

**EVALUASI KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
DIESEL (PLTD) PADA PT. INCO, Tbk SOROAKO**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3)
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

Oleh :

MARLIN NOVITA RB 342 07 005

REZKI PARADIGMA 342 07 016

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2010**



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : “EVALUASI KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA DIESEL (PLTD) PADA PT. INCO.Tbk.
SOROAKO”.

Oleh : 1. Marlin Novita RB (34207005)
2. Rezki Paradigma (34207016)

Program Studi : Teknik Konversi Energi

Jurusan : Teknik Mesin

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi program diploma III (D3) pada program studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 29 Oktober 2010

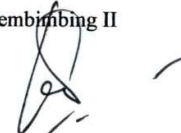
Disetujui,

Pembimbing I



Ir. Nur Hamzah, M.T.
NIP : 19631111 199003 1 002

Pembimbing II



Ir. Laode Musa, M.T.
NIP : 19601231 199003 1 021

Mengetahui,
a.n Direktur
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Muh. Tekad, ST. MT
NIP : 19650824 199003 1 003

PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, hari Jumat tanggal 29 Oktober 2010, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa:

Marlin Novita RB/342 07 005, dan Rezki Paradigma/342 07 016 Dengan judul
“Evaluasi kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Pada
PT.INCO,Tbk Soroako”

Makassar, 29 Oktober 2010

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

1. Ir. H. Chandra Bhuana, M.T Ketua


(.....)

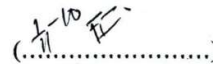
2. Sri Suwasti, S.ST.MT. Sekretaris


(.....)

3. Ir. Muh. Anshar, M.Si. Anggota


(.....)

4. Ir. Firman, M.T. Anggota


(.....)

5. Ir. Nur Hamzah, M.T. Pembimbing I


(.....)

6. Ir. Laode Musa, M.T. Pembimbing II


(.....)



ABSTRAK

Marlin Novita Rb, Rezki Paradigma, *Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Pltd Pada Pt.Inco,Tbk*. Dibimbing Oleh Nur Hamzah dan Laode Musa.

PT. International Nickel Indonesia, Tbk sebagai salah satu perusahaan yang melakukan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi nikel dalam jumlah besar, senantiasa berusaha meningkatkan produksi dan kapasitas produksi. Usaha tersebut dilakukan dengan meningkatkan kualitas sistem manajemen perusahaan dan menggunakan teknologi mutakhir.

Mirreless Blackstone Diesel Generator (MBDG) dioperasikan untuk menyuplai kebutuhan peralatan-peralatan *auxiliary* (peralatan selain *furnace*) yang perannya sangat penting dalam pengolahan nikel di pabrik. PT. INCO, Tbk awalnya hanya memiliki tiga buah MBDG masing-masing berkapasitas 8 MW. Pada tahun 2005 ditambahkan dua buah MBDG yang juga berkapasitas 8 MW. Dalam penelitian ini perhitungan kinerja mesin MBDG dilakukan berdasarkan data operasional harian mesin MBDG bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, Juni 2010. Dimana mesin MBDG beroperasi dengan sistem *fuel saving* (penghematan bahan bakar).

Daya bahan bakar (Q_{bb}) yang digunakan pada mesin MBDG semakin meningkat per bulan sebesar 35.48%. Daya berguna (Q_s) yang dihasilkan pada mesin MBDG konstan, disebabkan daya yang terpakai sama dengan daya yang terdapat pada name plate yaitu 11209 kW. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) cenderung fluktuatif sebesar 46.32 % . Keseimbangan energi yang terjadi pada mesin MBDG mengalami perubahan yang cukup baik.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penyusun panjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala berkah dan karunia-Nya yang tak henti memberikan kekuatan, kesehatan dan keselamatan sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang

Bertitik tolak dari kemauan dan ketekunan, penulis menyadari sepenuhnya bahwa hasil yang telah dicapai masih jauh dari kesempurnaan, hal ini tidak lepas dari kodrat penulis sebagai manusia yang sebagaimana biasanya tidak pernah luput dari kesalahan. Namun dengan demikian penulis telah berusaha memberikan sedikit gambaran tentang cara menganalisis kinerja mesin diesel sebagai penggerak mula sistem pembangkit.

Untuk itu dengan penuh ketulusan hati perkenankanlah kami menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas segala bimbingan, tuntunan, bantuan dan dorongan baik moril maupun materi, kepada :

- 1) Kedua Orang Tua yang selalu memberikan Doa restu, Motivasi, bimbingan dan telah banyak berkorban demi kesuksesan penyusun.
- 2) Bapak Dr. Pirman, M.Si selaku direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 3) Bapak Muh.Tekad, S.T.,M.T selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 4) Bapak Ir. Lewi, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 5) Bapak Jamal, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 6) Bapak Abram Tangkemanda, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

- 7) Bapak Ir. Nur Hamzah, M.T selaku Pembimbing I dan dan bapak Ir. Laode Musa, M.T selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan, dan nasehat dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
- 8) Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan program studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurang waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar penulis.
- 9) Para staf pegawai dan teknisi program studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin yang dengan kesabaran telah banyak membantu penulis.
- 10) Pimpinan dan staf PT.INCO, Tbk Soroako, atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk melaksanakan penelitian.
- 11) Terimakasih juga untuk semua teman-teman Conera 07 (Mahasiswa Conversi Energy) dan segenap teman-teman Jurusan teknik mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, serta seluruh pihak yang telah banyak membantu penyusunan proyek akhir ini meski penyusun tak dapat menguraikan satu persatu.

Makassar, Oktober 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan dan manfaat penulisan	4
1.3.1 Tujuan penulisan	4
1.3.2 Manfaat penulisan	4
1.4 Ruang lingkup penulisan	5
1.5 Metode penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan umum mesin	7
2.1.1 Dasar-dasar mesin diesel	7
2.1.2 Prinsip kerja mesin diesel	11
2.1.3 Siklus kerja mesin diesel empat langkah	13

2.1.4	Parameter kinerja mesin diesel empat langkah	21
2.2	Generator	26
2.2.1	Prinsip dasar generator AC	27
2.2.2	Bentuk-bentuk generator AC	28
2.2.3	Komponen generator AC	30
2.3	Penjelasan umum MBDG	31
2.3.1	Name plate MBDG	31
2.3.2	Diesel generating Station	33
2.3.3	Diesel fuel oil system	34
2.3.4	Diesel fuel oil storage and supply system	36
2.3.5	Diesel fuel oil tank	36
2.4	Lubricating oil system.....	36
2.5	Start air system	38
2.5.1	Start air compressors	39
2.5.2	Start air receivers	39
2.6	Exhaust system	39
2.6.1	Turbocharger	40
2.6.2	Sistem operasi turbocharger	40
2.6.3	Waste gate	40
2.6.4	Aftercooler turbocharger	41
2.6.5	Intake manifold	41
2.6.6	Exhaust manifold	41
2.6.7	Muffler	42

2.6.8 Exhaust stack	42
2.7 Sistem pendinginan mesin	42
2.7.1 Jacket water system	42
2.7.2 Jacket water cooler	44
2.7.3 Valve cage water system	44
2.8 Water treatment plant and softener water system	46
2.8.1 Pressure control valve	47
2.8.2 Duplex sand filter unit	47
2.8.3 Duplex softener unit	47
2.8.4 Conductivity monitor	48
2.8.5 Softener water storage	48
2.8.6 Softener water pump	48
2.8.7 Flow transmissor	49
2.8.8 Domestic water system	49
2.8.9 Water deinoiser	49
2.9 Circulating water system	50
2.10 Circulating water pump	51
2.11 Circulating water filter	51
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan lokasi kegiatan	52
3.2 Metode pengambilan data	52
3.3 Metode analisis data	53

BAB IV ANALISA PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa perhitungan 54

 4.1.1 Analisa perhitungan kinerja mesin MBDG 3 54

 4.1.2 Analisa perhitungan kinerja mesin MBDG 4 58

4.2 Tabel Hasil analisa data operasional mesin MBDG 3 63

4.3 Tabel Hasil analisa data operasional mesin MBDG 4 64

4.4 Tabel Hasil analisa data operasional generator mesin MBDG 3 65

4.5 Tabel Hasil analisa data operasional generator mesin MBDG 4 66

4.6 Grafik hasil analisa 67

4.7 Pembahasan 71

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 75

5.2 Saran 76

DAFTAR PUSTAKA 77

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel Data Operasional Kinerja Mesin MBDG 3 &4 Lamp A

Tabel Data Hasil Kinerja Mesin MBDG 3 & 4 Lamp B



DAFTAR LAMPIRAN

Data Operasional Kinerja mesin MBDG 3 & 4	Lamp A
Data Hasil Kinerja Mesin MBDG 3 & 4	Lamp B
Data Teknis, Spesifikasi Jacket water Cooling water Pump	Lamp C
Tabel Sifat-sifat udara dan sifat-sifat air	Lamp D
Tabel Sifat-Sifat bahan bakar	Lamp E
Gambar Komponen-komponen Mesin MBDG	Lamp F
Gambar Air intake system and exhaust system	Lamp G
Gambar Lube Oil system	Lamp H
Gambar Recirculating Cooling Water System	Lamp I
Gambar Valve Cage Closed Cooling Water System	Lamp J
Gambar Jacket Water Closed Cooling Water System	Lamp K
Gambar Fuel Oil System	Lamp L
Tabel Konversi Satuan	Lamp M
Surat pengambilan data PT.INCO, Tbk Soroako	Lamp N

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip kerja mesin diesel siklus empat langkah	14
Gambar 2.2	Diagram P vs V dari siklus tekanan tetap	15
Gambar 2.3	Diagram P vs V untuk empat langkah sebenarnya	22
Gambar 2.4	Konstruksi generator kutub luar	29
Gambar 2.5	Konstruksi generator kutub dalam	30
Gambar 2.6	konfigurasi mesin diesel empat langkah model V	33
Gambar 2.7	Mirrless Blackstone Diesel generator (MBDG)	33
Gambar 2.8	Bangunan MBDG pada PT.INCO,Tbk	34
Gambar 2.9	Turbocharger	41
Gambar 2.10	Piping system jacket water	44
Gambar 2.11	Plate heat exchanger type (a) and cooler (b0)	44
Gambar 2.12	Piping system valve cage water	45
Gambar 2.13	Cooler (a) and pump valve cage water (b)	47
Gambar 4.14	Diagram Sankey keseimbangan energi mesin MBDG untuk kinerja pada bulan Juni 2010	64

DAFTAR NOTASI

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
FC	Pemakaian bahan bakar tiap jam	kg/Jam
V_{bb}	Volume bahan bakar	liter
ρ_{bb}	Massa jenis bahan bakar	kg/liter
Q_{bb}	Daya bahan bakar	kW
Q_s	Daya berguna (daya poros)	kW
SFC	Konsumsi bahan bakar spesifik	kg/kWh
Q_{ap}	Daya yang hilang pada sistem pendingin mesin	kW
N	Putaran	Rpm
T	Torsi	kNm
H	Entalpi	J
U	Energi dalam	kcal
s	Entropi (persatuan berat)	kcal/kg K
η_{th}	Efisiensi mekanik thermal	%
Q_{gb}	Daya yang hilang bersama gas buang	kg/s
$T_{u_{in}}$	Temperatur udara masuk manifold mesin	$^{\circ}C$
$T_{u_{out}}$	Temperatur udara keluar manifold mesin	$^{\circ}C$
LHV	Nilai kalor bawah bahan bakar	kJ/kg
HHV	Nilai kalor atas bahan bakar	kJ/kg atau Btu/lb
m_{ap}	Laju aliran massa air pendingin	kg/s
$T_{a_{out}}$	Temperatur air pendingin keluar	$^{\circ}C$

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil nikel terbesar di dunia, yang merupakan penghasil devisa besar bagi negara. Salah satu perusahaan besar di Indonesia yang melakukan eksplorasi dan eksploitasi nikel adalah PT. International Nickel Indonesia, Tbk (PT. INCO). PT. International Nickel Indonesia, Tbk merupakan salah satu perusahaan eksplorasi dan eksploitasi nikel asing di Indonesia dan memiliki wilayah kerja yang cukup luas. Salah satu prosedur yang sangat penting dalam proses produksi nikel ini adalah penyediaan pembangkit tenaga listrik termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) untuk menunjang proses produksi di Plant Site.

PT. International Nickel Indonesia, Tbk sebagai salah satu perusahaan yang melakukan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi nikel dalam jumlah besar, senantiasa berusaha meningkatkan produksi dan kapasitas produksi. Usaha tersebut dilakukan dengan meningkatkan kualitas sistem manajemen perusahaan dan menggunakan teknologi mutakhir.

Pembangkit tenaga listrik Diesel merupakan suatu pembangkit yang penggerak mulanya menggunakan beberapa silender yang didalamnya terdapat torak yang bergerak translasi (bolak-balik), didalam silinder itulah terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara. Gas pembakaran yang dihasilkan oleh proses tersebut mampu menggerakkan torak yang oleh batang

penghubung (batang penggerak) dihubungkan dengan poros engkol. Mesin ini didesain dengan menggunakan bahan bakar jenis light fuel oil dan heavy fuel oil. Aliran udara di masukkan ke dalam mesin melalui 2 filter type oil bath dan saluran pipa baja karbon yang menyatu dengan silinder. Setiap mesin memiliki 2 turbocharger dan charger air cooler. Untuk mengisolasi getaran mesin dan pergerakan antara saluran udara dengan mesin digunakan rubber boat type ekspansi. *Mirreless Blackstone Diesel Generator* (MBDG) dioperasikan untuk menyuplai kebutuhan peralatan-peralatan *auxiliary* (peralatan selain *furnace*) yang perannya sangat penting dalam pengolahan nikel di pabrik.

PT. INCO, Tbk awalnya hanya memiliki tiga buah MBDG masing-masing berkapasitas 8 MW. Pada tahun 2005 ditambahkan dua buah MBDG yang juga berkapasitas 8 MW. Mesin Diesel Mirrless Blackstone “KV” Major adalah mesin 4 tak yang penyalannya melalui kompresi udara dan bahan bakar, menggunakan *turbocharger*, serta pendingin udara. Didesain untuk operasi pada *light* dan *heavy fuel oil*. Mesin tipe V terdiri dari dua *bank silinder*, setiap silinder mempunyai kemiringan 22,5° terhadap sumbu vertikal.

Prinsip kerjanya adalah seperti motor-motor bakar pada umumnya, yaitu piston-piston yang bergerak karena pembakaran akan memutar poros yang selanjutnya akan memutar generator pada kecepatan 600 rpm. Masing-masing generator akan menghasilkan daya maksimum 8 MW pada tegangan 11 kV.

Perguruan tinggi sebagai tempat untuk membentuk sumber daya manusia yang berkualitas yang siap untuk dikembangkan, memerlukan industri sebagai

institusi untuk mengaktualisasikan dan mensinergikan berbagai pengetahuan teoritis yang didapat oleh mahasiswa pada bangku kuliah.

Bertitik tolak dari latar belakang di atas, maka kami akan mengangkat judul tugas akhir “*Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Pada PT. INCO*” berteknologi tepat guna yang dapat digunakan untuk menunjang proses produksi di plant site dan kebutuhan rumah tangga.

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk dari latar belakang di atas maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja mesin *Mireless Blackstone Diesel Generator* (MBDG) yang ditinjau dari segi konsumsi bahan bakar (FC), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), energi bahan bakar sebagai daya input (Q_{bb}).
2. Bagaimana Daya output (Q_s), efisiensi thermal (η_{th}), kerugian energi lain (Q_{ap}), pada saat mesin dioperasikan.
3. Bagaimana perbandingan kinerja rata-rata mesin *mireless blackstone diesel generator* (MBDG) pada pengoperasian selama satu bulan.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penulisan

- a) Untuk dapat menentukan kinerja dari mesin *Mireless Blackstone Diesel Generator* (MBDG) yang dalam hal ini meliputi konsumsi bahan bakar (FC), energi bahan bakar sebagai daya input (Q_{bb}), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC).
- b) Untuk dapat menentukan daya output (Q_s), efisiensi thermal (η_{th}), kerugian energi lain (Q_{loss}), pada saat mesin dioperasikan.
- c) Untuk dapat membandingkan kinerja rata-rata mesin MBDG saat pengoperasian selama satu bulan.

1.3.2 Manfaat Penulisan

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai cara-cara menganalisis kinerja mesin diesel sebagai penggerak mula Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) serta faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerjanya. Manfaat lain yang diharapkan adalah hasil penelitian ini dapat menjadi sumbangsih pemikiran bagi perusahaan PT. INCO dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dalam melaksanakan tugasnya untuk meningkatkan kinerja mesin yang seoptimal mungkin.

d) Ruang Lingkup Penulisan

Ruang lingkup merupakan suatu batasan masalah yang akan dibahas, Selanjutnya yang akan dibahas dalam penulisan ini hanya mencakup tentang :

- a) Jenis Mesin yang digunakan adalah Mesin *Mirrless Blackstone Diesel Generator* (MBDG), dalam hal ini ada Lima mesin MBDG Pada Unit Pembangkitan, namun yang akan menjadi objek penelitian adalah mesin MBDG 3 dan MBDG 4.
- b) Analisis kinerja Mesin MBDG pada saat pengoperasian sehari-hari meliputi perhitungan daya input (Q_{in}), daya output (Q_s), efisiensi thermal (η_{th}), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), kerugian energi lainnya (Q_{ap}). Pada pengoperasian tanggal 09 s/d 30 Mei 2007, 01 s/d 31 Agustus 2007, 02 s/d 31 Mei 2008, 06 s/d 27 Juni 2010.



e) Metode Penulisan

Untuk Menjamin penulisan ini sesuai dengan hasil yang diharapkan maka dilakukan metode penulisan sebagai berikut :

1.e.1 Metode Pustaka

Metode ini dilakukan pengumpulan teori-teori dasar yang berkaitan dengan penulisan yang diperoleh dari literatur milik PT. INCO, Tbk Soroako, serta literatur-literatur yang mendukung lainnya.

1.e.2 Metode Penelitian Lapangan (Observasi)

1. Observasi ini dilakukan dengan melihat secara langsung di lapangan dan melakukan pengamatan, serta pengambilan data objek yang ditinjau.

2 Interview

Metode ini dilakukan melalui diskusi dengan pembimbing, operator serta karyawan PT. INCO khususnya Departemen Utilities.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Mesin Diesel

2.1.1 Dasar-dasar Mesin Diesel

Dalam sejarah perkembangannya, Dua orang berkebangsaan Jerman mempatenkan engine pembakaran dalam pertama di tahun 1875. N.A. Otto dan E. Langen. Mesin pertama tersebut adalah mesin 4 langkah dengan bahan bakar gas. Kemudian gas digantikan dengan Gasoline (bensin) dan mesin mulai dipakai secara luas. Mesin Otto atau disebut Mesin pembakaran dalam digunakan terutama pada mobil dan truk kecil. Mesin Diesel diberi nama berdasarkan nama penciptanya yaitu Rudolf Diesel, yang mempatenkannya pada tahun 1892. Ide dari pembuatan engine baru tersebut adalah karena diperlukan mesin yang menggunakan bahan bakar cair. Mesin diesel yang asli berukuran sangat besar sehingga tidak dapat dipasang di kendaraan.

Mesin adalah suatu alat yang memiliki kemampuan untuk merubah energi panas (energi kimia) yang dimiliki oleh bahan bakar menjadi energi gerak (energi kinetik) . Berdasarkan fungsinya maka terminologi mesin pada umumnya biasa digunakan sebagai sumber tenaga atau penggerak utama (prime power) pada machine, genset, kapal (marine vessel) ataupun berbagai macam peralatan industri. (Perbedaan Sistem Kerja Mesin 2 Tak dan Mesin 4 Tak , Anggah Hadi Prayitno, 2009).

Ada beberapa mesin bakar, namun yang banyak digunakan dewasa ini hanya mesin bensin dan mesin Diesel. Jika ditinjau dari segi gas buangnya mesin bensin mengandung komponen yang beracun sehingga sangat membahayakan jika konsentrasinya di dalam atmosfer menjadi terlalu tinggi. Sedangkan gas buang mesin Diesel tidak banyak mengandung komponen beracun. Bagaimana pun juga, mengurangi polusi udara merupakan persyaratan yang harus dipenuhi oleh mesin pembakaran dewasa ini.

Pemakaian bahan bakar dari mesin Diesel kira-kira 25% lebih rendah dibanding mesin bensin, dan harga bahan bakarnya pun lebih rendah. Hal ini menyebabkan mesin Diesel lebih hemat dibanding mesin bensin. Namun karena pertimbangan kompresinya yang tinggi, maka tekanan kerja mesin Diesel menjadi lebih tinggi dari pada mesin bensin. Oleh karena itu, mesin Diesel harus dibuat lebih kuat dan kokoh, sehingga bobotnya menjadi lebih berat. Faktor bobot yang berat dan harga pompa penyemprot bahan bakar dari mesin Diesel lebih tinggi dari pada mesin bensin. Namun dipandang dari segi ekonomis bahan bakar serta polusi udara mesin Diesel masih lebih disukai, seperti halnya pada mesin bensin, mesin Diesel menurut siklus kerjanya dapat dibagi atas dua tipe, yaitu mesin Diesel siklus dua langkah dan mesin Diesel siklus empat langkah. (Groosman, 1985).

Mesin Diesel yang sering digunakan untuk penggerak mula untuk daya-daya yang besar adalah mesin Diesel siklus empat langkah atau kadang-kadang dikenal dengan sebuah mesin Diesel empat tak. Pada proses kerja mesin Diesel, dimana udara dikompresikan oleh torak sehingga tekanan mencapai 35-60 bar,

pada akhir kompresi udara begitu panas sehingga bahan bakar yang disemprotkan dalam bentuk kabut ke dalam silinder dengan tekanan tinggi akan terbakar dan melepaskan energi secara cepat selama pembakaran, yang menyebabkan tekanan gas naik dari 60 bar sampai 125 bar. (Groosman, 1985).

Pada proses empat langkah bahan bakar disemprotkan setiap detik putaran, dimana satu langkah diperlukan untuk menggantikan gas-gas buang hasil pembakaran dengan udara baru atau segar. Penggantian gas-gas sisa atau gas buang dikontrol oleh katup masuk yang terpasang pada kepala silinder. Setelah itu pengisapan dilakukan oleh torak dengan bantuan turbocharger. Katup-katup ini digerakkan oleh peralatan dari tuas dan bubungan, dimana poros hubungan ini digerakkan oleh sebuah roda gigi dari poros engkol.

Di dalam proses Penyemprotan bahan bakar ada tiga hubungan yang biasa dikenal dengan sebuah nok, pada poros nok yang berfungsi menggerakkan pompa bahan bakar agar bahan bakar tertekan masuk ke dalam Nozel dan keluar dalam bentuk kabut ke dalam silinder. Disamping itu, mesin diesel dengan pembangkit daya yang besar dapat dijalankan dengan suatu sistem kelistrikan dengan memakai sistem motor start. Untuk menjalankan mesin Diesel ini udara yang telah dimampatkan dalam bejana udara yang dipasang diatas kepala silinder.

➤ **Keunggulan Motor Diesel**

Keunggulan motor Diesel dibandingkan pembakaran yang lain adalah :

1. Motor Diesel lebih irit dalam pemakaian bahan bakar dengan motor bensin, motor diesel lebih efisien 20-30%.
2. Motor Diesel lebih kuat dan mempunyai daya tahan yang lebih lama.
3. Motor Diesel lebih besar tenaganya sehingga Motor Diesel dapat menjadi motor penggerak (primover).
4. Motor Diesel tidak dipengaruhi oleh cuaca.

➤ **Kelemahan / Kekurangan Motor diesel**

Kelemahan / Kekurangannya antara lain adalah :

1. Perbandingan tenaga terhadap berat motor masih lebih besar dibandingkan motor bensin.
2. Motor Diesel tetap lebih sukar dihidupkan pertama kali dibandingkan motor bensin.
2. Harga inisial (dasar) Motor Diesel lebih mahal karena Motor Diesel lebih kompleks dan lebih berat dibandingkan motor bensin.
3. Perawatan dan servis pada umumnya tidak dapat dikerjakan oleh bengkel lokal.

2.1.2 Prinsip Kerja Mesin Diesel Siklus Empat Langkah

Mesin Diesel siklus empat langkah dalam mewujudkan siklusnya memiliki dua kali putaran poros engkol yaitu 720° engkol untuk menghasilkan satu kali proses kerja, dimana diketahui bahwa empat langkah motor terdiri atas langkah pengisian atau pengisapan, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah pembuangan. Setiap langkah tersebut menempuh setengah putaran mesin dengan sudut 180° engkol.

Prinsip kerja tekanan gas hasil pembakaran bahan bakar dan udara akan mendorong torak yang dihubungkan dengan poros engkol menggunakan batang torak, sehingga torak dapat bergerak bolak-balik (*reciprocating*). Gerak bolak-balik torak akan diubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol (Crank shaft). Dan sebaliknya gerak rotasi poros engkol juga diubah menjadi gerak bolak-balik torak pada langkah kompresi.

Pada langkah isap hanya udara segar yang masuk ke dalam silinder. Pada waktu torak hampir mencapai TMA (Titik Mati Atas) bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder, maka terjadilah proses penyalaan untuk pembakaran, pada saat udara di dalam silinder sudah bertemperatur tinggi. Persyaratan ini dapat dipenuhi apabila dipergunakan perbandingan kompresi yang cukup tinggi, berkisar antara 12 sampai 25. Perbandingan kekuatan material serta berat mesin menyebabkan perbandingan kompresi yang digunakan berkisar antara 14 dan 17 (*Arismunandar, 1981*).

a) Langkah Isap / Pengisapan

Langkah isap adalah proses pemasukan udara ke dalam silinder, dimana pada saat permulaan langkah torak berada pada titik mati atas (TMA), kemudian torak bergerak ke bawah. Pada saat itu katup masuk terbuka sedangkan katup buang tertutup. Akibat pergerakan torak ke bawah di dalam silinder terjadi kevakuman sehingga menyebabkan udara segar atau udara baru masuk ke dalam silinder. Torak bergerak turun sehingga katup masuk terbuka antara 25° - 35° sesudah titik mati bawah (TMB). Langkah pengisian ini berakhir setelah katup masuk tertutup dan ruang silinder telah terisi penuh dengan udara segar.

b) Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi, udara yang diisap tadi dikompresikan atau dimampatkan oleh torak yang bergerak ke atas (dari TMB ke TMA). Katup buang dan katup masuk tertutup, dan selama langkah ini tekanan naik sehingga mencapai 550°C sedangkan volume ruangan diatas torak kira-kira 9% dari volume langkah. Langkah ini berlangsung secara adiabatic sehingga ada panas yang hilang melalui dinding dan penutup silinder.

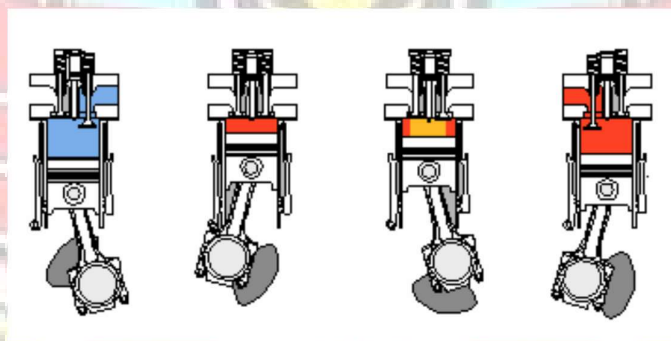
c) Langkah Kerja / Ekspansi

Sesaat sebelum torak mencapai TMA (kira-kira 10° TMA). Katup bahan bakar terbuka dan bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Suhu udara kompresi yang cukup tinggi memungkinkan terjadinya pembakaran. Pembakaran tidak berhenti dengan penutupan katup bahan bakar tapi berlangsung kontinu hina torak mulai bergerak ke bawah dan gas

pembakaran ini mampu mendorong torak bergerak turun hingga mencapai TMB. Pada langkah ini, kedua katup masih tertutup. Langkah ini juga berlangsung secara adiabatik serta terjadi proses kehilangan panas melalui dinding silinder.

d) Langkah Buang

Langkah buang adalah langkah yang terakhir, dimana pada tekanan $\pm 7,85$ bar, katup buang terbuka dan torak bergerak dari TMB ke TMA dengan tekanan sisa $\pm 2,94$ bar mendorong gas sisa pembakaran keluar dari dalam silinder melalui katup buang tersebut. Setelah langkah buang ini selesai, maka siklus kembali ke langkah isap / pengisapan ([http://Beda-Motor diesel putaran tinggi-.htm](http://Beda-Motor%20diesel%20putaran%20tinggi-.htm)).



(a) Combustion (b) Compression (c) Expansion /power (d) Exhaust

Gambar 2.1 Prinsip kerja mesin diesel siklus empat langkah

2.1.3 Siklus Kerja Mesin Diesel Empat Langkah

Siklus panas yang terjadi dalam motor bakar torak sangat kompleks untuk dianalisa secara teori. Untuk memudahkan analisa tersebut perlu pendekatan pada keadaan ideal. Makin ideal suatu keadaan makin mudah

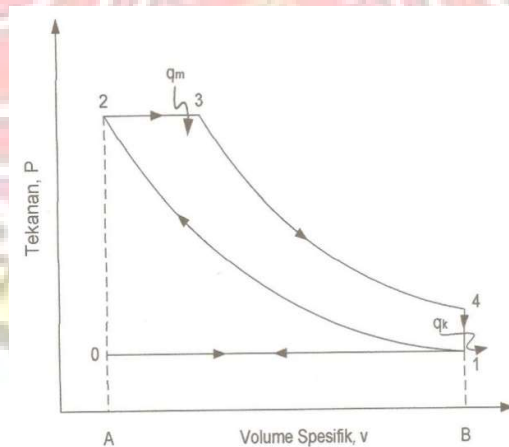
dianalisa, akan tetapi dengan sendirinya makin jauh menyimpang dari keadaan sebenarnya.

2.1.3.1 Siklus Ideal

Mesin Diesel bekerja berdasarkan siklus Diesel (siklus udara tekanan tetap). Siklus Diesel ideal mempunyai empat langkah seperti gambar di bawah ini (Arismunandar, 1981).

Proses siklus berlangsung seperti pada gambar 2.2 :

- 1) Langkah isap/pengisian (0-1) merupakan proses tekanan tetap.
- 2) Langkah kompresi (1-2) adalah proses isentropik.
- 3) Proses pembakaran (2-3) adalah tekanan tetap.
- 4) Langkah kerja (3-4).
- 5) Proses pembuangan (4-1).
- 6) Langkah buang (1-0), demikian seterusnya.



Gambar 2.2 Diagram P vs V dari siklus tekanan tetap

Proses (0-1), Langkah Isap / Pengisian

Untuk gas (G) yg masuk ke dalam silinder pada tekanan tetap (banyaknya udara dapat diukur menggunakan meter orifis). Udara mengisi ruangan silinder yang bertambah besar karena torak bergerak dari TMA ke TMB. Udara seolah-olah melakukan kerja.

$$W_{0-1} = P_0 (V_1 - V_0) \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana :

V_i = Volume gas pada keadaan awal, (m³)

V_e = Volume gas pada keadaan akhir, (m³)

P_o = Tekanan gas, (kg/m²)

W = Kerja, (kg m)

Proses (1-2), Langkah Kompresi

Proses ini berlangsung secara adiabatik dan reversibel atau dapat balik (isentropik).

Dimana : Q = 0

$$\Delta S = 0$$

Sehingga : $W_{1-2} = \Delta U = U_i - U_e \dots\dots\dots (2-2)$

Tanda i = Menunjukkan keadaan awal

Tanda e = Menunjukkan keadaan akhir

ΔS = Perubahan Entropi, (kcal/kg K)

ΔU = Perubahan energi-dalam, (kcal)

Q = Jumlah kalor yang masuk, (kcal)

Proses isentropik berlaku hubungan :

$$\frac{T_e}{T_i} = \left(\frac{P_e}{P_i}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{V_i}{V_e}\right)^{k-1} \dots\dots\dots (2-3)$$

Maka :

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = (r)^{k-1} \dots\dots\dots (2-4)$$

dimana :

- r = Perbandingan Kompresi
- r = (V₁ / V₂) = ((V_L + V_s) / V_s)
- k = c_p/c_v = Perbandingan kalor spesifik
- V_L = Volume langkah torak
- V_s = Volume Sisa

Jika (r) besar, nampak temperatur dan tekanan kerja akhir bertambah besar.

Proses (2-3), Proses Pembakaran

Pemasukan kalor pada tekanan tetap torak bergerak dari TMA ke TMB, dan volume berubah dari V₂ ke V₃.

Jumlah kalor yang dimasukkan,

$$Q_{2-3} = U_3 - U_2 + W_{2-3} \dots\dots\dots (2-5)$$

Kerja yang dilakukan,

$$W_{2-3} = P_2(V_3 - V_2), \quad P_2 = P_3 \dots\dots\dots (2-6)$$

Sehingga :

16

$$\begin{aligned} Q_{2-3} &= U_3 - U_2 + W_{2-3} \\ &= U_3 - U_2 + P_2(V_3 - V_2) \\ &= (U_3 + P_3 V_3) - (U_2 + P_2 V_2) \\ &= H_3 - H_2 \\ Q_{2-3} &= m c_p (T_3 - T_2) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2-7)$$

Dimana :

- H = entalpi , (J)
- m = berat molekul dari gas, (kg/kmol)
- c_p = konstanta kalor tekanan konstan dari fluida kerja.

Proses (3-4) adalah langkah ekspansi atau langkah kerja

Proses, Isentropik jadi $Q = 0, \Delta S = 0$

Sehingga :

$$\frac{T_5}{T_4} = \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = (r)^{k-1} \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

Kerja yang dihasilkan :

$$W_{3-4} = -\Delta U = U_3 - U_4 \quad \dots\dots\dots (2-9)$$

Proses (4-1) adalah pengeluaran kalor

Kalor yang dikeluarkan dari dalam silinder setelah torak mencapai TMB, temperatur turun dari T_4 ke T_1 berlangsung pada volume tetap,

$$V_4 = V_1; \text{ sehingga } W_{4-1} = 0$$

Dengan demikian,

$$Q_{4-1} = -\Delta U = m c_v (T_4 - T_1) \quad \dots\dots\dots (2-10)$$

Dimana : c_v = konstanta kalor pada volume konstan

Proses (1-0) adalah langkah buang

Torak bergerak dari TMB ke TMA \rightarrow 17 membuang gas sisa hasil pembakaran melalui katup buang.

Kerja yang dilakukan :

$$W_{2-3} = P_0(V_1 - V_0) \dots\dots\dots (2-11)$$

Kerja Per siklus :

$$\begin{aligned} W &= (H_3 - H_2) + (U_4 - U_1) \\ &= (Q_{2-3}) - (Q_{4-1}) \\ &= (Q_{in} - Q_{out}) \\ Q_{in} = Q_{2-3} &= H_3 - H_2 = m c_p (T_3 - T_2) \dots\dots\dots (2-12) \end{aligned}$$

$$Q_{out} = -Q_{4-1} = U_4 - U_1 = m c_v (T_4 - T_1) \dots\dots\dots (2-13)$$

Sehingga,

Efisiensi siklus, menjadi :

$$\begin{aligned} \eta &= (W / Q_m) = ((Q_m - Q_k) / Q_m) = (1 - (Q_k / Q_m)) \\ &= 1 - \frac{C_v (T_4 - T_1)}{C_p (T_3 - T_2)} \\ \eta &= 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{k(T_3 - T_2)} \dots\dots\dots (2-14) \end{aligned}$$

Tekanan dan temperatur selama proses berubah-ubah. Untuk itu dicari harga tekanan tertentu (tetap) yang apabila mendorong torak sepanjang langkah dapat menghasilkan kerja per siklus. Tekanan tersebut dinamai tekanan efektif rata-rata.

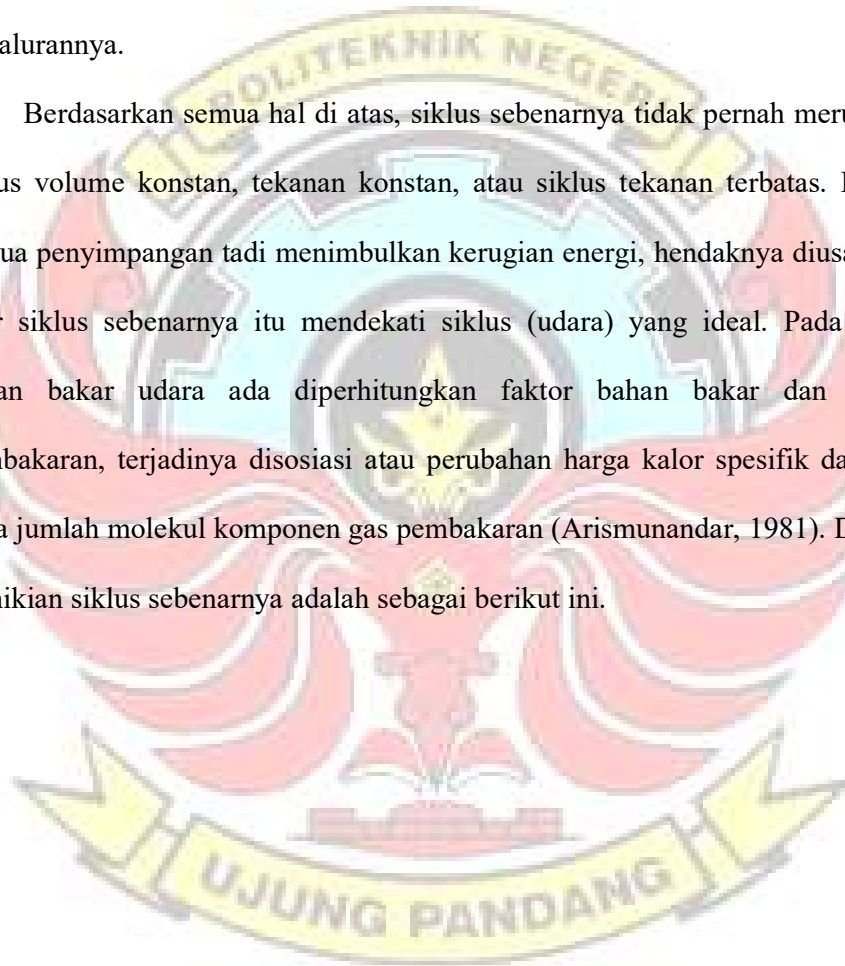
2.1.3.2 Siklus Sebenarnya

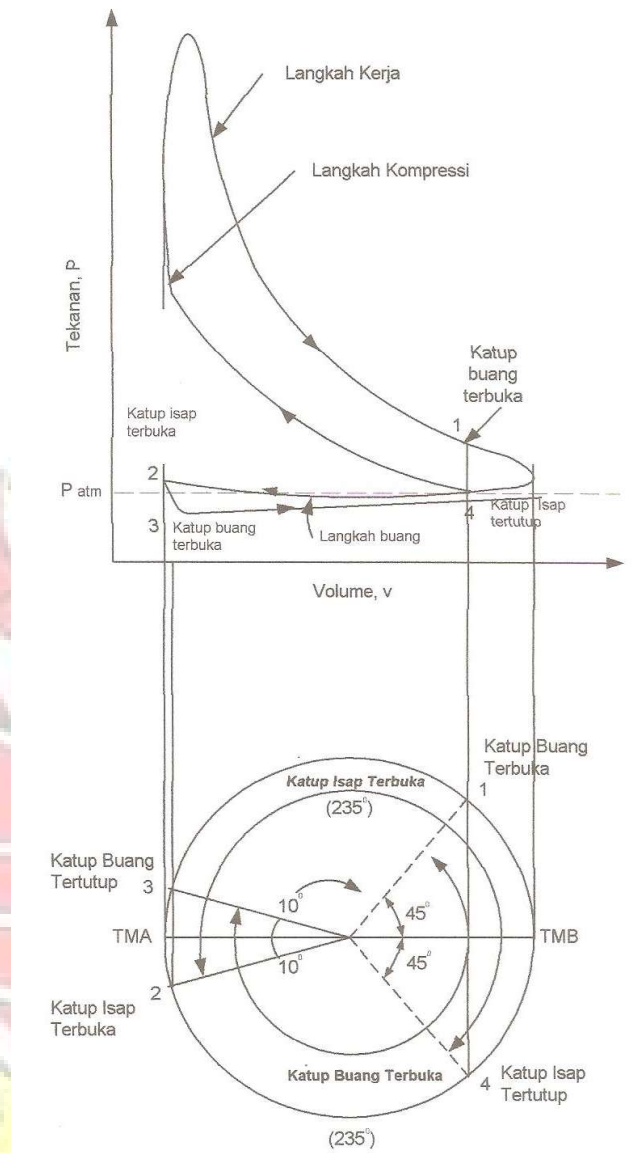
Penyimpangan dari siklus u^{18} (ideal) itu terjadi karena dalam keadaan yang sebenarnya terjadi kerugian yang disebabkan oleh hal berikut :

- a) Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup tak dapat sempurna.
- b) Katup tidak dibuka dan ditutup di titik mati atas dan titik mati bawah karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaban fluida kerja. Kerugian tersebut dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan dengan besarnya beban dan kecepatan torak.
- c) Fluida kerja bukanlah udara yang dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung.
- d) Pada waktu torak berada di titik mati atas tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti siklus udara. Kenaikan tekanan dan temperatur fluida kerja disebabkan oleh proses pembakaran antara lain bahan bakar dan udara di dalam silinder.
- e) Proses pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume atau pada tekanan konstan, disamping itu pada kenyataannya tidak pernah terjadi pembakaran sempurna, karena itu daya dan efisiensinya sangatlah bergantung pada perbandingan campuran udara bahan bakar, kesempurnaan udara bahan bakar itu bercampur dan saat penyalaan.
- f) Terdapat kerugian kalor yang disebabkan oleh perbedaan temperatur antara fluida kerja dan fluida pendingin.

- g) Terdapat kerugian energi yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut biasanya dimanfaatkan untuk menggerakkan sekitarnya. Energi tersebut biasanya dimanfaatkan untuk menggerakkan turbocharger pada mesin Diesel yang besar.
- h) Terdapat kerugian energi karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

Berdasarkan semua hal di atas, siklus sebenarnya tidak pernah merupakan siklus volume konstan, tekanan konstan, atau siklus tekanan terbatas. Karena semua penyimpangan tadi menimbulkan kerugian energi, hendaknya diusahakan agar siklus sebenarnya itu mendekati siklus (udara) yang ideal. Pada siklus bahan bakar udara ada diperhitungkan faktor bahan bakar dan proses pembakaran, terjadinya disosiasi atau perubahan harga kalor spesifik dan sifat serta jumlah molekul komponen gas pembakaran (Arismunandar, 1981). Dengan demikian siklus sebenarnya adalah sebagai berikut ini.





Gambar 2.3 Diagram P vs V untuk 4 langkah sebenarnya.

2.1.4 Parameter Kinerja Mesin Diesel Empat Langkah

Parameter-parameter prestasi kerja (kinerja) mesin Diesel ini digunakan untuk menghitung keefektifan (efisiensi) aktual dari kerja yang dihasilkan dari mesin Diesel. Kinerja dari sebuah mesin merupakan hal yang penting dalam pemakaian mesin. Dalam penggunaan mesin Diesel sebagai

penggerak mula pembangkit listrik harus diadakan analisis kerja mesin secara berkala yang disesuaikan dengan jam operasi mesin tersebut. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual dari mesin sehingga dapat disusun rencana kerja operasi atau pun pemeliharaan demi menghasilkan pasokan listrik yang optimal dan memperoleh efisiensi mesin yang baik.

Parameter-parameter kinerja mesin yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah, sebagai berikut :

1. Pemakaian Bahan Bakar
2. Daya Bahan Bakar
3. Daya Berguna / Daya poros mesin
4. Konsumsi bahan bakar spesifik
5. Efisiensi Thermal
6. Efisiensi Generator
7. Daya yang hilang dari sistem pendinginan

Untuk lebih jelasnya parameter kinerja mesin Diesel empat langkah akan diuraikan sebagai berikut ini.

1. Pemakaian Bahan Bakar (FC)

Pemakaian bahan bakar didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang digunakan mesin selama periode waktu tertentu. Dalam proyek akhir ini pemakaian bahan bakar diukur oleh alat ukur flowmeter yang dicatat setiap 4 jam pengoperasian mesin MBDG. Untuk menghasilkan pemakaian bahan bakar yang dikehendaki kemudian digunakan rumus :

$$FC = (V_{bb2} - V_{bb1}) \cdot \rho_{bb}, \dots\dots\dots (2-15)$$

Dimana :

FC = Pemakaian Bahan Bakar, (kg/jam)

V_{bb2} = Volume Bahan Bakar Akhir, (liter)

V_{bb1} = Volume Bahan Bakar Awal, (liter)

ρ_{bb} = Massa Jenis Bahan Bakar, (kg/liter)

2. Daya Bahan Bakar (Q_{bb})

Daya yang dihasilkan oleh bahan bakar merupakan energi masukan pada mesin selama periode waktu pengonsumsi bahan bakar. Energi bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$Q_{bb} = FC \cdot LHV \dots\dots\dots (2-16)$$

Dimana : Q_{bb} = Daya Bahan Bakar, (kW)

FC = Pemakaian bahan bakar, (kg/jam)

LHV = Nilai kalor Bahan Bakar, (kJ/kg)

3. Daya Berguna (Q_s)

Daya berguna atau daya pengereman adalah besarnya daya bersih (netto) yang tersedia pada poros penggerak. Daya berguna dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q_s = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60} \dots\dots\dots (2-17)$$

Dimana : Q_s = Daya Berguna, (kW)

N = Putaran Mesin, (Rpm)

T = Torsi Mesin, (kNm)

4. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik (Specific Fuel Consumption) dinyatakan sebagai jumlah bahan bakar yang dibutuhkan mesin dalam satuan waktu untuk menghasilkan 1 kW daya berguna. SFC adalah ukuran nilai ekonomis suatu mesin dalam penggunaan bahan bakar. Persamaan yang digunakan untuk menghitung SFC adalah sebagai berikut :

$$SFC = \frac{FC}{Q_s} \dots\dots\dots (2-18)$$

Dimana :

SFC = Konsumsi Bahan bakar Spesifik, (kg/kWH)

Q_s = Daya Berguna, (kW)

FC = Pemakaian bahan bakar, (kg/jam)

5. Efisiensi Mekanik Thermal (η_{th})

Efisiensi thermal dari suatu mesin adalah kemampuan mesin untuk meneruskan energi mekanik. Sehingga efisiensi thermal merupakan perbandingan antara energi kalor yang diubah menjadi daya berguna dengan jumlah energi kalor bahan bakar yang disuplai ke dalam ruang bakar. Persamaanya adalah sebagai berikut :

$$\eta_{th} = \frac{Q_s}{Q_{bb}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-19)$$

Dimana : η_{th} = Efisiensi Mekanik Thermal, (%)

Q_s = Daya Berguna, (kW)

Q_{bb} = Daya Bahan bakar, (kW)

6. Keseimbangan Energi

Keseimbangan energi merupakan suatu perbandingan antara energi kalor yang dihasilkan dan yang digunakan. Energi yang terjadi dari hasil pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak semuanya dapat menghasilkan daya berguna, namun sebagian dari energi kalor itu hilang akibat kerugian kalor.

Kesetimbangan energi kalor yang terjadi pada proses pembakaran meliputi :

- a) Daya bahan bakar (Q_{bb})

$$Q_{bb} = FC \cdot LHV$$

- b) Energi yang menghasilkan daya (daya berguna)

$$Q_s = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60}$$

Persentase daya berguna :

$$\% Q_s = \frac{Q_{bb}}{Q_s} \times 100\%$$

- c) Daya yang hilang dari sistem pendinginan

$$Q_{ap} = m_{ap} \cdot C_{p_{ap}} \cdot (T_{aout} - T_{ain}) \dots\dots\dots (2-20)$$

Dimana :

Q_{ap} = Daya yang hilang pada sistem pendinginan mesin, (kW)

m_{ap} = Laju aliran massa air pendingin, (kg/s)

$C_{p_{ap}}$ = Panas jenis spesifik air pendingin, (kJ/kg⁰C)

T_{aout} = Temperature air pendingin keluar mesin, (⁰C)

T_{ain} = Temperature air pendingin masuk mesin, (⁰C)

Untuk menghitung laju aliran massa air pendingin :

$$m_{ap} = q_{ap} + \rho_{ap} \dots\dots\dots (2-21)$$

Dimana :

q_{ap} = Debit aliran air pendingin. Untuk debit aliran air pendingin ini digunakan debit yang dihasilkan oleh pompa jacket cooling water yaitu sebesar $225 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,05305 \text{ m}^3/\text{s}$ (sumber : karakteristik pompa jacket cooling water pada data teknis manual book).

ρ_{ap} = massa jenis air pendingin (kg/m^3)

Sehingga persamaan energi yang hilang pada sistem pendingin adalah :

$$Q_{ap} = 0,0530 \cdot \rho_{ap} \cdot Cp_{ap} \cdot (T_{aout} - T_{ain}) \dots\dots\dots (2-22)$$

Persentase Q_{ap} :

$$\eta Q_{ap} = \frac{Q_{ap}}{Q_{bb}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-23)$$

2.2 Generator

Generator adalah suatu mesin yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik, tenaga mekanik disini digerakkan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet maupun sebaliknya memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar.

Tenaga mekanik dapat berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin, bahkan ada yang berasal dari motor listrik. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut biasa arus searah atau arus bolak-balik, hal ini tergantung dari susunan atau konstruksi generator dan sistem pengambilan arusnya (<http://gudang ilmu-Generator AC. co.id>)

Umumnya generator terdiri dari dua macam, yaitu :

- a) Generator arus searah
- b) Generator arus bolak-balik

Di pusat-pusat tenaga listrik, generator arus searah berfungsi sebagai sumber penguat magnet (exciter) pada generator utama, dan generator arus bolak-balik dipakai dalam sistem distribusi.

2.2.1 Prinsip dasar generator *Alternatif Current* (AC)

Berdasarkan induksi elektromagnetik yaitu jika suatu penghantar digerakkan dalam bidang magnet, maka akan dibangkitkan gaya gerak listrik (GGL), pada penghantar tersebut. Untuk menghasilkan medan magnet maka kumparan yang ada pada rotor dialiri arus *Direct Current* (DC) sehingga akan berubah menjadi medan magnet. Ketika rotor diputar oleh penggerak mula, kutub-kutub akan lewat dibawah kumparan jangkar yang ada pada stator, jika fluks medan yang akan memotong penghantar dan menginduksi GGL. Padanya GGL yang dihasilkan adalah GGL AC karena kutub dengan polaritas yang berubah-ubah (u-s) terus-menerus melewati konduktor jangkar.

GGL bolak-balik yang ditimbulkan tergantung pada laju perubahan fluks yang besarnya memenuhi hukum Faraday :

$$\varepsilon = -N \cdot d\Phi / dt \dots\dots\dots (2-24)$$

Dimana :

ε = GGL induks pada jangkar

N = Jumlah lilitan jangkar

$d\Phi / dt$ = Laju perubahan fluksi

Tanda (-) menyatakan kesesuaian dengan Hukum Lenz. Besarnya GGL yang diinduksikan juga tergantung pada putaran rotor. Karena kebanyakan generator sinkron (AC) bekerja pada putaran tetap, maka besarnya GGL itu ditentukan oleh arus medan (arus eksitasi, arus yang dialirkan ke rotor) :

$$E = c \cdot n \cdot \Phi \dots\dots\dots (2-25)$$

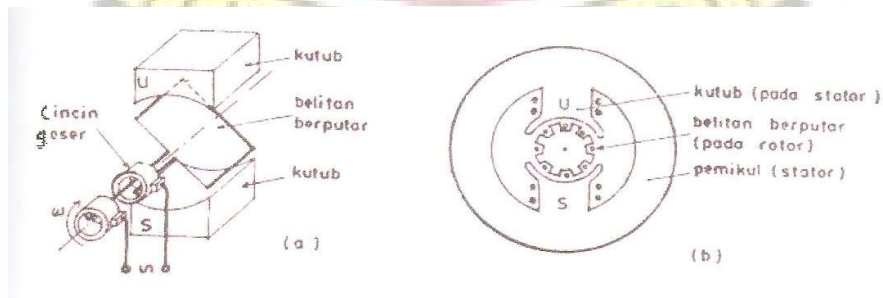
Dimana :

- c = konstanta mesin
- n = putaran mesin
- Φ = fluksi
- E = GGL pada jangkar

2.2.2 Bentuk – bentuk Generator *Alternatif Current* (AC)

a) Generator kutub luar

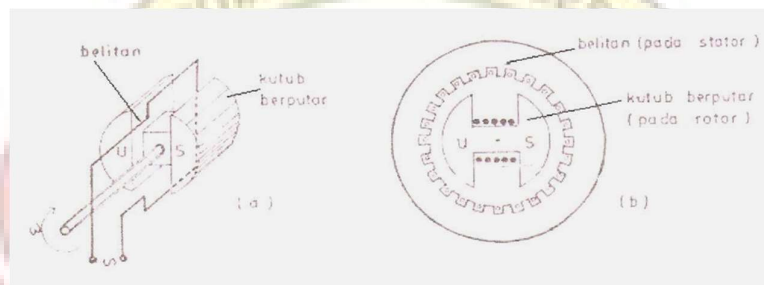
Medan magnet diperoleh dari sepasang magnet permanent, dengan kutub U (utara) dan S (selatan). Dalam medan magnet tersebut di putar sebuah belitan, arus listik yang dibangkitkan dalam belitan diperoleh dengan bantuan sepasang cincin geser dan sikat, dimana nantinya belitan yang akan berputar dan kutub magnet yang diam.



Gambar 2.4 Konstruksi generator kutub luar

b) Generator kutub dalam

Kutub dipasang pada rotor sedangkan belitannya pada stator, perbedaan prinsip konstruksi ini dengan generator kutub luara dalah bahwa pada generator ini tegangan dan arusnya tidak diambil melalui cincin geser dan sikat, melainkan langsung dari belitan yang tidak berputar, hal ini penting untuk daya yang besar dengan tegangan yang tinggi dan arus yang besar.



Gambar 2.5 konstruksi generator kutub dalam

Parameter yang digunakan pada generator yaitu :

1. Daya Generator (MW)

$$P_g = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \dots\dots\dots (2-26)$$

Dimana :

P_g = Daya generator, (MW)

V = Tegangan generator, (V)

I = Arus generator, (A)

$\cos \Phi$ = faktor daya

2. Efisiensi Generator (%)

$$Eff_g = \frac{Q_s}{Q_{Gen}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2-27)$$

Dimana :

Q_s = Daya yang masuk (MW)

$$= Q_s = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60}$$

Q_{Gen} = Daya yang keluar (MW)

$$= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\phi$$

2.2.3 Komponen Generator *Alternatif Current* (AC)

Komponen yang penting dari generator AC adalah :

a) Rangka Stator, dibuat dari besi tuang. Rangka stator merupakan rumah dari bagian-bagian dari generator yang lain.

b) Stator

Bagian ini tersusun dari plat-plat (seperti yang dipergunakan juga pada jangkar dari mesin arus searah) stator yang mempunyai alur-alur sebagai tempat terjadinya GGL induksi.

c) Rotor

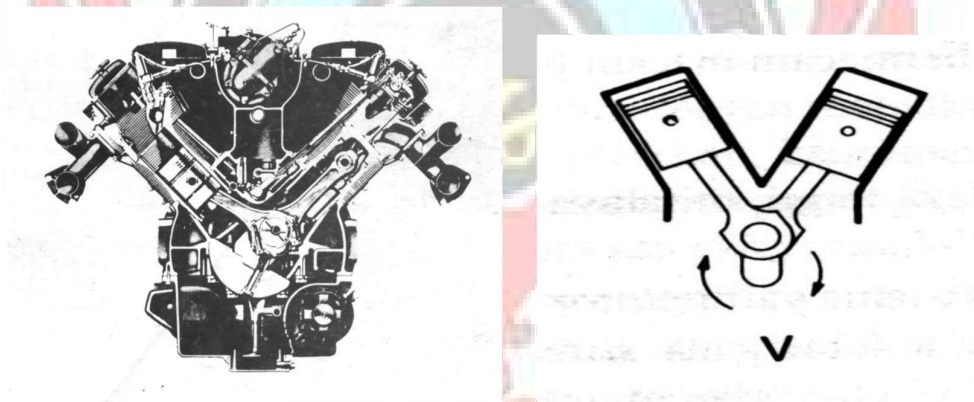
Rotor merupakan bagian yang berputar. Pada rotor terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitan yang dialiri arus searah, melewati cincin geser dan sikat-sikat.

d) Slip ring atau cincin geser

Dibuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slip ini berputar-putar bersama-sama dengan poros dan rotor.

buah MBDG yang juga berkapasitas 8 MW. Mesin Diesel Mirrless Blackstone “KV” Major adalah mesin 4 tak yang penyalannya melalui kompresi udara dan bahan bakar, menggunakan *turbocharger*, serta pendingin udara. Didesain untuk operasi pada *light* dan *heavy fuel oil*. Mesin tipe V terdiri dari dua *bank silinder*, setiap silinder mempunyai kemiringan $22,5^\circ$ terhadap sumbu vertikal.

Prinsip kerjanya adalah seperti motor-motor bakar pada umumnya, yaitu piston-piston yang bergerak karena pembakaran akan memutar poros yang selanjutnya akan memutar generator pada kecepatan 600 rpm. Masing-masing generator akan menghasilkan daya maksimum 8 MW pada tegangan 11 kV.



Gambar 2.6 Konfigurasi mesin diesel 4 langkah model V



Gambar 2.7 *Mirrless Blackstone Diesel Generator (MBDG)*

2.3.2 Diesel Generating Station.



Gambar 2.8 bangunan MBDG pada PT.INCO

Stasiun pembangkit tenaga Diesel PT.INCO soroako terdiri atas 5 unit generator Diesel *Mirrless Blackstone Diesel Generator* (MBDG) yang identik. Stasiun dibangun dengan kapasitas 5 generator Diesel maksimum dapat membangkitkan sebesar 8 MW. Stasiun pembangkit tenaga Diesel dilengkapi dengan waste heat recovery boiler (Aaborg Ciserv) yang terpasang pada pipa saluran gas buang generator Diesel, dan satu unit Auxiliary boiler (John Thompsom package boiler) dengan bahan bakar Diesel, di mana dapat menyuplai sebesar 20000 kg/jam uap jenuh pada tekanan 1180 kpa (g). Kondisi uap ditingkatkan dengan pengoperasian tiga unit MCR dan boiler pembantu.

Gedung Diesel generator merupakan bangunan dengan konstruksi baja dengan luas 30,7 m x 59 m, dan ditingkatkan pada elevasi 598,2 m. Lantai terbuka pada tingkat dasar dan kisi-kisi sebagai ventilasi udara alami yang terletak sepanjang atap bangunan. Bangunan ini dilengkapi dengan crane berjalan dengan kapasitas 30 ton untuk pengangkat utama dan sebuah pengangkat penunjang dengan kapasitas 2 ton untuk memenuhi kebutuhan stasiun pembangkit tenaga Diesel. Sebuah rel tunggal berkapasitas 2 ton tersedia di sekitar workshop.

Auxiliary boiler, waste heat boiler dan miscellaneous tankage ditempatkan diluar gedung . Generator Diesel, dan boiler serta sistem penunjangnya dapat dikontrol dari switching pada gedung atau pada remote Diesel control panel pada thermal power plant.

2.3.3 Diesel Fuel Oil System

Diesel Fuel oil berasal dari sebuah pipa Diesel fuel oil supply melewati sebuah Diesel fuel oil flow meter masuk ke dalam Diesel fuel oil pressure pump yang digerakkan oleh sebuah motor listrik, pompa ini terdapat pada masing-masing unit generator Diesel. Pompa ini kemudian mengantarkan bahan bakar masuk ke dalam filter pada inlet bus rail pada pompa injeksi bahan bakar pada mesin. Sebuah pneumatically actued valve yang dioperasikan dengan sebuah electrical solenoid ditempatkan pada pipa supply untuk masing-masing mesin Diesel, yang secara otomatis akan shut-off pada saat terjadi kebakaran.

1. Diesel Fuel Oil Skid

Diesel fuel oil pressuring pump, duplex Diesel fuel oil filter dan filter inlet dan outlet pressure indikator semuanya dipasang pada Diesel fuel oil skid, yang disupply oleh MIRRLESS BLACKSTONE. Sebuah pipa by pass dan non return valve ditempatkan melewati pressuring pump sehingga bahan bakar Diesel dapat langsung di supply melalui supply bahan bakar. Hal ini memungkinkan mesin dapat dioperasikan meskipun pressuring pump tidak digunakan, ataupun pada saat tekanan supply rendah dan bahan bakar tidak bersirkulasi. Bila tekanan bahan bakar rendah, Gasification pada fuel bus rails mungkin terjadi, yang

menyebabkan pemasukan pompa injeksi bahan bakar menjadi tidak efisien dan mesin beroperasi dalam keadaan tidak menentu.

2. Diesel Engine Diesel Fuel oil System

Fuel inlet bus rail pada mesin mensuplai bahan bakar masuk ke setiap pompa injeksi dan sebuah return bus rail yang mengambil kembali bahan bakar serta mengembalikannya ke pressuring pump suction. Sebuah pressuring valve ditempatkan pada return pipe yang terdapat pada pressuring pump untuk menjaga bus rail bekerja di bawah tekanan yang sebenarnya. Menjaga tekanan yang terjadi dan sirkulasi suplai bahan bakar pada pompa injeksi akan menjamin mesin beroperasi dengan baik dan karakteristik injeksi akan menjadi konstan.

Sebuah pompa injeksi bahan bakar dipasang pada bagian depan setiap silinder pompa dioperasikan oleh sebuah cam, bucket tappet, spring-return plunger type, mengantarkan bahan bakar (melalui Injector) masuk ke silinder mesin dengan jumlah yang tepat yang dalam bentuk semprotan bahan bakar.

3. Diesel Fuel Oil Flow meter

Sebuah mikro motion flow sensor and microprocessor berdasarkan massa flow transmitter di pasang pada pipa suplai untuk setiap Diesel fuel oil skids. Kecepatan aliran diukur pada sensor tube dan diadakan koreksi terhadap density dan variasi temperatur untuk menentukan laju aliran massanya. Indikasinya dapat dilihat pada panel control dan remote panel control.

2.3.4 Diesel Fuel Oil Storage and Supply System

Diesel Fuel Oil Storage dan supply system mensirkulasikan Diesel fuel oil yang dialirkan dalam sebuah pipa dari Diesel fuel oil tank ke bangunan generator Diesel dan kemudian kembali ke Diesel fuel tank. Percabangan dari pipa suplai Diesel fuel oil menyuplai Diesel fuel oil ke Diesel generator Diesel fuel oil kids ke auxiliary boiler. Used oil dari waste oil system dipompa ke Diesel fuel oil return piping dimana used oil diencerkan dan dicampur serta digunakan kembali untuk Diesel fuel oil.

Sebuah pipa outlet pada Diesel fuel oil tank bercabang dan kemudian diperkecil menjadi dua jalur dimana filter pompa Diesel fuel oil circulating untuk yang beroperasi dan stand-by terpasang.

2.3.5 Diesel Fuel Oil Tank

Diesel Fuel oil tank mempunyai kapasitas 750000 liter, yang berada pada daerah Diesel fuel oil. Sebuah indikator level tipe pita ditempatkan pada tangki untuk mengetahui indikasi lokal pada level tangki. Indikator level ini mempunyai 2 switching point yang saling berpisah. Sebuah low level switch, dan satunya lagi low-low level switch. Low level switch dan low-low level switch digunakan untuk membunyikan alarm “Fuel Oil Tank Level Low” dan Fuel Oil Tank Level Low-Low” pada panel Control Dan remote panel control.

2.4 Lubricating Oil System

Lubricating Oil supply untuk Diesel engine berasal dari tiga lubricating oil tank dengan kapasitas 17.500 liter yang ditempatkan pada lokasi Diesel fuel oil, dan dihubungkan dengan Diesel engine dengan 3 percabangan. Dengan

adanya tekanan pada tigger nozzle, lubricating oil dapat dimasukkan ke Diesel engine . Aliran indikasi komulatif dari volume lubricating oil digunakan pada masing-masing unit Diesel generator, dapat diketahui dari flow element yang tersedia.

Lubricating oil didapatkan dari 2 pompa utama dari lubricating oil yang terdapat pada ujung mesin. Pompa ini dijalankan oleh sebuah gear pada ujung crankshaft dan menarik lubricating oil dari tempat penampungan melalui dari dua saringan kasar yang dikopel melalui nonreturn foot valve.

Pompa deleveri dikopel dengan sebuah relief valve yang diset pada 630 kpa (g), dan dihubungkan dengan pipa deleveri untuk menghilangkan akses pada tekanan balik pada sisi tekanan pompa. Hal ini melindungi pipa lubricating oil dan peralatan lainnya dari pressure yang bisa jadi lebih besar selama pendinginan oil.

Dari pompa lube oil, oil mengalir melalui lube oil clooser (didinginkan dengan circulating water) dan kemudian disaring sebelum dialirkan kembali ke mesin, yang mana oil masuk melalui gallery yang menyatu dengan bedplate. Lubricating oil thermostatic valve menjaga temperatur minimum oil yang keluar dari mesin yakni 74 -79 °C dengan melewati aliran lubricating oil pada coolers. Tekanan lubricating oil yang masuk pada mesin di kontrol dengan regulating valve yang di set pada 420 kpa (g). Tekanan lubricating oil pada gallery, yang kemudian masuk ke dalam main bearing melalui lubang yang terdapat pada bedplate.

Unit lube oil centrifuge secara terus menerus membersihkan Diesel engine lubricating oil dari water, sisi pembakaran, lumpur, dan benda-benda lain.

Level oil pada bedplate di ukur dengan sebuah dipstick yang terdapat pada “B” bank, menutupi pemasukan oil.

Terdapat 2 monitor temperatur pada setiap sembilan crankshaft bearing yaitu bagian depan dan belakang, satu lagi terdapat pada thrusht bearing dari mesin. Dengan memilih tampilan monitor, temperature bearing dapat dibaca dalam bentuk digital. 19 temperatur bearing dapat dimonitor pada control panel mesin.

Alarm “Engine Bearing Temperature High” akan berbunyi pada saat temperature bearing melebihi 85°C. Sedangkan alarm “Engine Bearing Temperature High High” akan berbunyi pada saat temperatur bearing mencapai 90°C dan generator Diesel akan shutdown. Serupa dengan lube oil mesin Diesel, maka alarm “Lube oil Inlet Temperature High” akan berbunyi pada saat temperatur mencapai 76°C, dan generator Diesel akan segera shutdown.

Sebuah indikator pressure pada control panel dipasang untuk mengetahui inlet pressure pada mesin Diesel. Pada saat Inlet pressure mencapai 380 kpa(g) atau 55 psig alarm “Lube Oil Inlet temperature Low” akan berbunyi dan generator Diesel shutdown.

2.5 Start Air System

Start air system terdiri atas 2 skid mounted start air compressor dan 3 start air receivers satu untuk setiap generator. Udara yang dikompresi yang memberikan gaya dibutuhkan untuk start Diesel generator dan menyediakan control udara untuk engine pneumatic control system.

2.5.1 Start Air Compressors

Terdapat 2 start air compressor yang dipasang pada individual bases dan ditempatkan common skid base dengan dilengkapi anti shock. Start air compressor digerakkan dengan motor listrik, tiga stage, fan cooled, dan compressor tipe reciprocating.

Menjalankan dan menghentikan start air compressor dikontrol dengan signal dari lead dan lag pressure switch yang dipasang pada cubicle control. Lag pressure switch (stand-by) diset pada 2600 kpa (g) dan yang beroperasi (lead) pressure switch diset pada 300 kpa (g). Pada kondisi normal hanya satu compressor yang beroperasi, sedangkan apabila pressure berada di bawah 2500 kpa (g) maka kedua compressor akan beroperasi.

2.5.2 Start Air Receivers

Terdapat 2 starts air receivers yang masing-masing ditempatkan pada auxiliary dari generator Diesel. Setiap start air receivers masing-masing mempunyai kapasitas 1206 liter dengan Pressure 3500 kpa (g). Safety valve pada setiap start air receiver akan terbuka pada pressure 3400 m kpa (g).

2.6 Exhaust System

Mesin Diesel memerlukan jumlah udara yang banyak untuk membakar bahan bakar. Sistem udara masuk harus menyediakan udara yang cukup bersih untuk pembakaran. Sistem pembuangan gas bekas harus membuang panas dan gas pembakaran. Tiap hambatan terhadap aliran udara atau gas pembakaran yang melalui sistem akan mengurangi kinerja mesin.

2.6.1 Turbocharger

Dari saringan udara lalu udara mengalir ke dalam turbocharger.

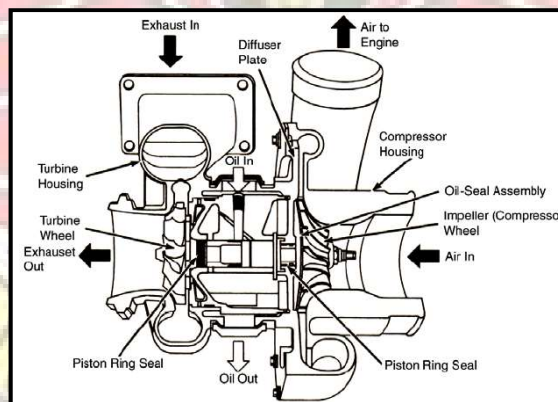
Fungsi dari Turbocharger, yaitu :

1. Membantu menjaga tenaga mesin pada dataran tinggi.
2. Menambah tenaga mesin (horsepower).

Turbocharger menyediakan lebih banyak udara ke dalam mesin sehingga memungkinkan lebih banyak bahan bakar yang dapat dibakar.

2.6.2 Sistem Operasi Turbocharger.

Gas buang memutar turbin. Karena compressor dan turbin berada pada satu poros, maka compressor turut berputar. Bertambah cepat compressor berputar, maka bertambah banyak udara yang dimasukkan ke dalam sistem udara yang memperbesar tekanan dan density. Peningkatan tekanan udara disebut *boost*.



Gambar 2.9 Turbocharger

2.6.3 Waste gate

Waste gate adalah bagian dari beberapa turbocharger. Apabila *boost* lebih besar dari yang dianjurkan, maka *waste gate* terbuka untuk membuang gas buang dari sekeliling turbin ke atmosfer. Dengan mengurangi aliran gas buang,

maka akan memperlambat putaran turbin dan kompresor untuk mengontrol tekanan *boost*. *Turbocharger* memberikan banyak udara untuk memperbaiki pembakaran. Karena udara dimampatkan, maka udara tersebut akan panas dan mengembang, menjadi berkurang massa jenisnya. Ini berarti akan terjadi tidak cukup udara untuk menghasilkan pembakaran yang baik, pada *fuel setting* yang lebih besar. Sebagian besar mesin yang memakai *turbocharger* memakai *aftercooler* untuk mengurangi suhu udara masuk.

2.6.4 Aftercooler Turbocharger

Suhu udara yang masuk melewati turbocharger sekitar 300⁰ F. Udara panas yang masuk dan kandungan oksigen yang kurang padat. Dengan adanya *Aftercooler* panas dari udara masuk dikurangi untuk mendapatkan kandungan oksigen yang optimal.

2.6.5 Intake manifold

Dari *aftercooler*, udara mengalir masuk ke dalam *intake manifold* dan ke lubang *valve intake* pada tiap silinder. *Intake manifold* berada pada *cylinder head*.

2.6.6 Exhaust Manifold

Udara masuk ke dalam ruang bakar dimana terjadi pembakaran. Gas hasil pembakaran keluar melalui lubang keluar dan masuk ke dalam *exhaust manifold*. *Exhaust manifold* terpasang pada *cylinder head* dan tepat pada lubang keluar untuk gas buang.

2.6.7 Muffler

Dari *turbocharger*, gas bekas pembakaran disalurkan melalui *muffler* dan *exhaust stack*. *Muffler* meredam suara ribut dari gas buang sehingga membuat suara mesin menjadi lebih halus.

2.6.8 Exhaust Stack

Setelah gas buang melalui *muffler*, maka gas buang tadi melewati *exhaust stack* (pipa keluar). *Stack* (pipa) ini mengeluarkan gas buang agar menjauh dari operator. Gas buang masuk ke atmosfer melalui *stack* tadi. Sebagai tambahan pada komponen dasar anda juga perlu memahami mengenai *engine marine* dan *industrial* yang mungkin memakai (1) *water cooled exhaust manifold* dan (2) *water cooled turbocharger*. Perubahan jumlah aliran udara masuk (*air intake*) atau gas buang (*exhaust*) pada *engine*, akan berpengaruh pada kemampuan *engine* (*performance*).

2.7 Sistem Pendinginan Mesin

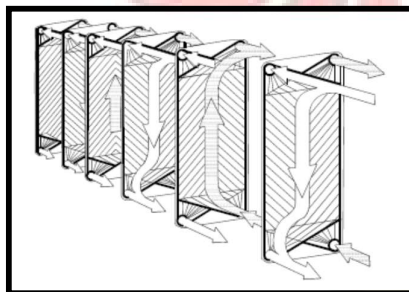
2.7.1 Jacket Water System

Setiap unit Diesel generator mempunyai jacket water system dengan rangkaian tertutup. Rangkaian tertutup yang berfungsi untuk mendinginkan silinder mesin Diesel. Panas dari jacket water system di pindahkan ke circulating water system (primary coolan) pada softened water system (water heat recovery). Water flow dari pompa softened water terbagi 3 aliran yang sama dan di beri panas pendahuluan sampai sekitar 70 °C pada setiap bagian jacket water cooler untuk setiap unit. Jacket water thermostatic valve minimal mempunyai temperatur 82 °C pada saat meninggalkan mesin setelah aliran jacket water melewati cooler.

Jacket water pressurizing valve disediakan untuk menyesuaikan dengan discharge pressure yang sesuai, yaitu 250-260 kpa (g) dan dengan flow 191 m³/hr. Alarm 'jacket water flow low ' akan berbunyi pada control panel atau remote control panel bila aliran turun sampai sekitar 85 % dari rancangan aliran. Sedangkan alarm 'Jacket Water Outlet Temperature High-High' akan berbunyi pada saat temperatur mencapai 91 °C dan generator Diesel akan shut down.



Gambar 2.10 Piping system Jacket water



(a)



(b)

Gambar 2.11 Plate Heat Exchanger Type (a) and Cooler (b).

2.7.2 Jacket Water Cooler

Jacket water coolers yang digunakan adalah heat exchanger tipe plat yang di suplai oleh ULTRA FLEX. Setiap jacket water coolers dipisahkan oleh 2 aliran yang paralel (sekitar 70 %, 30 %) pada sisi jacket water dengan division plate sandwich diantara exchanger plate. Aliran circulating water lebih banyak mendinginkan aliran jacket water pada sisi depan dari heat exchanger (70 %) sampai dengan kebutuhan pendinginan yang dibutuhkan oleh sistem. Sementara aliran softened water mengimbangi aliran jacket water (30 %) pada sisi belakang dari heat exchanger. Softened water diberi panas pendahuluan sampai 70 °C. Untuk kemudian ditransfer ke deaerator.

2.7.3 Valve Cage Water System



Gambar 2.12 Piping Sistem Valve Cage Water

Setiap generator Diesel mempunyai valve cage system yang merupakan rangkaian tertutup untuk mendinginkan diesel engine exhaust valve cage dan dudukannya. Panas dari valve cage system dipindahkan ke circulating water system melalui valve cage cooler. Sebuah thermostatic valve dipasang menjaga temperature minimum pada engine outlet yaitu sekitar 85 °C dengan melewati aliran valve cage water melalui cooler. Alarm 'valve cage water

outlet temperature abnormal ‘ akan berbunyi pada panel control dan remote diesel panel control apabila temperature lebih besar dari 88 °C atau kurang dari 68 °C. Inlet pressure valve cage water dan outlet temperature dimonitor pada panel control. Sedangkan, inlet pressure hanya dimonitor di remote Diesel panel control . Alarm ‘valve cage inlet pressure low’ akan berbunyi pada control dan remote engine panel control apabila inlet pressure –nya kurang dari 345 kpa (g) atau 50 psig.

2.7.3.1 Valve Cage Coolers

Valve cage cooler yang akan digunakan adalah sama dengan jacket water cooler, yaitu heat exchanger tipe plate, yang disuplai oleh ULTRA FLEX. Temperatur inlet dan outlet dari heat exchanger dapat dimonitor dengan indikator temperatur yang dipasang pada cooler.

2.7.3.2 Valve Cage Water Pump Skid

Valve cage water pump skid yang digunakan pada setiap unit disuplai oleh MIRRLESS BLACKSTONE . Setiap skid dilengkapi dengan thermostatic valve, isolating valve, pressure valve, duty and stand-by pumps, filter, local temperature indicator and local pressure indicator. Thermostatic valve pada skid menjaga temperatur minimal pada engine outlet yakni pada temperatur 85°C dengan mengatur aliran valve cage water yang melalui cooler. Pompa yang stand-by akan beroperasi secara otomatis pada saat pompa yang sedang beroperasi mengalami overload.



(a)

(b)

Gambar 2.13 Cooler (a) and Pump Valve Cage Water (b).

2.8 Water Treatment Plant and Softener Water System

Water treatment plant tersedia dari satu unit duplex sand filter dan satu unit duplex softener raw water lewat jalur line yang merupakan percabangan dari fire protection sistem. Pressure supply untuk raw water pada water treatment plant diatur oleh pressure control valve. Kemudian percabangan pressure control valve berhubungan dengan supply unfiltered raw water pada sample coolers dari auxiliary boiler, WHRB, dan deaerator raw water kemudian disaring dengan filter melalui duplex softener unit.

Softened water di pompa dari softened water storage tank ke deaerator dengan softened water pump. Softener water dialirkan melalui jacket water coolers, yang diberi panas pendahuluan 70°C oleh engine jacket water coolers diberikan ke deaerator. Sebuah by-pass dipasang untuk mengalirkan softened water ke deaerator bila satu atau jacket water cooler tidak dapat berfungsi.

2.8.1 Pressure Control Valve

Untuk menghindari over-pressurising pada water treatment plant, sebuah pressure, control valve digunakan untuk mengatur supply pressure dari raw water, dimana maximum working pressure-nya adalah 700 kpa (g). Sebuah by-pass pada pressure control valve dalam keadaan rusak. Pressure control ini terdiri dari 3 pressure control relief valve yang dipasang untuk melindungi water treatment plant dari over pressure relief valve yang dipasang untuk melindungi water treatment plant dari over pressure selama by-pass digunakan. Pressure relief valve diset tidak lebih dari 600 kpa (g).

2.8.2 Duplex Sand Filter Unit

Raw water yang disuplai kemungkinan masih mengandung partikel-partikel kecil yang dapat mengganggu jalanya proses terutama dengan ukuran lebih besar dari 10 mikron. Partikel-partikel tersebut disaring dengan menggunakan duplex sand filter unit yang dapat menyaring partikel-partikel yang berukuran antara 10-20 mikron.

2.8.3 Duplex Softener Unit

Duplex softener unit digunakan menyediakan air dengan kekerasan tidak kurang 5 ppm CaCO_3 (berdasarkan kekerasan pada raw water yang tidak kurang dari 100 ppm (CaCO_3)). Sebuah by-pass terpasang untuk kondisi emergency yang mengalirkan raw meter dari duplex sand filter unit menuju ke softener water storage tank, dimana by-pass ini digunakan jika duplex softener mengalami gangguan, namun hanya digunakan tidak lebih dari 2 jam tiap hari.

2.8.4 Conductivity monitor

Konduktivitas softener water dapat dimonitor oleh conductivity monitor pada outlet dari duplex softener unit. Monitor ini bertujuan untuk mendeteksi adanya kerusakan pada sistem regenerasi dari duplex softener unit, dan mencegah softened water terkontaminasi oleh heavilybrine yang telah dicampurkan oleh softened water tank. Kerusakan pada sistem regenerasi terjadi apabila konduktivitas dari softened water telah mencapai 55 S/cm. Apabila kondisi ini terjadi, maka alarm "softened water conductivity high" akan berbunyi pada panel control dan remote panel control. Pada kondisi ini motorized valve akan tertutup dan operasi dapat dilanjutkan dengan menggunakan by-pass dari softener unit untuk waktu yang singkat.

2.8.5 Softener water storage

Softener water storage tank adalah tangki jenis atmosferik dimana konstruksinya terbuat dari glass reinforced plastic yang mempunyai kapasitas maksimum 10 m³. Level air dari tangki dapat dikontrol dengan menggunakan ball float valve, selain itu digunakan pula pada level tangki yang tersedia. Pada tangki juga ditempatkan batas low dan high level yang akan membunyikan alarm pada panel control dan remote panel control saat kondisi tersebut tercapai.

2.8.6 Softener Water Pump

Softener water pump tersedia dua buah dimana salah satu pompa beroperasi sedang satunya stand-by. Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal dengan tipe back pull out yang digerakkan dengan menggunakan electric motor driven single stage, yang disuplai oleh klair pumps Australia. Pada

saat level softened water storage tank mencapai titik terendah, softened water pumps akan mengalami trip softener water pumps juga akan trip pada saat level deaerator mencapai titik tertinggi.

2.8.7 Flow Transmitter

Dipasang untuk memonitor aliran softened water ke deaerator. Flow transmitter dihubungkan dengan chemical ke deaerator sehingga seimbang dengan aliran softened water.

2.8.8 Domestic Water System

Domestic water sistem pada station generation Diesel mendapat suplai dari thermal power station, melalui sebuah pipa yang akan kemudian bercabang menjadi 3 bagian yaitu:

1. Untuk eye wash, emergency shower, dan domestic water tank. Sebuah tangki dengan kapasitas 400 liter mensuplai air untuk toilet, wash basin, dan beberapa tempat penampungan lainnya pada saat suplai dari thermal power plant berkurang.
2. Untuk jacket water expansion tank, untuk setiap unit generator
3. Untuk valve cage water expansion tank, untuk setiap kali unit generator.

2.8.9 Water Deioniser

Berfungsi untuk membilas domestic water sehingga pure water untuk digunakan pada valve cage system. Water deionizer yang digunakan merupakan cartridge type CD 1000, masing-masing cartridge mempunyai kapasitas untuk menghasilkan 2000 liter air dengan konduktivitas 0,1 s/d 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kualitas air

seharusnya dimonitor secara terus-menerus dan pada saat konduktivitasnya telah mencapai 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, maka cartridge harus diganti.

2.9 Circulating Water System

Circulating water system disediakan sebagai cooling water dengan temperature maksimum 27 $^{\circ}\text{C}$. Sistem ini digunakan untuk mendinginkan setiap charge air coolers (turbochanger outlet) dari mesin Diesel, lube oil cooler, jacket water cooler dan valve cage coolers. Valve dipasang pada pipa charge air cooler untuk menyeimbangkan aliran yang terjadi di dalam charge air cooler.

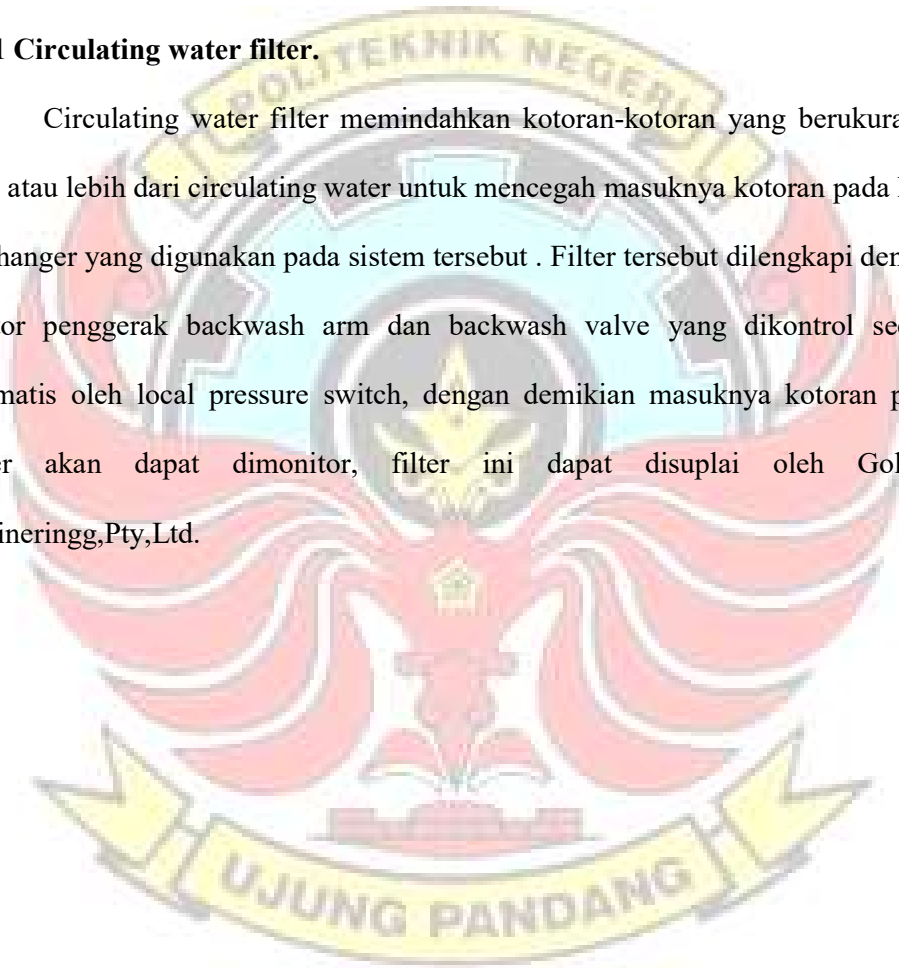
Sebuah by-pass valve yang dipasang yang memungkinkan untuk penyesuaian dengan temperature charge air. Selain itu, katub by-pass juga dipasang pada circulating water di samping jacket water cooler katup by-pass juga dipasang pada circulating water di samping jacket water cooler. Katup ini memungkinkan untuk mengatur keandalan dari cooler dan untuk mendapatkan keseimbangan antara panas yang dikeluarkan pada circulating water system dan yang dikeluarkan ke softener water system (waste heat recovery). Sebuah flow switch ditempatkan pada circulating water turn pada masing-masing unit yang akan membunyikan alarm 'circulating water flow low' pada saat aliran mengalami penurunan mencapai 70 % dari laju aliran yang telah ditetapkan alarm ini ditempatkan pada engine auxiliary control panel dan remote Diesel control panel. Terdapat juga anti water hammer valve yang dipasang melindungi circulating water system dari tekanan besar yang dihasilkan oleh water hammer.

2.10 Circulating Water Pump

Circulating water pump yang digunakan pada stasiun ini sebanyak 3 buah, 2 pompa. Beroperasi untuk mensuplai kebutuhan circulating water untuk 5 unit generator Diesel, sedang satunya lagi beroperasi pada saat thermal over load kapasitas 2 pompa tersebut adalah 1135 m³/hr.

2.11 Circulating water filter.

Circulating water filter memindahkan kotoran-kotoran yang berukuran 1 mm atau lebih dari circulating water untuk mencegah masuknya kotoran pada heat exchanger yang digunakan pada sistem tersebut . Filter tersebut dilengkapi dengan motor penggerak backwash arm dan backwash valve yang dikontrol secara otomatis oleh local pressure switch, dengan demikian masuknya kotoran pada filter akan dapat dimonitor, filter ini dapat disuplai oleh Goliath engineering,Pty,Ltd.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Kegiatan

Metode penelitian yang dilaksanakan dalam proyek akhir ini adalah observasi langsung dengan pengambilan data secara langsung di lokasi penelitian, yaitu mesin MBDG 3 dan MBDG 4 pada PLTD PT.Inco Tbk, Soroako. Kegiatan observasi dan pengumpulan data operasional selama 2 minggu yakni 18-27 Agustus 2010.

3.2 Metode Pengambilan data

Dalam metode pengambilan data ini dilakukan ada 4 cara yaitu:

1. **Observasi Lapangan**

Metode ini dilaksanakan dengan Observasi awal pada data operasional harian MBDG 3 & 4, pada bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, dan Juni 2010. Dasar pertimbangan pengambilan data tersebut adalah mesin MBDG 3 & 4 sering beroperasi selama (± 20 jam).

2. **Interview**

Interview dilakukan dengan cara diskusi dengan pembimbing, operator serta karyawan PT. INCO khususnya Departemen Utilities.

3. **Studi Literatur**

Metode ini dilakukan dengan cara membaca buku Manual Intruccion mesin MBDG 3 & 4, dokumen-dokumen mesin atau literatur-literatur lain

yang berhubungan sebagai referensi MBDG 1 & 4 yang diizinkan, serta buku-buku lainnya yang berkaitan dengan mesin Diesel

4. Diskusi dan Wawancara

Metode ini dilakukan dengan bertanya langsung pada pihak yang terkait mengenai permasalahan pembangkit listrik tenaga Diesel. Diskusi juga sering dilakukan ketika melaksanakan observasi ke lapangan.

3.3 Metode Analisis Data

Dalam metode ini digunakan persamaan-persamaan yang berhubungan dengan kinerja mesin Diesel pada umumnya untuk menganalisis data yang diperoleh sehingga dihasilkan hasil perhitungan yang akurat, faktual, dan sesuai dengan kaidah ilmiah. Rumus-rumus yang digunakan adalah rumus yang terdapat pada tinjauan pustaka, adapun rumus-rumus tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pemakaian bahan bakar (FC)

$$FC = (V_{bb2} - V_{bb1}) \cdot \rho_{bb} \dots\dots\dots (3-1)$$

2. Daya Bahan Bakar (Q_{bb})

$$Q_{bb} = FC \cdot LHV \dots\dots\dots (3-2)$$

3. Daya berguna (Q_s)

$$Q_s = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60} \dots\dots\dots (33)$$

4. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

$$SFC = \frac{FC}{BHP} \dots\dots\dots (3-4)$$

4. Daya Generator (P_{gen})

$$P_{gen} = V \cdot A \cos \Phi \cdot \sqrt{3} \dots\dots\dots (3-5)$$

5. Efisiensi Mekanik Thermal (η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{Q_s}{Q_{bb}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-6)$$

6. Keseimbangan Energi

Daya yang hilang pada sistem pendinginan mesin

$$Q_{ap} = m_{ap} \cdot Cp_{ap} \cdot (Ta_{out} - Ta_{in}) \dots\dots\dots (3-7)$$

Perhitungan kinerja mesin MBDG 3 & 4 dilakukan setiap jam selama bulan Mei & Agustus 2007, Mei 2008 dan Juni 2010. Dari hasil perhitungan tiap jam tersebut kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan hasil perhitungan rata-rata per hari. Setelah diperoleh hasil perhitungan kinerja rata-rata per hari maka dilanjutkan dengan melakukan perbandingan dengan kinerja mesin lainnya. Kemudian dilanjutkan dengan menarik kesimpulan dari perbandingan tersebut.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kinerja

4.4.1 Analisa kinerja mesin MBDG 3

Pada analisa ini akan dihitung kinerja mesin MBDG 3 pada saat pengoperasian tanggal 09 Mei 2007. Sebagai contoh analisis sebagai berikut :



☞ Putaran Mesin , n	: 600 rpm
☞ Torsi poros mesin, T	: 178,48 kNm
☞ Temperatur air pendingin mesin masuk, $T_{a_{in}}$: 73°C
☞ Temperature air pendingin mesin keluar, $T_{a_{out}}$: 81 °C
☞ Temperature udara masuk, T_{u_1}	: 380 °C
☞ Temperature Udara dari Turbocharger, T_{u_2} (A Bank)	: 531°C
☞ Temperature Gas buang, T_{gb} (A Bank)	: 479,62°C
☞ Temperature Udara dari Turbocharger, T_{u_2} (B Bank)	: 533°C
☞ Temperature Gas buang, T_{gb} (B Bank)	: 473,92°C
☞ Flowmeter Bahan Bakar Pada Tgl.09 Mei 07, V_{bb2}	: 2410,31 liter/jam
☞ Flowmeter Bahan Bakar Pada, V_{bb1}	: 0 liter/hari
☞ Density Bahan Bakar, ρ_{bb}	: 0,87 kg/liter
☞ Nilai kalor atas Bahan Bakar , HHV	: 18000 BTU/lb

1) Pemakaian bahan bakar (FC)

$$FC = (V_{bb2} - V_{bb1}) \cdot \rho_{bb}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} FC &= \left(2410,31 \frac{\text{liter}}{\text{jam}} - 0 \right) \cdot 0,87 \frac{\text{kg}}{\text{liter}} \\ &= 2410,31 \frac{\text{liter}}{\text{jam}} \cdot 0,87 \frac{\text{kg}}{\text{liter}} \\ &= 2096,969 \text{ kg/jam} \\ &= 2096,969 \text{ kg/jam} \cdot \frac{1}{3600 \text{ s}} \\ &= 0,582 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Besarnya pemakaian bahan bakar sesaat adalah 0,582 kg/s.

2) Daya bahan bakar (Q_{bb})

$$Q_{bb} = FC \cdot LHV$$

Diketahui :

$$FC = 0,582 \text{ kg/s}$$

$$HHV = \text{High Heating Value}$$

$$= 18000 \text{ BTU/lb}$$

$$LHV = \text{Low Heating Value}$$

$$= 4310 + (0,7195 \times 18000) \text{ BTU/lb}$$

$$= 17261 \text{ BTU/lb}$$

$$LHV = 17261 \text{ BTU/lb} \cdot \frac{1}{0,42992 \text{ Btu/lb}} \frac{\text{kJ/kg}}{\text{kg}}$$

$$= 40149,33 \text{ kJ/kg.}$$

Sehingga :

55

$$Q_{bb} = 0,582 \text{ kg/s} \cdot 40149,33 \text{ kJ/kg.}$$
$$= 23366,91 \text{ kW}$$

Besar daya yang dihasilkan oleh bahan bakar adalah 23366,91 kW.

3) Daya Berguna (Q_s)

$$Q_s = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60}$$

Sehingga :

$$Q_s = \frac{2\pi \cdot 600 \text{ rpm} \cdot 178,48 \text{ kNm}}{60}$$
$$= 11209 \text{ kW}$$

Besarnya daya yang diberikan ke poros penggerak oleh mesin adalah 11209 kW.

4) Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

$$SFC = \frac{FC}{Q_s}$$

Sehingga :

$$SFC = \frac{0,582 \text{ kg/s}}{11209 \text{ kW}} \cdot 3600 \text{ s/jam}$$
$$= 0,186 \text{ kg/kWh}$$

5) Daya Generator

$$Q_{gen} = V \cdot A \cos \Phi \cdot \sqrt{3}$$

$$Q_{gen} = 11 \cdot 231,05 \cdot 0,83 \cdot \sqrt{3}$$

$$= 3653,737 \text{ kW.}$$

6) Efisiensi Generator (η_{gen})

$$\eta_{gen} = \frac{Q_{Gen}}{Q_s} \times 100 \% \quad 56$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \eta_{gen} &= \frac{3653,73}{11209} \times 100 \% \\ &= 32,596 \% \end{aligned}$$

7) Efisiensi Thermal Mekanik (η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{Q_s}{Q_{bb}} \times 100\%$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \eta_{th} &= \frac{11209}{23366,91} \times 100 \% \\ &= 47,96 \% \end{aligned}$$

8) Daya Yang Hilang Dari Sistem Pendinginan

$$Q_{ap} = m_{ap} \cdot \rho_{ap} \cdot Cp_{ap} \cdot (Ta_{out} - Ta_{in})$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{ap} &= 0,0530 \frac{m^3}{s} \cdot 996,28 \frac{kg}{m^3} \cdot 4,1845 \frac{kJ}{kg} \cdot K (354 \text{ } ^\circ K - 346 \text{ } ^\circ K) \\ &= 1767,62 \text{ kW.} \end{aligned}$$

Persentase Q_{ap} :

$$\begin{aligned} \eta_{Q_{ap}} &= \frac{1767,62 \text{ kW}}{23366,91 \text{ kW}} \times 100 \% \\ &= 7,56 \% \end{aligned}$$

4.4.2 Analisa kinerja mesin MBDG 4

Pada analisa ini akan dihit 57 inerja mesin MBDG 4 pada saat pengoperasian tanggal 10 Mei 2007. Sebagai contoh analisis sebagai berikut :



☞ Putaran Mesin , n	: 600 rpm
☞ Torsi poros mesin, T	: 178,48 kNm
☞ Temperatur air pendingin mesin masuk, $T_{a_{in}}$: 37 °C
☞ Temperature air pendingin mesin keluar, $T_{a_{out}}$: 73 °C
☞ Temperature udara masuk, T_{u_1}	: 369 °C
☞ Temperature Udara dari Turbocharger, T_{u_2} (A Bank)	: 450°C
☞ Temperature Gas buang, T_{gb} (A Bank)	: 431,35°C
☞ Temperature Udara dari Turbocharger, T_{u_2} (B Bank)	: 493°C
☞ Temperature Gas buang, T_{gb} (B Bank)	: 427°C
☞ Flowmeter Bahan Bakar Pada Tgl.10 Mei 07, V_{bb2}	: 2194,43 liter/jam
☞ Flowmeter Bahan Bakar Pada, V_{bb1}	: 0 liter/hari
☞ Density Bahan Bakar, ρ_{bb}	: 0,87 kg/liter
☞ Nilai kalor atas Bahan Bakar , HHV	: 18000 BTU/lb

1) Pemakaian bahan bakar (FC)

$$FC = (V_{bb2} - V_{bb1}) \cdot \rho_{bb} \quad 58$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} FC &= \left(2194,43 \frac{\text{liter}}{\text{jam}} - 0 \right) \cdot 0,87 \frac{\text{kg}}{\text{liter}} \\ &= 2194,43 \frac{\text{liter}}{\text{jam}} \cdot 0,87 \frac{\text{kg}}{\text{liter}} \\ &= 1909,154 \text{ kg/jam} \\ &= 1909,154 \text{ kg/jam} \cdot \frac{1}{3600 \text{ s}} \\ &= 0,530 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Besarnya pemakaian bahan bakar adalah 0,530 kg/s.

2) Daya bahan bakar (Q_{bb})

$$Q_{bb} = FC \cdot LHV$$

Diketahui :

$$FC = 0,530 \text{ kg/s}$$

$$HHV = \text{High Heating Value}$$

$$= 18000 \text{ BTU/lb}$$

$$LHV = \text{Low Heating Value}$$

$$= 4310 + (0,7195 \times 18000) \text{ BTU/lb}$$

$$= 17261 \text{ BTU/lb}$$

$$LHV = 17261 \text{ BTU/lb} \cdot \frac{1}{0,42992} \frac{\text{kJ/kg}}{\text{Btu/lb}}$$

$$= 40149,33 \text{ kJ/kg.}$$

Sehingga : 59

$$Q_{bb} = 0,530 \text{ kg/s} \cdot 40149,33 \text{ kJ/kg.}$$
$$= 21279,14 \text{ kW}$$

Besar daya yang dihasilkan oleh bahan bakar adalah 21279,14 kW.

3) Daya Berguna (Ps)

$$Q_s = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60}$$

Sehingga :

$$Q_s = \frac{2\pi \cdot 600 \text{ rpm} \cdot 178,48 \text{ kNm}}{60}$$
$$= 11209 \text{ kW}$$

Besarnya daya yang diberikan ke poros penggerak oleh mesin adalah 11209 kW.

4) Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

$$SFC = \frac{FC}{Q_s}$$

Sehingga :

$$SFC = \frac{0,530 \text{ kg/s}}{11209 \text{ kW}} \cdot 3600 \text{ s/jam}$$
$$= 0,1702 \text{ kg/kWH}$$

5) Daya Generator

$$Q_{gen} = V \cdot A \cos \Phi \cdot \sqrt{3}$$

$$Q_{gen} = 11 \cdot 372,94 \cdot 0,83 \cdot \sqrt{3}$$

$$= 5897,53 \text{ kW.}$$

6) Efisiensi Generator (η_{gen})

$$\eta_{gen} = \frac{Q_{Gen}}{Q_s} \times 100 \% \quad 60$$

Sehingga :

$$\eta_{gen} = \frac{5897,53}{11209} \times 100 \%$$

$$= 52,61 \%$$

7) Efisiensi Thermal Mekanik (η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{Q_s}{Q_{bb}} \times 100 \%$$

Sehingga :

$$\eta_{th} = \frac{11209}{21279,14} \times 100 \%$$

$$= 52,67 \%$$

8) Daya Yang Hilang Dari Sistem Pendinginan

$$Q_{ap} = m_{ap} \cdot \rho_{ap} \cdot C_{p_{ap}} \cdot (T_{a_{out}} - T_{a_{in}})$$

Sehingga :

$$Q_{ap} = 0,0530 \frac{m^3}{s} \cdot 999,08 \frac{kg}{m^3} \cdot 4,16856 \frac{kJ}{kg} K \cdot (348 K - 310 K)$$

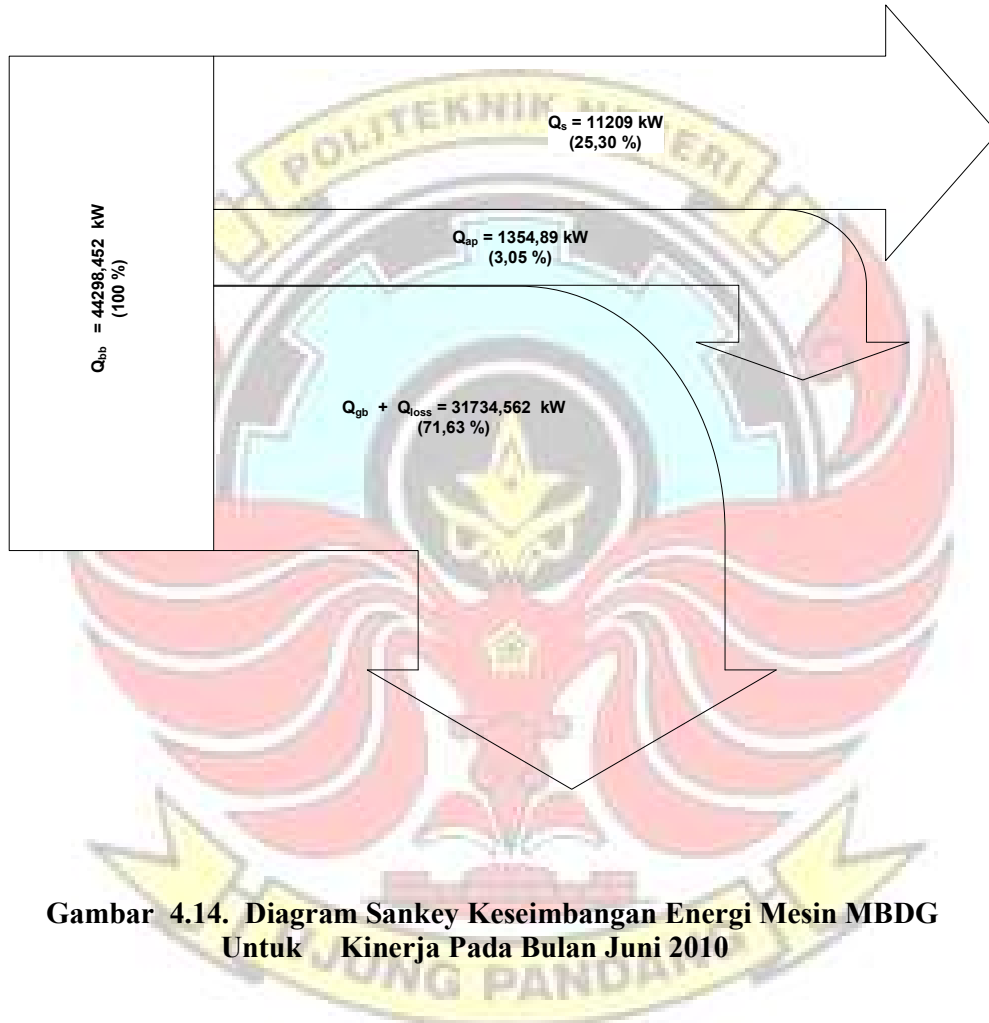
$$= 8387,76 \text{ kW.}$$

Persentase $\eta_{Q_{ap}}$ adalah :

$$\eta_{Q_{ap}} = \frac{8387,76 \text{ kW}}{21279,14 \text{ kW}} \times 100 \%$$

= 39,41 %.

Untuk melihat proses keseimbangan energi yang telah terjadi pada pengoperasian MBDG Juni 2010. Di⁶¹ lihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.14. Diagram Sankey Keseimbangan Energi Mesin MBDG Untuk Kinerja Pada Bulan Juni 2010

Setelah perhitungan kinerja per-hari selesai, dilanjutkan dengan meratakan hasil perhitungan kinerja selama per-bulan. Hal tersebut dilakukan untuk data Mei 2008, Agustus 2007, Mei 2008, Agustus 2008, Juni 2010, hingga diperoleh nilai rata-rata perbandingan kinerja untuk 3 titik tahun.

Tabel 4.2 . Hasil Analisa Data Operasional Mesin MBDG 3 Pada Bulan Mei 2007

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q _{bb} (kW)	Q _s (kW)	SFC (kg/kWH)	Eff Mesin (%)	Q _{ap} (kW)	η _{Qap} (%)
09 Mei 07	2096,969	23366,91	11209	0,1871	47,96	1767,62	7,56
10 Mei 07	2022,315	22554,05	11209	0,1804	49,70	1285,79	5,70
11 Mei 07	1585,010	17676,96	11209	0,1414	63,41	1767,16	10,00
12 Mei 07	1614,633	18007,34	11209	0,1441	62,25	1546,60	8,59
13 Mei 07	1642,560	18318,80	11209	0,1465	61,19	1546,60	8,44
14 Mei 07	3935,767	43894,00	11209	0,3511	25,54	1546,60	3,52
15 Mei 07	1360,280	15170,65	11209	0,1214	73,89	1325,67	8,74
16 Mei 07	2103,547	23460,00	11209	0,1877	47,78	1546,63	6,59
17 Mei 07	1651,956	18423,59	11209	0,1474	60,84	1104,71	6,00
18 Mei 07	1624,203	18114,07	11209	0,1449	61,88	1325,67	7,32
19 Mei 07	2702,142	30135,88	11209	0,2411	37,19	1546,63	5,13
20 Mei 07	2744,337	30606,47	11209	0,2448	36,62	1325,67	4,33
21 Mei 07	1611,414	17971,44	11209	0,1438	62,37	1546,63	8,61
22 Mei 07	2248,802	25079,97	11209	0,2006	44,69	1325,88	5,29
23 Mei 07	2108,445	23514,63	11209	0,1881	47,67	1546,46	6,58
24 Mei 07	1651,043	18413,40	11209	0,1473	60,87	1546,60	8,40
25 Mei 07	1896,818	21154,43	11209	0,1692	52,99	1104,71	5,22
26 Mei 07	1945,807	21700,79	11209	0,1736	51,65	1325,34	6,11
27 Mei 07	2023,620	22568,61	11209	0,1805	49,67	1325,13	5,87
28 Mei 07	STANDBY						
29 Mei 07	2176,444	24272,99	11209	0,1942	46,18	1547,02	6,37
30 Mei 07	4031,902	44966,16	11209	0,3597	24,93	1325,67	2,95

Tabel 4.3 Hasil Analisa Data Operasional Mesin MBDG 4 Pada Bulan Mei 2007

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q_{bb} (kW)	Q_s (kW)	SFC (kg/kwH)	EFF Mesin (%)	Q_{ap} (kW)	η Q_{ap} (%)
10 Mei 07	1909,154	21292,02	11209	0,1703	52,644	8387,76	39,39
11 Mei 07	1299,780	14495,92	11209	0,1160	77,325	3541,18	24,43
12 Mei 07	1046,828	11674,84	11209	0,0934	96,010	3541,18	30,33
13 Mei 07	1618,635	18051,98	11209	0,1444	62,093	3541,18	19,62
14 Mei 07	4202,535	46869,16	11209	0,3749	23,916	3983,59	8,50
15 Mei 07	1502,403	16755,69	11209	0,1340	66,897	8386,71	50,05
16 Mei 07	4294,755	47897,65	11209	0,3832	23,402	3534,09	7,38
17 Mei 07	1703,286	18996,05	11209	0,1520	59,007	4417,07	23,25
18 Mei 07	1569,828	17507,65	11209	0,1401	64,023	4637,78	26,49
19 Mei 07	3042,608	33932,96	11209	0,2714	33,033	3754,86	11,07
20 Mei 07	4343,362	48439,74	11209	0,3875	23,140	3754,86	7,75
21 Mei 07	1896,165	21147,15	11209	0,1692	53,005	3754,86	17,76
22 Mei 07	STANDBY						
23 Mei 07	1543,745	17216,76	11209	0,1377	65,105	3754,86	21,81
24 Mei 07	2875,350	32067,60	11209	0,2565	34,954	4196,61	51,50
25 Mei 07	2192,183	24448,52	11209	0,1956	45,847	3534,31	14,46
26 Mei 07	STANDBY						
27 Mei 07							
28 Mei 07							
29 Mei 07	1426,295	15906,89	11209	0,1272	70,466	3541,18	30,33
30 Mei 07	3759,374	41926,77	11209	0,3354	26,735	3541,18	19,62

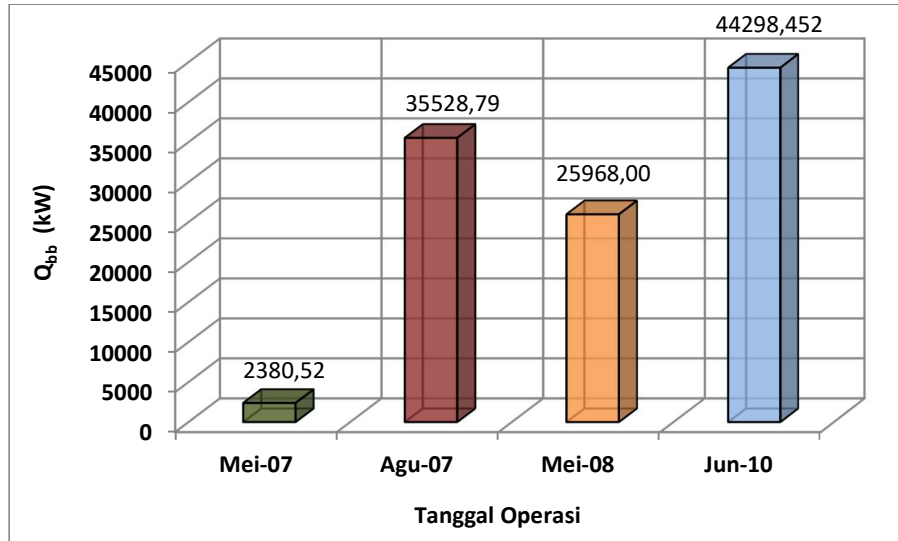
Tabel 4.4 Hasil Analisa Data Operasional Generator mesin MBDG 3 Paba Bulan Mei 2007

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (Cos ϕ)	Teg. Generator (kV)	Q Gen (kW)	Arus Generator (A)	Eff Generator (%)
09 Mei 2007	50	6,40	0,83	11	3653,74	231,05	32,60
10 Mei 2007	50	6,36	0,83	11	3655,79	231,18	32,61
11 Mei 2007	50	6,43	0,82	11	3612,84	231,25	32,23
12 Mei 2007	50	6,35	0,83	11	4104,90	259,58	36,62
13 Mei 2007	50	6,22	0,87	11	4641,20	280,00	41,41
14 Mei 2007	50	6,36	0,88	11	4303,39	256,67	38,39
15 Mei 2007	50	6,31	0,85	11	3745,02	231,25	33,41
16 Mei 2007	50	6,32	0,83	11	3925,57	248,24	35,02
17 Mei 2007	50	5,80	0,80	11	3200,83	210,00	28,56
18 Mei 2007	50	5,90	0,80	11	4074,66	267,33	36,35
19 Mei 2007	50	6,17	0,85	11	4575,00	282,50	40,82
20 Mei 2007	50	6,16	0,87	11	3847,89	232,14	34,33
21 Mei 2007	50	6,14	0,84	11	4259,50	266,15	38,00
22 Mei 2007	50	6,22	0,84	11	3280,85	205,00	29,27
23 Mei 2007	50	6,27	0,86	11	4550,01	277,69	40,59
24 Mei 2007	50	6,26	0,89	11	3603,32	212,50	32,15
25 Mei 2007	50	5,80	0,86	11	3925,57	239,58	35,02
26 Mei 2007	50	6,02	0,83	11	3829,11	242,14	34,16
27 Mei 2007	50	6,34	0,86	11	4063,53	248,00	36,25
28 Mei 07	S T A N D B Y						
29 Mei 2007	50	6,00	0,90	11	5087,09	296,67	45,38
30 Mei 2007	50	5,55	0,85	11	3854,33	238,00	34,39

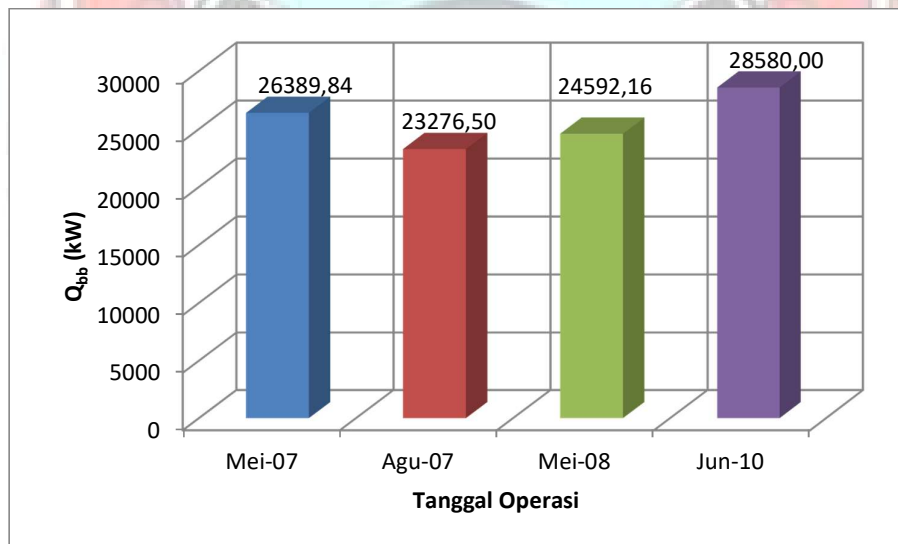
Tabel 4.5 Hasil Analisa data Operasional Generator mesin MBDG 4 Paba Bulan Mei 2007

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (CosØ)	Teg. Generator (kV)	Q Gen (kW)	Arus Generator (A)	EFF Gen (%)
10 Mei 2007	50	6,12	0,83	11	5897,53	372,94	52,614
11 Mei 2007	50	6,20	0,85	11	5492,75	339,17	49,003
12 Mei 2007	50	6,20	0,83	11	5793,48	366,36	51,686
13 Mei 2007	50	6,10	0,85	11	5837,37	360,45	52,078
14 Mei 2007	50	6,05	0,88	11	5868,19	350,00	52,352
15 Mei 2007	50	6,06	0,87	11	5214,39	314,58	46,520
16 Mei 2007	50	6,40	0,88	11	5691,64	339,47	50,777
17 Mei 2007	50	5,70	0,84	11	4801,24	300,00	42,834
18 Mei 2007	50	5,80	0,87	11	5623,98	339,29	50,174
19 Mei 2007	50	5,80	0,87	11	5815,26	350,83	51,880
20 Mei 2007	50	6,27	0,87	11	5647,52	340,71	50,384
21 Mei 2007	50	6,06	0,85	11	5572,91	344,12	49,718
22 Mei 2007	STANDBY						
23 Mei 2007	50	6,50	0,85	11	4561,55	281,67	40,695
24 Mei 2007	50	6,38	0,86	11	6241,94	380,95	55,687
25 Mei 2007	50	5,90	0,84	11	5331,94	333,16	47,568
26 Mei 2007	STANDBY						
27 Mei 2007							
28 Mei 2007							
29 Mei 2007	50	6,12	0,84	11	5900,25	368,67	52,639
30 Mei 2007	50	5,00	0,82	11	4817,07	308,33	42,975

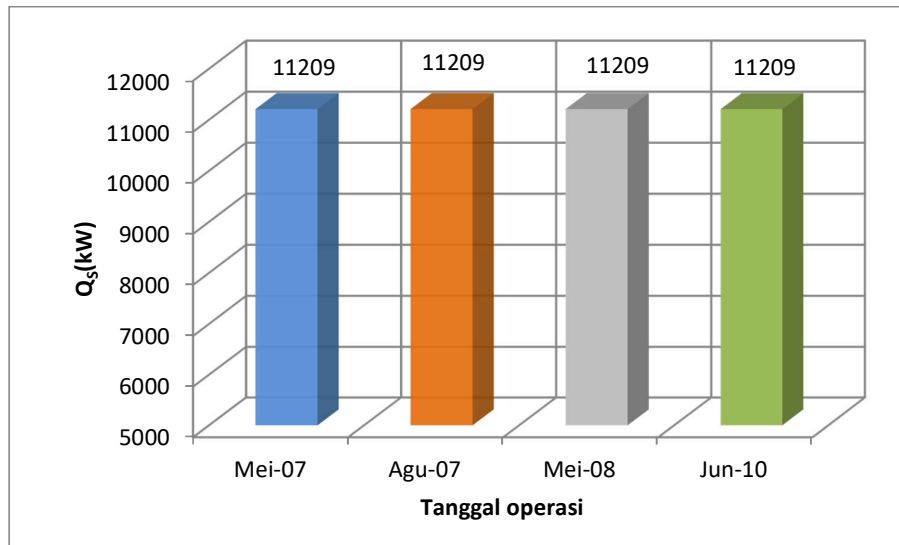
4.6 Grafik Hasil Analisa



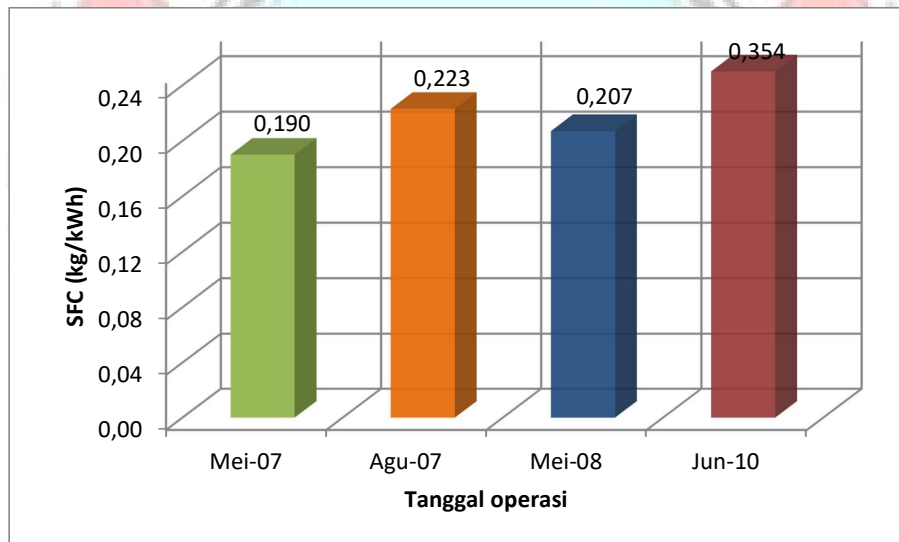
Grafik 1. Perbandingan daya bahan bakar (Q_{bb}) mesin MBDG 3 pada bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, dan Juni 2010.



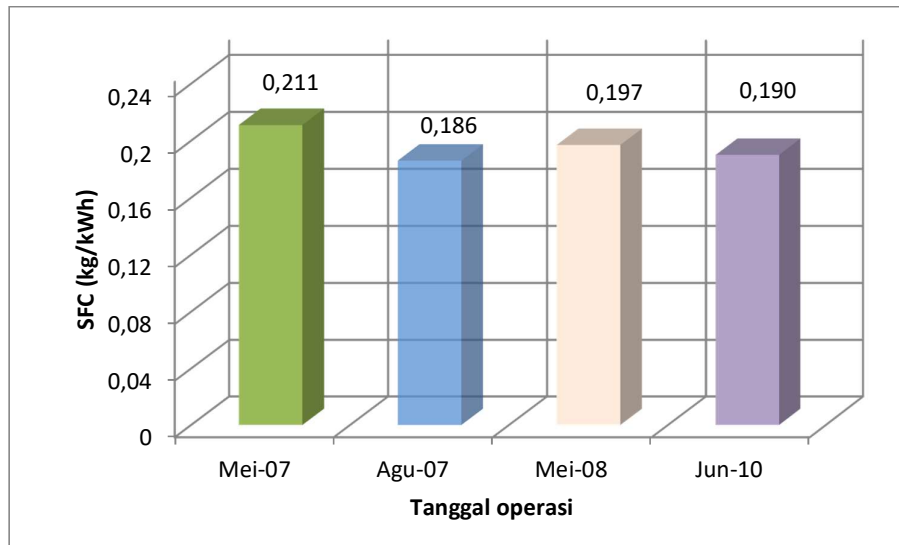
Grafik 2. Perbandingan daya bahan bakar (Q_{bb}) mesin MBDG 4 pada bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, dan Juni 2010.



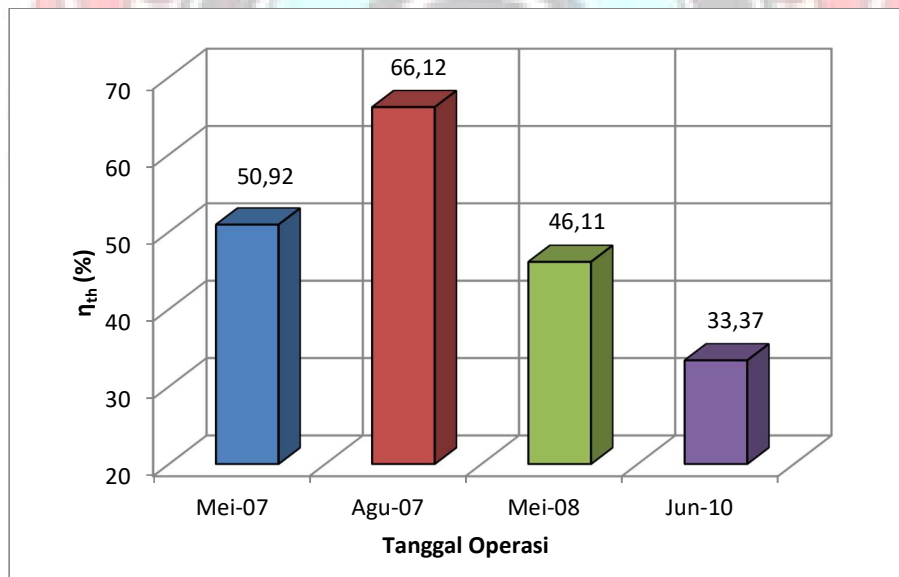
Grafik 3. Perbandingan daya berguna (Q_s) mesin MBDG 3 dan MBDG 4 pada bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, dan Juni 2010.



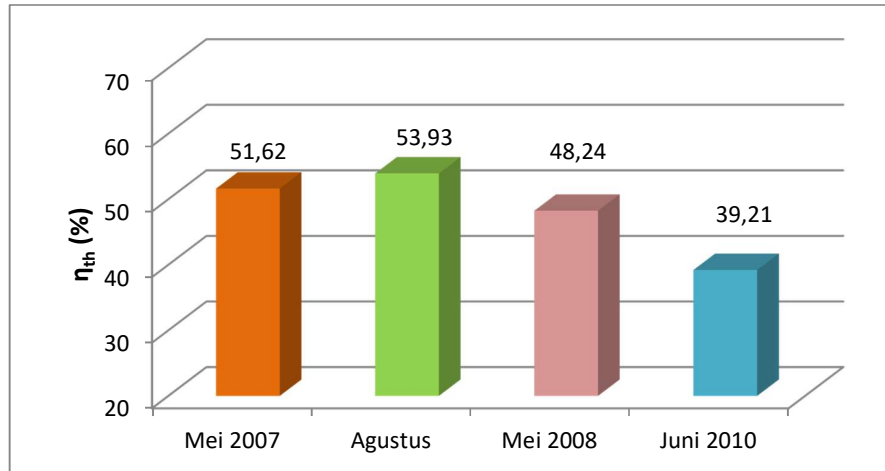
Grafik 4. Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik (sfc) mesin MBDG 3 pada bulan mei 2007, agustus 2007, mei 2008, dan juni 2010.



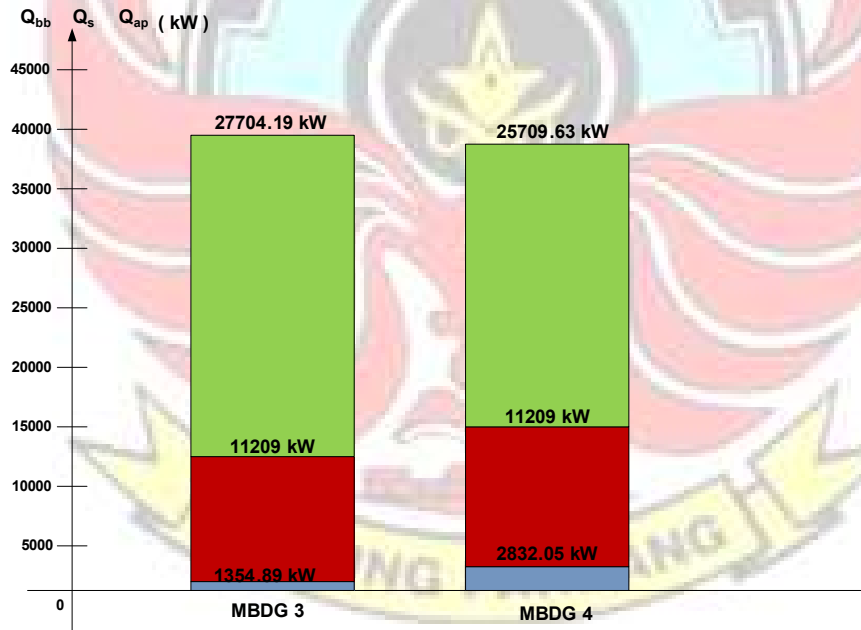
Grafik 5. Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) mesin MBDG 4 pada bulan Mei 2007,Agustus 2007,Mei 2008, dan Juni 2010.



Grafik 6. Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) mesin MBDG 3 pada bulan Mei 2007,Agustus 2007,Mei 2008, dan Juni 2010.



Grafik 7. Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) mesin MBDG 4 pada bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, dan Juni 2010.



Grafik 8. Perbandingan keseimbangan energi antara kinerja mesin MBDG 3 & 4 pada bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, dan Juni 2010.

4.7 Pembahasan

1). Pemakaian daya bahan bakar (Q_{bb}) pada mesin MBDG 3 & 4, sebagai berikut :

- ❖ Daya bahan bakar yang digunakan mesin MBDG 3 pada pengoperasian bulan Mei 2007 yaitu 22380.52 kW, sedangkan pada pengoperasian MBDG 4 yaitu 26389.86 kW, perbandingan daya bahan bakar pada mesin MBDG 3 lebih sedikit dibandingkan pemakaian daya bahan bakar MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 tidak beroperasi secara optimal selama sebulan (Standby).
- ❖ Perbandingan daya bahan bakar yang digunakan mesin MBDG 3 pada bulan Agustus 2007 yaitu 35528.79 kW, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 23276.50kW. Perbandingan daya bahan bakar pada mesin MBDG 3 lebih banyak, dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 beroperasi secara maksimal.
- ❖ Perbandingan daya bahan bakar yang digunakan mesin MBDG 3 pada bulan Mei 2008 yaitu 25968.00 kW, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 24592.16 kW. Perbandingan daya bahan bakar pada mesin MBDG 3 lebih sedikit, dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 beroperasi kurang maksimal (Standby).
- ❖ Perbandingan daya bahan bakar yang digunakan mesin MBDG 3 pada bulan Juni 2010 yaitu 44298.45 kW, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 28580.00 kW. Perbandingan daya bahan bakar pada mesin MBDG 3 lebih banyak, dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 beroperasi secara maksimal.

2). Perbandingan Pemakaian bahan bakar spesifik (SFC), sebagai berikut :

- ❖ Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik yang digunakan mesin MBDG 3 pada bulan Mei 2007 yaitu 0.190 kg/kWh, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 0.211 kg/kWh. Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik pada mesin MBDG 3 lebih sedikit dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 kurang beroperasi secara maksimal selama sebulan.
- ❖ Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik yang digunakan mesin MBDG 3 pada bulan Agustus 2007 yaitu 0.223 kg/kWh, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 0.186 kg/kWh. Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik pada mesin MBDG 3 lebih banyak dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 beroperasi secara maksimal selama sebulan.
- ❖ Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik yang digunakan mesin MBDG 3 pada bulan Mei 2008 yaitu 0.207 kg/kWh, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 0.197 kg/kWh. Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik pada mesin MBDG 3 lebih banyak dibandingkan MBDG 4. Hal ini dikarenakan pada mesin MBDG 3 beroperasi secara maksimal selama sebulan.
- ❖ Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik yang digunakan mesin MBDG 3 pada bulan Juni 2010 yaitu 0.354 kg/kWh, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 0.190 kg/kWh. Perbandingan pemakaian bahan bakar spesifik pada mesin MBDG 3 lebih banyak dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 beroperasi secara maksimal selama sebulan.

3). Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) sebagai berikut :

- ❖ Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) yang digunakan pada mesin MBDG 3 pada bulan Mei 2007 yaitu 50,92 %, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 51,62 % Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) pada mesin MBDG 3 lebih sedikit dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 kurang beroperasi secara maksimal selama sebulan.
- ❖ Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) yang digunakan pada mesin pada mesin MBDG 3 pada bulan Ag 72 2008 yaitu 66,12 %, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 53,93 % Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) pada mesin MBDG 3 lebih banyak dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 beroperasi secara maksimal selama sebulan.
- ❖ Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) yang digunakan pada mesin MBDG 3 pada bulan Mei 2008 yaitu 46,11 %, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 48,24 %. Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) pada mesin MBDG 3 lebih sedikit dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 kurang beroperasi secara maksimal selama sebulan.
- ❖ Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) yang digunakan pada mesin MBDG 3 pada bulan Juni 2010 yaitu 33,37 %, sedangkan pada pengoperasian mesin MBDG 4 yaitu 39,21 % Perbandingan efisiensi mekanik thermal (η_{th}) pada mesin MBDG 3 lebih sedikit dibandingkan MBDG 4. Hal ini disebabkan pada mesin MBDG 3 kurang beroperasi secara maksimal selama sebulan.

- 4). Perbandingan Keseimbangan Energi 73 ; terjadi pada mesin MBDG mengalami perubahan yang cukup baik. Dari grafik 2 terlihat bahwa daya bahan bakar yang dihasilkan mesin MBDG mengalami penurunan dimana Pada pengujian MBDG 3 yaitu 27044.19 kW, sedangkan pada pengoperasian MBDG 4 yaitu 25709.62 kW. Penurunan ini yaitu 4.93 %. Sedangkan daya berguna yang dihasilkan mesin MBDG terlihat konstan, yaitu 11209 kW, disebabkan daya berguna pada mesin MBDG sama dengan daya ada name plate, selain itu daya yang hilang dari sistem pendingin mesin semakin meningkat, ini menandakan bahwa sistem pendingin mesin berfungsi dengan baik. Kenaikan berkisar 52.15%.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melaksanakan penelitian pada PLTD PT. INCO,Tbk Soroako, melakukan perhitungan berdasarkan data-data yang diperoleh (data operasional mesin MBDG pada bulan Mei 2007, Agustus 2007, Mei 2008, Juni 2010) serta menganalisa hasil perhitungan dan grafik. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kinerja dari mesin MBDG secara umum kurang stabil. Hal ini dibuktikan dari hasil analisa berikut ini :

- 1) Daya bahan bakar yang digunakan pada mesin MBDG semakin meningkat perbulan sebesar 35.48 %, dimana daya bahan bakar pada bulan Juni 2010 44298.45 kW dan 28580.00 kW.
- 2) Konsumsi bahan bakar spesifik cenderung fluktuatif sebesar 46.32 %. Hal ini dikarenakan pemakaian bahan bakar kurang stabil, dimana pada konsumsi bahan bakar spesifik pada bulan Juni 2010 yaitu 0.354 kg/kWh dan 0.190 kg/kWh.
- 3) Keseimbangan yang terjadi pada mesin MBDG mengalami perubahan yang cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya penurunan daya yang hilang pada daya bahan bakar dan meningkatnya daya yang diserap oleh sistem pendinginan mesin yang menandakan sistem pendingin bekerja dengan baik, dengan melihat rata-rata pendingin pada mesin MBDG 3 yaitu 1354.89 kW dan pada mesin MBDG 4 yaitu 2832.05 kW. Serta daya berguna konstan yaitu 11209 kW.

5.2 Saran

- 1) Sebaiknya pada PLTD PT.INCO,Tbk Soroako, menambahkan alat ukur (manometer udara) pada filter udara, sehingga mampu mengukur pressure drop, sehingga diketahui perbandingan pemakaian udara bahan bakar pada saat proses pembakaran berlangsung.
- 2) Perawatan yang dilakukan pada mesin sudah sangat cukup baik, tetapi kendala yang terjadi di lapangan mesin jarang dioperasikan, sehingga penyusun sulit untuk mendapatkan data yang akurat.
- 3) Perlu diadakan penelitian yang lebih akurat, sehingga dapat diketahui bagian sistem mesin yang harus mengalami perbaikan agar kinerja mesin MBDG menjadi lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, Wiranto. 1973 Motor bakar torak, ITB Bandung

dunia-listrik.blogspot.com › dasar-dasar-engine (diunduh pada tanggal 28 September 2010)

<http://gudang.ilmu-generator.co.id>. (diunduh pada tanggal 20 September 2010)

<http://mesin> putaran tinggi.htm. (diunduh pada tanggal 02 Oktober 2010)

Lane, Bramhall Moor. 2005. Manual Book operation & Maintenance manual. England: MAN

Novian. 2003. Dasar-Dasar Motor Diesel. Yogyakarta : UNY

Salam, Nur. 2008. Evaluasi Kinerja sistem pembangkit listrik tenaga diesel (Mesin MBDG) unit pembangkit sektor tello. Makassar : POLITEKNIK

www.blogcatalog.com/blogs/dunia-listrik/all/.../mesin+listrik (diunduh pada tanggal 10 Oktober 2010)





LAMPIRAN



LAMPIRAN A

DATA OPERASIONAL KINERJA MESIN MBDG

Tabel A.1 Data Operasional Mesin MBDG 3 Pada Bulan Agustus 2007, yang digunakan dalam perhitungan kinerja mesin

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
					Keluar	Masuk	Keluar	Masuk				
			Rpm	kNm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	A Bank	B Bank
01 Ags 07	600	178.48	73	68	481	374	494	374	452.42	450.35	20886,00	1044,30
02 Ags 07	600	178.48	74	68	483	369	495	371	461.29	449.04	22872,00	2859,00
03 Ags 07	ISOLATED											
04 Ags 07												
05 Ags 07	600	178.48	73	68	481	372	493	372	462.09	450.09	22430,00	1869,16
06 Ags 07	600	178.48	73	67	482	375	489	372	462.12	446.35	22054,00	21102,70
07 Ags 07	600	178.48	73	68	452	371	490	371	457.56	444.416	22226,00	1111,30
08 Ags 07	600	178.48	73	68	477	371	490	373	458.16	446.66	8465,00	423,25
09 Ags 07	STANDBY											
10 Ags 07	600	178.48	73	68	476	370	490	371	457.25	446.25	2456,00	122,80
11 Ags 07	600	178.48	73	68	477	371	491	372	457.66	447.08	21118,00	1055,90
12 Ags 07	600	178.48	73	68	459	372	491	371	459.65	446.27	21543,00	1533,93
13 Ags 07	600	178.48	73	68	480	375	495	374	461.85	451.18	20361,00	1018,05
14 Ags 07	600	178.48	73	68	474	375	486	372	460.62	447.35	20520,00	1282,50
15 Ags 07	600	178.48	73	68	477	377	495	377	454.83	445.29	21403,00	1070,15
16 Ags 07	600	178.48	74	69	483	375	498	375	461.39	450.18	21313,00	1065,65
17 Ags 07	600	178.48	69	60	450	364	459	361	435.28	426.37	21522,00	1793,50
18 Ags 07	600	178.48	74	69	473	373	472	373	455.85	441.27	21994,00	1374,62
19 Ags 07	600	178.48	74	69	474	371	496	374	459.16	449.22	20881,00	1044,05

Lanjutan Tabel A.1

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
			Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	A Bank	B Bank		
			Rpm	kNm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
20 Ags 07	600	178.48	74	68	478	304	495	373	457.60	448.30	20212,00	1263,25
21 Ags 07	600	178.48	74	68	467	374	492	372	460.93	449.75	19619,00	1634,91
22 Ags 07	600	178.48	73	66	476	374	490	375	457.22	448.70	21274,00	1329,62
23 Ags 07	600	178.48	69	68	478	371	491	371	459.14	449.70	12879,00	643,95
24 Ags 07	600	178.48	73	68	480	375	493	376	459.70	449.10	17036,00	851,80
25 Ags 07	600	178.48	73	68	478	393	491	373	461.83	447.75	22228,00	1111,40
26 Ags 07	600	178.48	75	68	475	392	492	448	460.45	448.81	22780,00	1139,00
27 Ags 07	STANDBY											
28 Ags 07	600	178.48	73	68	393	391	490	373	464.42	451.17	20886,00	1305,37
29 Ags 07	600	178.48	74	68	483	378	493	374	464.53	451.09	23134,00	1927,83
30 Ags 07	600	178.48	74	69	482	495	379	376	467.54	453.50	22348,00	2793,50
31 Ags 07	600	178.48	73	68	497	466	499	371	457.66	452.35	21892,00	1094,60

Tabel A.2 Data Operasional Generator MBDG 4 Pada Bulan Agustus 2007

Waktu Pencatatan	Frekuensi	Beban	Faktor Kerja	Tegangan Generator	Arus Generator
	Hz	MWh	CosØ	Kv	A
01 Agst 07	50	6,10	0,83	11	318,33
02 Agst 07	50	6,40	0,84	11	358,57
03 Agst 07	STANDBY				
04 Agst 07					
06 Agst 07	50	6,20	0,83	11	314,17
07 Agst 07	50	6,30	0,84	11	344,17
08 Agst 07	50	6,30	0,84	11	272,08
09 Agst 07	50	6,26	0,83	11	315,42
10 Agst 07	50	6,20	0,84	11	330,40
11 Agst 07	50	5,90	0,83	11	332,08
12 Agst 07	50	6,10	0,83	11	307,92
13 Agst 07	50	6,00	0,83	11	322,92
14 Agst 07	50	5,70	0,84	11	306,25
15 Agst 07	50	5,70	0,82	11	277,50
16 Agst 07	50	6,20	0,82	11	317,92
17 Agst 07	50	6,23	0,82	11	296,67
18 Agst 07	50	6,05	0,84	11	314,35
19 Agst 07	50	6,00	0,84	11	329,58
20 Agst 07	50	5,90	0,84	11	310,42
21 Agst 07	50	6,20	0,84	11	360,42
22 Agst 07	50	6,80	0,84	11	383,75
23 Agst 07	50	5,20	0,82	11	382,08

Lanjutan Tabel A.2

Waktu Pencatatan	Frekuensi	Beban	Faktor Kerja	Tegangan Generator	Arus Generator
	Hz	MWh	Cos ϕ	Kv	A
24 Agst 07	50	7,02	0,86	11	371,67
25 Agst 07	50	6,90	0,84	11	412,50
26 Agst 07	50	7,06	0,84	11	412,08
27 Agst 07	50	6,26	0,83	11	368,33
28 Agst 07	50	6,70	0,85	11	385,42
29 Agst 07	50	7,00	0,85	11	316,25
30 Agst 07	50	6,70	0,85	11	349,58
31Agst 07	50	6,60	0,86	11	380,42

Tabel A.3 Data Operasional Mesin MBDG 4 Pada Bulan Agustus 2007, yang digunakan dalam perhitungan kinerja mesin

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
			Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	A Bank	B Bank	Ltr / hari	Ltr/Jam
			°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C		
01 Ags 07	600	178.48	73	36	502	370	497	370	432.68	428.35	34548	1727,40
02 Ags 07	600	178.48	73	36	503	370	499	370	433.70	430.04	35842	4480,25
03 Ags 07	STANDBY											
04 Ags 07												
05 Ags 07	600	178.48	73	38	501	369	499	370	432.75	429.40	36670	3055,83
06 Ags 07	600	178.48	73	37	504	369	500	258	434.16	430.12	35699	4462,37
07 Ags 07	600	178.48	73	34	504	370	429	370	516.50	429.83	36380	1819,00
08 Ags 07	600	178.48	73	36.5	500	418	421	369	432.52	427.77	13587	679,35
09 Ags 07	600	178.48	75	37	502	369	496	368	432.75	429.79	12355	617,75
10 Ags 07	600	178.48	75	37	450	359	493	367	431.35	427.00	4478.00	223,90
11 Ags 07	600	178.48	73	36	492	368	489	368	427.25	422.47	35550.00	1777,50
12 Ags 07	600	178.48	73	37	497	370	491	368	429.47	426.00	36727.00	2295,43
13 Ags 07	600	178.48	73	35	498	372	491	370	430.54	426.20	37241.00	1862,05
14 Ags 07	600	178.48	73	37	495	371	490	397	428.85	424.57	36047.00	2252,93
15 Ags 07	600	178.48	73	35	497	373	475	369	429.23	434.47	36806.00	1840,30

Lanjutan Tabel A.3

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
			Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	A Bank	B Bank				
			Rpm	kNm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	Ltr / hari	Ltr/Jam
16 Ags 07	600	178.48	75	37	503	37	496	375	425.91	430.35	34894.00	1744,70
17 Ags 07	600	178.48	73	37	505	374	496	374	436.39	431.50	34063.00	1703,15
18 Ags 07	600	178.48	73	37	500	374	492	374	432.77	427.97	35348.00	2209,25
19 Ags 07	600	178.48	73	37	50	374	497	375	434.39	430.62	34485.00	1724,25
20 Ags 07	600	178.48	73	37	502	374	495	374	432.82	429.80	32891.00	2055,68
21 Ags 07	600	178.48	73	38	505	372	498	372	434.09	419.15	30356.00	2529,66
22 Ags 07	600	178.48	74	41	500	376	517	379	445.92	445.32	36510.00	2281,87
23 Ags 07	600	178.48	73	40	515	369	513	375	440.95	441.80	36111.00	1805,55
24 Ags 07	600	178.48	73	40	515	369	514	374	441.75	443.16	34176.00	1708,80
25 Ags 07	600	178.48	73	40	510	366	508	371	437.81	430.62	35440.00	1772,00
26 Ags 07	600	178.48	73	40	514	369	511	373	432.52	440.91	36313.00	1815,65
27 Ags 07	STANDBY											
28 Ags 07	600	178.48	73	40	513	367	503	370	430.20	437.97	38530.00	2408,12
29 Ags 07	600	178.48	74	41	517	372	509	374	444.31	443.68	40961.00	3413,41
30 Ags 07	600	178.48	74	41	515	373	513	378	447.93	445.53	41718.00	5214,75
31 Ags 07	600	178.48	73	39	508	366	505	370	438.14	437.68	40281.00	2014,05

Tabel A.4 Data Operasional Generator MBDG 3 Pada Bulan Mei 2008

Waktu Pencatatan	Frekuensi	Beban	Faktor Kerja	Tegangan Generator	Arus Generator
	Hz	MWh	Cos ϕ	Kv	A
01 Mei 2008	STANDBY				
02 Mei 2008	50	6,7	0,83	11	337,08
03 Mei 2008	STANDBY				
04 Mei 2008	STANDBY				
05 Mei 2008	50	6,30	0,82	11	372,50
06 Mei 2008	50	6,46	0,83	11	358,75
07 Mei 2008	50	6,40	0,80	11	340,00
08 Mei 2008	50	6,00	0,82	11	300,83
09 Mei 2008	50	6,40	0,85	11	263,33
10 Mei 2008	50	6,22	0,82	11	289,58
11 Mei 2008	50	6,45	0,80	11	373,75
12 Mei 2008	50	6,58	0,83	11	405,83
13 Mei 2008	50	6,52	0,80	11	338,33
14 Mei 2008	50	6,68	0,82	11	282,92
15 Mei 2008	50	6,63	0,83	11	358,33
16 Mei 2008	50	6,40	0,82	11	339,17
17 Mei 2008	50	6,32	0,83	11	348,75
18 Mei 2008	50	6,33	0,82	11	356,67
19 Mei 2008	50	6,47	0,82	11	377,50
20 Mei 2008	50	6,32	0,83	11	365,42
21 Mei 2008	50	6,52	0,88	11	348,26
22 Mei 2008	50	6,35	0,85	11	287,50

Lanjutan Tabel A.4

Waktu Pencatatan	Frekuensi	Beban	Faktor Kerja	Tegangan Generator	Arus Generator
	Hz	MWh	CosØ	Kv	A
23Mei 2008	50	6,47	0,82	11	320,00
24Mei 2008	50	6,22	0,83	11	280,00
25Mei 2008	50	6,16	0,81	11	315,83
26Mei 2008	50	6,50	0,82	11	343,75
27Mei 2008	50	6,40	0,83	11	204,00
28Mei 2008	50	6,30	0,83	11	335,42
29Mei 2008	50	6,80	0,85	11	367,08
30Mei 2008	50	6,40	0,85	11	351,67
31 Mei 2008	50	7,00	0,84	11	310,83

Tabel A.5 Data Operasional Mesin MBDG 3 Pada Bulan Mei 2008, yang digunakan dalam perhitungan kinerja mesin

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
			Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	A Bank	B Bank		
			°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	Ltr / hari	Ltr/Jam
02 Mei 08	600	178.48	74	67	528	399	528	354	481.93	467.93	40707,00	2544,18
03 Mei 08	600	178.48	75	68	531	400	532	416	480.54	469.16	40805,00	5100,62
04 Mei 08	600	178.48	74	68	525	394	526	350	451.71	466.15	38688,00	3224,00
05 Mei 08	600	178.48	74	68	526	384	528	349	477.81	465.15	39832,00	2489,50
06 Mei 08	600	178.48	75	69	527	389	528	362	479.67	469.77	40017,00	2501,06
07 Mei 08	600	178.48	75	69	526	395	531	354	478.59	469.31	39261,00	2453,81
08 Mei 08	600	178.48	74	69	524	397	520	349	474.25	456.12	39697,00	3308,08
09 Mei 08	600	178.48	75	69	526	403	514	352	462.46	452.46	38611,00	3217,58
10 Mei 08	600	178.48	74	68	527	400	521	353	467.20	459.62	39858,00	2491,12
11 Mei 08	600	178.48	75	68	525	391	525	400	479.71	466.18	39322,00	3276,83
12 Mei 08	600	178.48	75	69	526	397	533	356	482.40	470.93	40245,00	2515,31
13 Mei 08	600	178.48	75	66	530	393	532	338	480.29	456.50	39102,00	2443,87
14 Mei 08	600	178.48	75	68	529	395	516	356	479.97	455.77	34135,00	1706,75
15 Mei 08	600	178.48	74	67	522	392	525	351	474.97	464.62	30388,00	1899,25

Lanjutan Tabel A.5

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
					Keluar	Masuk	Keluar	Masuk				
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	Ltr / hari	Ltr/Jam				
16 Mei 08	600	178.48	75	68	527	398	524	352	478.12	464.57	37373,00	2335,81
17 Mei 08	600	178.48	74	67	532	400	533	356	483.37	471.41	39613,00	1980,65
18 Mei 08	600	178.48	75	68	530	399	530	511	475.77	469.95	41620,00	2081,00
19 Mei 08	600	178.48	75	68	530	397	530	355	480.46	454.43	41523,00	3460,25
20 Mei 08	600	178.48	74	68	529	398	530	359	480.96	471.21	39371,00	2460,68
21 Mei 08	600	178.48	75	68	532	392	534	350	480.87	460.80	40856,00	2553,50
22 Mei 08	600	178.48	74	67	529	400	525	353	480.07	452.90	35893,00	2243,31
23 Mei 08	600	178.48	75	68	534	402	510	359	486.62	474.90	39761,00	3313,41
24 Mei 08	600	178.48	74	68	525	399	521	350	479.21	461.81	38753,00	3229,41
25 Mei 08	600	178.48	74	68	532	461	524	352	480.58	461.79	39067,00	1953,35
26 Mei 08	600	178.48	74	68	535	402	534	359	485.87	473.87	40755,00	2547,18
27 Mei 08	600	178.48	74	68	529	399	524	352	480.66	463.70	38586,00	4823,25
28 Mei 08	600	178.48	75	69	527	397	522	351	482.20	464.37	39199,00	2449,93
29 Mei 08	600	178.48	75	69	531	399	526	354	479.95	463.70	39349,00	1967,45
30 Mei 08	600	178.48	75	68	529	389	528	369	478.85	463.85	28382,00	1773,87
31 Mei 08	600	178.48	74	68	538	396	526	361	480.31	465.52	38910,00	1945,50

Tabel A.6 Data Operasional Generator Mesin MBDG 4 Pada Bulan Mei 2008

Waktu Pencatatan	Frekuensi	Beban	Faktor Kerja	Tegangan Generator	Arus Generator
	Hz	MWh	CosØ	Kv	A
01 Mei 2008	STANDBY				
02 Mei 2008	50	6,70	0,83	11	376,09
03 Mei 2008	STANDBY				
04 Mei 2008	STANDBY				
05 Mei 2008	50	6,46	0,83	11	333,75
06 Mei 2008	STANDBY				
07 Mei 2008	50	6,72	0,86	11	372,92
08 Mei 2008	50	6,00	0,82	11	333,60
09 Mei 2008	50	6,40	0,85	11	363,04
10 Mei 2008	50	6,46	0,84	11	362,92
11 Mei 2008	50	7,10	0,84	11	349,58
12 Mei 2008	50	7,00	0,85	11	372,92
13 Mei 2008	50	7,12	0,84	11	351,67
14 Mei 2008	50	7,30	0,83	11	362,08
15 Mei 2008	50	7,16	0,83	11	380,00
16 Mei 2008	50	6,80	0,83	11	391,67
17 Mei 2008	50	7,00	0,87	11	361,25
18 Mei 2008	50	6,90	0,87	11	232,92

Lanjutan Tabel A.6

Waktu Pencatatan	Frekuensi	Beban	Faktor Kerja	Tegangan Generator	Arus Generator
	Hz	MWh	CosØ	Kv	A
19 Mei 2008	50	7,18	9,86	11	312,50
20 Mei 2008	50	6,68	0,85	11	365,42
21 Mei 2008	50	6,63	0,86	11	366,67
22 Mei 2008	50	6,68	0,64	11	387,50
23 Mei 2008	50	7,05	0,86	11	379,58
24 Mei 2008	50	6,82	0,84	11	356,67
25 Mei 2008	50	6,83	0,86	11	373,33
26 Mei 2008	50	7,00	0,85	11	393,33
27 Mei 2008	50	6,98	0,85	11	395,83
28 Mei 2008	50	6,76	0,85	11	418,75
29 Mei 2008	50	6,98	0,84	11	415,42
30 Mei 2008	50	7,02	0,85	11	365,42
31 Mei 2008	50	6,57	0,86	11	420,42

Tabel A.7 Data Operasional Mesin MBDG 4 Pada Bulan Mei 2008, yang digunakan dalam perhitungan kinerja mesin

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
					Keluar	Masuk	Keluar	Masuk				
	Rpm	kNm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	Ltr / hari	Ltr/Jam		
01 Mei 08	STANDBY											
02 Mei 08	600	178.48	74	45	536	376	526	385	456.10	455.85	21866.00	1366,62
03 Mei 08	STANDBY											
04 Mei 08	STANDBY											
05 Mei 08	600	178.48	73	46	526	370	516	378	441.57	447.35	25197.00	1574,81
06 Mei 08	600	178.48	74	47	526	359	517	377	441.67	447.20	40904.00	2556,50
07 Mei 08	600	178.48	75	47	530	371	523	379	444.40	451.67	39764.00	2485,25
08 Mei 08	600	178.48	75	49	513	378	526	382	451.13	454.75	41157.00	3429,75
09 Mei 08	600	178.48	75	51	534	374	520	379	447.71	450.00	40253,00	3354,41
10 Mei 08	600	178.48	74	50	536	370	528	360	449.32	457.12	41416,00	2588,50
11 Mei 08	600	178.48	74	50	541	378	549	394	458.06	472.18	38851,00	2428,18
12 Mei 08	600	178.48	75	49	544	375	546	394	455.07	457.95	39527,00	2470,43
13 Mei 08	600	178.48	75	50	545	372	390	544	457.42	467.80	39312,00	2457,00
14 Mei 08	600	178.48	75	51	550	377	548	393	458.54	474.97	36450,00	1822,50
15 Mei 08	600	178.48	75	50	541	373	541	384	453.10	468.40	40336,00	2521,00

Lanjutan Tabel A.7

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
			Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	A Bank	B Bank	Ltr / hari	Ltr/Jam
			°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C		
16 Mei 08	600	178.48	75	50	542	374	540	386	452.62	450.67	39547,00	4943,37
17 Mei 08	600	178.48	74	47	533	371	521	380	443.87	452.50	42251,00	10562,75
18 Mei 08	600	178.48	74	50	541	373	685	386	443.52	464.16	44202,00	2210,10
19 Mei 08	600	178.48	75	49	540	373	533	384	426.59	463.18	43711,00	3642,58
20 Mei 08	600	178.48	74	49	538	373	531	368	450.06	460.37	42914,00	2682,12
21 Mei 08	600	178.48	75	49	55	373	460	381	448.57	456.75	43583,00	2723,93
22 Mei 08	600	178.48	74	48	535	373	536	381	441.17	454.75	24851,00	1553,18
23 Mei 08	600	178.48	75	50	548	380	541	391	486.68	469.75	5387,00	448,91
24 Mei 08	600	178.48	75	51	540	78	539	386	453.55	465.95	41201,00	2575,06
25 Mei 08	600	178.48	74	50	542	376	534	385	452.27	462.08	41825,00	2091,25
26 Mei 08	600	178.48	74	50	548	378	541	389	458.05	469.52	42793,00	2674,56
27 Mei 08	600	178.48	74	49	544	377	536	385	453.91	465.31	40211,00	2010,55
28 Mei 08	600	178.48	74	47	540	376	385	533	451.32	463.67	42065,00	2629,06
29 Mei 08	600	178.48	75	48	544	377	538	386	455.43	467.70	41353,00	2067,65
30 Mei 08	600	178.48	74	48	546	376	538	385	456.56	468.66	41238,00	2061,90
31 Mei 08	600	178.48	75	47	538	373	528	383	449.00	458.66	42094,00	2104,70

Tabel A.8 Data Operasional Generator MBDG 3 Pada Bulan Juni 2010

Waktu Pencatatan	Frekuensi	Beban	Faktor Kerja	Tegangan Generator	Arus Generator
	Hz	MWh	CosØ	Kv	A
06 Jun 2010	50	6,32	0,82	11	325,00
07 Jun 2010	50	6,28	0,82	11	325,83
08 Jun 2010	50	6,30	0,82	11	331,67
09 Jun 2010	50	6,33	0,83	11	345,42
11 Jun 2010	STANDBY				
12 Jun 2010	50	6,37	0,88	11	364,58
13 Jun 2010	50	6,25	0,85	11	361,67
14 Jun 2010	STANDBY				
15 Jun 2010					
16 Jun 2010					
17 Jun 2010					
18 Jun 2010					
19 jun 2010	50	6,2	0,85	11	360,00
20 Jun 2010	50	5,90	0,87	11	327,14
21 Jun 2010	50	5,97	0,87	11	315,00
22 Jun 2010	50	5,94	0,84	11	316,67
23 Jun 2010	50	5,97	0,85	11	341,67
25 Jun 2010	50	6,10	0,80	11	133,33
27 Jun 2010	50	5,90	0,83	11	306,96

Tabel A.9 Data Operasional Mesin MBDG 3 Pada Bulan Juni 2010, yang digunakan

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
					Keluar	Masuk	Keluar	Masuk				
	Rpm	kNm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	Ltr / hari	Ltr/Jam		
03 – 05 Juni 2010	STANDBY											
06 Jun 2010	600	178.48	89	70	533	387	517	358	477.46	459.06	58294,00	4857,83
07 Jun 2010	600	178.48	69	69	523	384	522	373	477.17	452.87	71860,00	4491,25
08 Jun 2010	600	178.48	74	70	52	384	522	373	471.40	452.87	39098,00	2443,62
09 Jun 2010	600	178.48	76	70	531	386	513	356	482.56	456.00	52802,00	4400,16
12 Jun 2010	600	178.48	78	71	528	386	507	365	488.25	459.75	58799,50	7349,93
13 Jun 2010	600	178.48	75	69	537	390	519	361	482.93	457.25	61909,00	15477,25
14 – 15 Juni 2010	STANDBY											
16 Juni 2010	600	178.48	77	73	532	385	490	361	476.66	453.29	36413.00	34541034,41
17-18 Juni 2010	STANDBY											
19 juni 2010	600	178.48	76	70	532	388	512	359	480.75	452.46	49512,50	4126,04
20 Jun 2010	600	178.48	70	70	533	389	516	361	480.50	451.43	46365,00	11591,25

Lanjutan Tabel A.9

Waktu	Putaran Mesin	Torsi Mesin	Air Pendingin Mesin		A Bank		B Bank		Gas Buang		Flowmeter	
					Udara Dari T/C	Udara Manifold	Udara Dari T/C	Udara Manifold			Bahan Bakar	Pemak. Bahan Bakar
			Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	Keluar	Masuk	A Bank	B Bank		
			Rpm	kNm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
21 Jun 2010	600	178.48	77	71	540	392	512	366	483.66	457.04	22392.00	1866,00
22 Jun 2010	600	178.48	76	70	508	410	503	357	486.40	452.15	22392,00	1866,00
23 Jun 2010	600	178.48	76	70	508	410	503	357	486.41	452.16	23283,00	1455,18
25 Jun 2010	600	178.48	74	69	533	387	502	358	480.00	454.25	21982.00	5495,5
26 Jun 2010	600	178.48	75	70	532	378	504	358	478.46	452	36946,00	4618,25
27 Jun 2010	600	178.48	75	70	535	384	502	361	482.16	454.58	36334,00	4541,75



LAMPIRAN B

DATA HASIL KINERJA MESIN MBDG 3 & 4

Tabel B.1 Data Hasil Analisa Perhitungan Kinerja Mesin MBDG 3 Pada Bulan Mei 2007

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q _{bb} (kW)	Q _s (kW)	SFC (kg/kWH)	Eff Mesin (%)	Q _{ap} (kW)	η _{Qap} (%)
09 Mei 07	2096,96	23366,91	11209	0,1871	47,96	1767,62	7,56
10 Mei 07	2022,31	22554,05	11209	0,1804	49,70	1285,79	5,70
11 Mei 07	1585,01	17676,96	11209	0,1414	63,41	1767,16	10,00
12 Mei 07	1614,63	18007,34	11209	0,1441	62,25	1546,60	8,59
13 Mei 07	1642,56	18318,80	11209	0,1465	61,19	1546,60	8,44
14 Mei 07	3935,76	43894,00	11209	0,3511	25,54	1546,60	3,52
15 Mei 07	1360,28	15170,65	11209	0,1214	73,89	1325,67	8,74
16 Mei 07	2103,54	23460,00	11209	0,1877	47,78	1546,63	6,59
17 Mei 07	1651,95	18423,59	11209	0,1474	60,84	1104,71	6,00
18 Mei 07	1624,20	18114,07	11209	0,1449	61,88	1325,67	7,32
19 Mei 07	2702,14	30135,88	11209	0,2411	37,19	1546,63	5,13
20 Mei 07	2744,33	30606,47	11209	0,2448	36,62	1325,67	4,33
21 Mei 07	1611,41	17971,44	11209	0,1438	62,37	1546,63	8,61
22 Mei 07	2248,80	25079,97	11209	0,2006	44,69	1325,88	5,29
23 Mei 07	2108,44	23514,63	11209	0,1881	47,67	1546,46	6,58
24 Mei 07	1651,04	18413,40	11209	0,1473	60,87	1546,60	8,40
25 Mei 07	1896,81	21154,43	11209	0,1692	52,99	1104,71	5,22
26 Mei 07	1945,80	21700,79	11209	0,1736	51,65	1325,34	6,11
27 Mei 07	2023,62	22568,61	11209	0,1805	49,67	1325,13	5,87
28 Mei 07	STANDBY						
29 Mei 07	2176,44	24272,99	11209	0,1942	46,18	1547,02	6,37
30 Mei 07	4031,90	44966,16	11209	0,3597	24,93	1325,67	2,95

Tabel B.2 Data Hasil Analisa Perhitungan Kinerja Mesin MBDG 4 Pada Bulan Mei 2007

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q _{bb} (kW)	Q _s (kW)	SFC (kg/kwH)	EFF Mesin (%)	Q _{ap} (kW)	η Q _{ap} (%)
10 Mei 07	1909,15	21292,02	11209	0,1703	52,644	8387,76	39,39
11 Mei 07	1299,78	14495,92	11209	0,1160	77,325	3541,18	24,43
12 Mei 07	1046,82	11674,84	11209	0,0934	96,010	3541,18	30,33
13 Mei 07	1618,63	18051,98	11209	0,1444	62,093	3541,18	19,62
14 Mei 07	4202,53	46869,16	11209	0,3749	23,916	3983,59	8,50
15 Mei 07	1502,40	16755,69	11209	0,1340	66,897	8386,71	50,05
16 Mei 07	4294,75	47897,65	11209	0,3832	23,402	3534,09	7,38
17 Mei 07	1703,28	18996,05	11209	0,1520	59,007	4417,07	23,25
18 Mei 07	1569,82	17507,65	11209	0,1401	64,023	4637,78	26,49
19 Mei 07	3042,60	33932,96	11209	0,2714	33,033	3754,86	11,07
20 Mei 07	4343,36	48439,74	11209	0,3875	23,140	3754,86	7,75
21 Mei 07	1896,16	21147,15	11209	0,1692	53,005	3754,86	17,76
22 Mei 07	STANDBY						
23 Mei 07	1543,74	17216,76	11209	0,1377	65,105	3754,86	21,81
24 Mei 07	2875,35	32067,60	11209	0,2565	34,954	4196,61	51,50
25 Mei 07	2192,18	24448,52	11209	0,1956	45,847	3534,31	14,46
26 Mei 07	STANDBY						
27 Mei 07							
28 Mei 07							
29 Mei 07	1426,29	15906,89	11209	0,1272	70,466	3541,18	30,33
30 Mei 07	3759,37	41926,77	11209	0,3354	26,735	3541,18	19,62

Tabel B.3 Data Hasil Analisa Perhitungan Generator Mesin MBDG 3 Pada Bulan Mei 2007

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (Cosϕ)	Teg. Generator (kV)	Q_{Gen} (kW)	Arus Generator (A)	Eff Generator (%)
09 Mei 2007	50	6,40	0,83	11	3653,74	231,05	32,60
10 Mei 2007	50	6,36	0,83	11	3655,79	231,18	32,61
11 Mei 2007	50	6,43	0,82	11	3612,84	231,25	32,23
12 Mei 2007	50	6,35	0,83	11	4104,90	259,58	36,62
13 Mei 2007	50	6,22	0,87	11	4641,20	280,00	41,41
14 Mei 2007	50	6,36	0,88	11	4303,39	256,67	38,39
15 Mei 2007	50	6,31	0,85	11	3745,02	231,25	33,41
16 Mei 2007	50	6,32	0,83	11	3925,57	248,24	35,02
17 Mei 2007	50	5,80	0,80	11	3200,83	210,00	28,56
18 Mei 2007	50	5,90	0,80	11	4074,66	267,33	36,35
19 Mei 2007	50	6,17	0,85	11	4575,00	282,50	40,82
20 Mei 2007	50	6,16	0,87	11	3847,89	232,14	34,33
21 Mei 2007	50	6,14	0,84	11	4259,50	266,15	38,00
22 Mei 2007	50	6,22	0,84	11	3280,85	205,00	29,27
23 Mei 2007	50	6,27	0,86	11	4550,01	277,69	40,59
24 Mei 2007	50	6,26	0,89	11	3603,32	212,50	32,15
25 Mei 2007	50	5,80	0,86	11	3925,57	239,58	35,02
26 Mei 2007	50	6,02	0,83	11	3829,11	242,14	34,16
27 Mei 2007	50	6,34	0,86	11	4063,53	248,00	36,25
28 Mei 2007	STANDBY						
29 Mei 2007	50	6,00	0,90	11	5087,09	296,67	45,38
30 Mei 2007	50	5,55	0,85	11	3854,33	238,00	34,39

Tabel B.4 Data Hasil Analisa Perhitungan Generator Pada Mesin MBDG 4 Pada Bulan Mei 2007

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (CosØ)	Teg. Generator (kV)	Q Gen (kW)	Arus Generator (A)	EFF Gen (%)
10 Mei 2007	50	6,12	0,83	11	5897,53	372,94	52,614
11 Mei 2007	50	6,20	0,85	11	5492,75	339,17	49,003
12 Mei 2007	50	6,20	0,83	11	5793,48	366,36	51,686
13 Mei 2007	50	6,10	0,85	11	5837,37	360,45	52,078
14 Mei 2007	50	6,05	0,88	11	5868,19	350,00	52,352
15 Mei 2007	50	6,06	0,87	11	5214,39	314,58	46,520
16 Mei 2007	50	6,40	0,88	11	5691,64	339,47	50,777
17 Mei 2007	50	5,70	0,84	11	4801,24	300,00	42,834
18 Mei 2007	50	5,80	0,87	11	5623,98	339,29	50,174
19 Mei 2007	50	5,80	0,87	11	5815,26	350,83	51,880
20 Mei 2007	50	6,27	0,87	11	5647,52	340,71	50,384
21 Mei 2007	50	6,06	0,85	11	5572,91	344,12	49,718
22 Mei 2007	STANDBY						
23 Mei 2007	50	6,50	0,85	11	4561,55	281,67	40,695
24 Mei 2007	50	6,38	0,86	11	6241,94	380,95	55,687
25 Mei 2007	50	5,90	0,84	11	5331,94	333,16	47,568
26 Mei 2007	STANDBY						
27 Mei 2007							
28 Mei 2007							
29 Mei 2007	50	6,12	0,84	11	5900,25	368,67	52,639
30 Mei 2007	50	5,00	0,82	11	4817,07	308,33	42,975

Tabel B.5 Data Hasil Analisa Perhitungan Kinerja Mesin MBDG 3 Pada Bulan Agustus 2007

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q _{bb} (kW)	Q _s (kW)	SFC (kg/kWh)	EFF Mesin (%)	Q _{ap} (kW)	η Q _{ap} (%)
01 Ags 07	STANDBY						
02 Ags 07	2487,33	27740,18	11209	0,22	40,41	1325,55	4,77
03 Ags 07	STANDBY						
04 Ags 07	STANDBY						
05 Ags 07	1626,16	18136,00	11209	0,14	61,81	1104,72	10,59
06 Ags 07	18359,34	235349,80	11209	1,63	4,76	1325,53	12,93
07 Ags 07	STANDBY						
08 Ags 07	STANDBY						
09 Ags 07	STANDBY						
10 Ags 07	STANDBY						
11 Ags 07	STANDBY						
12 Ags 07	1334,51	14883,35	11209	0,11	75,31	1104,62	11,03
13 Ags 07	STANDBY						
14 Ags 07	1115,77	12443,78	11209	0,10	90,08	1104,62	10,78
15 Ags 07	STANDBY						
16 Ags 07	STANDBY						
17 Ags 07	1560,34	17401,89	11209	0,13	64,41	1987,62	15,97
18 Ags 07	1195,91	13337,60	11209	0,10	84,04	1104,64	10,63
19 Ags 07	STANDBY						
20 Ags 07	1099,02	12257,00	11209	0,09	91,45	1325,55	7,61
21 Ags 07	1422,37	15863,13	11209	0,12	70,66	1325,55	9,93
22 Ags 07	1156,76	12900,98	11209	0,10	86,88	1546,40	15,26
23 Ags 07	STANDBY						
24 Ags 07	STANDBY						
25 Ags 07	STANDBY						
26 Ags 07	STANDBY						
27 Ags 07	STANDBY						
28 Ags 07	1135,67	12665,68	11209	0,10	88,50	1104,62	13,36
29 Ags 07	1677,21	18705,26	11209	0,15	59,92	1325,559	12,29
30 Ags 07	2430,34	27104,65	11209	0,21	41,35	1104,644	9,99
31 Ags 07	STANDBY						

Tabel B.6 Data Hasil Analisa Perhitungan Generator Mesin MBDG 3 Pada Bulan Agustus 2007

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (Cos ϕ)	Teg. Generator (kV)	Q Gen (kW)	Arus Generator (A)	Eff Generator (%)
01 Ags 07	50	5,28	0,84	11	4814,53	300,83	110,62
02 Ags 07	50	5,40	0,83	11	1864,74	117,92	40,41
03 Ags 07	STANDBY						
04 Ags 07	STANDBY						
05 Ags 07	50	5,07	0,90	11	4351,13	253,75	61,81
06 Ags 07	50	5,27	0,67	11	3510,43	275,00	4,76
07 Ags 07	50	4,85	0,82	11	4263,86	272,92	103,95
08 Ags 07	50	6,30	0,84	11	3901,01	243,75	272,94
09 Ags 07	STANDBY						
10 Ags 07	50	6,20	0,84	11	3827,71	239,17	940,75
11 Ags 07	50	5,00	0,80	11	4318,53	283,33	109,41
12 Ags 07	50	5,00	0,80	11	4496,40	295,00	75,31
13 Ags 07	50	6,00	0,83	11	4025,83	254,58	113,48
14 Ags 07	50	4,70	0,80	11	4248,72	278,75	90,08
15 Ags 07	50	5,70	0,82	11	4250,73	272,08	107,95
16 Ags 07	50	6,00	0,84	11	4494,45	280,83	108,41
17 Ags 07	50	3,50	0,83	11	3617,37	228,75	64,41
18 Ags 07	50	4,80	0,80	11	4178,91	274,17	84,04
19 Ags 07	50	5,06	0,80	11	4236,07	277,92	110,65
20 Ags 07	50	5,04	0,84	11	4601,19	287,50	91,45
21 Ags 07	50	5,00	0,82	11	4335,41	277,50	70,66
22 Ags 07	50	4,78	0,82	11	4218,24	270,00	86,88
23 Ags 07	50	5,20	0,82	11	4765,04	305,00	179,40
24 Ags 07	50	4,50	0,80	11	4242,32	278,33	135,62
25 Ags 07	50	6,90	0,83	11	3597,60	227,50	103,94
26 Ags 07	50	5,00	0,80	11	3537,37	232,08	101,43
27 Ags 07	STANDBY						
28 Ags 07	50	5,00	0,80	11	4451,90	292,08	88,50
29 Ags 07	50	5,00	0,80	11	3956,38	259,57	59,92
30 Ags 07	50	4,90	0,80	11	4384,98	287,69	41,35
31 Ags 07	50	5,00	0,81	11	4436,86	287,50	105,54

Tabel B.7 Data Hasil Analisa Perhitungan Kinerja Mesin MBDG 4 Pada Bulan Agustus 2007

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q _{bb} (kW)	Q _s (kW)	SFC (kg/kWh)	EFF Mesin (%)	Q _{ap} (kW)	η Q _{ap} (%)
01 Ags 07	1502,83	16760,54	11209	0,134	66,87	8163,56	48,70
02 Ags 07	3897,81	43470,77	11209	0,347	25,78	8163,56	18,77
03 Ags 07	STANDBY						
04 Ags 07	STANDBY						
05 Ags 07	2658,57	29649,97	11209	0,237	37,80	7723,23	45,32
06 Ags 07	3882,26	43297,28	11209	0,364	25,88	7942,62	47,87
07 Ags 07	1582,53	17649,31	11209	0,141	63,51	8603,01	29,01
08 Ags 07	STANDBY						
09 Ags 07	STANDBY						
10 Ags 07	STANDBY						
11 Ags 07	1546,42	17246,65	11209	0,138	64,99	8163,56	136,19
12 Ags 07	1997,02	22271,99	11209	0,178	50,32	7943,41	365,64
13 Ags 07	1619,98	18067,01	11209	0,144	62,04	8383,69	48,61
14 Ags 07	1960,04	21859,63	11209	0,175	51,27	7943,41	35,66
15 Ags 07	1601,06	17855,98	11209	0,142	62,77	8383,69	46,40
16 Ags 07	1517,88	16928,40	11209	0,135	66,21	8385,74	38,361
17 Ags 07	1481,74	16525,25	11209	0,132	67,83	7943,41	44,48
18 Ags 07	1922,04	21435,81	11209	0,171	52,29	7943,41	46,92
19 Ags 07	1500,09	16729,97	11209	0,133	67,00	7943,41	48,06
20 Ags 07	1788,44	19945,76	11209	0,159	56,19	7943,41	37,05
21 Ags 07	2200,80	24544,67	11209	0,196	45,66	7723,23	46,16
22 Ags 07	1985,22	22140,42	11209	0,177	50,62	7283,68	36,51
23 Ags 07	1570,82	17518,81	11209	0,140	63,98	7282,79	29,67
24 Ags 07	1486,65	16580,07	11209	0,132	67,60	7282,79	32,89
25 Ags 07	1541,64	17193,28	11209	0,137	65,19	7282,79	41,57
26 Ags 07	1579,61	17616,81	11209	0,140	63,62	7282,79	43,92
27 Ags 07	STANDBY						
28 Ags 07	2095,06	23365,40	11209	0,186	66,87	7282,79	42,35
29 Ags 07	2969,66	33119,48	11209	0,264	47,97	7283,68	41,34
30 Ags 07	4536,83	50597,44	11209	0,404	33,84	7283,68	37,57
31 Ags 07	1752,22	19541,83	11209	0,156	22,15	7503,03	32,11

Tabel B.8 Data Hasil Analisa Perhitungan Generator Mesin MBDG 4 Pada Bulan Agustus 2007

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (Cos ϕ)	Teg. Generator (kV)	Q _{Gen} (kW)	Arus Generator (A)	Eff Generator (%)
01 Ags 07	50	6,1	0,83	11	5033,95	318,33	44,91
02 Ags 07	50	6,4	0,84	11	1673,71	104,58	14,93
03 Ags 07	STANDBY						
04 Ags 07							
05 Ags 07	50	6,20	0,83	11	4968,17	314,17	44,32
06 Ags 07	50	6,30	0,84	11	5508,15	344,17	49,14
07 Ags 07	50	6,30	0,84	11	4354,41	272,08	38,84
08 Ags 07	50	6,26	0,83	11	4987,93	315,42	44,49
09 Ags 07	50	6,20	0,84	11	5287,77	330,40	47,17
10 Ags 07	50	5,90	0,83	11	5251,39	332,08	46,85
11 Ags 07	50	6,10	0,83	11	4869,33	307,92	43,44
12 Ags 07	50	6,10	0,83	11	5106,54	322,92	45,55
13 Ags 07	50	5,70	0,84	11	4901,27	306,25	43,72
14 Ags 07	50	5,70	0,82	11	4335,41	277,50	38,67
15 Ags 07	50	6,20	0,82	11	4966,90	317,92	44,31
16 Ags 07	50	6,23	0,82	11	4634,90	296,67	41,35
17 Ags 07	50	6,05	0,84	11	5030,90	314,35	44,88
18 Ags 07	50	6,00	0,84	11	5274,65	329,58	47,05
19 Ags 07	50	5,90	0,84	11	4968,01	310,42	44,32
20 Ags 07	50	6,20	0,84	11	5768,22	360,42	51,46
21 Ags 07	50	6,80	0,84	11	6141,59	383,75	54,79
22 Ags 07	50	5,20	0,82	11	5969,27	382,08	53,25
23 Ags 07	50	7,02	0,86	11	6089,89	371,67	54,33
24 Ags 07	50	6,90	0,84	11	6601,71	412,50	58,89
25 Ags 07	50	7,06	0,84	11	2547,38	159,17	22,72
26 Ags 07	50	6,26	0,83	11	5824,63	368,33	51,96
27 Ags 07	STANDBY						
28 Ags 07							
28 Ags 07	50	6,70	0,85	11	6241,75	385,42	55,68
29 Ags 07	50	7,00	0,85	11	5121,57	316,25	45,69
30 Ags 07	50	6,70	0,85	11	5661,33	349,58	50,50
31 Ags 07	50	6,60	0,86	11	6233,26	380,42	55,60

Tabel B.9 Data Hasil Analisa Perhitungan Kinerja Mesin MBDG 3 Pada Bulan Mei 2008

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q_{bb} (kW)	Q_s (kW)	SFC (kg/kWh)	EFF Mesin (%)	Q_{ap} (kW)	η Q_{ap} (%)
02 Mei 08	2213,43	24685,55	11209	0,1975	45,407	1546,47	6,26
03 Mei 08	STANDBY						
04 Mei 08							
05 Mei 08	2165,86	24155,00	11209	0,1932	46,404	1325,56	5,48
06 Mei 08	2175,92	24267,20	11209	0,1941	47,079	1325,59	5,46
07 Mei 08	2134,81	23808,70	11209	0,1905	34,922	1325,59	5,56
08 Mei 08	2878,03	32097,50	11209	0,2568	35,904	1104,64	3,44
09 Mei 08	2799,29	31219,40	11209	0,2497	35,255	1325,59	4,24
10 Mei 08	2167,27	24170,70	11209	0,1934	45,928	1325,56	5,48
11 Mei 08	2850,84	31794,30	11209	0,2543	47,271	1546,50	4,86
12 Mei 08	2188,32	24405,40	11209	0,1952	67,686	1325,59	5,43
13 Mei 08	2126,16	23712,30	11209	0,1897	60,826	1988,32	8,38
14 Mei 08	1484,87	16560,20	11209	0,1325	58,326	1546,50	9,33
15 Mei 08	1652,34	18428,00	11209	0,1474	55,514	1546,47	8,39
16 Mei 08	2032,15	22663,80	11209	0,1813	33,386	1546,50	6,82
17 Mei 08	1723,16	19217,80	11209	0,1537	46,948	1546,47	8,04
18 Mei 08	1810,47	20191,40	11209	0,1615	45,241	1546,50	7,65
19 Mei 08	3010,41	33574,00	11209	0,2686	51,497	1546,50	4,60
20 Mei 08	2140,79	23875,40	11209	0,1910	34,866	1325,56	5,55
21 Mei 08	2221,54	24776,00	11209	0,1982	35,772	1546,50	6,24
22 Mei 08	1951,68	21766,30	11209	0,1741	59,141	1546,47	7,10
23 Mei 08	2882,66	32149,20	11209	0,2572	45,354	1546,50	4,81
24 Mei 08	2809,58	31334,20	11209	0,2507	23,951	1325,56	4,23
25 Mei 08	1699,41	18952,90	11209	0,1516	47,154	1325,56	6,99
26 Mei 08	2216,04	24714,70	11209	0,1977	58,718	1325,56	5,36
27 Mei 08	4196,22	46798,80	11209	0,3744	65,125	1325,56	2,83
28 Mei 08	2131,43	23771,10	11209	0,1902	59,380	1325,59	5,57
29 Mei 08	1711,68	19089,70	11209	0,1527	45,407	1325,59	6,94
30 Mei 08	1543,26	17211,40	11209	0,1377	22,649	1546,50	8,98
31 Mei 08	1692,58	18876,70	11209	0,1510	35,832	1325,56	7,02

Tabel B.10 Data Hasil Perhitungan Generator Mesin MBDG 3 Pada Bulan Mei 2008

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (CosØ)	Teg. Generator (kV)	Q_{Gen} (kW)	Arus Generator (A)	Eff Generator (%)
02 Mei 08	50	6,70	0,83	11	5356,15	337,08	47,78
03 Mei 08	S T A N D B Y						
04 Mei 08							
05 Mei 08	50	6,30	0,83	11	5819,60	372,50	51,91
06 Mei 08	50	6,46	0,83	11	5673,14	358,75	50,61
07 Mei 08	50	6,40	0,80	11	5182,30	340,00	46,23
08 Mei 08	50	6,00	0,82	11	4699,90	300,83	41,92
09 Mei 08	50	6,40	0,85	11	4264,54	263,33	38,04
10 Mei 08	50	6,22	0,82	11	4524,14	289,58	40,36
11 Mei 08	50	6,45	0,80	11	5696,72	373,75	50,82
12 Mei 08	50	6,58	0,83	11	6417,64	405,83	57,25
13 Mei 08	50	6,52	0,72	11	4641,16	338,33	41,40
14 Mei 08	50	6,68	0,82	11	4420,09	282,92	39,43
15 Mei 08	50	7,30	0,83	11	5666,50	358,33	50,55
16 Mei 08	50	6,40	0,82	11	5298,89	339,17	47,27
17 Mei 08	50	6,32	0,83	11	5515,00	348,75	49,20
18 Mei 08	50	6,33	0,82	11	5572,29	356,67	49,71
19 Mei 08	50	6,47	0,82	11	5897,72	377,50	52,61
20 Mei 08	50	6,32	0,83	11	5778,61	365,42	51,55
21 Mei 08	50	6,52	0,88	11	5839,01	348,26	52,09
22 Mei 08	50	6,35	0,85	11	4655,97	287,50	41,53
23 Mei 08	50	6,47	0,82	11	4999,39	320,00	44,60
24 Mei 08	50	6,22	0,83	11	4427,81	280,00	39,50
25 Mei 08	50	6,16	0,81	11	4874,07	315,83	43,48
26 Mei 08	50	6,50	0,82	11	5370,44	343,75	47,91
27 Mei 08	50	6,40	0,83	11	3225,98	204,00	28,78
28 Mei 08	50	6,30	0,83	11	5304,21	335,42	47,32
29 Mei 08	50	6,80	0,85	11	5944,74	367,08	53,03
30 Mei 08	50	6,40	0,85	11	5695,18	351,67	50,80
31 Mei 08	50	7,00	0,84	11	4974,57	310,83	44,38

Tabel B.11 Data Hasil Analisa Perhitungan Kinerja Mesin MBDG 4 Pada Bulan Mei 2008

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q _{bb} (kW)	Q _s (kW)	SFC (kg/kWh)	EFF Mesin (%)	Q _{ap} (kW)	η Q _{ap} (%)
01 Mei 08	1188,95	13259,98	11209	0,106	84,53	6402,38	48,28
02 Mei 08	STANDBY						
03 Mei 08							
04 Mei 08							
05 Mei 08							
06 Mei 08	2224,15	24805,09	11209	0,198	45,19	5961,39	36,04
07 Mei 08	2162,16	24113,77	11209	0,193	46,48	6182,37	40,46
08 Mei 08	2983,88	33278,02	11209	0,266	33,68	5741,13	23,14
09 Mei 08	2918,33	32547,02	11209	0,260	34,44	5299,83	21,97
10 Mei 08	2251,99	25115,58	11209	0,201	44,63	5299,50	15,92
11 Mei 08	2112,51	23560,04	11209	0,188	47,58	5299,50	16,28
12 Mei 08	2149,27	23969,98	11209	0,192	46,76	5741,13	22,85
13 Mei 08	2137,59	23839,67	11209	0,191	47,02	5520,49	23,43
14 Mei 08	1585,57	17683,27	11209	0,141	63,39	5299,83	22,11
15 Mei 08	2193,27	24460,64	11209	0,196	45,82	5520,49	23,15
16 Mei 08	4300,73	47964,31	11209	0,384	23,37	5520,49	31,21
17 Mei 08	9189,59	12487,77	11209	0,820	10,94	5961,39	24,37
18 Mei 08	1922,78	21444,06	11209	0,172	52,27	5299,50	11,04
19 Mei 08	3169,04	35343,06	11209	0,283	31,71	5741,13	5,60
20 Mei 08	2333,44	26023,95	11209	0,208	43,07	5518,13	25,73
21 Mei 08	2369,81	26429,62	11209	0,211	42,41	5741,13	16,24
22 Mei 08	1351,26	15070,12	11209	0,121	74,38	5740,77	22,05
23 Mei 08	STANDBY						
24 Mei 08							
25 Mei 08	STANDBY						
26 Mei 08							
27 Mei 08	1749,17	19507,87	11209	0,156	57,46	5520,14	27,20
28 Mei 08	2287,28	25509,12	11209	0,204	43,94	5961,39	22,97
29 Mei 08	1798,85	20061,90	11209	0,160	55,87	5961,76	30,56
30 Mei 08	1793,85	20006,11	11209	0,160	56,03	5740,77	22,50
31 Mei 08	1831,08	20421,39	11209	0,163	54,89	6182,37	30,81

Tabel B.12 Data Hasil Analisa Perhitungan Generator Mesin MBDG 4 Pada Bulan Mei 2008

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (Cosϕ)	Teg.Generator (kV)	Q_{Gen} (kW)	Arus Generator (A)	Eff Generator (%)
02 Mei 08	50	6,7	0,83	11	5947,35	376,09	53,05
03 Mei 08	STANDBY						
04 Mei 08	STANDBY						
05 Mei 08	50	6,46	0,83	11	5277,80	333,75	47,08
06 Mei 08	STANDBY						
07 Mei 08	50	6,72	0,86	11	6110,37	372,92	54,51
08 Mei 08	50	6,00	0,82	11	5211,87	333,60	46,49
09 Mei 08	50	6,40	0,85	11	5879,31	363,04	52,45
10 Mei 08	50	6,46	0,84	11	5808,23	362,92	51,81
11 Mei 08	50	7,10	0,84	11	5594,73	349,58	49,91
12 Mei 08	50	7,00	0,85	11	6039,32	372,92	53,87
13 Mei 08	50	7,12	0,84	11	5628,18	351,67	50,21
14 Mei 08	50	7,30	0,83	11	5725,80	362,08	51,08
15 Mei 08	50	7,16	0,83	11	6009,18	380,00	53,61
16 Mei 08	50	6,80	0,83	11	6193,72	391,67	55,25
17 Mei 08	50	7,00	0,87	11	5987,98	361,25	53,42
18 Mei 08	50	6,90	0,87	11	3860,82	232,92	34,44
19 Mei 08	50	7,18	9,86	11	58705,70	312,50	52,73
20 Mei 08	50	6,68	0,85	11	5917,86	365,42	52,79
21 Mei 08	50	6,63	0,86	11	6007,96	366,67	53,59
22 Mei 08	50	6,68	0,64	11	4725,03	387,50	42,15
23 Mei 08	50	7,05	0,86	11	6219,49	379,58	55,48
24 Mei 08	50	6,82	0,84	11	5708,20	356,67	50,92
25 Mei 08	50	6,83	0,86	11	6117,09	373,33	54,57
26 Mei 08	50	7,00	0,85	11	6369,85	393,33	56,82
27 Mei 08	50	6,98	0,85	11	6410,34	395,83	57,18
28 Mei 08	50	6,76	0,85	11	6781,52	418,75	60,50
29 Mei 08	50	6,98	0,84	11	6648,44	415,42	59,31
30 Mei 08	50	7,02	0,85	11	5917,86	365,42	52,79
31 Mei 08	50	6,57	0,86	11	6888,67	420,42	61,45

Tabel B.13 Data Hasil Analisa Perhitungan Kinerja Mesin MBDG 3 Pada Bulan Juni 2010

Waktu (Jam)	FC (kg/Jam)	Q_{bb} (kW)	Q_s (kW)	SFC (kg/kWh)	EFF Mesin (%)	Q_{ap} (kW)	η Q_{ap} (%)
06 Jun 2010	4226,31	47134,33	11209	0,37	23,78	4198,35	8,90
07 Jun 2010	3907,38	43577,49	11209	0,34	25,72	662,77	1,52
08 Jun 2010	2125,94	23709,84	11209	0,19	47,27	883,72	3,72
09 Jun 2010	3828,13	42693,67	11209	0,34	26,25	1325,61	3,10
12 Jun 2010	6394,43	71314,56	11209	0,57	15,71	1546,60	2,16
13 Jun 2010	13465,28	150171,96	11209	1,20	7,46	1325,58	0,88
14 Jun 2010	STANDBY						
15 Jun 2010							
16 Juni 2010							
17 Juni 2010							
18 juni 2010							
19 juni 2010	3589,65	40033,95	11209	0,32	27,99	1325,61	4,50
20 Jun 2010	10084,38	112467,05	11209	0,90	9,96	883,72	4,71
21 Jun 2010	1623,42	18105,34	11209	0,14	61,91	1325,64	3,31
22 Jun 2010	1623,42	18105,34	11209	0,14	61,91	1325,61	1,17
23 Jun 2010	1266,00	14119,25	11209	0,11	79,38	1325,61	7,32
25 Jun 2010	4781,08	53321,48	11209	0,42	21,02	1103,53	6,09
26 Jun 2010	4017,87	44809,74	11209	0,35		1103,56	7,81
27 Jun 2010	3951,32	44067,48	11209	0,35	25,43	1103,56	2,06

Tabel B.14 Data Hasil Analisa Perhitungan Generator Mesin MBDG 3 Pada Bulan Juni 2010

Waktu Pencatatan	Frekuensi (Hz)	Beban (MWh)	Faktor Kerja (CosØ)	Teg. Generator (kV)	Q_{Gen} (kW)	Arus Generator (A)	Eff Generator (%)
06 Jun 2010	50	6,32	0,82	11	5.077,51	325,00	45,29
07 Jun 2010	50	6,28	0,82	11	5.090,47	325,83	45,41
08 Jun 2010	50	6,30	0,82	11	5.181,71	331,67	46,22
09 Jun 2010	50	6,33	0,83	11	5.462,34	345,42	48,73
12 Jun 2010	50	6,37	0,88	11	6.112,64	364,58	54,53
13 Jun 2010	50	6,25	0,85	11	5.857,13	361,67	52,25
14 Jun 2010	STANDBY						
15 Jun 2010							
16 Juni 2010							
17 Juni 2010							
18 juni 2010							
19 juni 2010	50	6,20	0,85	11	5.830,08	360,00	52,01
20 Jun 2010	50	5,90	0,87	11	1.581,66	95,42	14,11
21 Jun 2010	50	5,97	0,87	11	5.221,35	315,00	46,58
22 Jun 2010	50	5,94	0,84	11	5.068,03	316,67	45,21
23 Jun 2010	50	5,97	0,85	11	5.533,23	341,67	49,36
25 Jun 2010	50	6,10	0,80	11	254,08	16,67	2,26
26 Jun 2010	STANDBY						
27 Jun 2010	50	5,90	0,83	11	4.854,15	306,96	43,30





LAMPIRAN C


DATA TEKNIS, SPESIFIKASI JACKET COOLING

WATER PUMP

DATA TEKNIS

MESIN MIRRLESS BLACKSTONE DIESEL GENERATOR

A. MESIN



☞ Type	: KV Major
☞ Number Of Cylinder	: 16
☞ Rotation Viewed on Flywheel	: Clockwise
☞ Operating Fuel	: Distillate Fuel
☞ Crankshaft Speed (rpm)	: 600
☞ Cycle	: 4 stroke
☞ Cylinder Bore (mm)	: 400
☞ Stroke (mm)	: 457
☞ Compression Ratio	: 10.67 : 1
☞ Swept Volume / Cylinder (Ltrs)	: 57.469
☞ Mean Piston Speed m.sec	: 9.14

B. GENERATOR

➤ DATA GENERATOR PADA MESIN MBDG 3

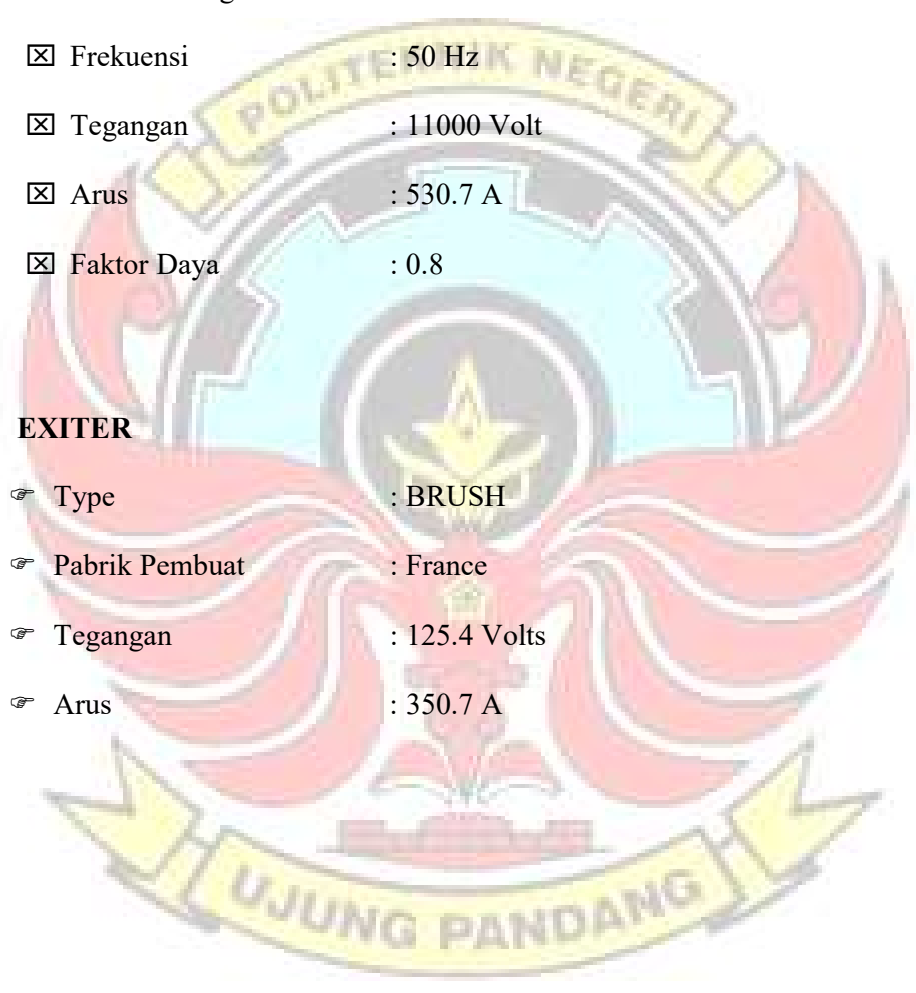
☒ Type	: 61687A – 16 Machine No.
☒ Pabrik pembuat	: SALIENT POLE ALTERNATOR (France)
☒ Putaran	: 600 rpm
☒ Daya Keluaran	: 10111 kVA
☒ Frekuensi	: 50 Hz
☒ Tegangan	: 11000 Volt
☒ Arus	: 530.7 A
☒ Faktor Daya	: 0.8

➤ **DATA GENERATOR PADA MESIN MBDG 4**

- ☒ Type : LSA 60-135-10 P
- ☒ Pabrik Pembuat : France
- ☒ Putaran : 600 rpm
- ☒ Power Rating : 10561 kVA
- ☒ Frekuensi : 50 Hz
- ☒ Tegangan : 11000 Volt
- ☒ Arus : 530.7 A
- ☒ Faktor Daya : 0.8

C. EXITER

- ☞ Type : BRUSH
- ☞ Pabrik Pembuat : France
- ☞ Tegangan : 125.4 Volts
- ☞ Arus : 350.7 A



LAMPIRAN D
TABEL SIFAT-SIFAT UDARA DAN SIFAT-SIFAT AIR



Tabel A-9 Sifat-sifat Air (Zat-cair Jenuh)†

Catatan $Gr_x Pr = \left(\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k} \right) x^3 \Delta T$

°F	°C	c_p , kJ/kg · °C	ρ , kg/m ³	μ , kg/m · s	k , W/m · °C	Pr	$\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k}$, 1/m ³ · °C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^9
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^9
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^{10}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.46×10^{10}
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^{10}
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^{10}
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^{10}
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^{10}
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^{10}
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^{10}
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^{10}
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^{10}
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^{10}
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^{10}
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{11}
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-5}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

† Adaptasi dari A. I. Brown dan S. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.



TABLE A.7.2 Water ($P = 7 \text{ MPa, abs}$)^b

Temp. °C	Heat Capacity c_p kJ/kg·K	Viscosity $\mu \times 10^4$ N·s/m ²	Conductivity k W/m·K	Prandtl Number Pr
0	4.183	17.49	0.5744	12.73
25	4.162	8.830	0.6169	5.95
50	4.164	5.518	0.6489	3.54
100	4.202	2.806	0.6855	1.720
150	4.290	1.824	0.6913	1.132
200	4.466	1.352	0.6693	0.907
250	4.832	1.075	0.6207	0.837

^b Adapted from (1995) ASME Steam Tables, The American Society of Mechanical Engineers





LAMPIRAN E

SIFAT – SIFAT BAHAN BAKAR

REPUBLIK INDONESIA
DEPARTEMEN PERTAMBANGAN DAN ENERGI
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

PERATURAN DIREKTUR JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI
No.: 002 / P /D.M/Migas/1979.

TENTANG
SPESIFIKASI BAHAN BAKAR MINYAK

DIREKTUR JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI,

- : bahwa setelah mempertimbangkan segi-segi teknis ekonomis kemampuan kilang dan kebutuhan pemakai, dianggap perlu untuk menetapkan spesifikasi dan mutu bahan bakar minyak untuk keperluan dalam negeri dengan suatu Peraturan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi;
- : 1. Undang - undang No. 44 Prp tahun 1960,
(L.N. tahun 1960 No. 133, T.L.N. No. 2070);
2. Undang - undang No. 8 tahun 1971
(L.N. tahun 1971 No. 76, T.L.N. No. 2971);
3. Keputusan Presiden No. 155/M.tahun 1978
tanggal 15 Juli 1978;
4. Surat Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi
No. 18.Kpts/D.J/Migas/1977 tanggal 24 Maret 1977;

M E M U T U S K A N :

PERATURAN DIREKTUR JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI
TENTANG SPESIFIKASI BAHAN BAKAR MINYAK.

Pasal 1

Dalam Peraturan ini yang dimaksud dengan :

- a. bahan bakar minyak adalah hasil-hasil pengolahan minyak bumi yang berupa :
- Bensin Penerbangan 73 (Avgas 73);
 - Bensin Penerbangan 100/130 (Avgas 100/130);
 - Bahan Bakar Jet (Avtur);
 - Bensin Super (Super 98);
 - Bensin Premium (Premium);
 - Minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar

- b. spesifikasi adalah batasan minimum dan atau maksimum dan pada sifat-sifat tertentu bahan bakar minyak dengan menggunakan metode tertentu.

Pasal 2

Bahan bakar minyak yang dihasilkan di dalam negeri dan atau diimpor untuk keperluan dalam negeri harus memenuhi spesifikasi sebagaimana ditentukan dalam LAMPIRAN Peraturan ini.

Pasal 3

TEAM SPESIFIKASI BAHAN BAKAR MINYAK termaksud dalam Surat Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 18/Kpts/D.J/Migas/1977 tanggal 24 Maret 1977 - selanjutnya disebut TEAM SPESIFIKASI - melakukan penelitian secara rutin terhadap pengadaan dan kebutuhan bahan bakar minyak serta reaksi pemakai atas spesifikasi termaksud dalam Pasal 2 Peraturan ini.

Pasal 4

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya.

Ditetapkan di : Jakarta
pada tanggal : 25 Mei 1979

DIREKTUR JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

dto

Ir. W I J A R S O
NIP.:100001999

Salinan Peraturan ini disampaikan kepada :

1. Yth. Menteri Penambangan dan Energi;
2. Unit-unit dalam lingkungan Dit. Jen.Migas;
3. Direktur Utama PERTAMINA;
4. Direktur Pengolahan PERTAMINA;
5. Direktur PDN PERTAMINA;
6. Kepala PPTMGB LEMIGAS.

B. Bensin Penerbangan 100/130 (Avgas 100/130)

Sifat	Batasan		Metoda Test	
	Min.	Max:	ASTM	Lain
Appearance	Visually clear, bright and free from solid matter and undissolved water at normal ambient temperature			
API Gravity at 60 °F	To be reported		D-287	
Specific Gravity at 60/60 °F	To be reported		D-1289	IP-160
Colour	Green			VISUAL
Dye Content : Blue	mgr/IG	3.242		
Yellow	mgr/IG	4.091		
Colour Lovibond 2" cell:	Blue	1.7		IP-17
	Yellow	1.5		
Knock Ratings:				
Lean Mixture F-2	MON	99	D-2700	
Rich Mixture F-4	PN	130	D-909	
T.E.L.	mls/AG		4.0	IP-96
Aniline Gravity Product or		7.500	D-611&1298	IP-2&160
Calorific Value Nett	BTU/lb	16.700	D-240	
Distillation:				
Initial Boiling Point		Report	D-86	
Evap. to 75 °C	% vol	10		
Evap. to 105 °C	% vol	50		
Evap. to 135 °C	% vol	90		
End Point	°C		170	
Sum of 10%+50% evap.	°C	135		
Residue	% vol		1.5	
Loss	%vol		1.5	
R.V.P. at 100 °F	psi	5.5	7.0	D-323/ 2551
Total Sulphur	% wt		0.05	D-1 266
Copperstrip Corrosion 2 hrs/212 °F			ASTM No. 1	D-130
Existant Gum (air jet)	mgr/100ml		3	D-381
Potential Gum (16 hrs)	mgr/100ml		6.0	D-873
cc. Gum Precipitate	mgr/100ml		2.0	D-873
Freezing Point	°C		Minus 60	D-23 86
			D-1094	IP-16
				IP-289
Water Reaction:				
Change in Volume	ml		2	
Interface Rating			2	
Separation Rating			++ 2	
Anti Oxidant as approved	mg/ltr	19.1	24	
) Complies with DERD 2485 issue 7 except T.E.L. content) Complies with DERD 2485 issue 6.				

Note 1 : The net calorific value shall be calculated from the gross calorific value by applying the formula :

$$\text{Net Btu IT/lb} = 4310 + 0,7195 \text{ times gross Btu IT/lb}$$

Note 2 : Calculate the API Gravity from the determined 60/60 °F Specific Gravity as follows :

$$\text{Degree API} = \frac{141,5}{\text{SG at } 60/60 \text{ } ^\circ\text{F}} - 131,5$$

Determine Aniline Point (°F), then

$$\text{Aniline Gravity Product} = \text{API Gravity times Aniline Point (} ^\circ\text{F)}$$

Note 3 : The Visual colour of correctly dyed fuels should, if quantified by IP 17 (method A) using a 2 inch cell, comply with the following table

Colour,	Lovibond Units	Limits	
		Grade 100/130	Grade 115/145
Blue,	min	1.7	1.4
	max	2.8	2.1
Yellow,	min	1.5	-
	max	2.7	-
Red,	min	-	1.6
	max	-	3.3

Note 4 : Knock rating shall be reported to the nearest 0.1 Octane/Performance Number.

Note 5 : IP 69 shall be used for referee purpose.

Note 6 : ASTM D526/IP 96 shall be used for referee purpose.

To convert g Pb/unit volume to ml TEL/unit volume, multiply g Pb by the factor 0.946
The limits given in Table II have the following equivalences ...

g Pb/litre	ml TEL/litre	ml TEL/Imp G
0.85	0.80	3.64
1.28	1.21	5.52

Note 7 : The test cylinder shall be viewed in a good light but not directly against a white background (as is directed by IP 289/72). Nevertheless any slight cloudiness in the fuel layer which is no longer visible when viewed against a white background shall be disregarded.

F. Minyak Tanah				
Sifat	Batasan		Metoda Test	
	Min.	Max.	ASTM	Lain
Specific Gravity at 60/60 °F		0.835	D-1298	
Colour Lovibond 18" cell or		2.50		IP-17
Colour Saybolt	9		D-156	
Smoke Point mm	16 ¹⁾		D-1322	IP-57
Char Value mg/kg		40		IP-10
Distillation:			D-86	
Recovery at 200 °C % vol	18			
End Point °C		310		
Flashpoint Abel or °F	100			IP - 170
alternatively Flashpoint TAG °F	105		D-56	
Sulphur Content % wt		0.20	D-1266	
Copperstrip Corrosion (3 hrs / 50 °C)		No. 1	D-130	
Odour	Marketable			

1) Jika Smoke Point ditentukan dengan ASTM D-1322 maka batasan minimum diturunkan dari 16 menjadi 15.

G. Minyak Solar				
Sifat	Batasan		Metoda Test	
	Min	Max	ASTM	Lain
Specific Gravity at 60/60 °F	0.820	0.870	D-1298	
Calorific Value Gross	18000		D-240	
Cetane Number or	45		D-613	
alternatively Calculated Cetane Index	48		D-976	
Viscosity Kinematic at 100 °F	1.6	5.8	D-445	
or Viscosity SSU at 100 °F	35	45	D-89	
Pourpoint		65	D-97	
Sulphur Content		0.5	D-1551/1552	
Copperstrip (3 hrs/ 100 °C)		No 1	D-130	
Conradson Carbon Residue			D-169	
(on 10% vol bottom)		0.1		
Water Content		0.05	D-95	
Sediment		0.01	D-473	
Ash Content		0.01	D-462	
Neutralization Value			D-974	
Strong Acid Number	mg KOH/gr	Nil		
Total Acid Number	mg KOH/gr	0.6		
Flash Point P.M.c.r	°F	150	D-93	
Distillation			D-66	
Recovery at 300 °C	% vol	40		



H. Minyak Diesel				
Sifat	Batasan		Metoda Test	
	Min.	Max.	ASTM	Lain
Specific Gravity at 60/60 °F	0.840	0.920	D-1298	
Viscosity Redwood 1/100 °F	secs	35	45	D-445 ¹⁾ IP - 70
Pourpoint	°F		65	D-97
Sulphur Content	% wt		1.5	D-1551/1552
Conradson Carbon Residue	% wt		1.0	D-189
Water Content	% vol		0.25	D-95
Sediment	% wt		0.02	D-473
Ash	% wt		0.02	D-482
Neutralization Value				
Strong Acid Number	mg KOH/gr		Nil	D-974
Flashpoint P.M. c.c.	°F	150		D-93
Colour ASTM		6		D-1500

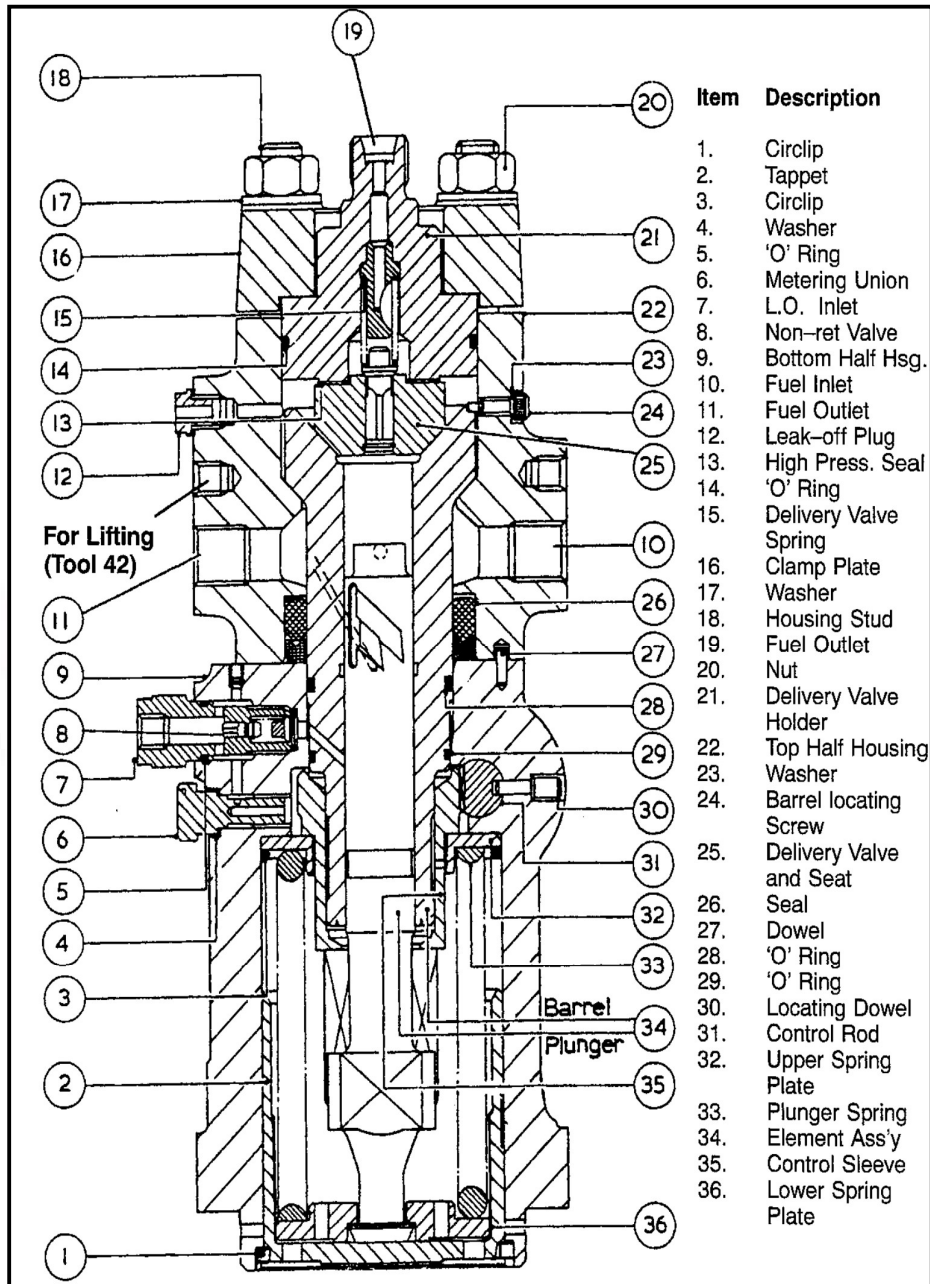
Konversi dari Kinematic Viscosity



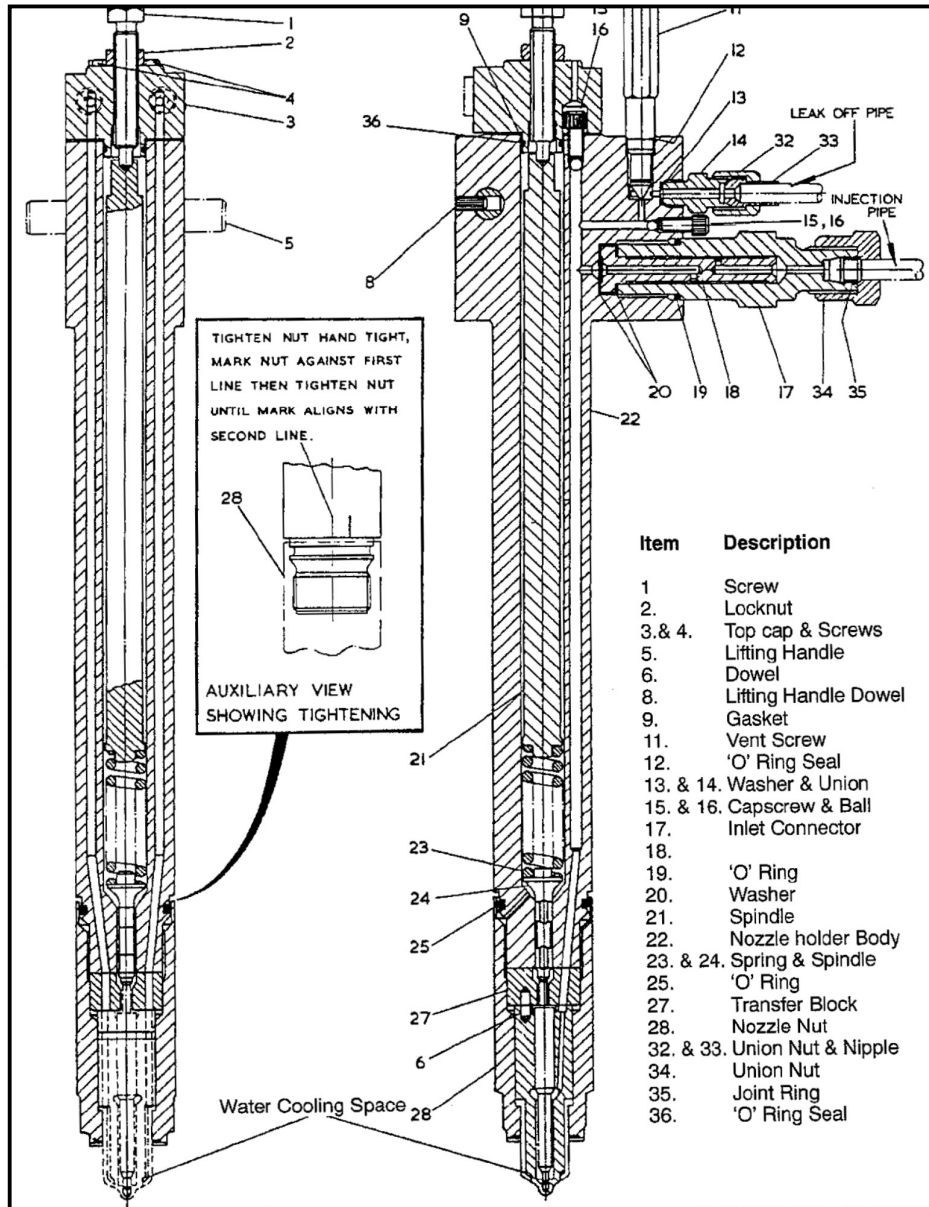


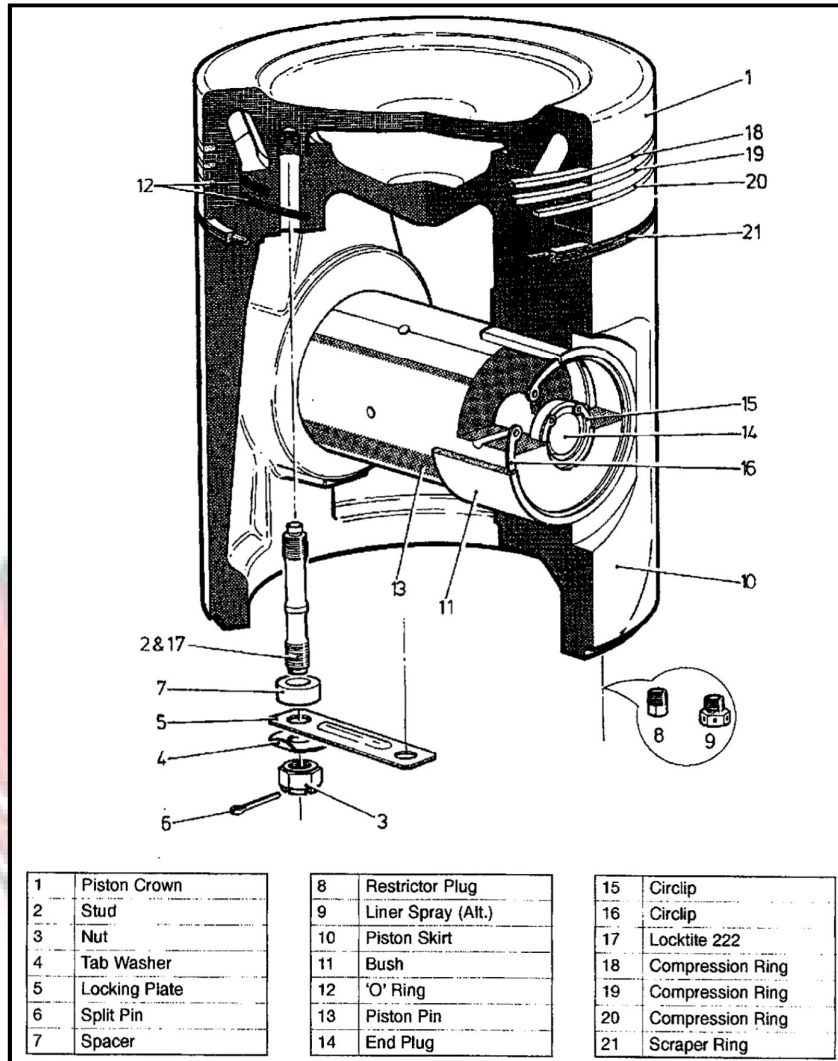
LAMPIRAN F

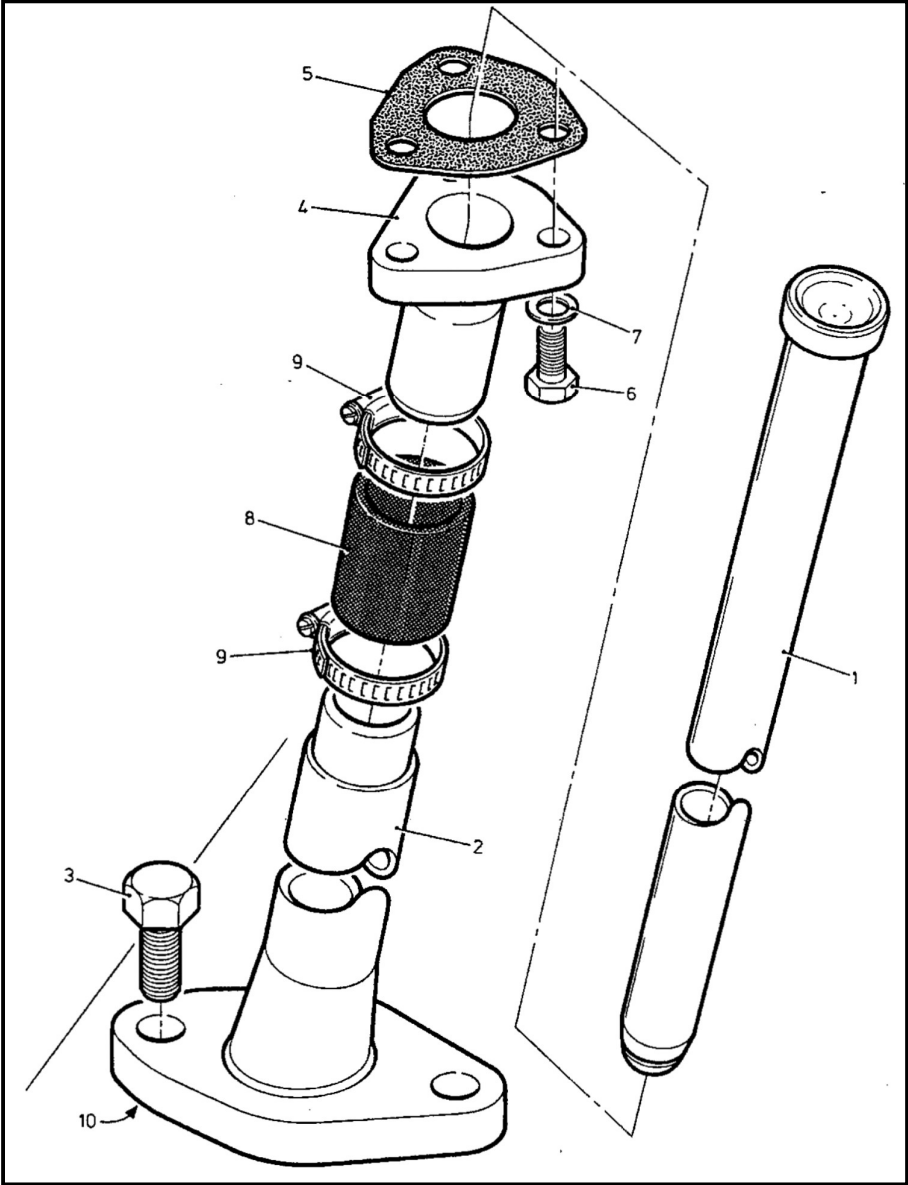
**GAMBAR KOMPONEN-KOMPONEN MESIN
MIRLESS BLACKSTONE DIESEL GENERATOR**



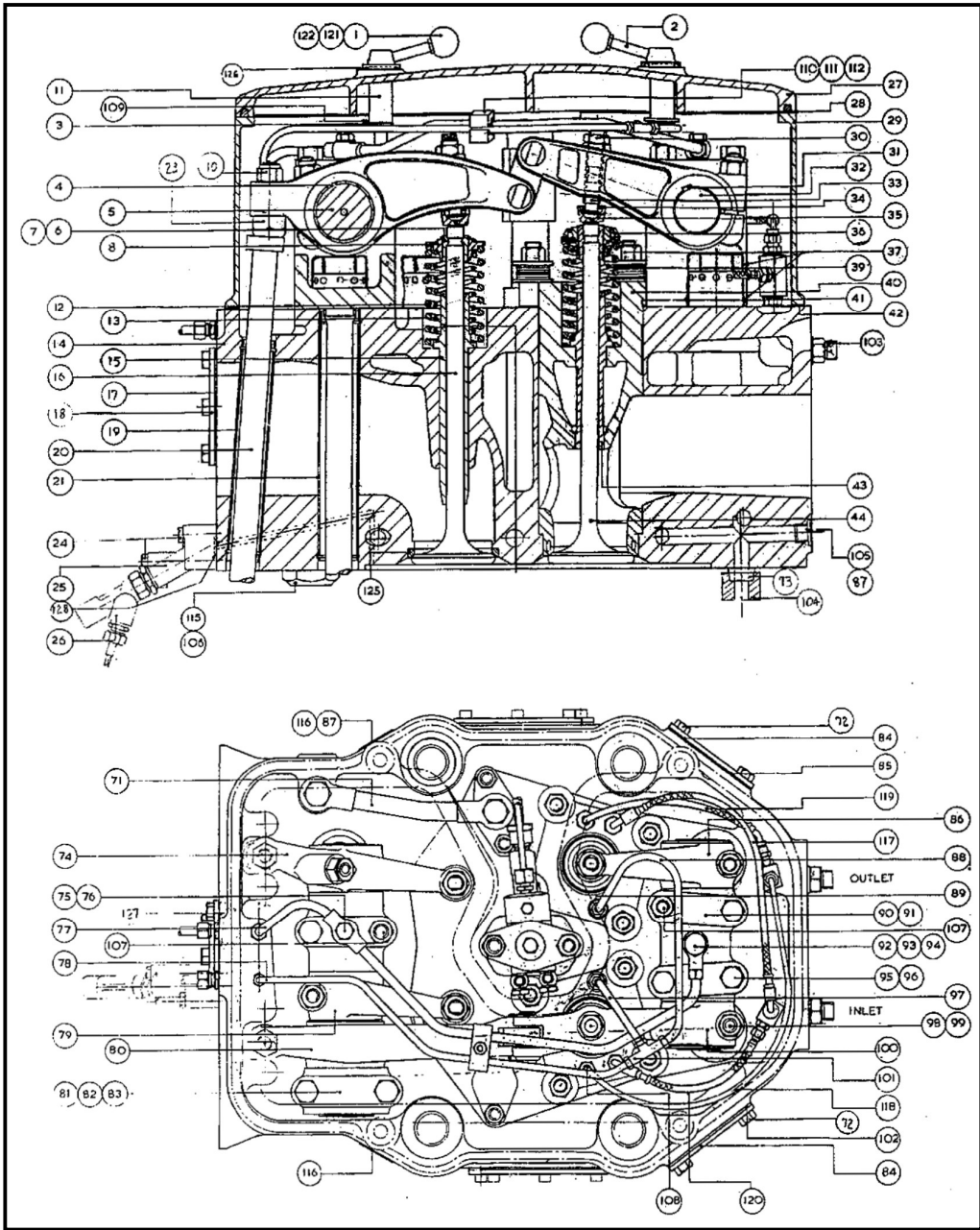
Fuel Injector Assembly





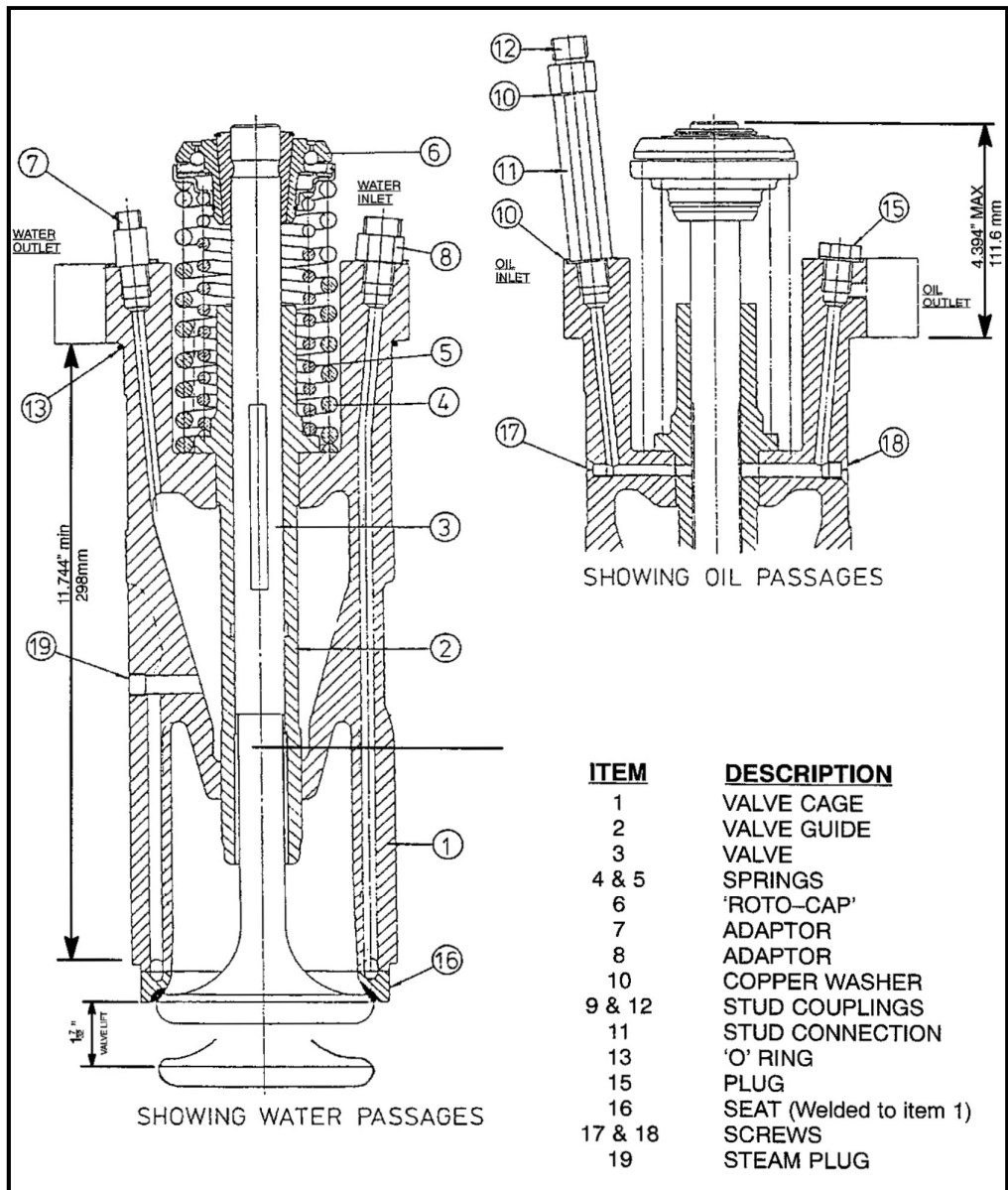


Pushrod & Tube Assembly



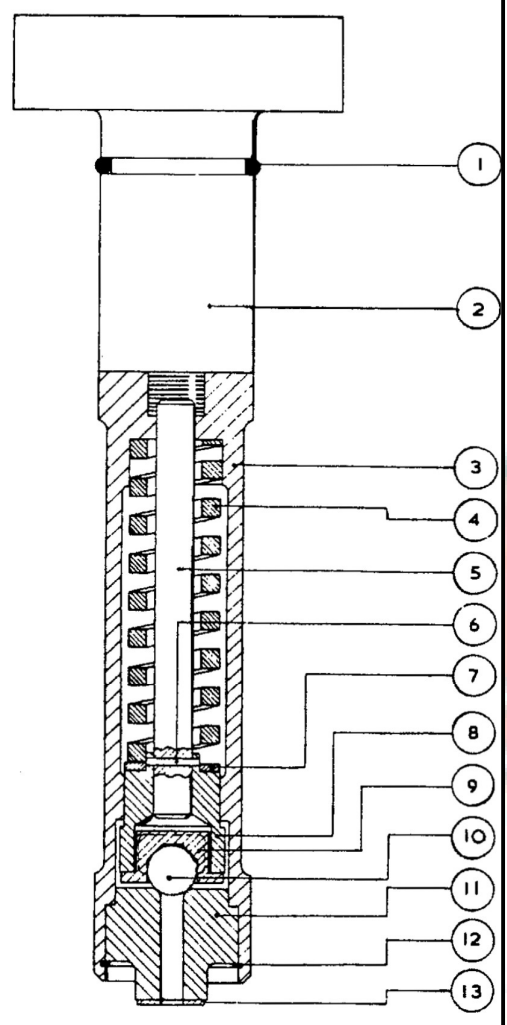
Item On	Description
Fig.1 & 1a	
1	Knob for cover
2	Stud
3	Circlip
4	Bush for operating lever
5	Fulcrum spindle inlet valve levers
6	Split cone
7	Circlip for cone
8	Spring carrier
9	Plain washer
10	Cleveloc nut
11	Clamping nut
12	Outer spring for inlet and exhaust valve
13	Inner spring for inlet and exhaust valve
14	Cylinder head
15	Inlet valve guide
16	Air inlet valve
17	Joint for front cleaning door
18	Front cleaning door
19	Pushrod tube
20	Pushrod
21	Tube for cylinder head studs
22	'O' ring seal (Inline only)
23	Tappet for valve levers
24	Bolt for pressure indicator adaptor
25	Adaptor for pressure indicator
26	Pressure indicator valve
27	Inspection cover
28	Joint for cover
29	Cylinder head cover
30	Locknut
31	Key for fulcrum shaft
32	Fulcrum spindle for exhaust valve levers
33	Tappet screw
34	Retaining ring

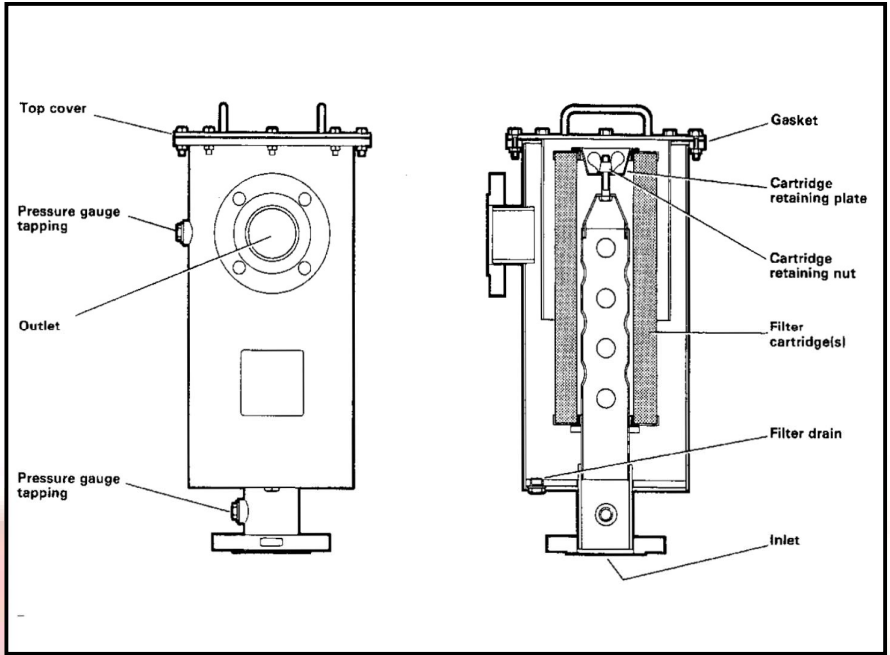
UJUNG PANDANG

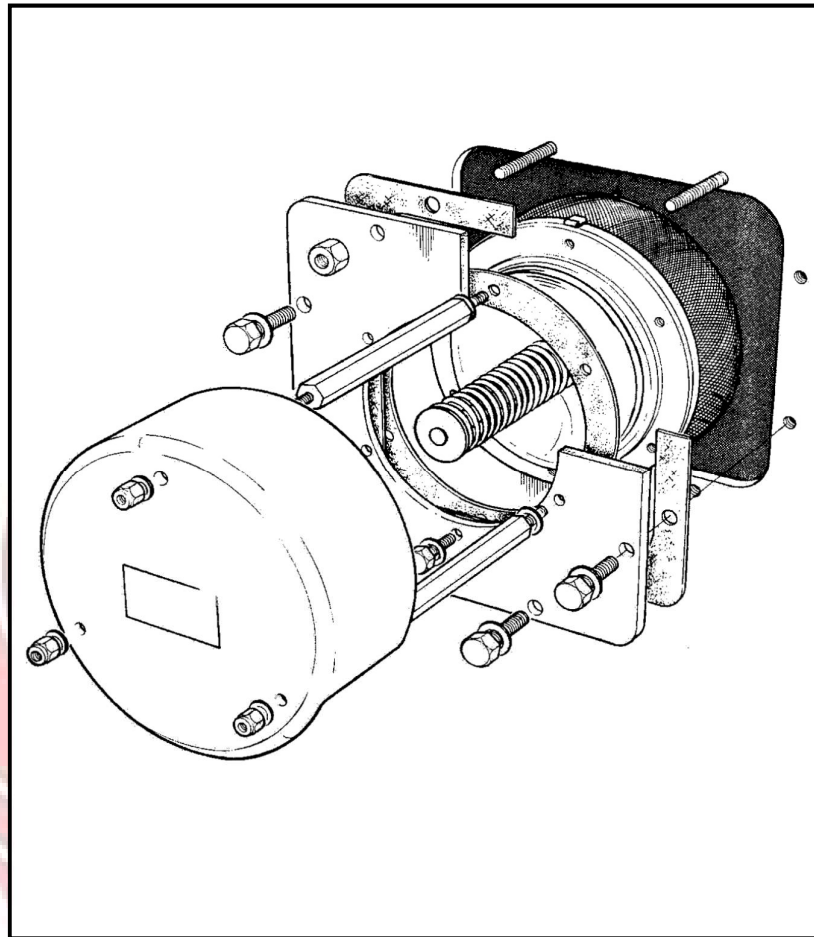


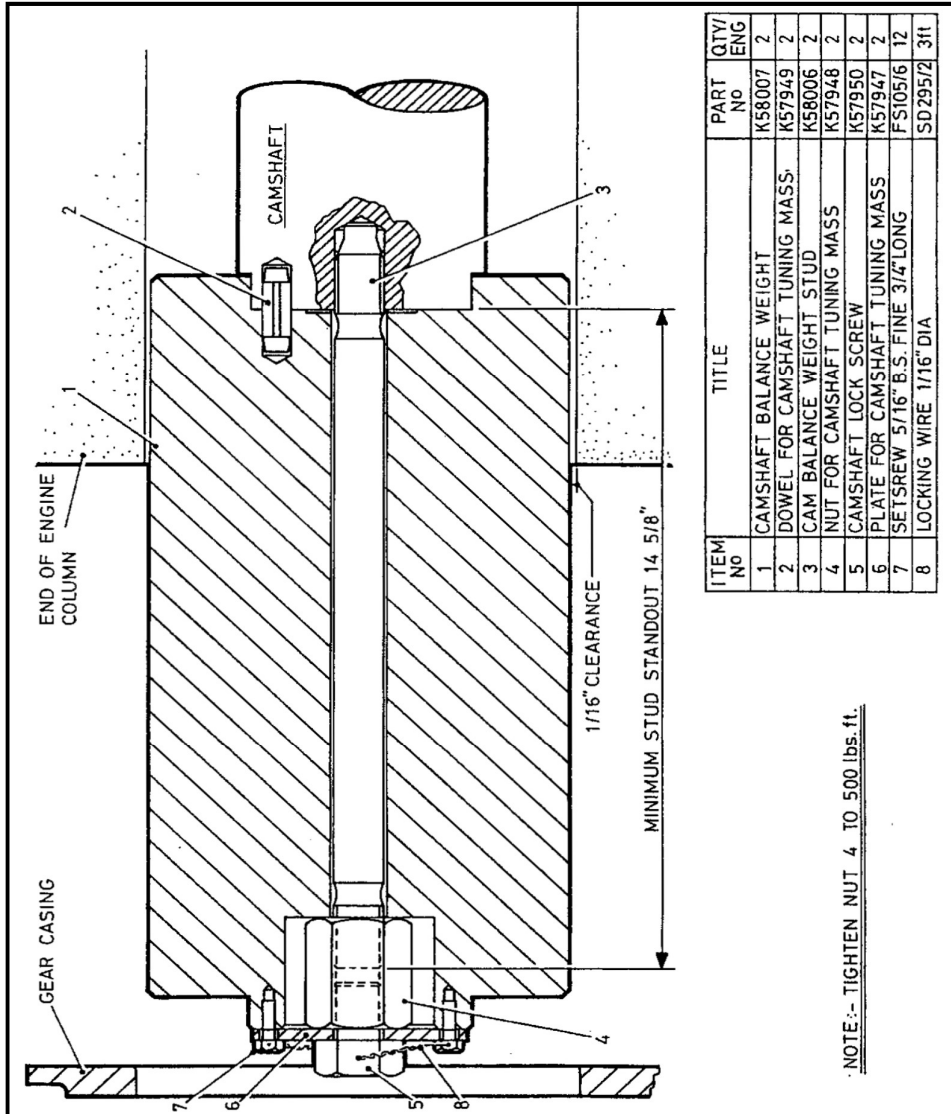
ITEM	DESCRIPTION
1	VALVE CAGE
2	VALVE GUIDE
3	VALVE
4 & 5	SPRINGS
6	'ROTO-CAP'
7	ADAPTOR
8	ADAPTOR
10	COPPER WASHER
9 & 12	STUD COUPLINGS
11	STUD CONNECTION
13	'O' RING
15	PLUG
16	SEAT (Welded to item 1)
17 & 18	SCREWS
19	STEAM PLUG

ITEM NO	DESCRIPTION
1	'O' RING
2	CLAMPING FLANGE
3	VALVE BODY
4	SPRING
5	PLUNGER SPINDLE
6	SELF-LOCKING PIN
7	SHIM (to suit pressure)
8	PLUNGER
9	PRESSURE PAD
10	BALL VALVE ($\frac{5}{8}$ " \varnothing)
11	VALVE SEAT
12	RETAINING RING
13	WASHER



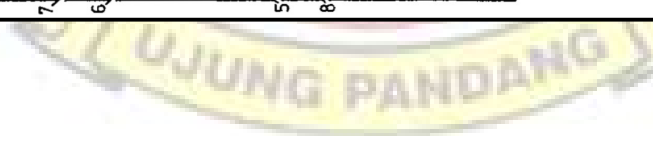


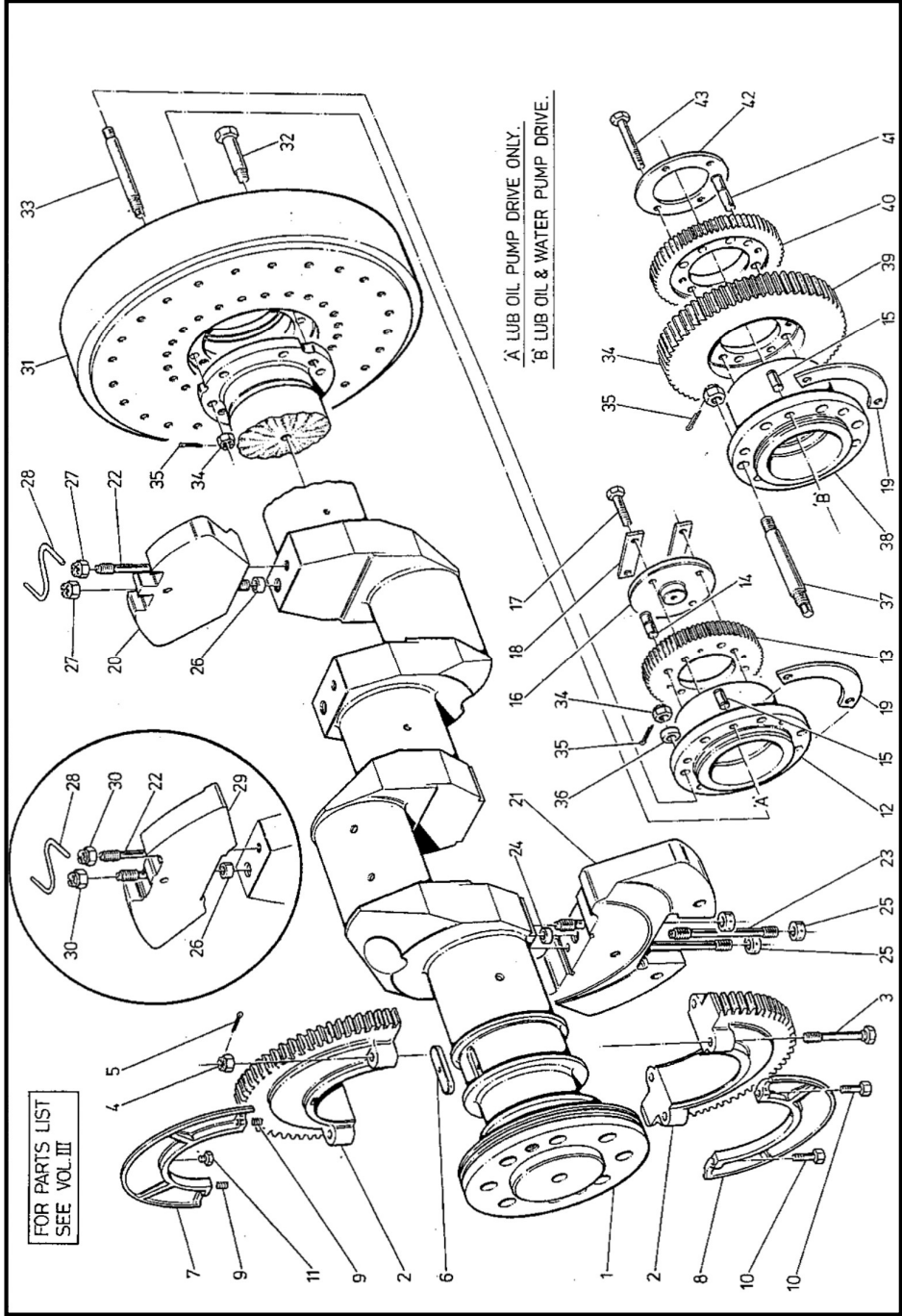


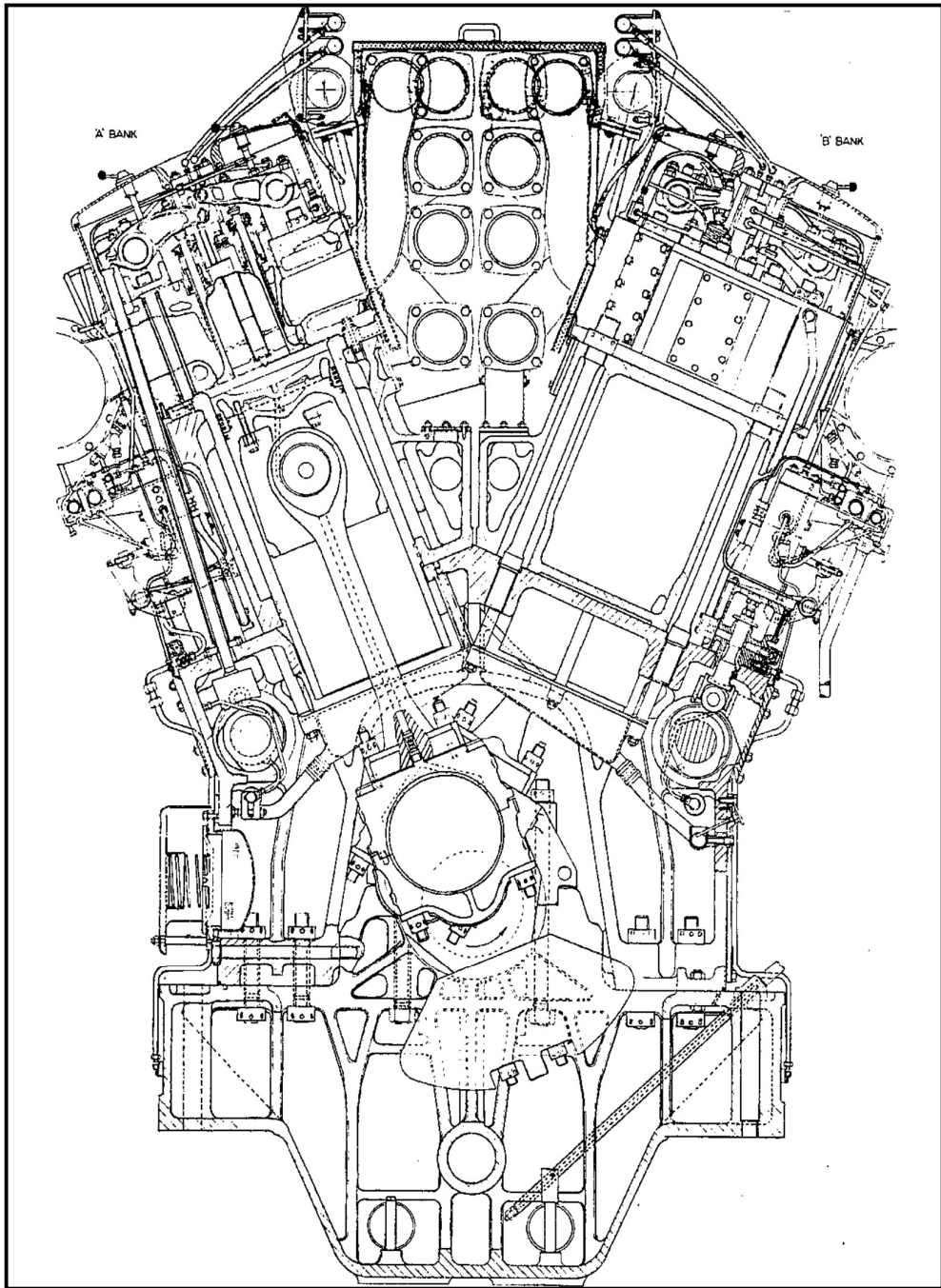


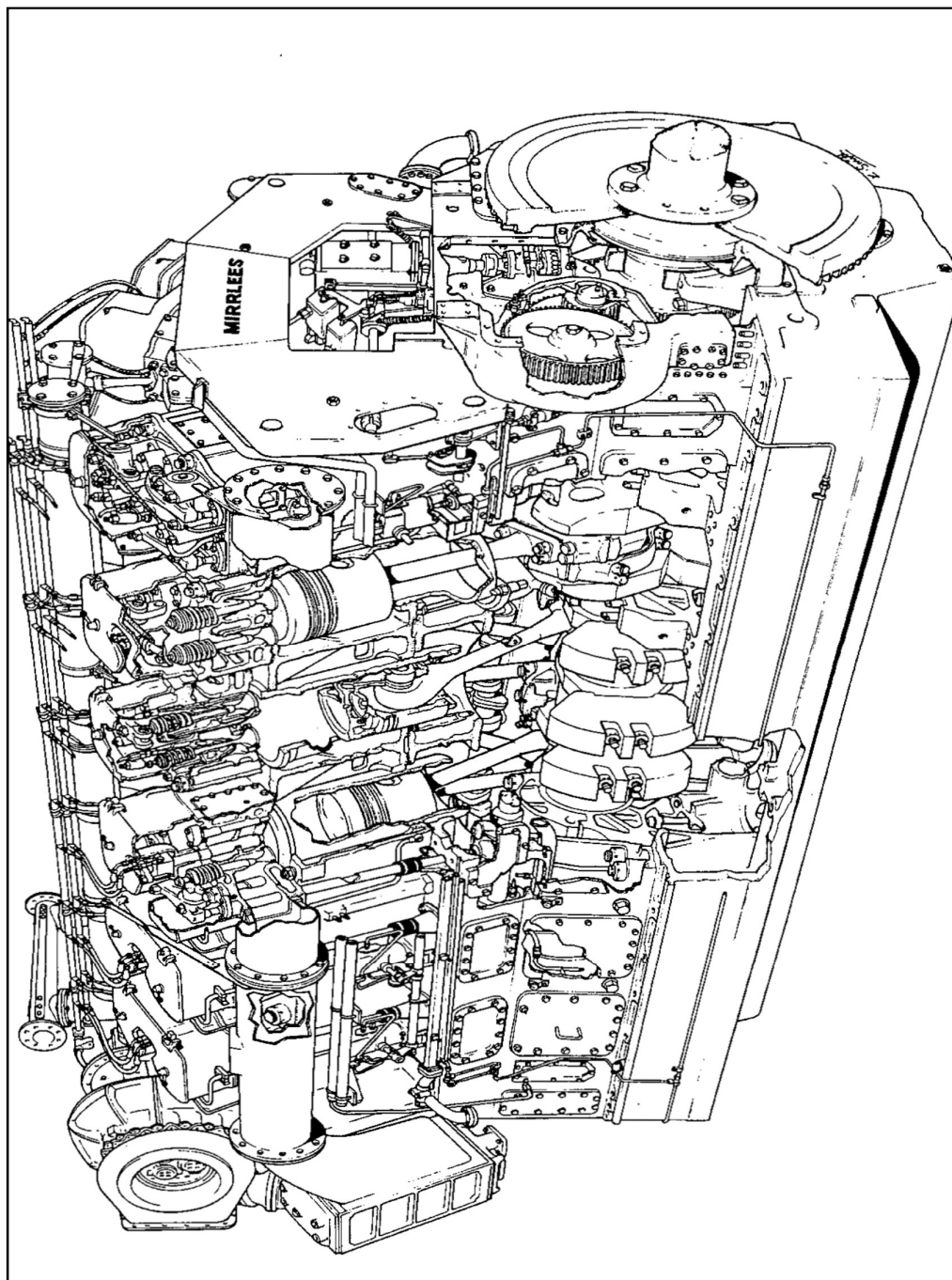
ITEM No	TITLE	PART No	QTY/ ENG
1	CAMSHAFT BALANCE WEIGHT	K58007	2
2	DOWEL FOR CAMSHAFT TUNING MASS	K57949	2
3	CAM BALANCE WEIGHT STUD	K58006	2
4	NUT FOR CAMSHAFT TUNING MASS	K57948	2
5	CAMSHAFT LOCK SCREW	K57950	2
6	PLATE FOR CAMSHAFT TUNING MASS	K57947	2
7	SETSREW 5/16" B.S. FINE 3/4" LONG	FS10516	12
8	LOCKING WIRE 1/16" DIA	SD29512	3ft

NOTE:- TIGHTEN NUT 4 TO 500 lbs. ft.







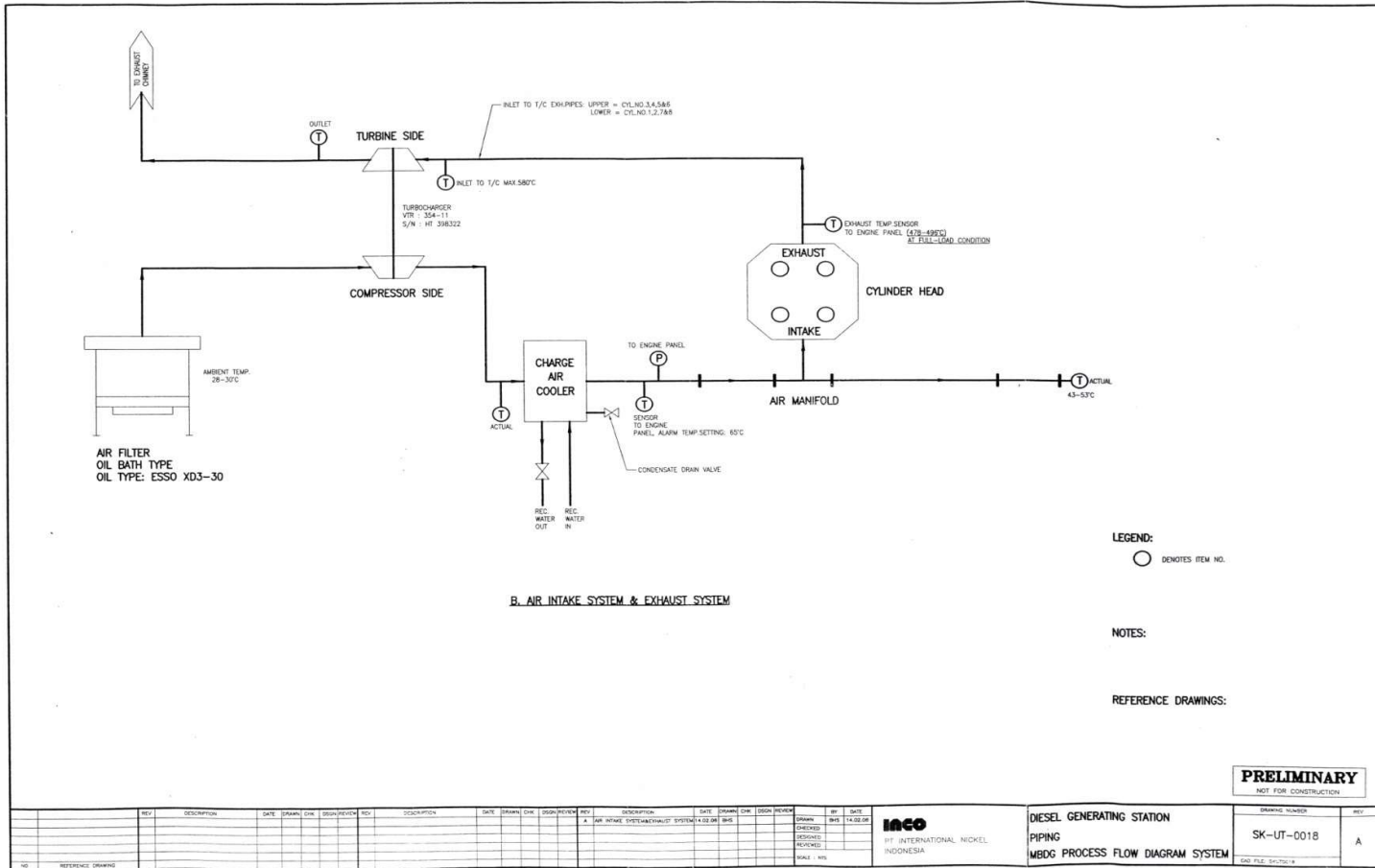


Sectional Elevation of A Typical KV MAJOR Mk III Engine



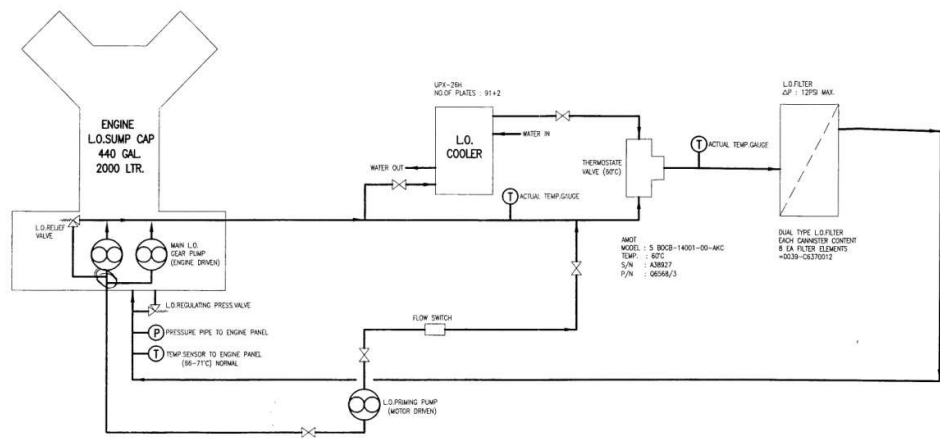
LAMPIRAN G
GAMBAR AIR INTAKE SYSTEM AND EXHAUST
SYSTEM





LAMPIRAN H
GAMBAR LUBE OIL SYSTEM





C. LUBE OIL SYSTEM

LEGEND:
 ○ DENOTES ITEM NO.

NOTES:
 1. L.O. INLET TEMP TO ENGINE ALARM SETTING=75°C A-ALARM
 SHUTDOWN SETTING=75°C B-STOP
 2. L.O. PRESSURE SWP : 50 PSI
 3. L.O. TYPE : EDAMAK 12750
 4. TOTAL L.O. CAPACITY INCLUDING (IN THE PIPING, COOLER & FILTER) = 3750 LTR

REFERENCE DRAWINGS:

PRELIMINARY
 NOT FOR CONSTRUCTION

REV	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHK	DESIGN/REV	REV	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHK	DESIGN/REV	REV	DATE	BY	DATE
1	ISSUE FOR CONSTRUCTION						FOR PIPING SYSTEM/VALVE SYSTEM/ALARM/STOP						18/08/24		
2	REVISION														
3	REVISION														
4	REVISION														
5	REVISION														
6	REVISION														
7	REVISION														
8	REVISION														
9	REVISION														
10	REVISION														

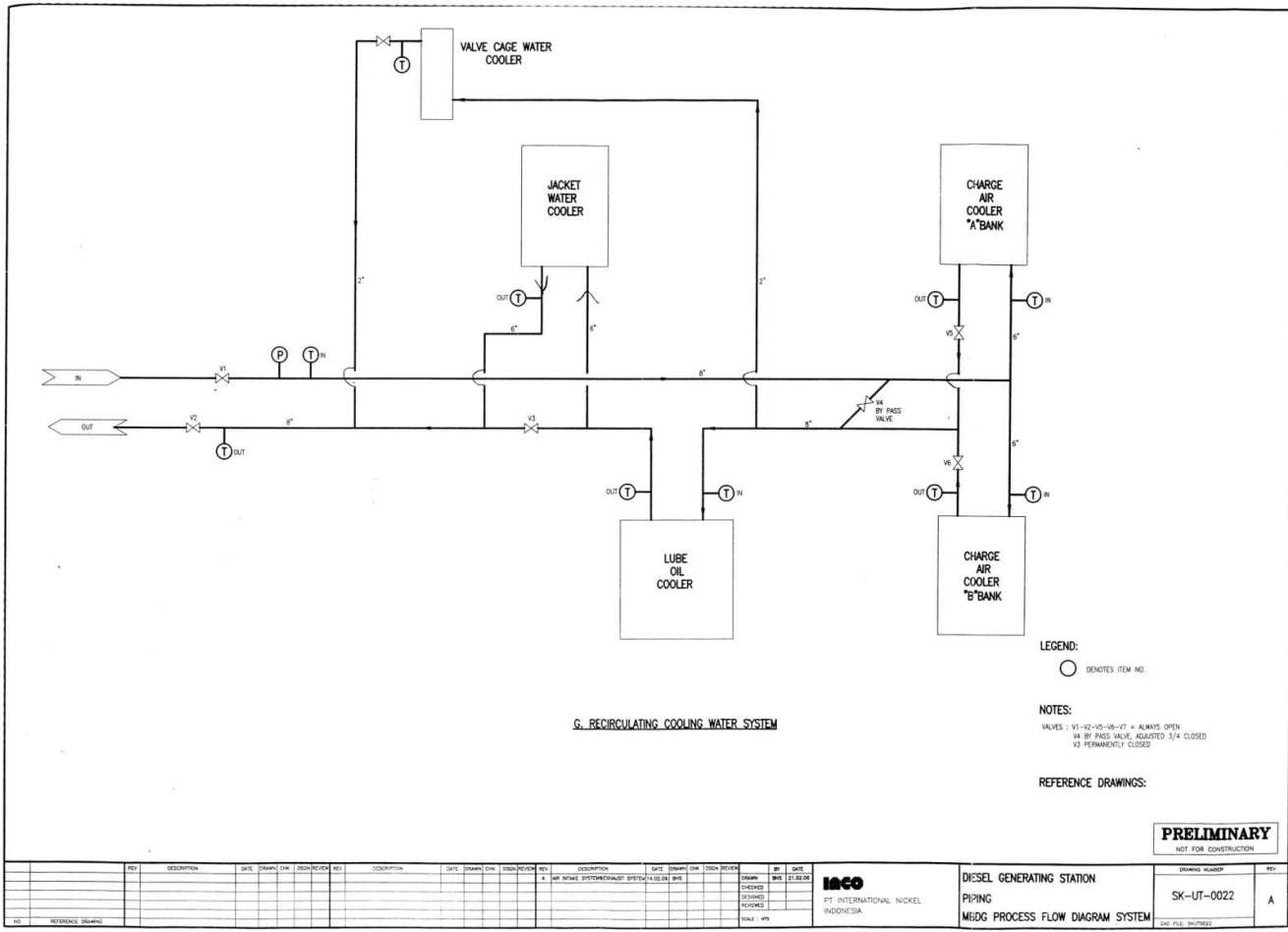
INCO
 PT. INTEGRALINDO NUSANTARA
 INDONESIA

DIESEL GENERATING STATION
 PIPING
 MBDG PROCESS FLOW DIAGRAM SYSTEM

DRAWING NUMBER: SK-UT-0019
 REV: A

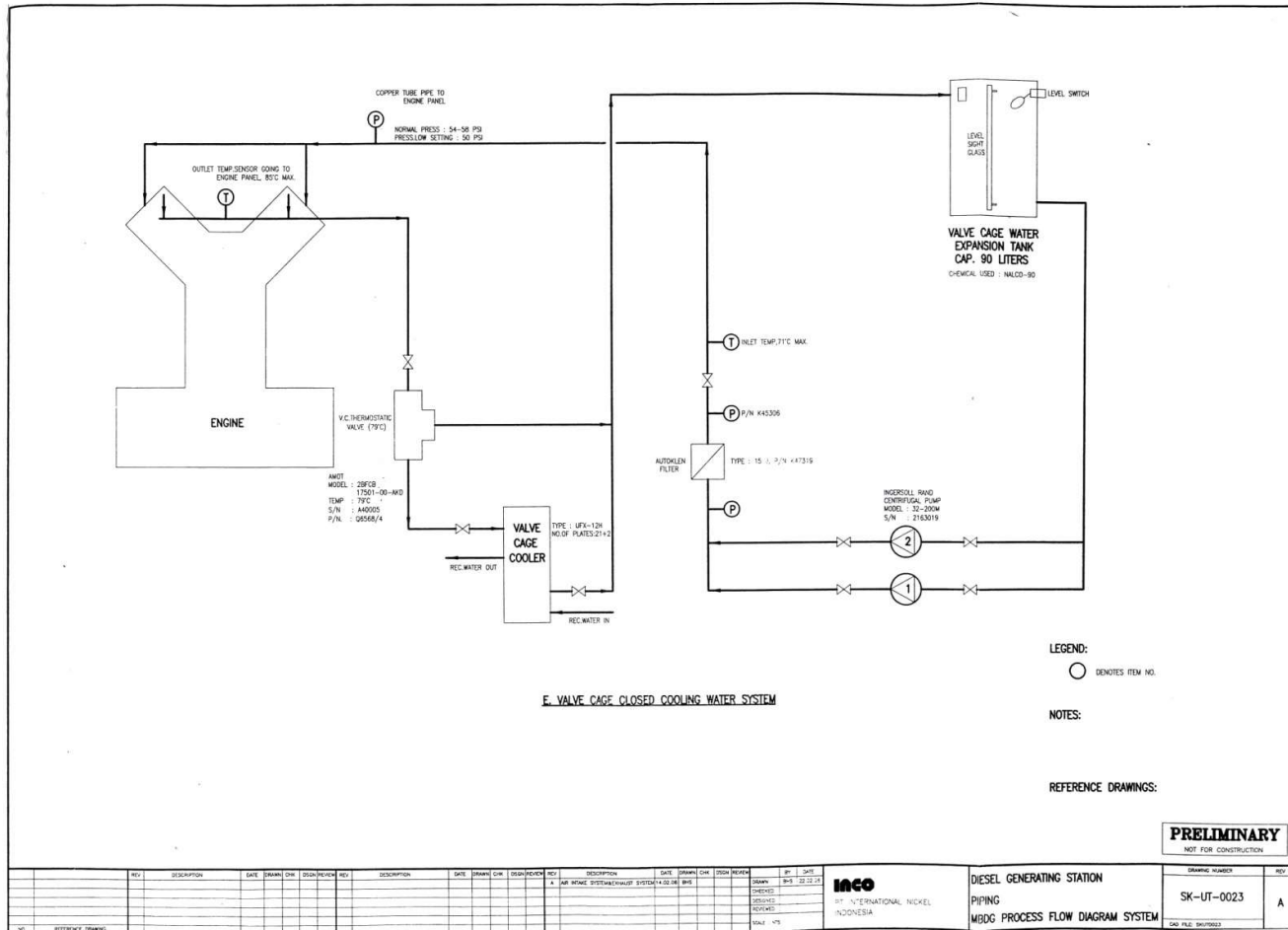


LAMPIRAN I
GAMBAR RECIRCULATING COOLING WATER
SYSTEM



The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a yellow banner contains the text "POLITEKNIK NEGERI". The center features a blue gear with a yellow five-pointed star in the middle. Below the gear is a red bird with its wings spread, perched on a red base. At the bottom, another yellow banner contains the text "UJUNG PANDANG".

LAMPIRAN J
GAMBAR VALVE CAGE CLOSE COOLING WATER
SYSTEM

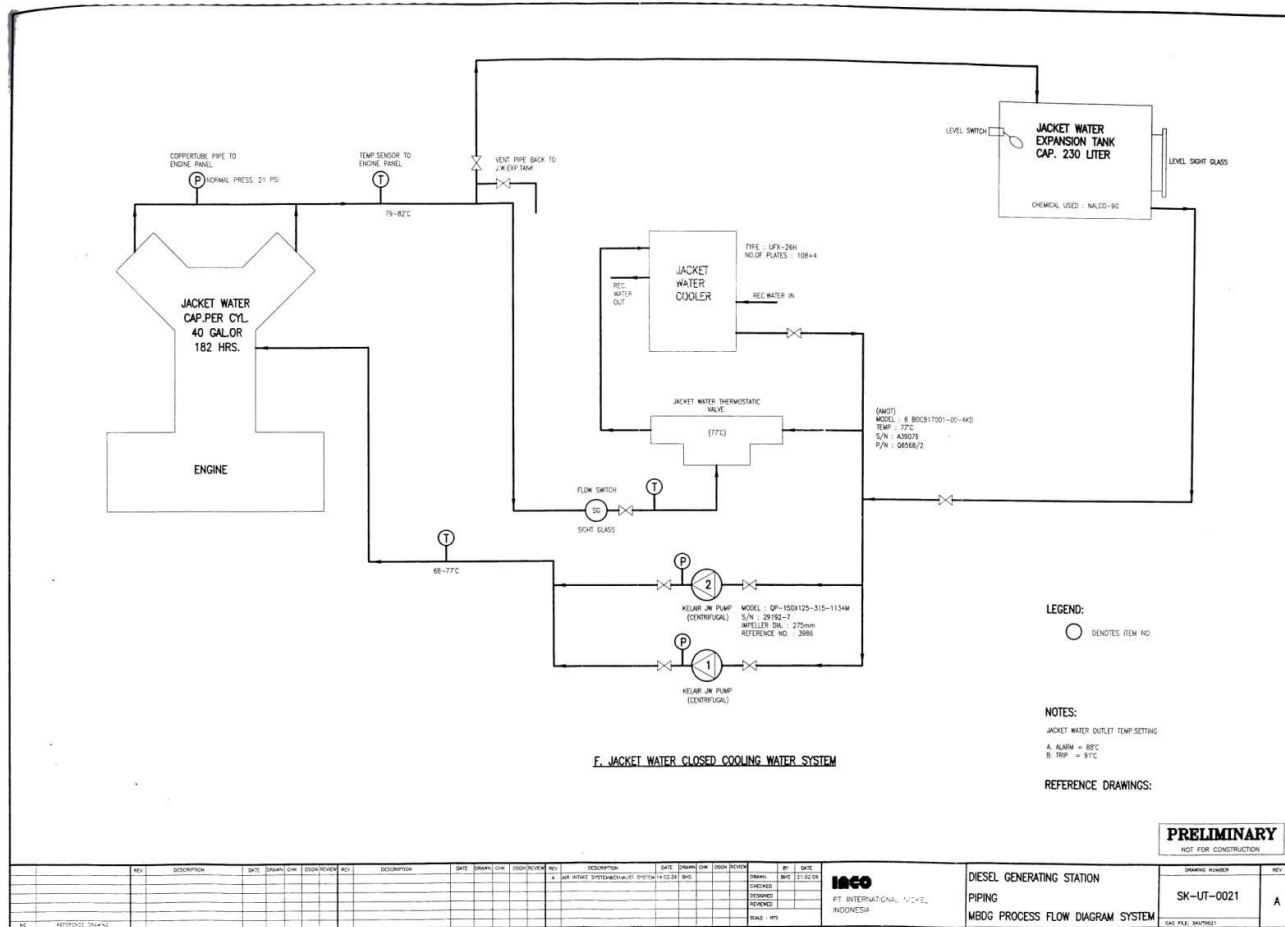




LAMPIRAN K

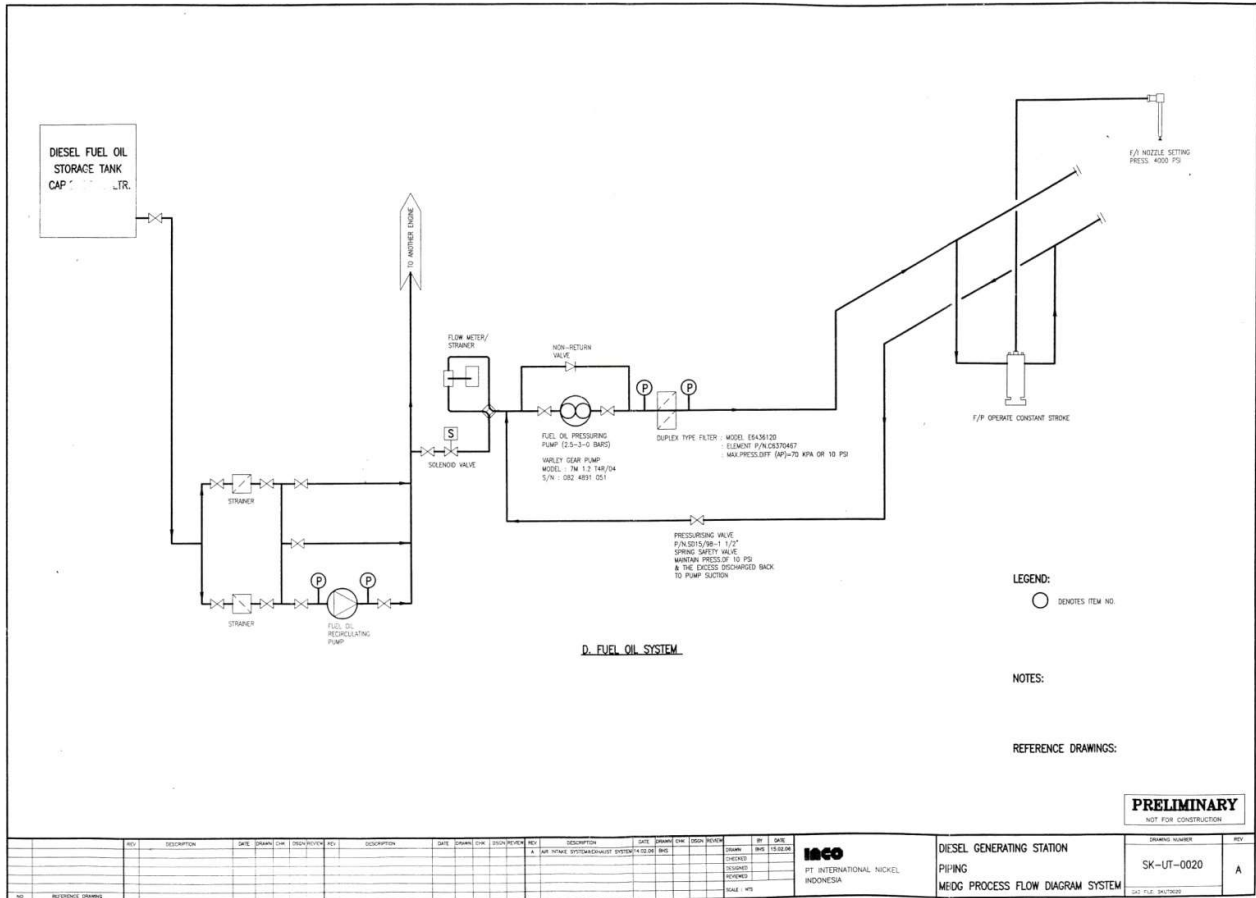
GAMBAR JACKET WATER CLOSED COOLING

WATER SYSTEM





LAMPIRAN L
GAMBAR FUEL OIL SYSTEM



PRELIMINARY
NOT FOR CONSTRUCTION

NO.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN BY	DESIGNED BY	NO.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN BY	DESIGNED BY	NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	DATE
1	SK-UT-0020	15.08.00	BIS			SK-UT-0020	15.08.00	BIS			SK-UT-0020	15.08.00	BIS	15.08.00
2	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
3	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
4	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
5	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
6	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
7	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
8	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
9	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			
10	SK-UT-0020					SK-UT-0020					SK-UT-0020			

inco
PT. INTERNATIONAL NICKEL
INDONESIA

DIESEL GENERATING STATION
PIPING
MEDG PROCESS FLOW DIAGRAM SYSTEM

DRAWING NUMBER	REV.
SK-UT-0020	A



LAMPIRAN M
TABEL KONVERSI SATUAN

Faktor konversi yang berguna

Besaran fisis	Simbol	Konversi dari SI ke Sistem Inggris	Konversi Sistem Inggris ke SI
Panjang	<i>L</i>	1 m = 3,2808 ft	1 ft = 0,3048 m
Luas	<i>A</i>	1 m ² = 10,7639 ft ²	1 ft ² = 0,092903 m ²
Volume	<i>V</i>	1 m ³ = 35,3134 ft ³	1 ft ³ = 0,028317 m ³
Kecepatan	<i>v</i>	1 m/s = 3,2808 ft/s	1 ft/s = 0,3048 m/s
Densitas	ρ	1 kg/m ³ = 0,06243 lb _m /ft ³	1 lb _m /ft ³ = 16,018 kg/m ³
Gaya	<i>F</i>	1 N = 0,2248 lb _f	1 lb _f = 4,4482 N
Massa	<i>m</i>	1 kg = 2,20462 lb _m	1 lb _m = 0,45359237 kg
Tekanan	<i>p</i>	1 N/m ² = 1,45038 x 10 ⁻⁴ lb _f /in ²	1 lb _f /in ² = 6894,76 N/m ²
Energi, kalor	<i>q</i>	1 kJ = 0,94783 Btu	1 Btu = 1,05504 kJ
Aliran kalor	<i>q</i>	1 W = 3,4121 Btu/h	1 Btu/h = 0,29307 W
Fluks kalor per luas satuan	<i>q/A</i>	1 W/m ² = 0,317 Btu/h · ft ²	1 Btu/h · ft ² = 3,154 W/m ²
Fluks kalor per panjang satuan	<i>q/L</i>	1 W/m = 1,0403 Btu/h · ft	1 Btu/h · ft = 0,9613 W/m
Pembangkitan kalor per volume satuan	<i>q</i>	1 W/m ³ = 0,096623 Btu/h · ft ³	1 Btu/h · ft ³ = 10,35 W/m ³
Energi per massa satuan	<i>q/m</i>	1 kJ/kg = 0,4299 Btu/lb _m	1 Btu/lb _m = 2,326 kJ/kg
Kalor spesifik	<i>c</i>	1 kJ/kg · °C = 0,23884 Btu/lb _m · °F	1 Btu/lb _m · °F = 4,1869 kJ/kg · °C
Konduktivitas termal	<i>k</i>	1 W/m · °C = 0,5778 Btu/h · ft · °F	1 Btu/h · ft · °F = 1,7307 W/m · °C
Koefisien perpindahan kalor konveksi	<i>h</i>	1 W/m ² · °C = 0,1761 Btu/h · ft ² · °F	1 Btu/h · ft ² · °F = 5,6782 W/m ² · °C
Viskositas dinamik	μ	1 kg/m · s = 0,672 lb _m /ft · s = 2419,2 lb _m /ft · h	1 lb _m /ft · s = 1,4881 kg/m · s
Viskositas kinematik dan difusivitas termal	<i>v, α</i>	1 m ² /s = 10,7639 ft ² /s	1 ft ² /s = 0,092903 m ² /s

Konstanta fisis yang penting

Bilangan Avogadro	$N_A = 6,022045 \times 10^{26}$ molekul/kg mol
Konstanta gas universal	$R = 1545,35$ ft · lbf/lb _m · mol · °R = 8314,41 J/kg mol · K = 1,986 Btu/lb _m · mol · °R = 1,986 kcal/kg mol · K
Konstanta Plack	$h = 6,626176 \times 10^{-34}$ J · sek
Konstanta Boltzmann	$k = 1,380662 \times 10^{-23}$ J/molekul · K = 8,6173 x 10 ⁻⁵ eV/molekul · K
Kepesatan cahaya di ruang vakum	$c = 2,997925 \times 10^8$ m/s
Percapatan gravitasi standar	$g = 32,174$ ft/s ² = 9,80665 m/s ²
Massa elektron	$m_e = 9,1095 \times 10^{-31}$ kg
Muatan pada elektron	$e = 1,602189 \times 10^{-19}$ C
Konstanta Stefan-Boltzmann	$\sigma = 0,1714 \times 10^{-8}$ Btu/hr · ft ² · R ⁴ = 5,669 x 10 ⁻⁸ W/m ² · K ⁴ = 14,69595 lbf/in ² = 760 mmHg pada 32°F = 29,92 inHg pada 32°F = 2116,21 mmHg pada 32°F = 1,01325 x 10 ⁵ N/m ²
1 atm	



LAMPIRAN N

SURAT PENGAMBILAN DATA PT.INCO, Tbk

SOROAKO



PT. INTERNATIONAL NICKEL INDONESIA Tbk.

SOROAKO OFFICE :

Soroako 91984, South Sulawesi, Indonesia

Phone : (62) 021 5249100, 5249200

: (62) 0411 318545, 320700

Fax : (62) 021 5249560, 5249570

SURAT KETERANGAN

Dengan ini menerangkan mahasiswa tersebut di bawah ini telah menyelesaikan **Pengambilan Data** di PT INCO Tbk Sorowako.

Nama : **Rezki Paradigma**
N.I.M. : 34207016
Universitas/Akademik : Politeknik Negeri Ujung Pandang
Fakultas/Jurusan : Teknik Mesin/ Teknik, Konversi Energi
Tempat Kerja Praktek : Utilities
Judul : **Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Mesin MBDG)**
Tanggal dimulai : 11 Agustus 2010
Tanggal selesai : 27 Agustus 2010

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Sorowako, 27 Agustus 2010



Ann Batari Astini Sjamsu
Supt. Community Relations

JAKARTA OFFICE : BAPINDO PLAZA II, 22nd Floor Jl. Jendral Sudirman Kav. 54-55
Jakarta 12190, Indonesia P.O. Box 2799, Jakarta 10001
Phone : (62) 021 - 5249000
Fax : (62) 021 - 5249030 (Shareholder Services), (62) 021 - 5249020 (General)

MAKASSAR OFFICE : 281 Jl. Somba Opu Makassar 90001 P.O. Box. 1143. Indonesia
Phone : (62) 0411 - 873731 - 873732
Fax : (62) 0411 - 856157, (62) 021 - 5249520



PT. INTERNATIONAL NICKEL INDONESIA Tbk.

Sorowako
Soroako 91500, Sorowako, Jawa Tengah, Indonesia
Phone : (62) 021 5249100, 5249200
: (62) 0411 318545, 320700
Fax : (62) 021 5249560, 5249570

SURAT KETERANGAN

Dengan ini menerangkan mahasiswa tersebut di bawah ini telah menyelesaikan **Pengambilan Data** di PT INCO Tbk Sorowako.

Nama : **Marlin Novita Rb.**
N.I.M. : 34207005
Sekolah : Politeknik Negeri Ujung Pandang
Jurusan : Teknik Mesin/ Teknik Konversi Energi
Tempat Kerja Praktek : Utilities
Judul : **Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Mesin MBDG)**
Tanggal dimulai : 11 Agustus 2010
Tanggal selesai : 27 Agustus 2010

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Sorowako, 27 Agustus 2010


PT. INTERNATIONAL NICKEL INDONESIA Tbk.
Ann Batari Astini Sjamsu
Supt. Community Relations

JAKARTA OFFICE : BAPINDO PLAZA II, 22nd Floor Jl. Jendral Sudirman Kav. 54-55
Jakarta 12190, Indonesia P.O. Box 2799, Jakarta 10001
Phone : (62) 021 - 5249000
Fax : (62) 021 - 5249030 (Shareholder Services), (62) 021 - 5249020 (General)

MAKASSAR OFFICE : 281 Jl. Somba Opu Makassar 90001 P.O. Box. 1143. Indonesia
Phone : (62) 0411 - 873731 - 873732
Fax : (62) 0411 - 856157, (62) 021 - 5249520