

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/362224865>

# Prestasi Kerja Mesin Diesel 4 Langkah Cat 3616 Tipe V akibat Perubahan Fuel Rack pada Injector

Conference Paper · September 2016

CITATIONS

0

READS

3

3 authors, including:



Zuryati Djafar

Universitas Hasanuddin

47 PUBLICATIONS 130 CITATIONS

SEE PROFILE



Wahyu H. Piarah

Universitas Hasanuddin

49 PUBLICATIONS 222 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Biomass material of capasitor [View project](#)



Light energi [View project](#)

## PRESTASI KERJA MESIN DIESEL 4 LANGKAH CAT 3616 TIPE V AKIBAT PERUBAHAN *FUEL RACK* PADA INJEKTOR

Zuryati Djafar<sup>1\*</sup>, Wahyu H Piarah<sup>1</sup>, Yunus Jefri Manggombo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan km. 10 Tamalanrea - Makassar, 90245

<sup>2</sup>Power Plant C Mile 74. PT. Puncak Jaya Power, Timika

\*E\_mail: [zuryatidjafar@unhas.ac.id](mailto:zuryatidjafar@unhas.ac.id)

### Abstract

*The aim of this study was to determine the performance of Diesel engines due to changes in the injector fuel rack, in this case is the effective power ( $P_e$ ), Fuel Consumption (FC), Specific Fuel Consumption (SFC), and Thermal Efficiency ( $\eta_{th}$ ). The study was conducted by adjusting the fuel rack on Diesel engine injector. The results showed that the variation of the fuel rack on the motor fuel through direct injection diesel injection in which the value of ( $N_e$ ) of several varieties of injection to load 2.5 MW, the effective power generated was 293.35 kW and greatest effective power is 469.32 kW to 4 MW load, obtained at the lowest FC load 2.5 MW with various 118.00 mm is 4.37 kg / h while fuel consumption is most commonly found in load of 3 MW at various distances 117.80mm is 7.06 kg / h, SFC lowest at 4 MW load at a distance of 118.00 mm is 0.0104 kg / kWh while the highest load SFC 3 MW with fuel rack 117.80 variation is 0.0170 kg / kW.h, the lowest efficiency thermal ( $\eta_{th}$ ) on the load 2.5 MW at 118.00 variation is 13.60% and the highest is at 4 MW load variation of 118.00 was 22.35%.*

**Keywords:** performance, Diesel engine, fuel racks, injector

### PENDAHULUAN

PT. Puncakjaya Power adalah perusahaan *Operation & Maintenance (O & M)* di lokasi proyek PT. Freeport Indonesia di Tembagapura yang menghasilkan dan mendistribusikan tenaga listrik ke Sembilang pabrik. PT.Puncakjaya Power menyediakan 340 MW listrik bagi kebutuhan pertambangan, pabrik pengolahan, perkantoran dan pemukiman karyawan, juga sebagian disuplay ke komunitas dan kota/desa di sekitar wilayah kerja PT.Freeport Indonesia, dimana PT.Puncakjaya Power mengoperasikan lebih dari 63 Diesel Generator (Caterpillar yang terdiri dari 50 unit mesin genset, Wartsilla sebanyak 3 unit mesin genset, dan EMD sebanyak 10 unit mesin genset) dengan kapasitas 145 MW, dan 3 x 65 MW Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan bahan bakar utama Batubara

Untuk mendukung operasi itu, kekuatan PT. Puncakjaya menjalankan 3 unit pembangkit batubara di portsite dan beberapa unit generasi diesel yang terletak di beberapa lokasi yang berbeda. Dua baris 230 kV Transmission menghubungkan stasiun generasi Batubara untuk pengguna beban di *Highland*. 60 Hz System adalah sistem yang paling dominan yang menghasilkan oleh PT.PuncakJaya Power untuk mendukung tambang dan pabrik pengolahan. Sistem 50 Sistem Hz lain adalah untuk memasok daerah dataran rendah seperti kota Kuala Kencana, Mile Pos 38/39, *Light Industrial Park (LIP)* dan Timika Airport dan *Base Camp* daerah termasuk Sheraton Hotel.

Tuntutan listrik untuk mendukung situs PT. *Freeport* Indonesia secara bertahap meningkat setiap tahun sebagai dimana PT.Freeport Indonesia ekspansi proyek. Permintaan seketika tertinggi memiliki catatan pernah berada di 248 MW.

Di dalam melakukan perawatan terhadap mesin diesel maka perlu adanya kontrol terhadap mesin diesel itu sendiri, maka perlu dilakukan monitoring secara berkala. Hal ini tentunya untuk menilai kinerja dari pada mesin diesel tersebut saat beroperasi.

Dalam penelitian ini, dipilih Mesin Diesel Genset nomor 07 dan nomor 22 Caterpillar 3616 yang terdapat pada daerah *power plant C dan power Plant B* sebagai bahan penelitian, dimana mesin caterpillar adalah nama dari produk mesin sedangkan 3616 dimana 3600 adalah nomor seri mesin tersebut dan 16 adalah jumlah silinder yang terdapat dalam mesin tersebut serta mesin tersebut bertipe-V.

Parameter pengujian serta penganalisa sistem pembakaran di ruang bakar mesin genset caterpillar 3616 diesel 4 langkah, yang digunakan pada penulisan ini diantaranya adalah metode sistem pembakaran, daya efektif ( $P_e$ ), pemakaian bahan bakar (FC), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan efisiensi termal ( $\eta_{th}$ ). Parameter-parameter tersebut digunakan secara teoritik untuk mendapatkan prestasi kerja dari unit Mesin Diesel dengan keadaan operasionnya.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah a) untuk mengetahui pengaruh fuel rack pada injector terhadap daya efektif ( $P_e$ ), pemakaian bahan bakar (FC), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan efisiensi termal ( $\eta_{th}$ ); b) untuk Mendapatkan hasil data prestasi kerja system pembakaran dalam variasi *fuel rack injector*.

• **Pengertian Motor Diesel**

Motor Diesel adalah mesin kalor gas yang diperoleh dari proses pembakaran didalam mesin itu sendiri dan langsung digunakan untuk melakukan kerja mekanis, yaitu menjalankan mesin tersebut. dimana bahan bakar dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain (seperti busi).

Tujuan diciptakan motor diesel, antara lain :

- a) Meningkatkan efisien bahan bakar.
- b) Mengantikan bahan bakar bensin dengan solar dimana harga solar lebih murah dari harga bensin.
- c) Mengantikan sistem pembakaran dalam ruang bakar dimana motor bensin menggunakan busi sebagai alat pengapian dalam ruang bakar sedangkan motor diesel menggunakan nozzle sebagai alat pembakaran dalam ruang bakar.

**1. Prinsip Kerja Motor Diesel**

Prinsip kerja motor diesel adalah torak yang bergerak translasi (bolak-balik) didalam silinder yang dihubungkan dengan pena engkol dari poros engkol yang berputar pada bantalannya diiringi dengan perantaraan batang penggerak atau batang penghubung [2].

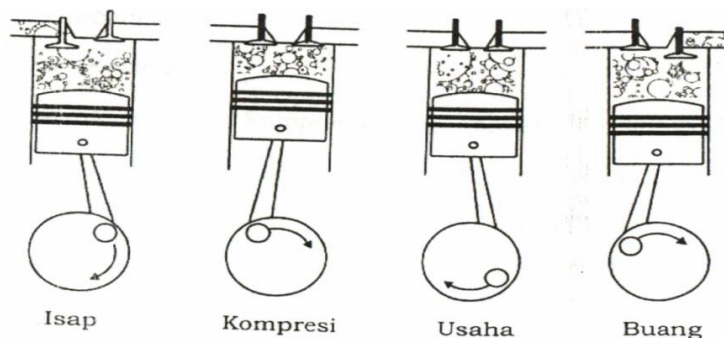
Campuran bahan bakar dan udara dibakar didalam ruang bakar, yaitu ruangan yang dibatasi oleh dinding silinder. Gas pembakaran tersebut mampu menggerakkan torak yang selanjutnya memutar poros engkol. Pada kepala silinder terdapat katup isap dan katup buang. Katup isap berfungsi untuk memasukkan udara segar kedalam silinder, sedangkan katup buang berfungsi untuk mengeluarkan gas pembakaran yang sudah tidak terpakai dari dalam silinder ke atmosfer.

Pemakaian bahan bakar dari motor diesel kira-kira 25% lebih rendah daripada motor bensin, selain itu harga bahan bakar motor diesel pun lebih murah. Hal tersebut menyebabkan motor diesel lebih hemat dari bensin. Namun karena perbandingan kompresinya yang tinggi maka tekanan kerja motor diesel menjadi lebih tinggi, oleh sebab itu motor diesel harus dibuat lebih kuat dan kokoh, sehingga lebih akurat [2].

**2. Motor Diesel 4 Langkah**

**Cara Kerja Motor Diesel 4 Langkah**

Cara kerja motor diesel 4 langkah sama dengan cara kerja motor bensin 4 langkah yaitu dengan dua putaran atau 720° berturut-turut. Dalam silinder terdapat langkah isap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah keluar (buang).



Gambar 1 Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

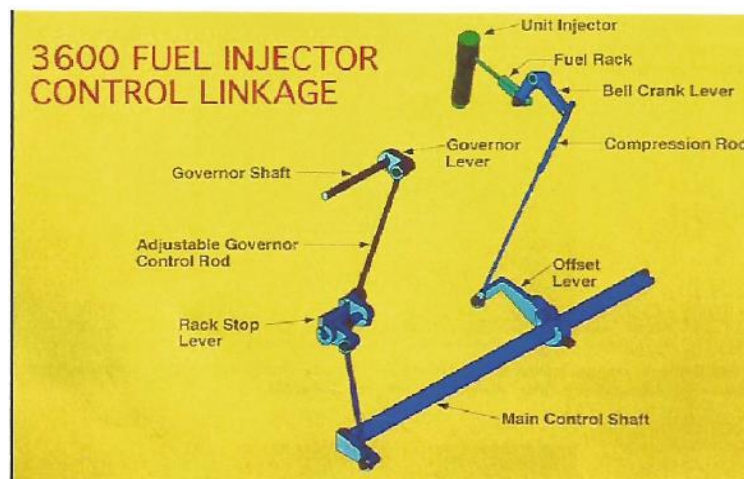
Secara skematis prinsip kerja motor diesel empat langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a) Langkah Hisap. Pada langkah ini katup masuk membuka dan katup buang tertutup. Udara mengalir ke dalam silinder.
- b) Langkah kompresi. Pada langkah ini kedua katup menutup, piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) menekan udara yang ada dalam silinder. Sesaat sebelum mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan.
- c) Langkah kerja, Poros engkol terus berputar, beberapa derajat sebelum torak mencapai TMA, *injector* (penyemprot bahan bakar) menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar (di atas torak / piston). Bahan bakar yang diinjeksikan dengan tekanan tinggi (150-300 atm) akan membentuk partikel-partikel kecil (kabut) yang akan menguap dan terbakar dengan cepat karena adanya temperatur ruang bakar yang tinggi (500 – 800 °C). Pembakaran maksimal tidak terjadi langsung saat bahan bakar diinjeksikan, tetapi mengalami keterlambatan pembakaran (*ignition delay*). Dengan demikian meskipun saat injeksi terjadi sebelum TMA tetapi tekanan maksimum pembakaran tetap terjadi setelah TMA akibat adanya keterlambatan pembakaran (*ignition delay*). Proses pembakaran ini akan menghasilkan tekanan balik kepada *piston* (torak) sehingga piston akan terdorong ke bawah beberapa saat setelah mencapai TMA sehingga bergerak dari TMA ke TMB. Gaya akibat tekanan pembakaran yang mendorong piston ke bawah diteruskan oleh batang *piston* (torak) untuk memutar poros engkol. Poros engkol inilah yang berfungsi sebagai pengubah gerak naik turun torak menjadi gerak putar yang menghasilkan tenaga putar pada motor diesel.
- d) Langkah buang. Ketika piston hampir mencapai TMB, katup buang terbuka, katup masuk tetap tertutup. Ketika piston bergerak menuju TMA gas sisa pembakaran terbuang keluar ruang bakar. Akhir langkah ini adalah ketika piston mencapai TMA. Siklus kemudian berulang lagi.

• **Cara Memeriksa dan Menyetel Fuel Rack pada Injector**

Pengaruh perubahan penyetel pada fuel rack dapat mempengaruhi jumlah bahan bakar yang digunakan pada saat mesin genset tersebut sedang di jalankan (*On Line*) dan juga perubahan terhadap *fuel rack* tersebut juga dapat mempengaruhi sistem pebebanan dari mesin genset tersebut khusus nya pada temperatur.

Adapun langkah-langkah maupun persiapan yang harus dilakukan sebelum melaksanakan perkerja tersebut antara lain [4].



Gambar 2 Fuel Injector 3600 Control Linkage

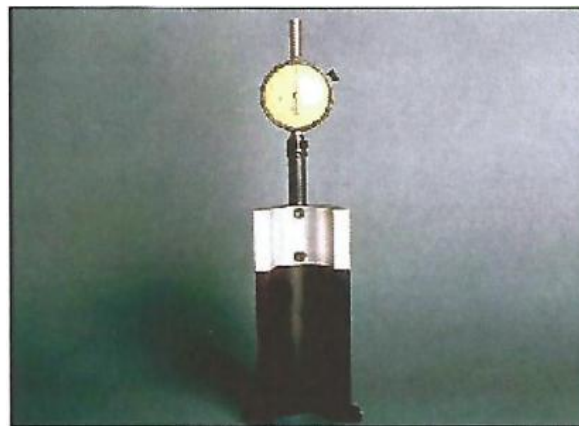
*Timing* dan *Fuel Setting Group* (4C6594 ) dibutuhkan untuk melakukan penyetelan *fuel system* pada mesin seri 3600 (Gambar 2). Alat ini terdiri dari *reference gauge block* (1), *magnetic holder* (2) dan *dial indicator* (3) untuk penyetelan *timing* dari *injector*. *Dial indicator* juga digunakan untuk mengatur *adjustment* dari *linkage* dan juga untuk melakukan penyetelan katub

Terdapat juga *thickness gauge* (4) untuk melakukan *synchronizing* pada *injector rack*. *Valve lash setting tool* (5) juga disetakan di dalam alat gp. Pada alat penyetelan katub digunakan bersamaan dengan *dial indicator* untuk mengecek katub lash dengan cepat dan mudah dan memungkinkan melakukan penyetelan dengan akurat.



**Gambar 3 Unit Injector Timing and Fuel Setting Group**

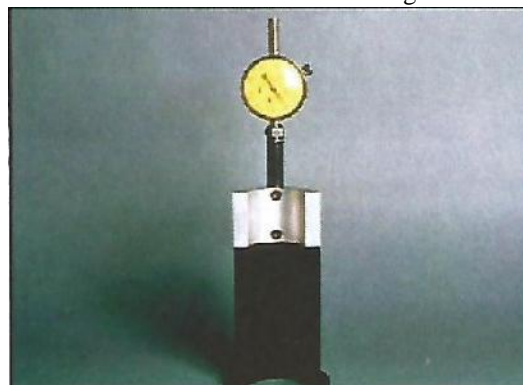
Untuk mengecek atau menyetel timing dari unit injector, ikuti prosedur yang ada di service manual dan spesifikasi untuk *timing dan valve clearance*. Sebagian dari injector rankshaft berada dalam posisi top kompresi pada silinder nomor 1, dan sebagian yang lainnya dilakukan pada posisi crankshaft diputar 360 derajat pada top exhaust silinder nomor 1.



**Gambar 4 Timing Gauge on Gauge Block**

Berikut prosedur untuk melakukan penyetelan injector timing dengan benar:

1. Cari *Fuel Timing dimension* pada data plat mesin.
2. Tentukan settingan dari Dial Indicator berdasarkan Service Manual mesin seri 3600 sesuai dengan Fuel Timing dimension yang didapatkan pada step 1. Sebagai contoh: pada engine date plate dicantumkan fuel timing dimension sebesar 118.60 mm. pada semua *Dial Indicator Setting Charts* yang terdapat pada Manual Book bagian Systems Operation Testing and Adjusting dari engine seri 3600 akan menunjukkan penyetelan Dial Indicator sebesar +.40 mm untuk fuel timing dimension 118.60 mm.



**Gambar 5 Timing Gauge Set at + 40 mm**

3. Atur magnetic base dari timing fixture pada reference gauge block. Masukkan dial indicator ke dalam fixture sampai semua pointer menunjukkan zero.

Jangan mengganti indicator dengan model lain yang ada diluar 6V3075 indicator Tool Op yang telah disertakan pada tool tersebut.

4. Gunakan dial indicator yang telah diset pada step 2 diatas, gerakkan pelan-peian indicator-nya hingga large pointer bergerak searah jarum jam sampai +.40 mm. Kencangkan collet-nya.

- **Parameter Prestasi Kinerja Mesin.**

Pada motor bakar torak daya yang berfungsi adalah daya poros, sebab poros yang mengerjakan beban. Daya poros sendiri dibangkitkan oleh daya indicator yang merupakan daya gas pembakaran yang mengerjakan torak. Sebagian dari daya indicator digunakan untuk mengatasi gesekan mekanik.misalnya gesekan antara torak dan dinding silinder, dan gesekan antara poros dengan bantalannya. Disamping itu daya indicator juga mengerjakan beberapa aksesoris lainnya seperti pompa pelumas, pompa pendingin, pompa bahan bakar dan generator. Daya yang dihasilkan di dalam silinder disebut dengan daya indicator, dan daya poros yang dibagi dengan daya indicator disebut dengan efisiensi mekanis. Sedangkan daya gesek atau kerugian mekanis adalah selisih antara daya indicator dengan daya poros. Pemakaian bahan bakar spesifik yaitu jumlah bahan bakar terpakai persatuan waktu dibagi oleh daya yang dihasilkan.

Untuk mengetahui prestasi atau kinerja mesin maka beberapa parameter harus di hitung berdasarkan persamaan berikut: [5-6]

1. Daya Efektif ( $P_e$ )

$$P_e = \frac{T.n}{60000} \quad (kW) \quad (1)$$

Dimana :

$T$  = Torsi (Nm)

$T = F \cdot \omega \quad (N/m)$

2. Komsumsi Bahan Bakar (  $FC$  ).

$$FC = \frac{v_{bb} \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{bb} \cdot 3600}{w} \quad (kg/hh) \quad (2)$$

Dimana :

$10^{-3}$  = faktor konversi dari cc ke Liter.

$v_{bb}$  = Volume Bahan Bakar.

$\rho_{bb}$  = massa jenis bahan bakar (kg/liter)

3. Komsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

$$SFC = \frac{FC}{P_e} \quad (kg/kW.h) \quad (3)$$

4. Efisiensi Thermis ( $\eta_{th}$ )

$$\eta_{th} = \frac{P_e}{Q_{tot}} \cdot 100\% \quad (\%) \quad (4)$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama delapan bulan dengan cakupan kegiatan antara lain studi pustaka, penyusunan proposal dan pengambilan data serta pengolahan data, pembuatan laporan akhir dan seminar hasil serta ujian tesis. Pengambilan data dilakukan di daerah kerja PT. Freeport Indonesia Distrik satuan kerja PT.PuncakJaya Power di daeran diesel *Power Plant C Mile 74*, Distrik Tembagapura Kabupaten Mimika.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Satu unit mesin genset diesel 3616 tipe V nomor 9 PPC.



Gambar 6 Mesin Diesel 3616 Tipe V

Gambaran Umum,

Engine Diesel Industri Cat 3616 ditawarkan dengan peringkat yang berkisar mulai 4160 – 4920 bkW (5579 – 6598 bhp ), dengan kecepatan putar 800 – 1000 rpm, peringkat ini non sertifikasi dan tersedia untuk kawasan global tanpa regulasi. Industry yang didukung oleh engine 3616 mencakup bangun, kehutanan, industry umum, penanganan material dan pertambangan.

#### Spesifikasi mesin diesel 3616

Peringkat Daya

- Daya Minimum : 4160 bkW.
- Daya Maksimun : 4920 bkW.
- Frekuensi putaran : 800 – 1000 rpm.

Standar Emisi

- Emisi : Non – sertifikasi.

Umum.

- Tipe Mesin : Mesin diesel 16 silinder.
- Model : V.
- Diameter silinder : 280 mm ( 11 in ).
- Panjang langkah : 300 mm ( 11.8 in ).
- Kapasitas silinder : 295.6 L ( 18.036 in<sup>3</sup>).
- Aspirasi : Turbocharger dan Aftercooler.

Dimensi mesin ( perkiraan, dimensi akhir bergantung pada opsi yang dipilih).

- Panjang mesin : 5482 mm ( 216 in ).
- Lebar mesin : 1704 mm ( 67 in ).
- Tinggi mesin : 3231 mm ( 127 in )
- Berat mesin : 29.950 kg ( 65.900 lb ).

A. Peralatan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Satu Unit alat



Gambar 7 Alat Pengukur Tekanan ( Premet XL )

- Tahapan Pengambilan Data

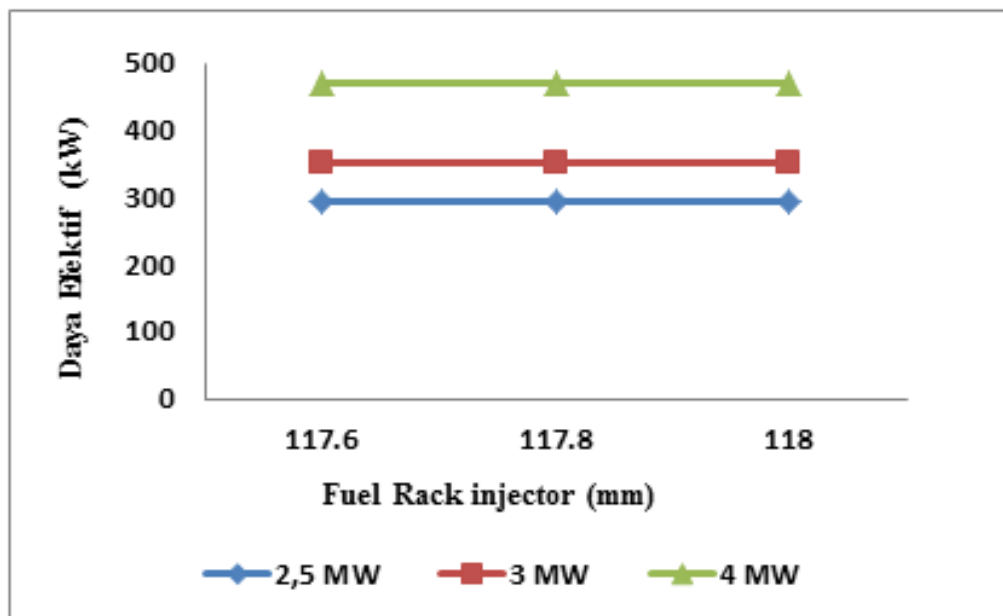
Adapun langkah – langkah dalam pengambilan data yang di lakukan secara eksperimental adalah :

- a) Melakukan Rapat koordinasi antara pekerja, sama operator penjaga mesin sebelum melakukan pekerjaan pengambilan data di mesin 07 PPC, serta menyiapkan alat pendukung dalam pekerjaan.
- b) Memeriksa semua alat pengetesan, alat keselamatan kerja dan juga rapat terbatas bersama – sama rekan kerja sebelum berkerja dan melaporkan kembali ke petugas operator mesin bahwa tim kerja sudah mau memasuki tempat dimana mau melakukan pengetesan mesin tersebut.
- c) Melakukan pekerjaan pada unit tersebut dengan mengukur kembali jarak laju aliran bahan bakar (*fuel rack injector*) pada alat ukur *fuel rack injector* sebelum melakukan pengukuran *fuel rack injector* pada mesin sesuai dengan ukuran yang di ambil dalam penelitian yaitu 118.00 mm , 117.80 mm dan 117.60 mm dengan mengvariasikan beban kerja
- d) Setelah melakukan pengukuran *fuel rack injector*, maka selanjutnya adalah mengambil data pada mesin tersebut dari silinder 1 sampai silinder ke 16 dengan menggunakan alat elektronik premet dengan jarak waktu pengambilan data pada beban kerja yang variasi adalah 45 menit.
- e) Apabila pada langkah pertama telah selesai maka akan diulangi lagi pada prosedur c) dan d) sampai selesai sesuai dengan ukuran *fuel rack injector* yang diberikan dan juga beban kerja yang divariasikan.
- f) Setelah data pengetesan sudah di pindahkan ke komputer dan memastikan apakah semua data penelitian sudah lengkap.
- g) Apabila data semua sudah lengkap maka langkah selanjutnya melakukan penyetelan kembalian pada *fuel rack injector* pada keadaan awal dan melaporkan ke petugas penjaga mesin bahwa pengambilan data pada mesin tersebut telah selesai.
- h) Data-data hasil pengukuran dihitung dan dianalisa dalam bentuk tabel dan grafik.

Pengambilan data dilakukan pada putaran mesin constant 900 rpm. Laju aliran bahan bakar di variasikan dengan mengatur posisi *fuel rack injector* 118.00 mm, 117.80 dan 117.60 mm. untuk beban kerja yang di tentukan masing– masing:

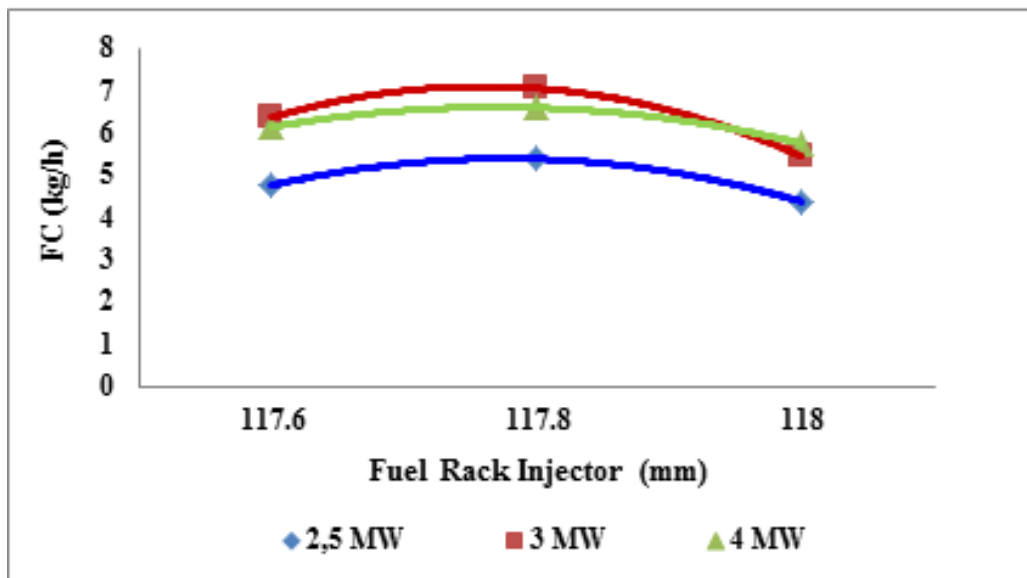
- Pada Beban Kerja 2.5 MegaWatt.
- Pada Beban Kerja 3 MegaWatt.
- Pada Beban Kerja 4 MegaWatt.

## HASIL DAN PEMBAHASAN



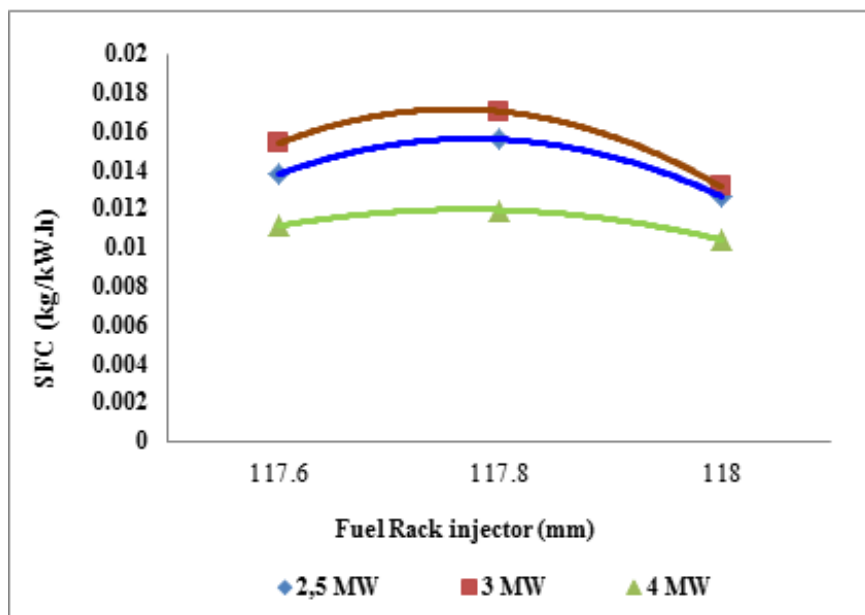
Gambar 1 Daya Efektif ( $P_e$ ) terhadap variasi Fuel Rack Injector pada beberapa beban kerja yang diberikan

Gambar 1 memperlihatkan daya efektif dari beberapa variasi *fuel rack injector* pada beban kerja 2.5 MW, 3 MW dan 4 MW. Untuk masing - masing beban kerja, variasi fuel rack tidak berpengaruh terhadap daya efektif. Makin besar beban kerja maka makin besar pula daya efektif yang di hasilkan pada putaran mesin konstan 900 rpm. untuk beban kerja 2.5 MW daya efektif yang dihasilkan adalah 293.35 kW dan daya efektif yang paling besar adalah 469.32 kW untuk beban kerja 4 MW.



Gambar 2 Pemakaian bahan bakar (FC) terhadap Fuel Rack Injector pada variasi beban kerja yang diberikan

Gambar 2 di atas memperlihatkan *Fuel Consumption* dari beberapa variasi *fuel rack pada injector* dengan beban kerja 2.5 MW, 3 MW dan 4 MW, dan pada putaran konstan 900 rpm. Terlihat bahwa kareakteristik *Fuel Consumption* berbentuk kubah, dimana nilai maksimumnya berada pada variasi fuel rack 118.00 mm. Adapun pemakaian bahan bakar yang rendah terjadi pada variasi *fuel rack injector* 118.00 mm untuk beban kerja 2.5 MW *Fuel Consumption*nya sebesar 4.37 kg/h, dan yang paling tinggi pada beban kerja 3 MW adalah 7.06 Kg/h dengan variasi fuel rack pada injector sebesar 117.80 mm. dari hal ini dapat disimpulkan bahwa posisi fuel rack terbaik adalah 118.00 mm.

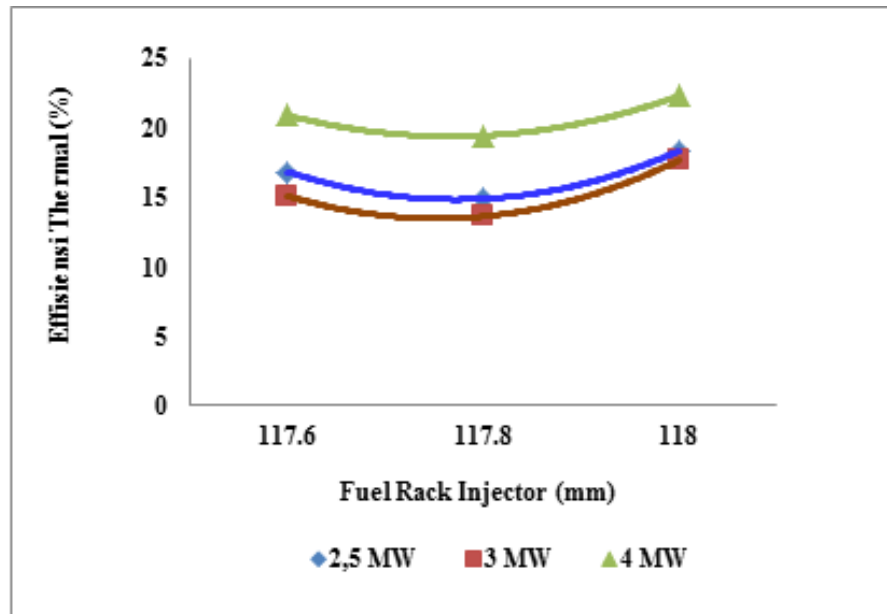


Gambar 3 *Specific Fuel Consumption spesifik* terhadap Fuel Rack Injector pada variasi beban kerja yang diberikan

Dalam gambar 3, memperlihatkan *fuel consumption spesifik* dari beberapa variasi *fuel rack injector* pada beban kerja 2.5 MW, 3 MW dan 4 MW, dan pada putaran konstan 900 rpm. Terlihat bahwa kareakteristik *fuel consumption spesifik* berbentuk kubah, dimana nilai dari fuel komsunsion spesifik yang paling tinggi berada pada fuel rack 117.8 mm. Untuk beban kerja 3 MW *fuel consumption spesifik* maksimumnya 0.0170 kg/kW.h,

Adapun nilai yang paling rendah terjadi pada *fuel rack injector* 118.00 mm untuk beban kerja 4 MW dimana *fuel consumption spesific* minimumnya 0.0104 kg/kW/h.

Effisiensi thermal merupakan ukuran besarnya pemanfaatan energi yang terkandung di dalam bahan bakar untuk dirubah menjadi daya efektif. Tingginya nilai effisiensi thermal dihasilkan oleh pembakaran di dalam ruang bakar yang semakin sempurna. Hasil penelitian dengan bahan bakar solar untuk semua variasi *fuel rack* pada *injector* dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4 Effisiensi Thermal terhadap Fuel Rack Injector pada variasi beban kerja yang diberikan

Dari grafik di atas memperlihatkan nilai effisiensi thermal dari beberapa variasi *fuel rack injector*, bahwa semaking tingin kadar nilai molekuler yang terkandung dalam bahan bakar maka memiliki nilai effisiensi yang semaking tinggi. Terlihat bahwa karekeristik effisiensi thermal berbentuk melengkung dengan putaran konstan 900 rpm. dimana nilai maksimumnya berada pada *fuel rack* 118.00 mm pada beban kerja 4 MW adalah 22,25 %. Adapun nilai yang minimum pada *variasi fuel rack* 117.80 mm dengan beban kerja 3MW adalah sebesar 14 %. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa posisi effisiensi themal yang tertinggi adalah 118.00 mm.

## SIMPULAN

Adapun Simpulan diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh variasi geometri terhadap daya hantar panas material yang terbaik pada pengujian ini yaitu pada diameter 1,3 mm dikarenakan besar nilai tahanan jenis material dipengaruhi oleh volume material itu sendiri.
2. Pengaruh perlakuan panas *Annealing* yang terbaik untuk meningkatkan daya hantar listrik material untuk diameter 0.5 mm pada temperatur 750 °C, untuk diameter 0.9 mm pada temperatur 750 °C, dan untuk diameter 1.3 mm pada pemanasan 650 °C dan 550 °C. karena jenis perlakuan panas ini berfungsi menghilangkan kadar karbon dan zat pengotor terkandung juga memperbaiki struktur butir material uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar W dan Tsuda K., 1988 “ *Penggerak Mula Motor Bakar Torak* ” Bandung : Penerbit ITB, cetakan keempat.
- [2] Arismunandar W dan Tsuda K., 1997 “ *Motor Diesel Putaran Tinggi*”. Jakarta : Penerbit Pradya Paramita.
- [3] *Manual Book Caterpillar Series Engine 3616*, Agustus 1993.
- [4] *Motor Diesel*, Edisi Agustus 1993. Jakarta: Pusat Pelatihan PT. United Tractor.

- [5] N. Petrovsky., “ *Marine Internal Combustion Engines* “. Translated from the Russian by HORACE E. ISAKSONY.
- [6] *Power Plant Engineering* . Second Edition. 2002, P K Nag, Depertement of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology Kharagpur.