

Analisis Penyebab *Trouble* Sistem Bahan Bakar Pada Unit PC300-8 di PT. Runggu Prima Jaya

Syahrudin Syahrudin^{1,*}, Dedi Kurniawan¹, Basri Basri¹, Azmal Azmal²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Balikpapan, Jl. Soekarno-Hatta KM 8 Balikpapan, 76129

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak, Jl. Ahmad Yani Pontianak, 78124

*syahrudin@poltekba.ac.id

Diterima: 19 12 2023

Direvisi: 21 12 2023

Disetujui: 22 12 2023

ABSTRAK

Sistem bahan bakar berfungsi sebagai penyedia kebutuhan bakar bakar untuk proses pembakaran pada *engine* di unit alat berat. Ketika sistem bahan bakar pada *excavator* mengalami permasalahan, maka *engine* tidak dapat beroperasi secara maksimal. Hal ini dapat mengakibatkan *engine* sulit untuk *start* atau bahkan tidak dapat *running*. Penelitian ini menggunakan metode diagram *fishbone* untuk menganalisis akar penyebab masalah dari persoalan yang ada. Setelah dilakukan penelitian, ditemukan adanya komponen sistem bahan bakar mengalami kebocoran pada *air bleed plug* dan kerusakan injektor. Injektor berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar dengan tekanan yang tinggi, waktu yang tepat, dan jumlah yang sesuai. Ditemukan jumlah aliran balik dari injektor menuju tangki lebih besar dibandingkan dengan yang diinjeksikan. Kondisi ini mengakibatkan gangguan pada proses pembakaran di *engine*, akibatnya sulit dihidupkan.

Kata kunci: *Excavator, Engine, Sistem Bahan Bakar, Diagram Fishbone, Injektor*

ABSTRACT

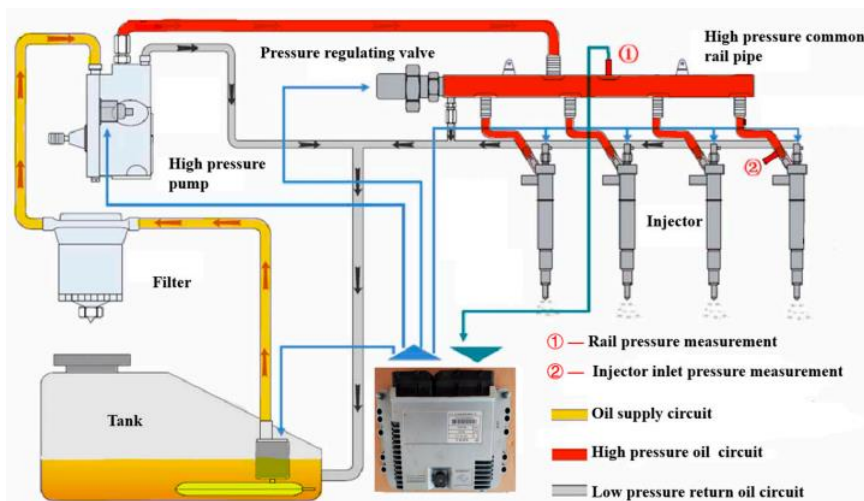
The fuel system serves as a fuel provider for the combustion process within the heavy equipment engine unit. When a problem occurs on the excavator of the fuel system, engine cannot operate optimally. This can make the engine difficult to start or even unable to run. This study uses the fishbone diagram method to analyze the root cause of the problem. It is found that components of the fuel system leak at the air-bleed plug and damage at the injector area. It is the injector which injects a certain amount of fuel with high pressure at specific time. Study result indicates that the backflow amount from the injector to the tank was greater than the injected amount. This condition interferes the combustion process, leading to difficulty in starting the engine.

Keywords: *Excavator, Engine, Fuel System, Fishbone Diagram, Injector*

PENDAHULUAN

Excavator merupakan alat berat yang sangat berperan dalam proses pengambilan material dari alam. Satu unit *excavator* dalam keseharian operasi, dapat memuat *loading* material ke lima unit *dump truck*. *Excavator* dikatakan dalam kondisi baik, jika dapat beroperasi dengan optimal. Namun unit alat berat ini dapat mengalami kerusakan kapan saja yang mengakibatkan operasi unit terkendala sehingga proses produksi terganggu. Seperti *excavator* Komatsu PC300-8 milik salah satu *customer* PT. United Tractors, yakni PT. Runggu Prima Jaya yang mengalami permasalahan pada sistem bahan bakar. Permasalahan tersebut mengakibatkan *engine can't running*. Untuk mengetahui akar penyebab masalah yang terjadi, cara perbaikan, dan cara penanggulangan, perlu dilakukan analisis terhadap permasalahan tersebut.

Tujuan sistem bahan bakar untuk menyediakan kebutuhan bahan bakar pada sebuah *engine*. Bahan bakar yang akan diinjeksikan ke ruang bakar harus memiliki tekanan tinggi, jumlah sesuai, dan waktu yang tepat untuk diinjeksikan. Sistem bahan bakar *engine* SAA6D114E-3 pada *excavator* Komatsu PC300-8 adalah *Common Rail Fuel System* (CRI) [1,2]. Sistem CRI ini dapat menginjeksikan bahan bakar hingga mencapai 1200 kg/cm^2 . CRI memiliki 2 *circuit*, *low pressure return oil circuit* dan *high pressure oil circuit*. *Low pressure return oil circuit* pada *pre fuel filter*, *lift pump*, *feed pump*, dan *main fuel filter*. *High pressure circuit* terdiri dari *high-pressure oil pump*, *common rail pipe*, *fuel injectors*, *electronic control unit ECU and other components*. Alur kerja ditunjukkan dibawah ini [3].



Gambar 1. Alur kerja *common rail fuel system*

Permasalahan terkait sistem bahan bakar pada *engine* unit PC300-8 ini perlu dianalisis faktor penyebabnya agar tidak menyebar dan merusakkan komponen lainnya. Analisis penyebab gangguan pada sistem bahan bakar ini menggunakan diagram sebab akibat atau dikenal dengan nama diagram *fishbone*. Alasan penggunaannya adalah lebih mudah diterapkan dan secara visual lebih mudah difahami [4].

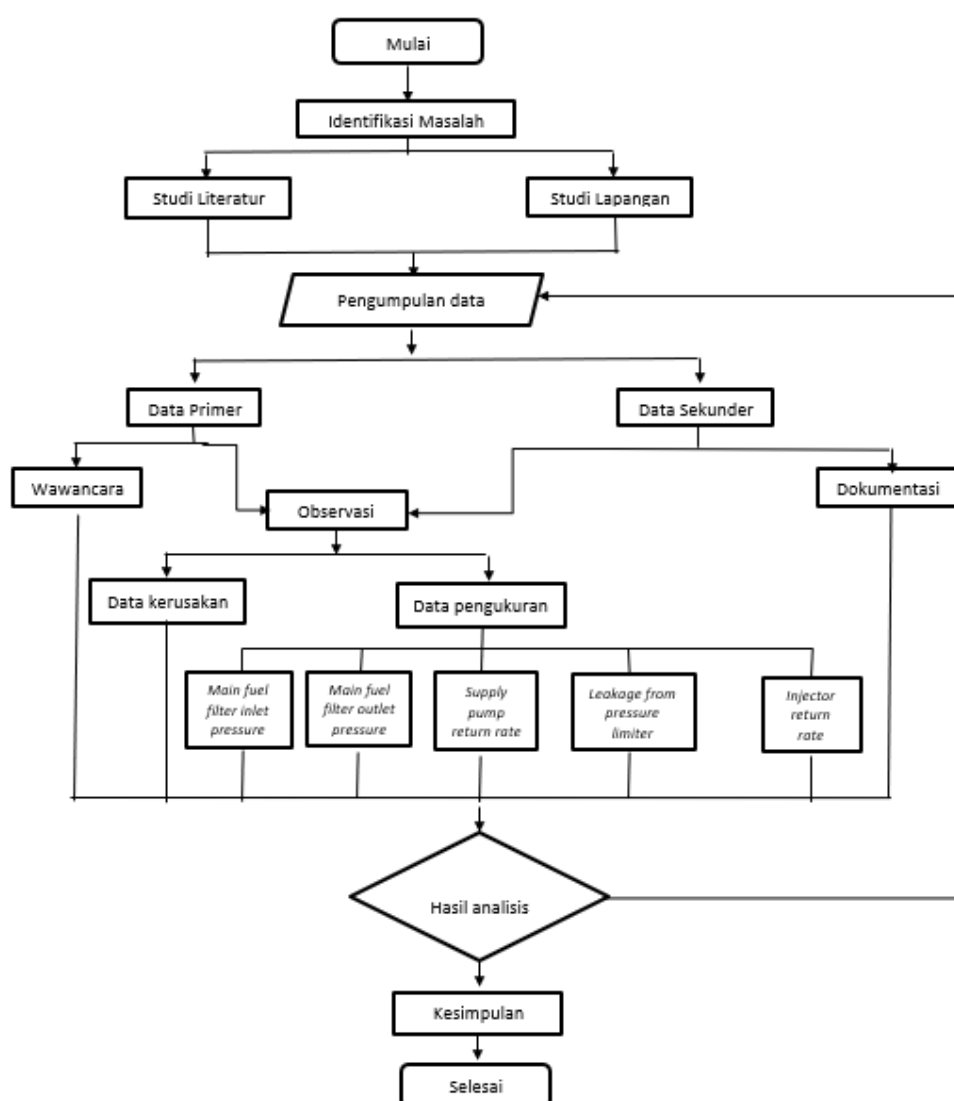
METODE PENELITIAN

Penelitian berlangsung di *area* pertambangan PT. Runggu Prima Jaya *site* Rantau, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan. Data dikumpulkan menggunakan metode observasi yang meliputi kondisi unit, permasalahan, dan lingkungan sekitar *area* operasi. Metode dokumentasi yang terdiri dari foto komponen yang mengalami kerusakan dan wawancara ke *customer* dan operator unit alat berat.

Tabel 1. Pengelompokan data

Kelompok data	Data	Jenis data	Sumber
Kualitatif	Hasil observasi keadaan <i>engine</i>	Primer	Observasi lapangan
	Data-data kerusakan		Wawancara
Kuantitatif	Data tambahan/keterangan mengenai <i>trouble</i>	Sekunder	Dokumen perusahaan
	Data populasi unit		Observasi lapangan

Salah satu proses pengolahan data dilakukan dengan membandingkan data-data hasil pengukuran dengan *standard* yang ada pada *shop manual*. Ketika didapatkan data yang tidak sesuai dengan *standard*, kemungkinan besar hal itu merupakan faktor penyebab masalah yang terjadi. Data-data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan diagram *fishbone*. Tujuannya untuk menemukan faktor-faktor penyebab permasalahan dalam penelitian ini. Prosedur kerja penelitian seperti gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan dalam *trouble* sistem bahan bakar *engine* adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Data unit

1.	<i>Customer</i>	PT. Runggu Prima Jaya
2.	<i>Unit type</i>	PC300-8
3.	<i>Unit code</i>	RPJ14
4.	<i>Serial no. unit</i>	61881
5.	<i>Hours meter</i>	17760 hours
6.	<i>Engine</i>	SAA6D114E-3
7.	<i>Trouble</i>	<i>Trouble Fuel System</i>
8.	<i>Date</i>	09-Sep
9.	<i>Location</i>	Rantau Bakula
10.	<i>Working area</i>	<i>Mining</i>

Ketika pengumpulan data *hours meter* pada *monitor panel*, ditemukan *error code* CA2249.



Gambar 4. Error Code CA2249

Setelah diperoleh data *error code* tersebut, kemudian dicari arti dan keterangan dari *error code* CA2249 tersebut pada *shop manual* unit *excavator* Komatsu PC300-8. Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Pemeriksaan:

- Saluran bahan bakar apakah terdapat kebocoran.
- *Plunger* pada *supply pump*
- Apakah terdapat kandungan udara pada saluran sistem bahan bakar

Pengukuran:

- *Main fuel filter inlet pressure*
- *Main fuel filter outlet pressure*
- *Supply pump return rate*
- *Leakage pressure limiter*
- *Injector return rate*

JURNAL ALAT BERAT (JAB)

Volume 01 No. 01, bulan Januari, tahun 2024

Website: <https://jab.poltekba.ac.id/index.php/Heavy-Equipment>

Dalam pengumpulan data bagian ini, data-data yang telah terkumpul akan dibahas satu per satu. Pada *shop manual* dengan *error code* CA559 dijelaskan bahwa ada sekitar sepuluh kegiatan pemeriksaan atau pengukuran. Tetapi pada saat dalam kondisi di lapangan, hanya lima kegiatan yang dilakukan. Lima kegiatan yang tidak dilakukan karena beberapa faktor, seperti keterbatasan *tools* untuk melakukan kegiatan pengukuran dan perbedaan komponen yang ada di lapangan dengan yang dimaksud oleh *shop manual* [5,6].

4.2 Pengumpulan Data Pengukuran

Data hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

- Pengukuran *Main Fuel Filter Inlet Pressure*

Tabel 3. Hasil pengukuran *main fuel filter inlet pressure*

<i>Time for measure</i>	<i>Standard</i>	<i>Actual</i>
<i>At cranking</i>	<i>Min. 1.4 kg/cm²</i>	<i>0 kg/cm²</i>

Diperoleh hasil yang tidak *standard* pada pengukuran di atas. Dari kondisi tersebut, terjadi hal yang tidak normal pada *low pressure circuit*. Oleh karena itu, dilakukan pemeriksaan pada komponen-komponen dari tangki bahan bakar hingga *main fuel filter*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mencari tahu apakah ada komponen yang mengalami *abnormal condition* yang mengakibatkan hasil pengukuran tidak *standard* pada *main fuel filter inlet pressure*. Ditemukan komponen *air bleed plug* pada *bracket pre fuel filter* mengalami kerusakan.



Gambar 5. Kerusakan *air bleed plug*

Kebocoran terjadi melewati komponen tersebut, tepatnya adalah kebocoran udara dari luar yang dapat masuk ke dalam sistem. Ketika *lift pump* melakukan *bleeding* atau pengeluaran udara dari dalam sistem pada saat *starting switch* posisi *on*, tetapi jika ada kebocoran pada *air bleed plug* tersebut, maka sistem selalu kemasukan udara yang dapat mengakibatkan *engine* sulit untuk *running*. Hal ini karena pasokan bahan bakar tidak mengalir semua ke dalam sistem. Dari keadaan ini dilakukan penggantian komponen *air bleed plug*. Setelah diganti komponen tersebut, *engine* dicoba untuk *running*, dan hasilnya adalah *engine* dapat *running* walau dengan persentasi yang sulit. Kemudian dilakukan pengukuran yang waktu pelaksanaannya adalah pada saat *engine running*.

- Pengukuran *Main Fuel Filter Outlet Pressure*

Tabel 4. Hasil pengukuran *main fuel filter outlet pressure*

<i>Time for measure</i>	<i>Standard</i>	<i>Actual</i>
<i>At high idle</i>	<i>Min. 4.9 kg/cm²</i>	<i>7.2 kg/cm²</i>

Pengukuran ini juga untuk mengetahui apakah *pressure* dalam *low pressure circuit* di *main fuel filter outlet* normal atau tidak. Pengukuran untuk mengetahui berapa besar *pressure* pada bahan bakar yang akan keluar dari *fuel filter outlet* menuju *supply pump*. *Pressure* pada *main fuel filter outlet* adalah normal.

- Pengukuran *Supply Pump Return Rate*

Tabel 5. Hasil pengukuran *supply pump return rate*

<i>Time for measure</i>	<i>Standard</i>	<i>Actual</i>
<i>At low idle</i>	<i>Max. 300 cc/45sec</i>	<i>180 cc/45 sec</i>

Bahan bakar yang ada pada *supply pump*, tidak semuanya akan dialirkan menuju ke *common rail*, tetapi ada sebagian lagi yang *return* ke *drain* menuju tangki bahan bakar. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak bahan bakar yang akan *return*. Dari data pengukuran di atas, dapat dilihat bahwa *return rate* pada *supply pump* saat *low idle* adalah normal karena tidak melebihi *standard*.

- Pengukuran *Leakage from Pressure Limiter*

Tabel 6. Hasil pengukuran *leakage from pressure limiter*

<i>Time for measure</i>	<i>Standard</i>	<i>Actual</i>
<i>At low idle</i>	<i>Below 30 drops/min</i>	<i>15 drops/min</i>

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kondisi pada *pressure limiter*. Jika pengukuran tidak *standard* maka *pressure limiter* bermasalah. Dari data di atas dapat dilihat bahwa *pressure limiter* adalah normal.

- Pengukuran *Injector Return Rate*

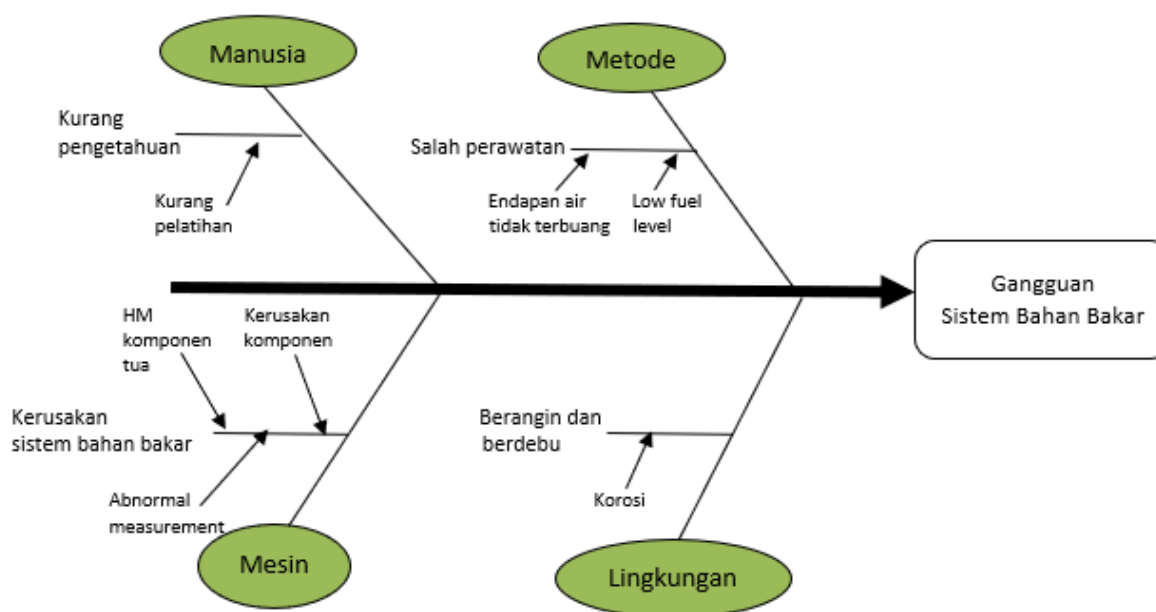
Tabel 7. Hasil pengukuran *injector return rate*

<i>Time for measure</i>	<i>Standard</i>	<i>Actual</i>
<i>At cranking</i>	<i>Max. 100 cc/30 sec</i>	<i>300 cc/30 sec</i>

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak bahan bakar yang akan *return* dari enam *injector*. Pada pengumpulan data pemeriksaan komponen, tidak ditemukan komponen yang mengalami kerusakan atau kebocoran. Namun, dari data pengukuran dapat dilihat bahwa *injector return rate* tidak normal.

4.3 Pembahasan

Kelengkapan data-data penelitian dan pemahaman struktur serta fungsi dari mekanisme sistem bahan bakar pada *engine* sangat diperlukan dalam sebuah analisis permasalahan yang terjadi. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan dianalisis menggunakan diagram *fishbone*.



Gambar 6. Diagram *fishbone* gangguan sistem bahan bakar *engine*

Diketahui terdapat empat penyebab dari gangguan sistem bahan bakar *engine*, yaitu:

1. Metode

Pengoperasian unit dilakukan pada saat unit memiliki jumlah bahan bakar yang sedikit. Diketahui jika tangki memiliki jumlah bahan bakar yang sedikit, hal ini akan menyebabkan tangki dapat terisi oleh udara. Sifat bahan bakar yang dapat menguap juga dapat menyebabkan timbulnya uap. Uap tersebut akan bercampur dengan udara yang memiliki kandungan air.

2. Lingkungan

Unit bekerja pada area berangin dan berdebu. Ketika diperoleh data bahwa *air bleed plug* pada *bracket pre fuel filter* mengalami kerusakan, hal ini menyebabkan udara masuk ke sistem melalui *plug* tersebut. Massa jenis udara yang lebih ringan dari bahan bakar, maka udara dengan mudah masuk ke saluran bahan bakar. Kondisi sekitar area kerja yang berdebu, maka debu atau kotoran tersebut akan terikut oleh udara yang masuk ke saluran sistem bahan bakar kemudian bisa mengakibatkan kontaminasi atau korosi, sehingga komponen sistem bahan bakar mengalami gangguan.

3. Manusia

Kurangnya pelatihan dalam proses *maintenance* alat berat merupakan salah satu faktor terjadi masalah ini. Dimana diperoleh keterangan bahwa unit sering digunakan dalam keadaan *low fuel level* dan diperoleh data *air bleed plug* pada *bracket pre fuel filter* rusak yang tidak segera diganti.

4. Mesin

Pada pengumpulan data diketahui permasalahan bersumber pada *error code CA2249* yang berarti *common rail pressure low error* dan mengakibatkan *engine can't running*. Setelah dilakukan pengumpulan data pengukuran, diperoleh dua data yang hasilnya tidak sesuai dengan *standard* pada *shop manual*. Pengukuran tersebut adalah *pressure* di *main fuel filter inlet* dan pengukuran *injector return rate*.

Analisis kerusakan yang terjadi pada sistem bahan bakar seperti keterangan *abnormal measurement*, HM komponen tua, dan kerusakan komponen akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

4.4 Analisis Permasalahan

Analisis difokuskan pada kategori penyebab kerusakan pada mesin, yaitu keadaan sistem bahan bakar yang mengalami sebuah permasalahan. Diperoleh dua pengukuran yang tidak normal, yaitu :

JURNAL ALAT BERAT (JAB)

Volume 01 No. 01, bulan Januari, tahun 2024

Website: <https://jab.poltekba.ac.id/index.php/Heavy-Equipment>

a. Pengukuran *Pressure Main Fuel Filter Inlet*

Pengukuran dilakukan pada saat *engine cranking*. Didapatkan hasil pengukuran 0 kg/cm^2 , *standard* pada *shop manual* adalah $1,4 \text{ kg/cm}^2$. Hasil yang tidak sesuai *standard* tersebut disebabkan karena *common rail pressure low*.

Pada bagian *fuel pump* terdapat dua komponen, yakni *overflow* dan *actuator* yang berfungsi sebagai pembatas tekanan di *fuel supply* pada *low pressure circuit*. Komponen tersebut bekerja berdasarkan *common rail pressure sensor*.

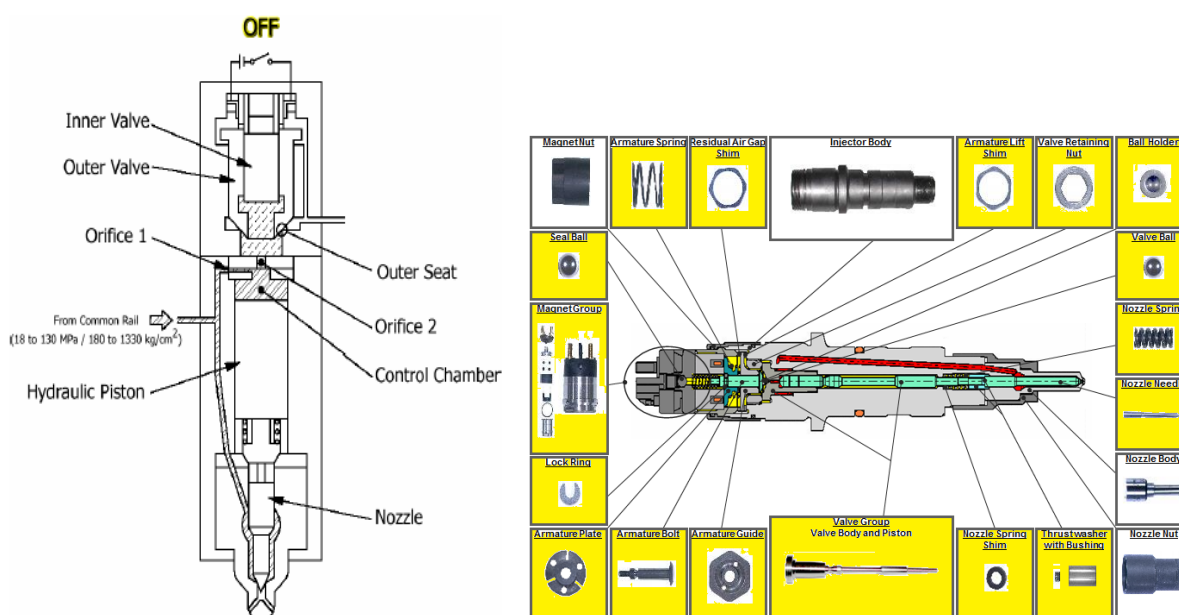
Jika *pressure* pada *common rail* rendah, maka *sensor* akan mengirim *signal* kepada *controller* dan kemudian *controller* akan memberikan *output* menuju *actuator*. *Actuator* ini bekerja juga sebagai *overflow*. Ketika *output signal low pressure* yang ada pada *common rail* dikirim dari *controller* telah diterima oleh *actuator*, hal ini akan membuat bahan bakar *return* menuju tangki penampungan, sehingga tidak ada bahan bakar yang mengalir ke *main fuel filter inlet*.

b. Pengukuran *Injector Return Rate*

Pada pengukuran *return rate injector* yang telah selesai dilakukan, diperoleh hasil yang tidak sesuai dengan *standard* pada *shop manual*. Masalah yang terjadi pada *injector* adalah sebagai berikut:

- Keausan *Injector Inner Parts*

Error code CA559 yang diperoleh di *monitor panel* adalah keterangan mengenai *common rail pressure low error*. Hal ini disebabkan oleh kerusakan *injector* yang diketahui dengan hasil pengukuran *return rate injector* yang tidak sesuai dengan *standard*.



Gambar 7. Bagian-bagian *injector*

Seperti gambar 7, *outer seat* pada *injector* adalah celah untuk *return* bahan bakar ke tangki, celah tersebut dibuat oleh naik turunnya *outer valve* karena gaya *electromagnetic*. Ketika daya pelumasan bahan bakar menjadi kurang karena tercampur air dan kotoran, serta usia komponen yang sudah lama, hal tersebut telah mengakibatkan *outer valve* mengalami keausan. Hal ini menyebabkan bahan bakar selalu mempunyai celah untuk *return* setiap saat. Bahan bakar memilih untuk mengalir menuju area yang lebih luas daripada yang sempit. Area yang lebih luas tersebut adalah celah *return* bahan bakar menuju tangki. Keausan *adhesive* dan keausan *corrosive* telah terjadi pada area sekitar *outer valve* dan *outer seat*. Komponen tersebut mengalami keausan akibat dari cara kerja komponen tersebut [7]. Pergesekan selalu terjadi ketika *injector* bekerja.

Dengan masa kerja yang sudah sekian lama, keausan yang terjadi ini merupakan sebuah keausan yang

normal. Keausan *adhesive* dan *corrosive* ini adalah karena terjadi kontak antara *outer valve* dan *outer seat* yang mengakibatkan salah satu bagian menjadi deformasi, sehingga selalu terbentuk celah pada *outer seat*. Keadaan tersebut membuat tidak adanya *pressure* yang bekerja di *control chamber* untuk menekan *hydraulic piston* ke arah bawah.

- Penurunan Daya Pegas pada *Injector Spring*

Diketahui unit telah mencapai 17760 hm. Pada *operation and maintenance manual* (OMM) Komatsu PC300-8, setiap hm 8000 *maintenance* harus dilakukan penggantian komponen *high pressure piping clamp*. Dari keterangan tersebut, *life time injector* berkisar pada hm 8000. Unit *hydraulic excavator* tersebut pernah melakukan penggantian *injector* pada hm 9000. Jadi, indikasinya adalah jika dari hm 9000 hingga sekarang belum melakukan penggantian, kerusakan *injector* disebabkan karena usia pakai yang sudah dalam masa penggantian *injector*.

Injector ini memiliki dua *spring* yaitu *armature spring* dan *nozzle spring*. Ketika *solenoid* dialiri oleh arus listrik yang bersumber dari ECM, hal ini mengakibatkan terjadinya gaya *electromagnetic* dan membuat *inner* dan *outer valve* tertarik ke atas. Jika tidak ada arus listrik yang mengalir, maka *inner* dan *outer valve* akan tertekan ke bawah karena gaya oleh *armature spring*.

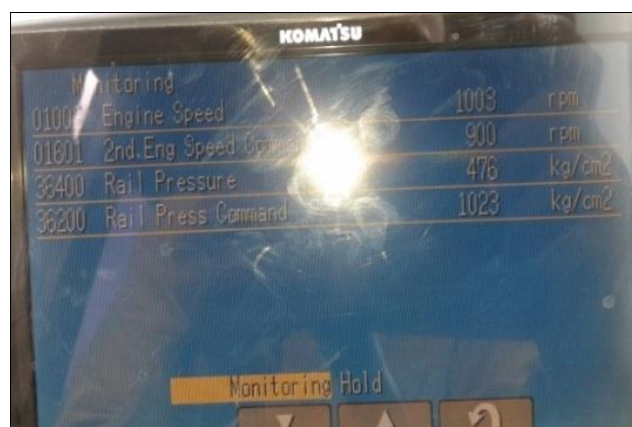
Pada kondisi lain, bahan bakar dari *common rail* masuk dan bekerja di *control chamber*, hal ini mengakibatkan *hydraulic piston* dan *nozzle* tertekan ke bawah karena *fuel pressure*. Jika arus listrik mengalir ke *solenoid*, hal ini akan mengakibatkan *outer seat* terbuka dan bahan bakar akan *return*. Kondisi ini membuat *hydraulic piston* dan *nozzle* menjadi terangkat ke atas dan bahan bakar akan diinjeksikan. *Nozzle spring* berfungsi mengembalikan *nozzle* ke kedudukan semula ketika tidak ada proses penginjeksian bahan bakar [8,9].

Kedua *spring* tersebut yang bekerja secara terus menerus dengan kecepatan tinggi, akan mengalami pengurangan daya pegas. Dari keterangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa salah satu kerusakan *injector* adalah pada *spring* yang mengalami pengurangan daya pegas.

Jika *spring* mengalami hal tersebut, *spring* tidak bisa memberikan daya dorong ke bawah terhadap *outer* dan *inner valve* selanjutnya *spring* tidak bisa mengembalikan *hydraulic piston* dan *nozzle* ke arah bawah dengan sempurna. Hal ini mengakibatkan bahan bakar akan *return* menuju *drain* karena celah *outer seat* selalu terbuka. Dengan kondisi ini jumlah bahan bakar yang akan *return* akan lebih banyak dari *standard* yang telah ditentukan dan membuat *injector* mengalami gagal fungsi.

Dari dua keterangan di atas, jika bahan bakar disalurkan oleh *common rail* menuju ke *control chamber* dengan *pressure* yang tinggi, tetapi langsung ke *return*. Kondisi ini muncul karena celah *outer seat* yang selalu ada, maka terjadi *pressure common rail low*.

Pressure common rail low menyebabkan *pressure injection low*. Ketika *pressure* pada *common rail* rendah, maka bahan bakar yang akan disalurkan menuju *injector* juga bertekanan rendah. Diketahui *pressure standard* yang ada di *common rail* seharusnya adalah 1023 kg/cm², tetapi pada kondisi *actual* diperoleh data adalah hanya sebesar 476 kg/cm² seperti pada gambar 9.



Gambar 9. *Common rail pressure* tidak *standard*

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan penyebab *trouble* sistem bahan bakar pada unit PC300-8 bersumber dari seringnya unit beroperasi pada *low level fuel tank*, sehingga banyak udara yang masuk kemudian mengembun dan bercampur dengan bahan bakar. Air yang bercampur dengan bahan bakar mengalir di dalam sistem. Kejadian ini menyebabkan kebocoran pada *air bleed plug* sehingga udara bersama debu dan kotoran masuk ke dalam sistem. Air dan kotoran yang tercampur dengan bahan bakar juga mengakibatkan keausan pada *injector Inner parts (outer valve, outer seat dan injector spring)* sehingga mengganggu kinerja *engine*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Komatsu, "Komatsu Fuel System," Japan.
- [2] A. Richsan, "CRI Fuel System," Sangatta: *Training Centre Department*, 2010.
- [3] R. Li, W. Yuan, J. Xu, L. Wang, F. Chi, Y. Wang, S. Liu, J. Lin, Q. Zhang and L. Chen, "Study of the Optimization of Rail Pressure Characteristics in the High-Pressure Common Rail Injection System for Diesel Engines Based on the Response Surface Methodology," *Processes*, vol. 11, no. 2626, 2023.
- [4] B.G. Dale, "Managing Quality, Fourth Edition," Malden: *Blackwell Publishing Ltd*, 2003.
- [5] Komatsu, "Shop Manual Komatsu Engine 114-3 Series SAA6D114E-3," *Komatsu America Corp.*, 2006.
- [6] Yayasan Karya Bakti, "Modul Basic Troubleshooting," Jakarta: *PT. United Tractors*.
- [7] I. Hutchings and P. Shipway, "Tribology Friction and Wear of Engineering Materials, Second Edition," Oxford: *Butterworth-Heinemann, Elsevier Ltd*, 2017.
- [8] Yayasan Karya Bakti, "Diesel Engine I," Jakarta: *PT. United Tractors*.
- [9] Yayasan Karya Bakti, "Diesel Engine II," Jakarta: *PT. United Tractors*.