0.5 to 1.3 MPa (5.1 to 13.3 kg/cm ²)	
4	Defective pressure limiter	★ For check of leakage from pressure limiter, see Testing and adjusting, "Checking fuel return rate and leakage".		
		Leakage from pressure limiter	At low idle 0 cc (no leakage)	
5	Defective injector (including high-pressure piping in cylinder head)	★ For check of return rate from injector, see Testing and adjusting, "Checking fuel return rate and leakage".		
		Return rate from injector	During cranking (if engine cannot be started) Max. 90 cc/min	
			At low idle (if engine can be started) Max. 180 cc/min	
6	Defective supply pump	★ For check of return rate from supply pump, see Testing and adjusting, "Checking fuel return rate and leakage".		
		Return rate from supply pump	During cranking (if engine cannot be started) Max. 140 cc/min	
			At low idle (if engine can be started) Max. 1,000 cc/min	
7	Defective common rail pressure sensor system	Perform troubleshooting for failure codes [CA451] and [CA452]		

Note 1: Check the low-pressure line parts for the following.

- 1) Fuel level
- 2) Clogging of fuel tank breather
- 3) Leakage or clogging of low-pressure fuel piping
- 4) Clogging of fuel pre-filter
- 5) Clogging of fuel main filter
- 6) Replace the fuel filter when the problem is not removed even if it is found to be not clogged.

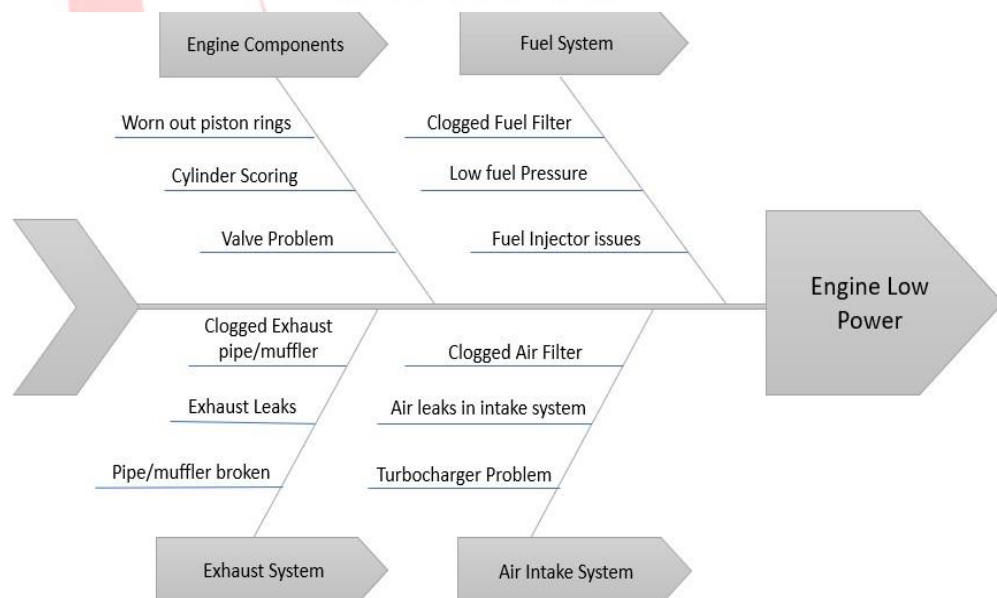
Gambar 2. 24 Error CA 559
(Sumber : *shop manual PC 200-8*)

Failure code [CA553] Rail Press High Error

Action level	Failure code	Failure	Rail Press High Error (Engine controller system)
L01	CA553		
Detail of failure	Excessively high pressure trouble (1) has occurred in the common rail circuit.		
Action of controller	None in particular		
Problem on machine	- Engine noise becomes louder at no or light load. - Engine output lowers.		
Related information	- Common rail pressure can be checked with monitoring function. (Code 36400: Common rail pressure) - Method of reproducing failure code: Start engine.		
Cause		Procedure, measuring location, criteria and remarks	
1	Defect in related system	If another failure code is displayed, perform troubleshooting for it.	
2	Defective connection of ground terminal	Connection of ground terminals may be defective. Check the following terminals. - Ground terminal of machine ((-) terminal of battery) - Ground terminal of engine - Ground terminal of engine controller - Ground terminal of starting motor	
3	Defective common rail pressure sensor system	Perform troubleshooting for failure code [CA451], [CA452]	

Gambar 2. 25 Error CA553
(Sumber : shop manual PC 200-8)

2.7.2 Penyebab engine low power



Gambar 2. 26 Diagram fishbone engine low power
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dalam trouble engine low power yang terjadi pada excavator Komatsu PC 200-8, terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi hal tersebut terjadi yaitu

1. Fuel system

- Clogged fuel filter
- Low fuel pressure

- *Fuel injector issues*
- 2. *Air intake system*
 - *Clogged air filter*
 - *Air leaks in intake system*
 - *Turbocharger problem*
- 3. *Engine components*
 - *Worn out piston rings*
 - *Cylinder scoring*
 - *Valve problem*
- 4. *Exhaust system*
 - *Clogged exhaust pipe/muffler*
 - *Exhaust leaks*
 - *Pipe/muffler broken*

2.8 Troubleshooting

Troubleshooting merupakan cara untuk menemukan sumber masalah atau penyebab dari masalah/ *problem* yang terjadi, didalamnya terdapat beberapa *step* atau langkah yang dilakukan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan *Troubleshooting*:

1. *Step 1 Troubleshooting chart*
 Dalam langkah pertama berisi tentang informasi tentang unit seperti nama *customer*, model engine, tipe, *serial number*. Selain itu juga berisi informasi mengenai *trouble* atau masalah yang terjadi pada unit.
2. *Step 2 Possibilities cause*
 Dalam langkah kedua berisi beberapa analisa kemungkinan penyebab umum *trouble* yang terjadi pada unit. Dalam penentuan kemungkinan penyebab didapatkan dari informasi yang sebelumnya dilakukan pada *step 1*. Dilangkah ini juga menyiapkan beberapa referensi seperti *shop manual* hingga *tools* yang digunakan.
3. *Step 3 Observe and diagnostic*
 Dalam langkah ketiga mengutamakan *comunication skill* yang berisi tentang kondisi aktual operasi unit, sistem perawatan, komponen yang dipakai dan melakukan diskusi serta wawancara kepada *customer* dari operator hingga mekanik mengenai *historical* unit.

4. Step 4 Data

Dalam langkah keempat berisi tentang pengumpulan hasil pengukuran, hasil pengujian dengan disertai foto sebagai referensi. Didalamnya juga dilakukan beberapa langkah untuk melakukan pengambilan data.

5. Step 5 Analisis

Dalam langkah kelima berisi tentang semua data yang didapatkan setelah melakukan beberapa pengukuran dan pengujian. Lalu data tersebut dibandingkan dengan data yang standar unit yang terdapat pada *shop manual*.

6. Step 6 *Suspected cause*

Dalam langkah ini berisi tentang informasi dugaan masalah dengan menunjukkan ketidaknormalan pada beberapa komponen. Setelah itu nyatakan apakah hal tersebut penyebab utama atau bukan

7. Step 7 *Conclusion*

Dalam langkah ini berisi tentang kesimpulan tentang hasil data pengukuran dan data sesuai *shop manual*. Lalu memastikan dan menyatakan penyebab atau *trouble* utama yang terjadi pada unit. Berisi juga perbaikan-perbaikan yang dilakukan untuk mengatasi *trouble* pada unit tersebut.

8. Step 8 *Action to improvement*

Dalam langkah ini berisi aktivitas modifikasi atau penyesuaian. Dengan kata lain berisi kegiatan pemberian saran dan masukan serta solusi kepada *customer* dengan tujuan tidak terjadi *trouble* yang sama pada unit tersebut

POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL