

ANALISA UNJUK KERJA HASIL MODIFIKASI REMANUFACTURING MEKANIKAL KE ELEKTRIKAL HD 785-5

Deni Almanda¹, Supriyanto²

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat (10510)
Email:denialmanda@gmail.com; supriyanto067@yahoo.co.id

ABSTRAK

Sistem penyaluran bahan bakar (fuel system) yang tekanan injeksinya rendah dapat mempengaruhi performance pada mesin diesel. Selain mempengaruhi performance mesin dan konsumsi bahan bakar pada mesin diesel, juga berpengaruh pada gas buang yang dihasilkan mesin diesel. Semakin tekanan pada injeksi bahan bakar semakin tinggi maka pembakaran akan lebih sempurna karena pengabutan bahan bakar lebih halus dan terbakar sempurna. Adapun metode penelitian adalah melakukan pengujian langsung pada mesin komatsu SA12V140E, hasil dari percobaan tersebut dihasilkan bahwa Engine Elektrikal daya (power) maksimalbertambah 20 % dan Torsi maksimalbertambah 19 % dibanding dengan Engine Mekanikal. Engine Elektrikal juga menghasilkan gas buang yang lebih bersih, ini bisa dilihat dengan kertas penyaring smoke checker.

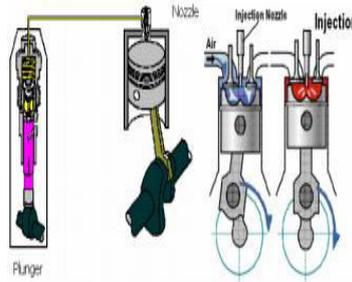
Kata Kunci : fuel system, tekanan injeksi, performansi mesin, torsi, daya

I. PENDAHULUAN

Melihat kondisi energi Indonesia saat ini yang sedang berada di titik terendahnya, khususnya kelangkaan BBM yang terjadi di berbagai kota, disamping menghimbau untuk menggunakan energi secara efisien dan berhemat, sudah saatnya untuk menerapkan kebijakan-kebijakan khusus dalam upaya mengurangi atau menghemat penggunaan BBM. Penggunaan minyak bumi *subsidiary* solar cukup *significant* di dunia tambang. Alat-alat tambang yang berukuran besar seperti *loader*, *dump truck*, *grader* dan *escavator* membutuhkan solar yang tidak sedikit untuk kegiatan pertambangan. *Engineer* dan teknologi berperan besar untuk memaksimalkan potensi alat berat dan solar agar efektif dan efisien dalam pemakaiannya. Harga solar industri menjadi cerminan bagi industri pertambangan dalam memaksimalkan efektifitas dan efisiensi pemakaian solar. Untuk menjawab permasalahan di atas ada beberapa alternatif yang bisa dilakukan, seperti penyesuaian campuran bahan bakar atau penyesuaian sistem penyaluran bahan bakar. Agar nilai konversi energi dari bahan bakar bisa lebih baik dan performa mesin tetap terjaga. Untuk itu dilakukan proses modifikasi engine mekanikal ke elektrikal yang diharapkan hasil akhir unjuk kerja dapat lebih efektif dan efisien dalam memenuhi kebutuhan mesin. Secara teoritis kedua system bahan bakar tersebut memiliki perbedaan cara kerja.

II. KAJIANPUSTAKA

Mesin diesel merupakan salah satu dari mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang mana untuk menghasilkan tenaga, motor tersebut melakukan proses pembakaran bahan bakar berjenis solar (*diesel*) di dalam mesin itu sendiri. Mesin diesel 4 langkah merupakan sebuah mesin yang keempat operasinya, yaitu hisap, kompresi, pembakaran dan buang dilakukan dalam 4 kali gerakan piston (langkah piston naik dan langkah piston turun). Gerakan langkah piston naik turun tersebut dilakukan dari titik mati atas (*Top Dead Center*) sampai titik mati bawah (*Bottom Dead Center*)



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Motor Diesel

1. Langkah Hisap

Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Katup masuk terbuka dan katup buang tertutup, tekanan didalam silinder turun atau lebih rendah daripada tekanan luar sehingga memungkinkan udara murni terhisap masuk.

2. Langkah Kompresi

Pada akhir langkah hisap, katup masuk dan katup buang tertutup. Saat ini piston menekan udara yang terdapat di dalam silinder dengan pergerakan dari TMB ke TMA. Langkah piston ini mengakibatkan tekanan di dalam silinder naik akibat volume di dalam silinder mengecil. Pada akhir langkah kompresi bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder dan bercampur dengan udara yang mempunyai tekanan dan suhu tinggi sehingga terjadi pembakaran yang menghasilkan tekanan dan suhu tinggi.

3. Langkah Usaha

Pada langkah ini katup masuk dan katup buang masih dalam keadaan tertutup, tekanan yang diakibatkan oleh pembakaran menekan piston dari TMA ke TMB dan akan menghasilkan kerja.

4. Langkah Buang

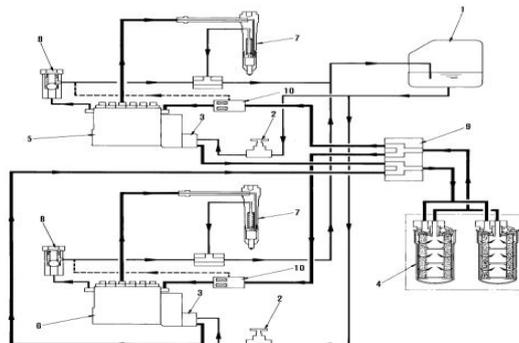
Pada langkah ini piston bergerak naik dari TMB ke TMA yang bersamaan dengan terbukanya katup buang sehingga gas hasil pembakaran terdorong keluar silinder.

Sistem Bahan Bakar

Sistem penyaluran bahan setiap mesin pada prinsipnya sama, namun dengan kebutuhan dan fungsi yang berbeda, pada mesin alat berat Komatsu untuk menyalurkan bahan bakar, yaitu :

a) *Fuel Injection Pump (FIP)*

Pada penulisan tugas akhir ini penulis akan membandingkan tipe sistem bahan bakar yaitu *Fuel Injection Pump mekanikal (FIP)* dan *Fuel Injection Pump elektrikal*.



Gambar 2.2. Skema dan Komponen sistem bahan bakar *FIP*

Performa Motor Bakar

Parameter mekanik yang termasuk dalam performansi adalah torsi, daya, perbandingan udara bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi dari pembakaran di dalam mesin.

Daya didefinisikan sebagai usaha dari mesin per satuan waktu.

$$P = \frac{2\pi \times N \times T}{60}$$

dimana :

P : Daya Keluaran (watt)

N : Putaran mesin (rpm)

T : Torsi (N.m)

Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan dengan :

$$Sfc = \frac{mf \times 10^3}{Pb}$$

dimana :

S_{fc} = Konsumsi bahan bakar spesifik (g/kW.h).

m_f = Laju aliran bahan bakar (kg/jam).

Air-Fuel Ratio adalah parameter yang digunakan untuk mendeskripsikan rasio campuran udara dengan bahan bakar:

$$AFR = \frac{m_a}{m_f}$$

dengan : m_a = laju aliran masa udara (kg/jam).

m_f = Laju aliran bahan bakar (kg/jam).

Efisiensi volumetric didefinisikan sebagai perbandingan antara massa udara yang masuk karena dihisap torak pada langkah hisap dan massa udara pada tekanan dan temperatur atmosfer yang dapat dihisap masuk kedalam volume satuan yang sama.

$$\eta_v = \frac{2m_a}{60 \cdot n} \times \frac{1}{\rho_a \cdot v_d}$$

Dimana:

$2m_a$ = Laju aliran udara (kg / jam)

ρ_a = Kerapatan udara (kg/m³)

V_d = volume langkah torak (m³)

Tekanan efektif rata-rata adalah parameter yang baik untuk membandingkan mesin untuk desain atau output karena tidak tergantung pada ukuran atau putaran mesin.

$$bmep = \frac{4\pi T}{Vd}$$

Dimana:

T :Torsi (N.m)

Vd :Volume langkah torak (m³)

Efisiensi thermal brake (*brake thermal efficiency*,) merupakan perbandingan antara daya keluaran aktual terhadap laju panas rata-rata yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar.

$$\eta_b = \frac{P_b}{m_f \cdot LHV}$$

dimana:

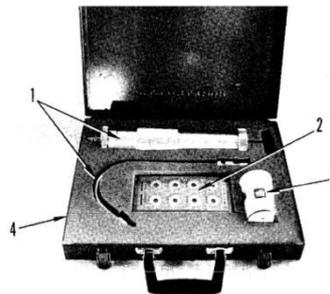
η_b = Efisiensi termal brake

m_f = Laju aliran bahan bakar (kg/jam).

LHV =Nilai kalor pembakaran bahan bakar (kJ/kg).

Smoke Checker

799-201-9000 HANDY SMOKE CHECKER



Gambar 2.3 Handy Smoke Checker

Keterangan:

1 : Pump

2 : Filter Paper

3 : Scale Smoke

4 : Case



Gambar 2.4 Scale Smoke tier 1-3

Keterangan :

1. No 0-3

2. No 4-6

3. No 7-9

=Menunjukkan standar smoke scale Tier 3

=Menunjukkan standar smoke scale Tier 2

=Menunjukkan standar smoke scale Tier 1

Tabel 2.1 level emisi gas buang Nox+NMHC dan PM

EPA	Nox + NMHC	PM
TIER 1	9.2	0.54
TIER 2	6.4	0.20
TIER 3	4.0	0.10

III. METODE PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *performance* mesin terhadap Komatsu SA12V140. Pengujian ini dilakukan di PT Komatsu Reman Indonesia dengan metode pengujian pada empat putaran mesin 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm dengan menggunakan *dynamometer* Taylor DX 38.

Tempat dan Waktu Penelitian

Pengujian dilakukan di PT Komatsu Reman Indonesia yang beralamat di jalan jawa blok A-05, Kawasan Berikat Nusantara, Cakung – Cilincing, Jakarta Utara. Pengujian dilakukan pada tanggal 3-6 juli 2015jam 08.30 pada mesin komatsu SA12V140.

Alat dan Bahan

1. Mesin Komatsu SA12V140
2. Alat test mesin *Taylor type* DX38
3. *Shop manual book* mesin Komatsu
4. *Thermometer* untuk mengukur suhu
5. *Common tools* 1 set
6. Personal Komputer
7. Stand untuk mesin SA12V140
8. Software *dyno pro*

Metode Pengujian

- a) Menempatkan mesin pada stand di *dynamometer*.
- b) Memosisikan mesin dan mengatur kelurusan (*aligment*) dengan *dynamometer* (Melakukan *adjustment* pada *stand* mesin bila diperlukan).
- c) Melakukan check kondisi poros penggerak (*drive shaft/ propeler*), lalu menghubungkan *flange dynamometer* dengan *flywheel*.
- d) Mengencangkan *bolt flanged dynamometer* dengan *flywheel*.
- e) Memastikan *stand* dan rantai pengikat *stand* telah terpasang.
- f) Memasang *oil pressure sensor, coolant temperatur sensor, blowby pressure sensor, dan exhaust temperature sensor*.
- g) Menghubungkan gas buang mesin ke pipa gas buang luar ruangan testing.
- h) Memasag *air cleaner* ke saluran intake mesin.
- i) Memasang pipa air pada saluran *inlet water pump*.
- j) Pasang pipa untuk *outlet termostat*
- k) Pasang selang (*hose*) untuk *fuel inlet* ke *fuel filter* Pasang selang (*hose*) untuk saluran *return fuel*. Mengisi oli mesin dengan spesifikasi SAE15W-40
- l) Memastikan *connection electrical system* sudah benar.
- m) Memastikan semua persiapan sudah dilakukan sesuai prosedur.

- n) Sebelum melakukan *test performance* pada *engine SA12V140-1* perlu dilakukan *warming up* (pemanasan engine) engine posisi *LOW IDLE* dan *HIGH IDLE* selama ± 20 menit tujuannya agar *lubricating* pada komponen *engine* berjalan dengan baik dan *temperature engine* mencapai temperatur kerja,
- o) Untuk melakukan *test performance* kita masuk ke *software dynopro* kemudian tekan *Turn On Ignition* sehingga tombol *start test*,
- p) Langkah selanjutnya tekan menu *START TEST* dimana menu *LOG NOW* menyala dan *Stop Test* menyala.
- q) Kemudian posisikan *engine LOW IDLE* ($\pm 970 - 1030$ Rpm) tekan *LOG NOW* klik 2x tujuannya agar pada posisi tersebut dapat di Save data seperti *pressure oli*, *power (HP)*, *Torque engine (Kgm)* dll.
- r) Langkah selanjutnya tekan dan putar *trotle* pada posisi 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm
- s) Langkah selanjutnya tekan *LOG NOW* pada saat posisi Rpm engine 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm pada saat *engine* dibebani dengan *dynamometer* tujuannya agar kita mendapatkan data-data tiap Rpm di atas seperti *Engine HP*, *Engine Torque* dll
- t) Kemudian ambil sampel asap dengan menggunakan asap checker pada saat posisi rpm engine 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm
- u) Kemudian *dyno setpoint* langsung diposisikan ke 0 % tekan *PAUSE* dan tekan tombol *STOP TEST* dengan demikian *test performance engine* telah selesai.



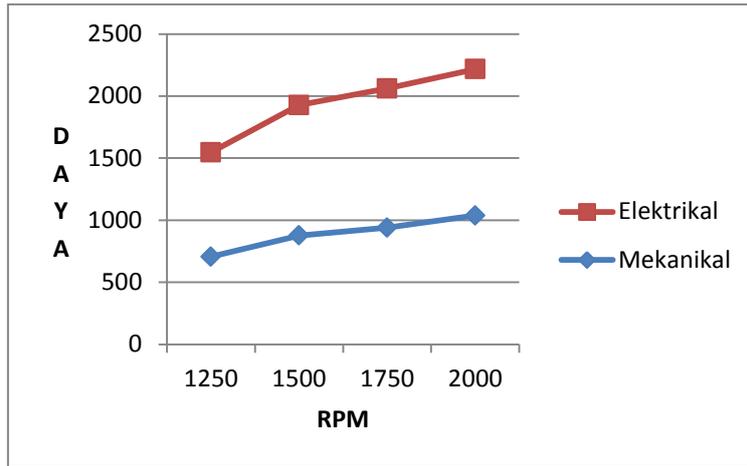
Gambar 3.1. Tombol *stop test* untuk keluar ke menu utama

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian performansi mesin diesel SA12V140 Engine mekanikal dan Elektrikal Daya.

Tabel 4.1. Data hasil perhitungan daya

PUTARAN RPM	DAYA (HP)	
	EN.ME	EN.EL
1250	705	842
1500	877	1050
1750	939	1122
2000	1037	1180



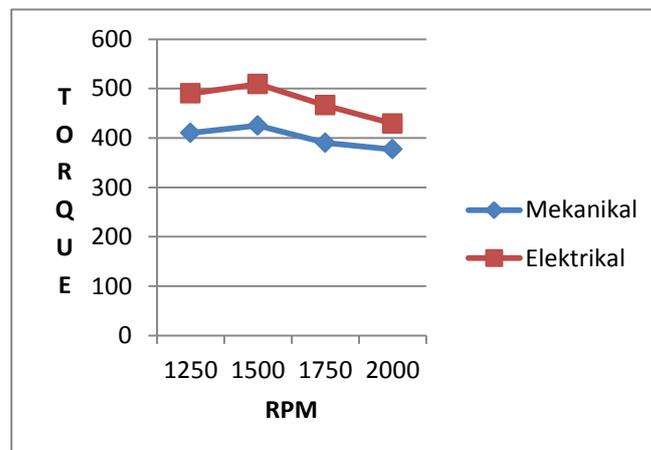
Gambar 4.1 Grafik Daya vs Putaran

Dari table dan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa engine mekanikal menghasilkan daya paling rendah 705 HP pada 1250 rpm dengan daya maksimal 1037 pada 2000 rpm. Dan daya yang dihasilkan dengan *engine elektrikal* lebih tinggi dari pada daya yang dihasilkan dengan engine mekanikal. Dengan daya rendah 842 HP pada 1250 rpm dan daya maksimal 1180 pada 2000 rpm. Dengan melihat table tersebut membuktikan bahwa daya yang dihasilkan mesin *engine elektrikal* menggunakan lebih baik dibanding dengan *engine mekanikal*.

1. Data Hasil Perhitungan Torsi

Tabel 4.2. Data hasil perhitungan untuk Torsi

PUTARAN RPM	TORSI	
	ME	EL
1250	410	490
1500	425	509
1750	390	466
2000	377	429



Gambar 4.2 Grafik Torsi vs Putaran

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan sistem *Fuel Injection Pump* menghasilkan torsi rendah 377Kgm pada 2000 rpm, dan menghasilkan torsi maksimal 425 Kgm pada 1500rpm. Dan dapat disimpulkan engine elektrikal menghasilkan torsi lebih tinggi dari pada torsi yang dihasilkan mekanikal. Dengan torsi 509 Kgm pada 1500 rpm.

Pada putaran 1250rpm ke 1500 rpm mengalami peningkatan torsi, ini disebabkan karena beban yang diterima mesin pada putaran ini lebih besar dibandingkan dengan putaran 1500 rpm ke 2000 rpm. Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kenaikan torsi seiring dengan kenaikan putaran sampai mencapai harga maksimum, hal ini disebabkan karena jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar makin besar sehingga energi yang dihasilkan melalui proses pembakaran makin besar. Setelah mencapai harga maksimum, torsi yang dihasilkan mesin mengalami penurunan karena waktu yang tersedia untuk pembakaran pada putaran tinggi sangat singkat.

2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Tabel 4.3 Data Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

PUTARAN (RPM)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (sfc) (Kg/Hp.Hr)	
	ME	EL
1250	0,1874	0,1569
1500	0,1507	0,1258
1750	0,1407	0,1177
2000	0,1274	0,1119

Dari tabel percobaan diatas maka dapat dilihat Sfc terendah terjadi saat dengan menggunakan engine elektrikal pada putaran 2000 rpm yaitu sebesar 0,1119 kg/Hp.Hr. Sedangkan Sfc tertinggi terjadi saat engine mekanikal pada putaran 1250 rpm yaitu sebesar 0,1874 kg/Hp.Hr.

Peningkatan ini dapat terjadi karena pada temperatur yang lebih tinggi periode persiapan pembakaran akan semakin singkat. Dan bila terlalu singkat maka periode pembakaran cepat akan terjadi jauh sebelum piston mencapai TMA (pada langkah kompresi) sehingga tekanan puncak juga terjadi saat piston belum mencapai TMA dan ini merupakan kerugian karena tekanan tersebut seharusnya digunakan untuk langkah kerja. Dengan demikian daya yang dihasilkan akan berkurang dan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik. Bila motor bekerja pada putaran yang semakin tinggi harga sfc-nya cenderung semakin membesar, hal ini dapat disebabkan karena semakin tinggi putaran motor maka semakin singkat pula waktu yang tersedia untuk pembakaran, singkatnya waktu yang tersediaini menyebabkan sebagian bahan bakar tidak sempat terbakar dan akhirnya terbuang begitu saja, dengan demikian maka semakin meningkatlah harga sfc yang terukur.

3. Rasio Perbandingan Udara Terhadap Bahan Bakar (AFR)

Tabel 4.4 Perbandingan udara terhadap bahan bakar (AFR) pada pengujian engine mekanikal.

Engine Mekanikal				
SPEED	Fuel Rate	FCR	Aliran Udara	AFR
RPM	L / Hr	Kg/HP.Hr	mmH2O	
1250	196	0,1874	940	6
1500		0,1507	980	6
1750		0,1407	1080	7
2000		0,1274	1130	7

Tabel 4.5 Perbandingan udara terhadap bahan bakar (AFR) pada pengujian Engine elektrikal.

Engine Elektrikal				
SPEED	Fuel Rate	FCR	Aliran Udara	AFR
RPM	L / Hr	Kg/HP.Hr	mmH2O	
1250	156	0,1569	1120	8
1500		0,1258	1230	9
1750		0,1177	1270	10
2000		0,1119	1290	10

Dari tabel percobaan diatas menunjukkan mesin mekanikal dengan putaran dari 1250 rpm sampai putaran 2000 rpm rata-rata membutuhkan perbandingan udara dengan bahan bakar 1gram bahan bakar dan 7 gram udara. Sedangkan mesin yang menggunakan mesin elektrikal dengan putaran 1250 rpm sampai 2000 rpm rata-rata membutuhkan perbandingan 1 gram bahan bakar dengan 9 gram udara.

4. Efisiensi Volumetris

Tabel 4.6 Efisiensi volumetris %

RPM	Efisiensi volumetris (%)	
	E.ME	E.EL
1250	7.1	8.4
1500	6.1	7.7
1750	5.8	6.8
2000	5.3	6.1
Rata-Rata	6.075	7.25

Efisiensi volumetris tertinggi terjadi engine elektrikal pada putaran 1250 Rpm yaitu sebesar 8.4%.Efisiensi volumetris terendah terjadi ketika engine mekanikal pada putaran 2000 Rpm yaitu 5.3%.Efisiensi volumetris hanya dipengaruhi kondisi kerja mesin.Efisiensi volumetris menunjukkan perbandingan antara jumlah udara yang terisap sebenarnya terhadap jumlah udara yang terisap sebanyak volume langkah torak untuk setiap langkah hisap.

5. Pengujian Asap Motor Bakar Diesel

Pada pengujian asap diatas menggunakan smoke checker menunjukkan bahwa engine elektrikal lebih baik dari engine mekanikal.Dampak yang dihasilkan gas buang mesin mekanikal Nox+NMHC nya sekitar 6,4 g/Kw.h dan *particulate matter* (PM) menunjukkan 0,20 g/Kw.h, sedangkan mesin elektrikal lebih baik sekitar 4,0g/Kw.h dan PM 0.10 g/Kw.h.

V. SIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari pengujian mesin diesel 4-langkah 12 silinder SA12V140E ini adalah:

1. Daya terendah engine mekanikal pada putaran 1250 rpm yaitu 705 HP. Sedangkan daya tertinggi terjadi *engine elektrikal* pada putaran 2000 rpm yaitu sebesar 1180 HP.
2. Torsi terendah terjadi ketika engine mekanikal pada putaran 2000 yaitu sebesar 377 Kgm. Sedangkan torsi tertinggi terjadi pada putaran 1500 rpm untuk engine elektrikal yaitu sebesar 509 Kgm.
3. Gas buang yang dihasilkan engine elektrikal lebih baik, bisa dilihat dengan hasil Nox+NHMC sekitar 4.0 g/Kwh dan PM 0.10 g/Kwh. Sedangkan dengan engine mekanikal menghasilkan Nox+NHMC 6,4 g/Kwh dan PM 0,20 g/Kwh.

DAFTAR PUSTAKA

1. Basic Mechanic Course. 2009. *Diesel Engine*. Jakarta.: Yayasan Karya Bakti United Tractor
2. Basyirun, dan Winarno. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: PKUPT UNNES/ Pusat Penjamin Mutu .
3. Departemen Perhubungan. 2005. *Beberapa Kebijakan Sektor Transportasi Darat*. Jakarta: Direktorat Jendral Perhubungan Darat.
4. Fajar, Berkah. 2014. *Jurnal Perbandingan Pengaruh Temperatur Solar dengan Bio Diesel*. Semarang: Universitas Diponegoro.
5. Heywood, J.W., 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. United States.
6. Komatsu. 2006. *Shop Manual Dump Truck Galeo HD 785*. Japan.
7. Komatsu Limited. 2006. *Shop Manual Komatsu SAA12V140E series*. Japan.
8. Komatsu Reman Indonesia, PT. 2014. *Tier Engine Series*. Jakarta.: Technical Training Production Departement.
9. urnip, Jekson. 2009. Pengujian dan analisa performansi motor bakar diesel menggunakan biodiesel dimethyl ester B-01 dan B-02, 6-7. Medan.