

TUGAS AKHIR

ANALISA EFESIENSI MOTOR DIESEL MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR MARINE FUEL OIL (MFO)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ANGGA GINANJAR
1507230295



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Angga Ginanjar
NPM : 1507230295
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Amalisa efesiensi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar marine fuel oil (mfo)
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dosen Pembimbing II / Peguji

H. Muharnif , S.T., MSc

Chandra A Siregar, S.T., M.T.

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Peguji

Sudirman Lubis, S.T., M.T.

Rahmatullahh, S.T., MSc

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,

Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Angga Ginanjar
Tempat /Tanggal Lahir :Bandung /25 Juni 1993
NPM : 1507230154
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“analisa efisiensi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar marine fuel oil (mfo)”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Oktober 2021



Saya yang menyatakan,

Angga Ginanjar

ABSTRAK

Konsumsi bahan bakar merupakan permasalahan dalam penggunaan mesin diesel. Sehingga penggunaan bahan bakar selain bahan bakar minyak diesel Oil (Solar). Dan Marine Fuel Oil direkomendasikan sebagai bahan bakar alternatif dengan beberapa alasan, diantaranya jumlahnya melimpah, harga lebih murah. Mesin diesel adalah mesin yang paling banyak digunakan di dunia maritime maupun pembangkit listrik tenaga diesel. Dan di sini membandingkan performa dari mesin, bagaimana jika menggunakan bahan bakar Solar dan mfo tujuannya mengetahui performa mesin diesel jika menggunakan Solar dan mfo. Metode penelitian antara beban yang di hasilkan dengan jumlah bahan bakar yang di konsumsumsi. Hasil perhiungan parameter kerja mesin diesel bahan bakar solar dan mfo menunjukkan daya dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada mfo nilai sfc nya antara lain 0,238 0,237 0,256 dan 0,284 .Terlihat bahwa penggunaan bahan bakar lebih besar saat menggunakan bahan bakar solar di bandingkan meggunakan bahan bakar mfo. Penggunaan bahan bakar solar lebih baik di bandingkan mfo terlihat dari nilai efesiensi mesin saat menggunakan bahan bakar solar.

Kata Kunci : Motor bakar, Efesiensi, Bahan bakar

ABSTRACT

Fuel consumption is a problem in the use of diesel engines. So the use of fuel other than diesel fuel oil (Solar). And Marine Fuel Oil is recommended as an alternative fuel for several reasons, including abundant quantities, cheaper prices. Diesel engines are the most widely used engines in the maritime world as well as diesel power plants. And here comparing the performance of the engine, what if using diesel fuel and mfo the aim is to know the performance of a diesel engine if using diesel and mfo. The research method is between the load generated and the amount of fuel consumed. The results of calculating the working parameters of diesel engines for diesel fuel and mfo show power and specific fuel consumption (SFC) at mfo, the sfc values include 0.238, 0.237, 0.256 and 0.284. that the use of fuel is greater when using diesel fuel compared to using MFO fuel. The use of diesel fuel is better than mfo seen from the efficiency of the engine when using diesel fuel.

Kata Kunci : Combustion Engine, Efficiency, Fuel

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ Analisa Efisiensi Motor Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Marine Fuel Oil (MFO)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak H.Muharnif, S.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A.Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sudirman, S.T.,M.T Yang telah banyak memberi koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Rahmatullah , S.T.,M.Sc Yang telah banyak memberi koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Chandra A.Siregar, S.T.,M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
8. Orang Tua penulis: Awang Sopian dan Wiwin Kuraisin, yang telah berusaha payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Afinda Yanti, yang mana telah terus mensupport dari awal sampai selesai.
11. Sahabat sahabat penulis : Pandu, Ari pangstu, Rizki abdilah, M. Ari prabowo, dan yang lainnya yang namanya tidak mungkin di sebutkan satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia teknik Mesin.

Medan 10 Oktober 2021

Angga Ginanjar

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Motor Diesel	4
2.2. Prinsip Kerja	5
2.2.1. Proses Kerja Motor Diesel 2 Tak	6
2.2.2. Proses Kerja Motor Diesel 2 Tak	7
2.3. Komponen-komponen Motor Diesel	9
2.4. Bahan Bakar Motor Diesel	12
2.4.1. Bahan Bakar Solar	13
2.4.2. Bahan Bakar Mfo	15
2.5. Proses Pembakaran	17
2.6. Analisa Efisiensi	18
2.6.1. Prinsip Thermodinamika	18
2.6.2. Siklus Motor Diesel	19
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.2 Spesifikasi Mesin	22
3.3 Diagram Alir	28
3.4 Prosedur Pengoprasian	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Pengambilan data Pengoprasian	30
4.2 Pengolahan Data	31
4.2.1 Data teknis solar	31
4.2.2 Data teknis Mfo	32
4.2.3 Tes performance menggunakan solar	34

4.2.4	Tes performance menggunakan Mfo	35
4.3	Metode Analisa	36
4.3.1	Pembebanan mesin menggunakan solar	36
4.3.2	Pembebanan mesin menggunakan Mfo	38
4.4	Grafik Data	41
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1.	Kesimpulan	43
5.2.	Saran	44
	DAFTAR PUSTAKA	45
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel2.1 Siklus kerja 2 langkah

Tabel2.2 Siklus kerja 4 langkah

Tabel3.1 Jadwal kegiatan

Tabel3.2 Spesifikasi solar

Tabel 3.3 Spesifikasi Mfo

Tabel4.1 peforma engine bahan bakar solar

Tabel4.2 Peforma engine bahan bakar mfo

DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	Motor bakar diesel
Gambar	2.2	Siklus 4 langkah
Gambar	2.3	Siklus diesel
Gambar	3.1	Mesin diesel
Gambar	3.2	Tank farm
Gambar	3.3	Fedder pimp
Gambar	3.4	Fuel modul booster
Gambar	3.5	Cooling radiator
Gambar	3.6	Compresor dan vassel
Gambar	3.7	Oil module booster
Gambar	3.8	Control panel
Gambar	3.9	Flow Meter
Gambar	3.10	Diagram Alir Analisa
Gambar	4.1	Grafik Daya Beban dan SFC
Gambar	4.2	Grafik Daya Beban dan Effesiensi

DAFTAR NOTASI

Symbol	Keterangan	Satuan
Q	Kalor	m ³ /jam
P	Density	Kg/m ³
Lhv	low hate velue	Kj/kg
Kw	Kilo Watt	kw
B_e	jumlah pemakaian	liter/jam
	Bahan bakar	liter/kwh

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menyikapi krisis energi di Indonesia, pada pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) PT.PLN (persero) melakukan penggantian bahan bakar dari Solar (High Speed Diesel / HSD) ke MFO sebagai sumber energinya. Untuk menekan biaya operasional yang terus meningkat, maka perlu ada upaya yang serius untuk pengembangan sumber energi serta dapat memanfaatkan renewable energy yang sudah ada seperti Marine Fuel Oil (MFO).

Bagi masyarakat umum, nama Marine Fuel Oil atau MFO mungkin masih asing terdengar. Namun bagi pengusaha industri bahan bakar jenis ini sudah banyak dikenal, terutama bagi mereka yang sering bergubungan dengan perusahaan karena ekonomis. Marine Fuel Oil atau biasa disingkat dengan MFO merupakan salah satu jenis bahan bakar minyak. Meski memiliki kata "marine" dalam namanya, namun bukan berarti bahan bakar ini hanya digunakan pada kapal laut saja.

Bahan bakar ini juga digunakan untuk industri, Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), bahan bakar mesin Boiler, furnace, dan Heating. Motor diesel yang merupakan sistem pembakaran dalam yang menggunakan Marine Fuel Oil (MFO) sebagai bahan bakar tidak bisa langsung digunakan namun harus melalui proses sistem penyaringan dan pemanasan yang bertujuan untuk menurunkan viskositas atau kekentalan dan penyeragaman ukuran partikel bahan bakar (untuk menghindari sumbatan pada nozzle).

Bahan Bakar yang di gunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) PT.Berkat Bima sentana Belawan yaitu Solar (High Speed Diesel/ HSD) yang di peruntukan untuk start awal mesin serta saat proses mesin stop, sedangkan Marine Fuel Oil (MFO) digunakan secara terus-menerus. Maka dari itu penulis mengambil judul

“ANALISA EFESINSI MOTOR DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR MARINE FUEL OIL (MFO) “.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai uraian yang telah dipaparkan diatas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diteliti yaitu menghitung Efisiensi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO).

1.3 Ruang Lingkup

Untuk memperjelas ruang lingkup permasalahan dan kalkulasinya. Maka dalam penulisan naskah tugas ahir ini perlu di adakan batasan –batasan masalah yang akan di uraikan, antara lain :

- Yang dijadikan objek adalah mesin Man diesel type 18v48-60TS di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) PT.BERKAT BIMA SENTANA
- Analisa Efisiensi Motor Diesel menggunakan bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO)
- Putaran maximal mesin 500 rpm
- Bahan bakar yang di gunakan solar (High Speed Diesel) dan Marine Fuel Oil (MFO)

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian unjuk kerja motor diesel menggunakan bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO) adalah Untuk mengetahui Efisiensi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO).

1.5 Manfaat

Mengetahui efisiensi Motor Diesel menggunakan bahan bakar Marine Fuel Oil (MFO) Diesel dan proses pengembangannya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

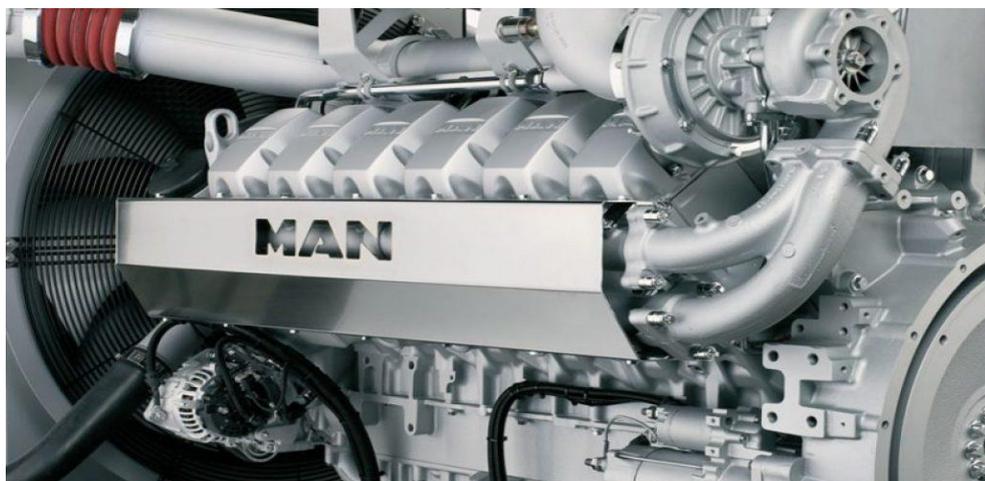
2.1 Pengertian motor bakar diesel

Motor Bakar Diesel biasa disebut juga dengan Mesin diesel (atau mesin pemacu kompresi) adalah salah satu mesin yang menggunakan sistem pembakaran dalam dimana sumber tenaganya berasal dari pengembangan gas-gas bertekanan tinggi hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara, yang berlangsung di dalam ruang tertutup dalam mesin, yang di sebut ruang bakar (*Combustion chamber*) ,tidak membutuhkan busi untuk meledakkan bahan bakar, tetapi karena udara bersuhu tinggi dikompresi oleh piston yang merapat dan Beberapa saat sebelum piston memasuki proses kompresi, bahan bakar disuntikkan ke ruang bakar langsung dalam tekanan tinggi melalui nozzle dan injektor supaya bercampur dengan udara panas yang bertekanan tinggi.

Secara sederhana udara masuk ke dalam ruang bakar melalui katup masuk, yang selanjutnya udara itu dikompresikan sampai suhu dan tekanan mencapai titik yang tinggi. Beberapa ketika sebelum torak mencapai Titik Mati Atas (TMA). bahan bakar disuntikkan ke ruang bakar langsung dalam tekanan tinggi melalui nozzle dan injektor supaya bercampur dengan udara panas yang bertekanan tinggi. Injektor memastikan bahwa bahan bakar terpecah menjadi butiran-butiran kecil dan tersebar merata. Uap bahan bakar kemudian menyala akibat udara yang terkompresi tinggi di dalam ruang bakar dan terjadi Ledakan tertutup, ini menyebabkan gas dalam ruang pembakaran mengembang dengan cepat, mendorong piston ke bawah dan menghasilkan tenaga linear. Batang penghubung (*connecting rod*) menyalurkan gerakan ini ke poros engkol (*crankshaft*) dan oleh poros engkol (*crankshaft*) tenaga linear tadi diubah menjadi tenaga putar. Hal ini berulang-ulang dan tenaga yang timbul itu dimanfaatkan untuk menggerakkan, generator listrik, dan sebagainya.

2.2 Prinsip Kerja Motor Diesel

Pada dasarnya prinsip kerja mesin diesel adalah merubah energi kimia menjadi energi mekanis. Energi kimia di peroleh melalui proses pembakaran dari bahan bakar dan udara di dalam silinder (ruang bakar). Yang berada pada mesin diesel, terdapat ruangan yang dirancang khusus agar di ruangan itu dapat terjadi peningkatan suhu hingga mencapai titik nyala yang sanggup membakar bahan bakar, Ruangan ini dipadatkan sehingga memiliki tekanan dan suhu yang cukup tinggi. Terdapat dua prinsip kerja motor diesel anatar lain prinsip kerja motor diesel 4 langkah dan prinsip kerja motor diesel 2 langkah. Secara teoritis motor diesel 2 langkah dengan dimensi dan jumlah putaran perdetik yang sama dibandingkan dengan motor diesel 4 langkah, dapat menghasilkan daya dua kali lebih besar. Hal ini disebabkan karena pada motor diesel 2 langkah terdapat satu kali langkah tenaga untuk setiap 2 langkah atau setiap satu putaran, sedangkan pada motor diesel 4- langkah, langkah tenaga terjadi satu kali setiap 4 langkah atau setiap 2 putaran. Namun dalam praktik, angka dua kali lebih besar untuk daya yang didapat pada motor diesel 2 Langkah tidak tercapai (hanya sekitar 1,8 kali). Hal ini disebabkan karena proses pembilasan ruang bakar silinder motor diesel 2 langkah tidak sebersih pada motor diesel 4 langkah sehingga proses pembakarannya tidak sempurna seperti pada motor diesel 4 langkah. Karena proses pembakaran ini, maka efisiensi meotor diesel 2 langkah tidak bisa sebaik efisiensi mesin diesel 4 langkah.



Gambar 2.1 motor bakar diesel

2.2.1 Proses Kerja Mesin Diesel 2 Langkah

Untuk mesin diesel 2 (dua) langkah, kerja pengisian dan kompresi terjadi pada satu langkah, dan kerja usaha dan pembuangan terjadi pada satu langkah. kemudian proses injeksi bahan bakar terjadi pada piston sebelum mencapai TMA kemudian proses pembilasan terjadi saat piston sebelum mencapai TMB pada langkah usaha. Mesin 2 (dua) langkah, pembilasan terjadi beberapa derajat sebelum torak mencapai TMB pada pertengahan langkah usaha dan awal langkah pengisian. Pada mesin diesel 2 langkah udara masuk melalui saluran yang berada pada binding silider sehingga secara umum disebut saluran udara masuk kemudian untuk gas buang mempunyai katup (katup buang). Untuk menaikkan daya mesin 2 langkah udara masuk ditekan de menggunakan blower yang digerakan secara mekanis dari perputaran mesin.

No	Proses	Arah gerakan torak	Posisi Torak	Posisi	
					Katup
1	Pengisian	TMB - TMA	Berada ditengah lintasan torak	Buka	Buka
	Kompresi Kompresi			Tutup	Tutup
	Pengabutan		Beberapa derajat sebelum TMA	Tutup	Tutup
2	Usaha	TMA - TMB	Bergerak ke TMB	Tutup	Tutup
	Buang		Beberapa derajat sebelum lubang Haluan udara	Tutup	Buka
	Pembilasan		Beberapa derajat sebelum TMB	Buka	Buka

Tabel Proses Kerja Mesin Diesel 2 Langkah

Mesin Diesel 2 langkah, tidak mempunyai katup isap, udara masuk melalui lubang yang terdapat pada dinding silinder dan untuk gas buang menggunakan katup buang.. Untuk memperbaiki pasokan udara masuk dalam ruang bakar laluan udara masuk dibuat banyak mengelilingi lingkaran silinder, dan ditambahkan blower agar udara yang masuk dapat mencapai kondisi ideal. Blok diagram proses kerja mesin 2 langkah yang dilengkapi dengan arah gerakan van torak, putaran poros engkol dan posisi katup.

2.2.2 Proses Kerja Mesin 4 langkah

Pada Mesin Diesel 4 langkah dengan jumlah silinder lebih dari 1 (satu), proses kerja yang terjadi pada silinder nomor 1 (satu) dengan silinder yang lainnya mempunyai urutan proses kerja yang sama seperti silinder nomor 1 (satu) tetapi mempunyai urutan waktu proses kerja yang terjadi berbeda sesuai dengan urutan yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat mesin tersebut.



Gambar.2.2 siklus 4 langkah

Proses kerja mesin Diesel 4 langkah adalah proses kerja mesin untuk menghasilkan 1 (satu) kali pembakaran (Kerja/Usaha) torak bergerak 4 (empat) kali. Gerakan torak dalam mesin dinamakan langkah torak yang mempunyai titik berhenti torak bawah dan titik berhenti torak atas gerakan torak tersebut, secara umum disebut Titik Mati Bawah (TMB) dan Titik Mati Atas (TMA). Pengaturan masuk udara dan keluarnya gas bekas diatur oleh katup, yang disesuaikan dengan langkah torak. Jumlah katup pada tiap silinder ditentukan oleh pabrik

pembuat mesin sesuai dengan kebutuhan daya yang akan digunakan, hal ini dapat terlihat pada mesin dengan jumlah silinder dan kapasitas silinder yang sama tetapi ada yang menggunakan 2 buah katup dan ada yang menggunakan 4 buah katup pada tiap silinder. Nama katup tidak tergantung dari jumlah katup yang terdapat pada tiap silinder berapapun jumlahnya katup tetap terdiri dari:

- a. Katup Isap (Intake Valve)
- b. Katup Buang (Exhaust Valve)

Jumlah masing-masing katup pada tiap silinder dapat lebih dari 1 (satu) dengan maksud agar aliran udara masuk dan gas buang lebih lancar. Yang dimaksud aliran udara masuk dan gas buang lebih lancar adalah volume udara masuk yang dibutuhkan lebih besar jika dibandingkan dengan menggunakan 1 (satu) katup, kemudian untuk gas buang volume yang dikeluarkan lebih besar sehingga kondisi dalam ruang bakar lebih bersih dari sisa-sisa pembakaran. Kebutuhan udara bersih (Oksigen) untuk proses pembakaran harus sesuai dengan jumlah bahan bakar yang dipakai dan ruang bakar harus bersih dan sisa-sisa pembakaran untuk dapat menghasilkan daya mesin yang ideal waktu proses pembakaran.

Uraian proses kerja Mesin Diesel 4 langkah Yaitu udara luar masuk ke dalam silinder akibat pergerakan torak dari TMA ke TMB sehingga ruang di dalam silinder menjadi vakum. Udara di dalam silinder dimampatkan sehingga tekanan udara dan temperatur naik. Pada akhir Langkah kompresi, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder melalui injektor dalam bentuk kabut agar mudah terbakar, maka di dalam silinder terjadi pembakaran dengan tekanan dan temperatur tinggi. Gas pembakaran dengan tekanan dan temperatur yang tinggi akan mendorong torak ke bawah dan menghasilkan tenaga putar pada poros engkol. Gas sisa pembakaran atau disebut gas buang di dorong oleh torak keluar silinder. Terjadi saat katup isap mulai terbuka dan katup terbuka dan katup buang masih terbuka, udara masuk terhisap ke dalam silinder akibat kecepatan.

No.	Proses	Arah gerakan torak	Derajat putaran poros engkol	Posisi Katup	
					Buan
1	Pengisian	TMA - TMB	180°	Buka	Tutup
2	Kompresi	1MB - TMA	180°	Tutup	Tutup
-	Pengabutan	Derajat sebelum TMA	Sesuai dengan spesifikasi mesin	Tutup	Tutup
3	Usaha	TMA - TMB	180°	Tutup	Tutup
4	Pembuangan	TMB - TMA	180°	Tutup	Buka
-	Pembilasan	Derajat sebelum TMA	Sesuai dengan spesifikasi mesin	Buka	Buka

Tabel Proses Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

2.3 Komponen-Komponen Motor diesel

Secara umum parameter parameter berpengaruh pada unjuk kerja motor diesel dan setiap komponen-komponen penunjang memiliki peranan penting untuk memaksimal daya (output), efesiensi, dan konsumsi bahan bakar antara lain

1. Silinder blok (Cylinder Block Assembly)

Blok silinder adalah komponen utama motor bakar baik 2 tak maupun 4 tak. Komponen ini menjadi sebuah komponen primer untuk meletakkan berbagai engine compartement yang mendukung proses kerja mesin.

2. Silinder liner.

Komponen ini akan berfungsi sebagai tempat naik turun piston. Komponen yang terbuat dari paduan besi dan aluminium ini di press kedalam blok mesin, sehingga akan sulit untuk terlepas.

- Water jacket adalah sebuah selubung air pendingin yang terletak didalam blok mesin. Tujuanya agar proses pendinginan mesin berlangsung maksimal. water jacket berbentuk lubang didalam blok silinder yang mengelilingi linner.

- Lubang oli pada blok silinder berfungsi untuk menciptakan jalur oli mesin dari kepala silinder menuju crankcase. Lubang ini akan mendukung proses sirkulasi oli mesin ke seluruh bagian mesin diesel.

3. Kepala Silinder (*Cylinder Head*)

Unit komponen kedua terletak pada bagian atas mesin. Sama halnya dengan blok silinder, komponen ini juga terbuat dari material tuang. Saat ini head cylinder berbahan aluminium nampaknya menjadi pilihan, karena lebih ringan dan kuat. Unit ini terdiri dari valve & spring, camshaft, rocker arm, ruang bakar.

- *Valve & spring*. Komponen ini menjadi pintu yang akan membuka dan menutup saluran intake serta exhaust pada mesin. Sementara spring akan menahan katup agar tetap tertutup.
- *Camshaft*. Komponen ini juga disebut poros nok, fungsinya untuk mengatur pembukaan tiap katup melalui sebuah nok.
- *Rocker arm*. Komponen ini akan menekan katup saat nok menyentuh bagian atas rocker arm. Sehingga saluran in/ex dapat terbuka. Umumnya rocker arm memiliki sistem penyetelan celah katup.
- *Combustion chamber*. Ruang bakar adalah sebuah ruang kecil yang digunakan melakukan pembakaran. hasilnya berupa semburan api yang digunakan untuk mendorong piston. Biasanya ruang bakar ini terdapat pada mesin diesel indirect injection.

4. Piston dan Batang Torak (*Piston & Connecting Rod*)

Piston atau torak berfungsi untuk mengatur volume didalam silinder. mengapa volume silinder perlu diatur ? hal ini agar proses kerja mesin dapat berlangsung. Dalam hal ini saat piston bergerak ke bawah maka volume silinder akan membesar, sedangkan saat piston bergerak ke atas volume silinder akan mengecil. Sementara connecting rod berfungsi untuk meneruskan gerak naik turun piston menuju flywheel. Secara umum ada tiga bagian inti pada piston yaitu :

- *Ring kompresi.* Ring ini bersifat elastis yang fungsinya untuk mencegah terjadinya kebocoran udara saat langkah kompresi. Cara kerja ring ini yaitu dengan menutup celah antara dinding piston dan main linner.
- *Ring oli.* Ring yang terletak dibawah ring kompresi ini berfungsi untuk mencegah oli mesin masuk ke dalam ruang bakar.
- *Pin piston.* Sebuah pin yang terletak didalam piston untuk menghubungkan piston dengan connecting rod. Pin ini berbentuk tabung, ketika terhubung dengan small end maka akan berfungsi layaknya sebuah engsel.

5. Poros Engkol (*Crankshaft*)

Crankshaft atau poros engkol adalah sebuah komponen yang terbuat dari besi tuang yang digunakan untuk mengubah gerak naik turun piston menjadi sebuah gerakan putar. Prinsip kerja poros engkol mirip saat kita mengayuh sepeda. Karena berhubungan dengan tekanan dari piston, poros engkol tidak boleh lentur atau patah saat mendapatkan tekanan dari piston. Untuk itu komponen ini dibuat dari paduan besi khusus yang memiliki kekuatan tinggi serta anti luntur. Beberapa bagian pada poros engkol yaitu ;

- *Crank pin.* Crank pin adalah sebuah pin yang akan terhubung dengan big end pada connecting rod.
- *Crank journal.* Sementara crank journal merupakan pin yang berfungsi sebagai poros pada crankshaft agar dapat berputar. Crank journal akan terpasang pada blok silinder.
- *Weight balance.* Komponen ini terletak berseberangan dengan crank pin, fungsinya sebagai penyeimbang sekaligus untuk mengalirkan oli ke seuruh bagian dalam mesin.

6. Bak oli (Oil Carter)

Tempat penampungan oli mesin, pada saat sirkulasi oli akan turun ke bak oli atau *carter oil*

7. Roda Gila (*Fly Wheel*)

Flywheel atau biasa disebut roda gila pada awalnya berfungsi untuk menyeimbangkan putaran mesin. Komponen ini terbuat dari besi padat yang dapat menyimpan torsi, itulah mengapa komponen ini dapat menyeimbangkan putaran mesin. Selain itu flywheel juga berfungsi untuk menyalakan mesin, hal ini bisa dilihat dari bagian luar flywheel yang memiliki banyak mata gigi. Mata gigi ini akan terhubung bersama motor starter untuk menyalakan mesin.

8. Sistem bahan bakar (Fuel System Assembly)

Komponen ini terdiri dari tanki hingga injector. Sistem bahan bakar diesel berfungsi untuk mensuplai sejumlah bahan bakar solar ke dalam ruang bakar saat langkah usaha. Ada dua macam sistem bahan bakar pada mesin diesel, yaitu konvensional dan sistem common rail.

9. Turbocharger

sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari asap gas buang. Biasanya digunakan di mesin pembakaran dalam untuk meningkatkan keluaran tenaga dan efisiensi mesin dengan meningkatkan tekanan udara yang memasuki mesin.

10. Knalpot (*silencer*)

Jalur pembuangan gas buang ke atmosfer

11. Sistem pendingin radiator

Sistem pendingin pada motor disel ada berbagai jenis sistem pendingin mesin bersirkulasi oli yang panas akibat kerja mesin diesel

2.4 Bahan Bakar Motor Diesel

Motor Bakar diesel dapat banyak digunakan pada penggerak kapal, lokomotif, truk dan pembangkit daya atau pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) dengan menggunakan berbagai macam bahan bakar seperti gas, batu bara,

solar dan mfo (Marine Fuel Oil). Dan pada pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). PT. Berkat Bima Sentana hanya menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu :

1. Bahan bakar solar (High Speed Diesel)
2. Bahan Bakar Mfo (Marine Fuel Oil)

2.4.1 Bahan Bakar Solar

Minyak solar berasal dari Gas Oil, yang merupakan fraksi minyak bumi dengan kisaran titik didih antara 2500C sampai 3500C yang disebut juga *middle destilat*. Komposisinya terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang ditemukan dalam minyak solar seperti parafinik, naftenik, olepin dan aromatik. Sedangkan untuk senyawa non-hidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur-unsur non-logam, yaitu sulfur, nitrogen, dan oksigen serta unsur logam seperti vanadium, nikel, dan besi, yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Umumnya, solar mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi, yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur-dapur kecil yang terutama diinginkan pembakaran yang bersih. Minyak solar ini biasa disebut juga *Gas Oil, Automotive Diesel Oil, High Speed Diesel*.

1. Sifat Bahan Bakar Minyak Solar

Diantara sifat-sifat bahan bakar solar yang terpenting ialah kualitas penyalaan, volatilitas, viskositas, titik tuang dan titik kabut.

2. Kualitas penyalaan

Kualitas penyalaan bahan bakar solar yang berhubungan dengan kelambatan penyalaan, tergantung kepada komposisi bahan bakar. Kualitas bahan bakar solar dinyatakan dalam angka cetan, dan dapat diperoleh dengan jalan membandingkan kelambatan menyala bahan bakar solar dengan kelambatan menyala bahan bakar pembanding (*reference fuels*) dalam mesin uji baku CFR (ASTM D 613-86). Sebagai bahan bakar pembanding digunakan senyawa hidrokarbon cetan atau n-heksadekan ($C_{16}H_{34}$), yang mempunyai kelambatan

penyalaan yang pendek dan heptametilnonan (isomer cetan) yang mempunyai kelambatan penyalaan relatif panjang.

3. Volatilitas

Volatilitas bahan bakar diesel yang merupakan faktor yang penting untuk memperoleh pembakaran yang memuaskan dapat ditentukan dengan uji distilasi ASTM (ASTM D 86-90). Makin tinggi titik didih atau makin berat bahan bakar diesel, makin tinggi nilai kalor untuk setiap galonnya dan makin diinginkan dari segi ekonomi. Tetapi hidrokarbon berat merupakan sumber asap dan endapan karbon serta dapat mempengaruhi operasi mesin. Sehingga bahan bakar diesel harus mempunyai komposisi yang berimbang antara fraksi ringan dan fraksi berat agar diperoleh volatilitas yang baik.

4. Viskositas

Viskositas bahan bakar solar perlu dibatasi. Viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi bahan bakar dan mempersulit pengabutan bahan bakar minyak akan menumbuk dinding dan memebentuk karbon atau mengalir menuju ke karter dan mengencerkan minyak karter.

5. Titik tuang dan titik kabut

Bahan bakar solar harus dapat mengalir dengan bebas pada suhu atmosfer terendah dimana bahan bakar ini digunakan. Suhu terendah dimana bahan bakar solar masih dapat mengalir disebut titik tuang. Pada suhu sekitar 10° F diatas titik tuang, bahan bakar solar dapat berkabut dan hal ini disebabkan oleh pemisahan kristal malam yang kecil-kecil. Suhu ini dikenal dengan nama titik kabut. Karena kristal malam dapat menyumbat saringan yang digunakan dalam system bahan bakar mesin diesel, maka seringkali titik kabut lebih berarti dari pada titik tuang.

6. Sifat-sifat lain

Sifat-sifat bahan bakar solar lainnya yang perlu juga diperhatikan ialah kebersihan, kecenderungan bahan bakar untuk memberikan endapan karbon

dan kadar belerang. Bahan bakar solar harus bebas dari kotoran seperti air dan pasir. Adanya pasir yang sangat halus yang terikut bahan bakar solar dapat mengakibatkan keausan bagian injektor bahan bakar. Kadar abu dalam bahan bakar merupakan ukuran sifat abrasi bahan bakar. Kecenderungan bahan bakar solar untuk memberikan endapan karbon dan asap dalam gas buang dapat ditunjukkan dengan uji sisa karbon. Belerang dalam bahan bakar solar dapat mengakibatkan korosi pada sistem injeksi bahan bakar dan setelah pembakaran dapat mengakibatkan korosi pada cincin torak, silinder, bantalan dan sistem pembuangan gas buang.

2.4.2 Bahan Bakar Marine fuel Oil (MFO)

MFO (Marine Fuel Oil) adalah produk penyulingan minyak bumi, dimana dihasilkan setelah residu dan sebelum aspal. MFO memiliki berat jenis 860 kg/m³ dan nilai panas pembakaran (HV) 10.000 kcal/h. Dipasaran Indonesia MFO yang diperdagangkan memiliki kekentalan 180-480 cst (terbanyak 380 cst) dengan ukuran partikel 0-100 mikrometer dan memiliki kecenderungan pengumpulan partikel menjadi aspal. MFO saat ini dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk pemanas boiler (sebagai pengganti residu), bahan bakar mesin diesel pada kapal laut dan pembangkit listrik (pengganti solar/HSD). Pemanfaatan MFO sebagai bahan bakar tidak dapat diaplikasikan secara langsung, akan tetapi harus melalui proses treatment yang bertujuan untuk menurunkan viscositas/kekentalan dan penyeragaman ukuran partikel bahan bakar (untuk menghindari sumbatan pada nozzle). Treatment MFO sebagai bahan bakar pada boiler dan mesin diesel merupakan system yang sederhana akan tetapi dengan instrumen yang kompleks untuk mengendalikan proses.

Proses treatment untuk penyeragaman partikel MFO saat ini yaitu system penyaringan menggunakan separator. Treatment untuk mengendalikan viscositas / kekentalan sama untuk treatment penyeragaman partikel dengan cara pemanasan Sistem treatment MFO dengan aplikasi sparator :

- Pemisahan kandungan lumpur, kotoran padat dan air jenuh dengan cara pengendapan berdasar berat jenis dengan bantuan pemanasan pada temp 60 deg C

- Pemisahan partikel MFO berdasarkan berat jenis dengan sparator, partikel ukuran > 30 micrometer dan air dibuang
- -Penyimpanan MFO siap dipergunakan dan menahan terjadinya pengumpalan partilekel dengan pemanasan pada temp 90 degC
- Menetapkan viscositas MFO sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan mesin diesel dengan pemanasan (akan disertakan tabel pemanasan yang dibutuhkan berdasar jenis MFO)

Alur system treatment MFO dengan aplikasi sparator :

1.Storage Tank

- Penimbun cadangan bahan bakar
- Pengendap lumpur, kotoran padat dan kandungan air jenuh

2.Daily tank

- Penyimpan sementara MFO siap disaring / disparasi
- Menurunkan kandungan air lebih lanjut
- Menahan pengumpalan partikel MFO menjadi aspal
- Pemanas dan menjaga panas MFO pada 60 - 75 degC

3.Sparator

- Pemisahan air, partikel MFO berdasar berat jenis
- Pemanas MFO pada 90 degC

(sparator hanya akan bekerja pada temp 90 degC)

4.Settling Tank

- Penyimpan sementara MFO siap dipergunakan mesin diesel
- Menjaga Panas MFO pada 90 degC

5.Preheating

- Menetapkan viscositas MFO sebelum masuk sistem bahan bakar mesin diesel

6.Change Over

- Pengubah saluran bahan bakar menuju mesin diesel dengan pilihan Solar/HSD dan MFO (untuk start up, mesin diesel memerlukan bahan bahar Solar/HSD)

7.Over Flow Tank

- Penampung bahan bakar yang berlebih dari mesin diesel

8.Sludge Tank

- Penampung sludge / MFO dengan partikel besar dan air dari sparator

Seluruh system perpipaan dilengkapi heater yang menempel sepanjang jalur untuk menghindari pengumpulan MFO dalam pipa, heater dapat berupa pipa tembaga yang dialiri minyak panas dari Oil Heater yang dikenal dengan Thermo Oil Heater atau kabel heating, berupa kabel yang berisi elemen wolfram yang dibungkus isolator berbahan Teflon. Pada sistem treatment MFO dengan aplikasi sparator, MFO yang dihasilkan adalah dry fuel (kandungan air sangat rendah) Pengubah saluran bahan bakar menuju mesin diesel dengan pilihan Solar/HSD dan MFO (untuk start up, mesin diesel memerlukan bahan bakar Solar/HSD)

2.5 Proses Pembakaran

Proses pembakaran pada mesin diesel udara yang diisap ke dalam ruang bakar akan dikompresi oleh gerakan piston. Bahan bakar diinjeksikan pada + 150 sebelum TMA pada langkah kompresi hingga + 100 setelah TMA ke udara tekan dan bersuhu tinggi. Akibatnya, bahan bakar terbakar dengan sendirinya oleh udara kompresi. Suhu udara kompresi harus di atas 500 C (9320 F).

Perubahan tekanan ini yang menyebabkan bahan bakar terbakar dengan sendirinya. Untuk lebih jelasnya 4 periode proses pembakaran pada mesin diesel ini yaitu :

a. Periode pertama : Waktu pembakaran tertunda (A-B)

Persiapan ini merupakan fase persiapan pembakaran dimana partikel-partikel bahan bakar yang diinjeksikan bercampur dengan udara di dalam silinder agar mudah terbakar. Penambahan tekanan dalam hal ini diakibatkan oleh perubahan posisi poros engkol.

b. Periode kedua : Perambatan api (B-C)

Pada akhir langkah pertama, campuran akan terbakar di beberapa tempat dalam silinder sehingga pembakaran mulai di beberapa tempat. Nyala api ini akan merambat dengan kecepatan tinggi seolah-olah campuran terbakar sekaligus menyebabkan tekanan dalam silinder cepat naik. Karena itu periode ini kadang-kadang disebut pembakaran letup. Kenaikan tekanan pada periode ini sesuai dengan jumlah campuran yang tersedia pada langkah pertama.

c. Periode ketiga : Pembakaran langsung (C-D)

Akibat nyala api di dalam silinder maka bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar. Pembakaran langsung ini dapat dikontrol dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, jadi periode ini sering disebut proses pembakaran dikontrol.

d. Periode keempat : Pembakaran lanjut (D-E)

Injeksi berakhir pada titik D, tetapi bahan bakar belum terbakar semua. Jadi walaupun injeksi telah berakhir, pembakaran masih tetap berlangsung. Bila pembakaran lanjut ini terlalu lama, temperatur gas buang akan tinggi menyebabkan efisiensi turun.

e. Detonasi pada motor diesel

Bila waktu pembakaran tertunda sangat panjang atau jumlah penguapan selama ini terlalu banyak, jumlah campuran bahan bakar yang terbakar sekaligus pada periode perambatan api (periode kedua) terlalu banyak, mengakibatkan penambahan tekanan yang berlebihan dalam silinder dan ini ditandai dengan getaran dan suara. Hal ini disebut detonasi pada mesin diesel. Mencegah detonasi pada diesel dengan cara mencegah kenaikan tekanan yang berlebihan dengan cara memilih campuran yang terbakar pada tekanan rendah, memperpendek waktu pembakaran tertunda atau mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan.

2.6 Analisa Efisiensi

2.6.1 Prinsip Termodinamika

Dalam termodinamika, efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, atau mungkin keduanya. Jadi, efisiensi termal dapat dirumuskan dengan (Howell,1987):

$$\eta_{th} \equiv \frac{\text{Berapa yang didapat}}{\text{Berapa yang dimasukkan}} \quad (1)$$

$$\eta_{th} = \text{Efisiensi}$$

Berdasarkan hukum pertama termodinamika, output tidak bisa melebihi input, sehingga (Howell,1987):

$$0 \leq \eta_{th} \leq 1$$

Efisiensi termal sebenarnya digunakan untuk mengukur unjuk kerja dari suatu mesin kalor, yaitu berapa bagian dari input panas yang diubah menjadi output kerja bersih (Howell,1987).Efisiensi mesin kalor dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara usaha yang dilakukan dengan kalor yang diserap (Q) (Umar,2008:46) :

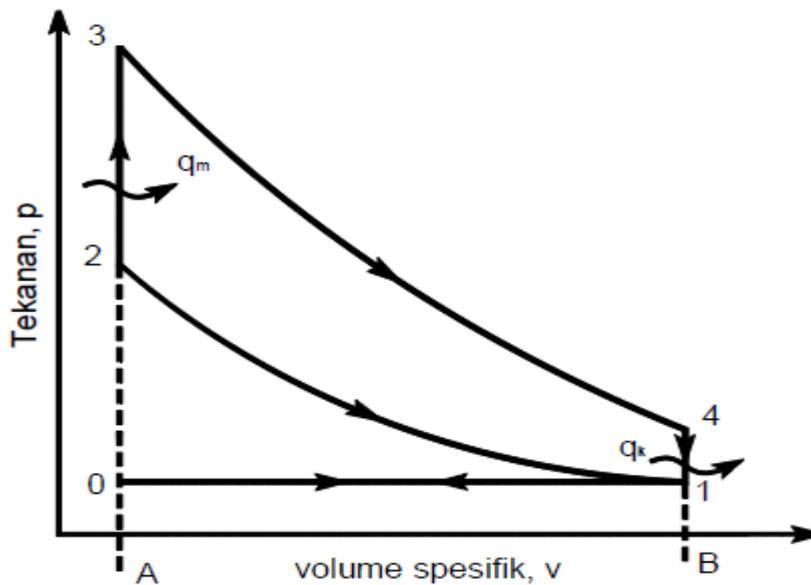
$$\eta = \frac{w}{Q} \times 100\% \quad (2)$$

Q = Kalor

W = Usaha

$$\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\% \text{ atau } \eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\% \quad (3)$$

2.6.2 Siklus motor diesel



Gambar 2.4 Siklus diesel

Langkah (0-1) adalah langkah hisap udara, pada tekanan konstan.

Langkah (1-2) adalah langkah kompresi, pada keadaan isentropik.

Langkah (2-3) adalah langkah pemasukan kalor, pada tekanan konstan.

Langkah (3-4) adalah langkah ekspansi, pada keadaan isentropik.

Langkah (4-1) adalah langkah pengeluaran kalor, pada tekanan konstan.

Langkah (0-1) adalah langkah buang, pada tekanan konstan.

Dalam kenyataannya tiada satu pun merupakan siklus volume-konstan, siklus tekanan-konstan, atau siklus tekanan-terbatas. Hal ini dikarenakan adanya penyimpangan, dan penyimpangan dari siklus udara ideal itu terjadi karena dalam keadaan yang sebenarnya terjadi kerugian yang antara lain disebabkan oleh kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup tak dapat sempurna. Katup tidak di buka dan ditutup tepat di TMA dan TMB karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja. Kerugian tersebut dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan dengan besarnya beban dan kecepatan torak. Pada motor bakar torak yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA, tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Kenaikan tekanan dan temperatur fluida kerja disebabkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dan udara di dalam silinder.

Proses pembakaran memerlukan waktu, jadi tidak berlangsung sekaligus. Akibatnya, proses pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian, proses pembakaran harus sudah dimulai beberapa derajat sudut engkol sebelum torak mencapai TMA dan berakhir beberapa derajat sudut engkol sesudah torak bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Jadi, proses pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume atau pada tekanan yang konstan.

Terdapat kerugian kalor yang disebabkan oleh perpindahan kalor dari fluida kerja ke fluida pendingin, terutama pada langkah kompresi, ekspansi, dan pada waktu gas buang meninggalkan silinder. Perpindahan kalor tersebut terjadi karena terdapat perbedaan temperatur antara fluida kerja dan fluida pendingin. Fluida pendingin diperlukan untuk mendinginkan bagian mesin yang menjadi panas, untuk mencegah bagian tersebut dari kerusakan. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitar.

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Tempat Dan Waktu

3.1.1 Tempat

Pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan Tugas Akhir berada di Laboratorium Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan PT.Berkat Bima Sentana antara lain adalah sebagai berikut :

1. Kampus Umsu

Di kampus ini penulis melaksanakan pengerjaan tugas akhir bimbingan dari dosen pembimbing, pengambilan referensi di perpustakaan, dan internet yang berkaitan dengan tugas akhir.

2. PT.Berkat Bima Sentana

Di PT.Berkat Bima Sentana ini penulis menganalisis efisiensi dari sistem kerja motor bakar diesel pembangkit listrik (PLTD) berkapasitas 8 Mw Yang menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu solar (HSD) dan Marine fuel Oil (MFO). Pengumpulan data-data, spesifikasi mesin, performance dan keunggulan mesin diesel tersebut serta meminta bimbingan dari karyawan, supervisor, dan Manager di perusahaan ini.

3.1.2 Waktu

Dalam melaksanakan tugas akhir ini saya melaksanakannya pada waktu semester Sembilan tahun ajaran 2020 – 2021 dan di perkirakan akan selesai selama enam bulan.

NO	KEGIATAN	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Literatatur		■				
3	Survey Data			■			
4	Analisis Data			■	■		
5	Penulisan laporan akhir					■	■

Tabel 3.1.2 Jadwal Kegiatan

3.2 Spesifikasi mesin

Suatu unit mesin terdiri dari peralatan utama yang akan menjadi satu kesatuan, Data utama mesin yang di PT.Berkat Bima Sentana adalah sebagai berikut :

Merk	:MAN DIESEL & TURBO
Type / Tahun Test	: 18v48-60TS
Diameter Silinder	: 580 mm
Panjang Langkah	: 480 mm
Jumlah Silinder	: 18
Daya Output	: 6000 - 35000 KW
Putaran Nominal	: 500 RPM
Volume silider	:169 dm ³

1. Mesin Diesel

Sebagai unit utama untuk di analisis



Gambar 3.1. motor diesel

2. Tanki parm

Tanki penyimpanan bahan bakar



Gambar 3.2. tank farm

3. Feeder pump ringline

Berfungsi sebagai pemompa utama bahan bakar menuju mesin



Gambar 3.3. feeder pump

4. Fuel Module booster

Berfungsi sebagai pengatur viscositas, temperature, pressure dan flowmeter sebelum di pompakan ke dalam mesin.



Gambar.3.4. fuel module booster

5. Cooling radiator

Berfungsi Pendingin air pada mesin



Gambar 3.5. cooling radiator

6. Compressor and vassel

Berfungsi sebagai alat bantu auxlary angine dan starting air mesin



Gambar 3.6. Compressor dan vassel

7. Oil module booster

Berfungsi sebagai system pelumasan pada mesin



Gambar 3.7. Oil module booster

8. Control panel mesin

berfungsi untuk memonitor parameter-parameter pada mesin



Gambar 3.8 control panel

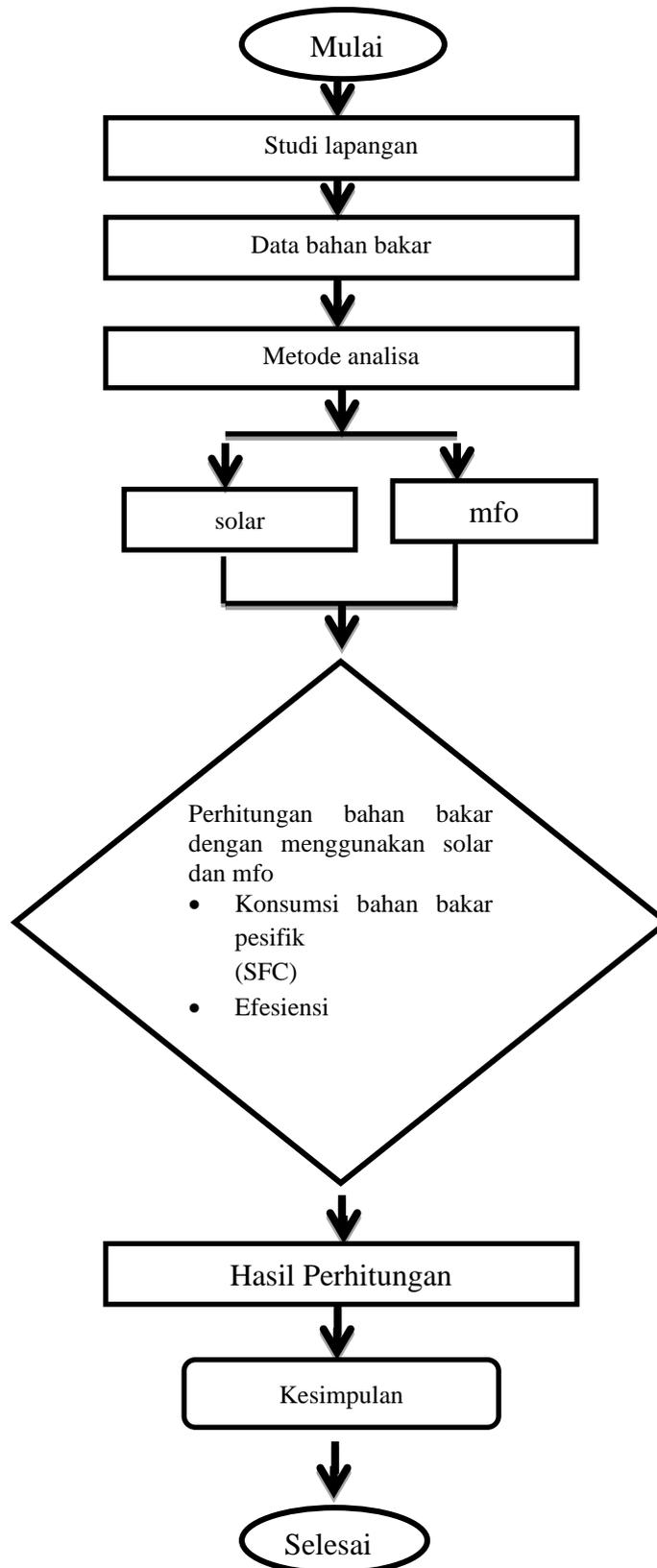
9. Flow meter

Sebagai alat penghitung debit bahan bakar



Gambar 3.9. flow meter

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.11 Diagram Alir analisa

3.4 Langkah-Langkah Pengoprasian Desin Diesel

- Pastikan pressure starting air atau udara start 25-30 bar dan valve inlet outlet dalam posisi terbuka
- Pastikan pressure steam mencapai 5-6 bar dan valve inlet outlet supply ke modul booster, LOFX, dan nozzle cw terbuka
- Pastikan expansion tank pada level 65%-80% dan valve inlet outlet terbuka
- Pastikan lt cw tank level pada 65%-80% dan valve inlet outlet terbuka
- Pastikan air dalam tanki cooling nozzle pada level 90% dan valve inlet outlet terbuka
- Pastikan tank oli pada level 120 cm dan temperature pada 40°C - 50° °C
- Pastikan pressure ringline mfo 6 bar - 7 bar dan hsd 4 bar - 5 bar

Jika bahan bakar yang akan di gunakan mfo Pastikan pada fuel module booster bahan bakar pada pressure 7 bar -8 bar pada temperature 100 °C – 110 °C dan viscosity 12 cst

- Jika bahan bakar yang akan di gunakan hsd pastikan pressure 6 bar – 7 bar pada temperature 30 °C - 45 °C dan viscosity 3,5 cst – 6 cst
- Pastikan valve inlet dan outlet modul booster (mixing tank, heater, viscosity control, filter, phe, dan damping tank) keadaan terbuka
- Setelah di pastikan semua auxiliary sesuai dengan SOP, tekan tombol request start tunggu sampai lampu indikasi berwarna hijau
- Posisikan fuel limiter pada 50 %
- Tekan dan tahan tombol start pada panel sampai pembacaan speed mencapai 120 rpm dan lepas tombol start
- Atur tuas fuel limiter secara perlahan sampai speed nominal 420 rpm

- Proses sinkron akan dimulai secara otomatis setelah speed engine tercapai dan menyamakan frekuensi dan tegangan
- Kemudian set load sesuai permintaan kemudian monitoring dan pengambilan data.

BAB 4

Hasil Dan Pembahasan

4.1 Proses Pengoprasian Mesin Diesel

Proses pengoprasian di lakukan dengan menggunakan bahan bakar Solar dan Marine fuel oil (MFO),setiap bahan bakar dilakukan pengetesan selama 4 jam tanpa henti dengan pola pembebanan persatu jam dari 25%,50%,75%, dan beban maximal di 100%. Selama pengoprasian dilakukan pengambilan data terhadap setiap 30 menit :

- Unit yang di operasikan dan data kinerja mesin pada parameter operasi mesin seperti temperature oli, exhaust temperature, cooling water temperature,dan flow bahan bakar dan yang terbaca di panel auxiliary.
- pengambilan data bahan bakar menggunakan flowmeter yang terpasang di line input bahan bakar.
- Pengambilan data KWH menggunakan kwh meter substandard yang terpasang di panel kwh meter groos.
- sample bahan bakar yang digunakan hsd dan mfo
- data yang didapat di gunakan sebagai dasar perhitungan

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Data Teknis Solar

No	Properties	Limit	
		Min	Max
1.	Sulphur content % wt	-	0.5
2.	Specific Gravity at 60/60°F	0.82	0.87
3.	Cetane Number	45	48
4.	Viscosity Kinematic at cSt	1.6	5.8
5.	Sulphur Content % wt	-	0.5
6.	Lhv kj/kg	42.200	-
7.	Water content % vol	-	0.05
8.	Density kg/m ³	0.845	-
9.	<i>Flash point P. M. c. c.</i> °F	150	-

Tabel 4.1 Tabel spesifikasi solar

4.2.2. Data teknis Marine Fuel Diesel (MFO)

No	Properties	Limit	
		Min	Max
1.	Sulphur content % wt	-	0.5
2.	Specific Gravity at 60/60°F	0.90	0.84
3.	Cetane Number	45	-
4.	Viscosity Kinematic at cSt mm ² /s	2.0	5.0
5.	Sulphur Content % m/m	-	0.35
6.	Lhv kg/m ³	40.888	-
7.	Water content % vol mg/kg	-	500
8.	Density kj/kg	0,991	-
9.	<i>Flash point P. M. c. c.</i> °F	167	183

Table 4.2 Mfo (*Marine Fuel Diesel*)

Adapun hasil test performance sebagai berikut

4.2.3 Tes performance menggunakan solar

Produksi Energi Listrik

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	kWh Produksi Bruto	35.305,00	27.044,00	17,712,00	8.856,00	kWh
2	kWh Produksi After Travo	34.304,00	26.836,00	17,078,00	8.539,00	kWh
3	kWh Auxiliary	802,00	804,00	773,00	743,00	kWh
4	Total kWh Netto	34.503,00	26.240,00	16.939,00	8.113,00	kWh

Bahan Bakar Minyak

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	Flowmeter Supply	13.512,80	12.048,90	10.887,00	10.027,00	Liter/h
2	Flowmeter Return	5.320,80	5.985,80	6.623,80	7.621,80	Liter/h
3	Fuel Oil Leakage	62,00	60,00	52,00	50,00	Liter/h
4	Pilot oil Consumption	100,80	83,16	79,49	75,09	Liter/h
5	Total pemakaian BBM	8,23	6,08	4,29	2,43	m ³ /h

Specific Fuel Oil Consumption

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	SF Brutto	0,233	0,225	0,242	0,274	Liter/kWh
2	SFC Netto	0,239	0,232	0,253	0,300	Liter/kWh

Heat Rate

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	Gross Heat Rate Generator	8.313,33	8.025,07	8.638,31	9.785,65	KJ/kWh
2	Nett Heat Rate Generator	8.506,57	8.270,96	9.032,51	10.681,83	KJ/kWh
3	Density	0,845				kg/m ³
4	LHV	42.200				KJ/Kg

Tabel .4.3 Performance Test Solar

4.2.4 Tes performance menggunakan Marine Fuel Oil (MFO)

Produksi Enegi Listrik

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	kWh Produksi Bruto	35.601,00	27.321,00	17.805,00	8.902,50	kWh
2	kWh Produksi After Travo	34.381,00	26.518,00	12.007,00	6.003,50	kWh
3	kWh Auxiliary	807,00	804,00	804,00	801,00	kWh
4	Total kWh Netto	34.794,00	26.517,00	17.001,00	8.101,50	kWh

Bahan Bakar Minyak

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	Flowmeter Supply	13.621,00	12.265,00	10.967,00	9.553,00	Liter/h
2	Flowmeter Return	5.397,00	6.019,00	6.651,00	7.293,00	Liter/h
3	Fuel Oil Leakage	49,66	49,81	43,22	40,02	Liter/h
4	Pilot oil Consumption	100,30	85,71	81,69	79,60	Liter/h
5	Total pemakaian BBM	8,27	6,28	4,35	2,29	m ³ /h

Specific Fuel Oil Consumption

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	SF Brutto	0,232	0,230	0,245	0,258	Liter/kWh
2	SFC Netto	0,238	0,237	0,256	0,284	Liter/kWh

Heat Rate

No	Uraian	Load 100%	Load 75%	Load 50%	Load 25%	Satuan
1	Gross Heat Rate Generator	9.417,95	9.316,74	9.909,75	10.466,61	KJ/kWh
2	Nett Heat Rate Generator	9.636,39	9.599,22	10.378,40	11.501,45	KJ/kWh
3	Density	0,991				Kg/m ³
4	LHV	40.888				KJ/Kg

Tabel 4.4 Performance Test MFO

4.3 Metode analisa

Efisiensi menggunakan pola pembebanan (kwh) dan sfc yang dihasilkan pada masing masing bahan bakar :

- Beban 25% Selama 1 Jam

- Beban 50% Selama 1 Jam

- Beban 75 % Selama 1 Jam

- Beban 100% Selama 1 Jam

4.3.1. Pembebanan mesin menggunakan bahan bakar Solar

- Beban 25%

$$\begin{aligned}P_{In} &= \rho \cdot Q \cdot LHV \\&= 0,845 \frac{kg}{m^3} \cdot 2,43 \frac{m^3}{Jam} \cdot 42.200 \frac{kJ}{kg} \\&= 86.651,37 \frac{kJ}{jam} \\&= \frac{86.651,37 kJ/jam}{3.600} \\&= 24,069 kw \\ \eta &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{2,25}{24,069} \times 100\% \\&= 0,09 \times 100\% \\&= 9\%\end{aligned}$$

- Beban 50%

$$\begin{aligned}
 P_{In} &= \rho \cdot Q \cdot LHV \\
 &= 0,845 \frac{kg}{m^3} \cdot 4,29 \frac{m^3}{jam} \cdot 42.200 \frac{kJ}{kg} \\
 &= 152.977,11 \frac{kJ}{jam} \\
 &= \frac{152.977,11 \text{ kJ/jam}}{3.600} \\
 &= 42,493 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{4,70}{42,493} \times 100\% \\
 &= 0,11 \times 100\% \\
 &= 11\%
 \end{aligned}$$

- Beban 75%

$$\begin{aligned}
 P_{In} &= \rho \cdot Q \cdot LHV \\
 &= 0,845 \frac{kg}{m^3} \cdot 6,08 \frac{m^3}{jam} \cdot 42.200 \frac{kJ}{kg} \\
 &= 216.806,72 \frac{kJ}{jam} \\
 &= \frac{216.806,72 \text{ kJ/jam}}{3.600} \\
 &= 60,224 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{7,28}{60,224} \times 100\% \\
 &= 0,12 \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 12\%$$

- Beban 100%

$$P_{In} = \rho \cdot Q \cdot LHV$$

$$= 0,845 \frac{kg}{m^3} \cdot 8,23 \frac{m^3}{jam} \cdot 42.200 \frac{kl}{kg}$$

$$= 293.473,57 \frac{kJ}{jam}$$

$$= \frac{293.473,57 \text{ kJ/jam}}{3.600}$$

$$= 81,52 \text{ kw}$$

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{9,58}{81,52} \times 100\%$$

$$= 0,11 \times 100\%$$

$$= 11 \%$$

4.3.2. Pembebanan mesin menggunakan bahan bakar mfo

- Beban 25%

$$P_{In} = \rho \cdot Q \cdot LHV$$

$$= 0,991 \frac{kg}{m^3} \cdot 2,29 \frac{m^3}{jam} \cdot 40.888 \frac{kl}{kg}$$

$$= 92.790,81 \frac{kJ}{jam}$$

$$= \frac{92.790,81 \text{ kJ/jam}}{3.600}$$

$$= 25,77 \text{ kw}$$

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2,25}{25,77} \times 100\%$$

$$= 0,08 \times 100\%$$

$$= 8 \%$$

- Beban 50%

$$P_{In} = \rho \cdot Q \cdot LHV$$

$$= 0,991 \frac{kg}{m^3} \cdot 4,34 \frac{m^3}{jam} \cdot 40,888 \frac{kl}{kg}$$

$$= 175,856,83 \frac{kj}{jam}$$

$$= \frac{175,856,83 \text{ kj/jam}}{3,600}$$

$$= 48,84 \text{ kw}$$

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{4,72}{48,84} \times 100\%$$

$$= 0,09 \times 100\%$$

$$= 9 \%$$

- Beban 75%

$$P_{In} = \rho \cdot Q \cdot LHV$$

$$= 0,991 \frac{kg}{m^3} \cdot 6,28 \frac{m^3}{jam} \cdot 40,888 \frac{kl}{kg}$$

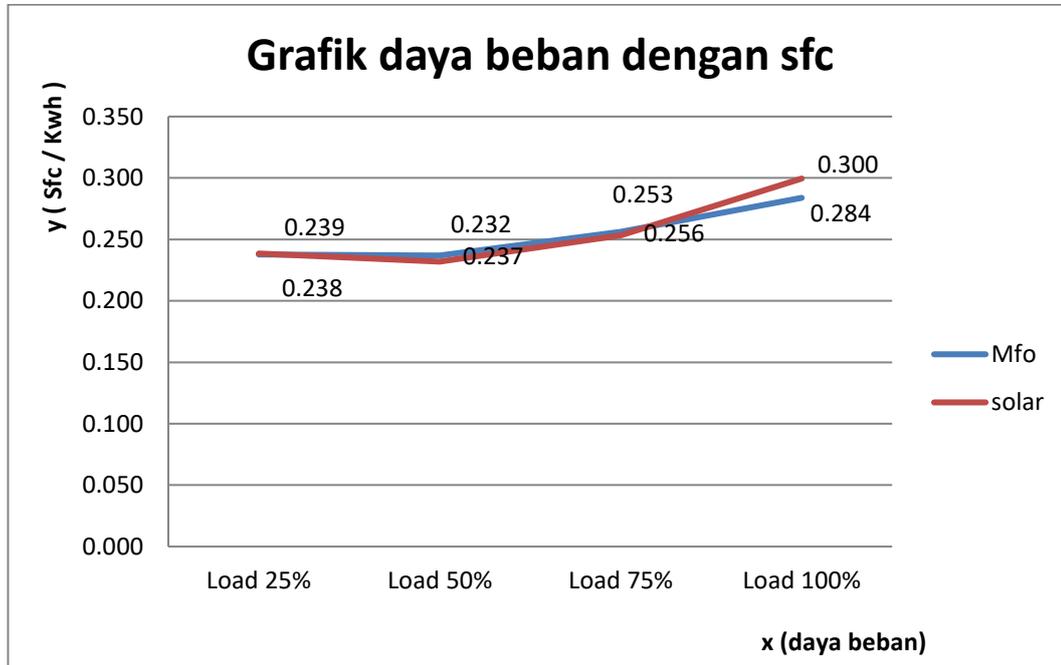
$$\begin{aligned}
&= 254.465.65 \frac{kJ}{jam} \\
&= \frac{254.465.65 \text{ kJ/jam}}{3.600} \\
&= 70.68 \text{ kw}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\eta &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\
\eta &= \frac{7.33}{70.68} \times 100\% \\
&= 0.10 \times 100\% \\
&= 10 \%
\end{aligned}$$

- Beban 100%

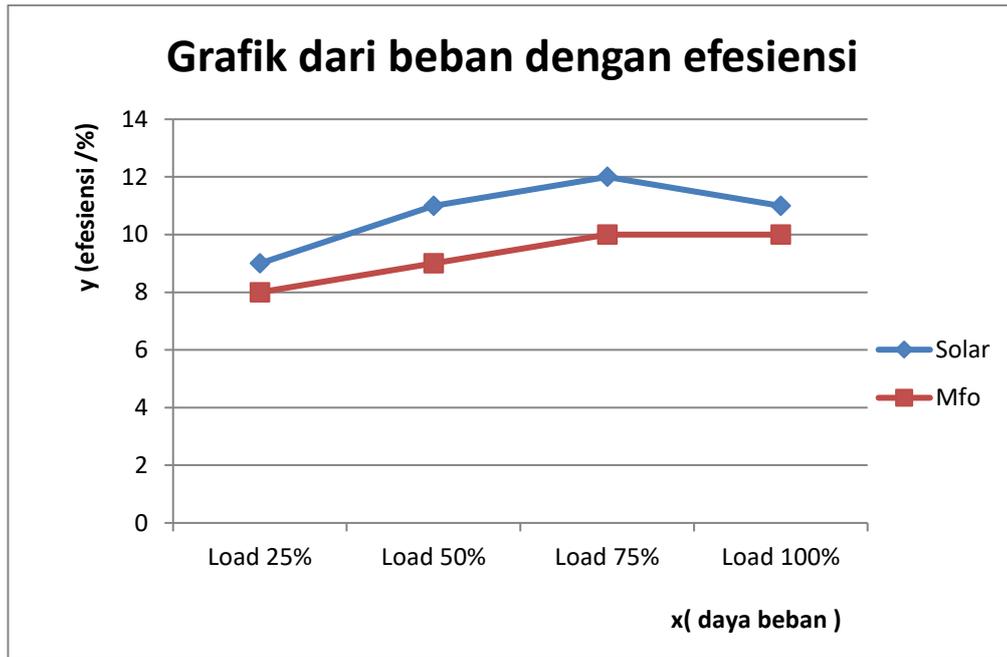
$$\begin{aligned}
P_{In} &= \rho \cdot Q \cdot LHV \\
&= 0.991 \frac{kg}{m^3} \cdot 8.27 \frac{m^3}{jam} \cdot 40.888 \frac{kl}{kg} \\
&= 335.100.46 \frac{kJ}{jam} \\
&= \frac{335.100.46 \text{ kJ/jam}}{3.600} \\
&= 93.083 \text{ kw} \\
\eta &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\
\eta &= \frac{9.66}{93.083} \times 100\% \\
&= 0.10 \times 100\% \\
&= 10 \%
\end{aligned}$$

4.4 Grafik Data



Gambar 4.5 Grafik daya beban dengan Sfc

Dari gambar 4.5 di atas terlihat beban rendah di load 25% sedangkan Sfc nya 0,239 liter / kwh, beban bertambah di 50% Sfc mengalami penurunan di 0,232 , dan kenaikan sfc di load 75% dan 100% hingga 0.293 baik solar maupun Mfo. Hal ini di sebabkan nilai kalor yang berbeda (heating value) peningkatan konsumsi bahan bakar yang bertujuan untuk menaikkan daya.



Gambar.4.6 Grafik beban dan efisiensi

Dari gambar 4.6 di atas bisa di lihat grafik efisiensi solar dan mfo mempunyai nilai efisiensi yang relative berbeda pada tingkat daya efisiensi penggunaan bahan bakar. Hal ini di sebabkan semakin besar daya atau beban yang di hasilkan semakin tinggi temperature pembakaran di ruang bakar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian maka di dapat data dari beberapa variasi pembebanan pada mesin yang berbeda-beda yaitu beban minimal hingga pembebanan maksimal menunjukkan perbedaan efisiensi dan konsumsi bahan bakar , dari setiap pengujian di dapat data Pengujian pada variable beban seperti yang terdapat pada tabel 4.1 dan 4.2. serta efisiensi pada setiap pola pembebanan sebagai berikut :

- Solar

Beban 25 % $\eta = 9 \%$

Beban 50 % $\eta = 11 \%$

Beban 75 % $\eta = 12 \%$

Beban 100 % $\eta = 11 \%$

- MFO

Beban 25 % $\eta = 8 \%$

Beban 50 % $\eta = 9 \%$

Beban 75 % $\eta = 10 \%$

Beban 100 % $\eta = 10 \%$

Hasil perhiungan parameter kerja mesin diesel bahan bakar solar dan mfo menunjukkan daya dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)pada mfo nilai sfc nya antara lain 0,238 0,237 0,256 dan 0,284 .Terlihat bahwa penggunaan bahan bakar lebih besar saat menggunakan bahan bakar solar di bandingkan meggunakan bahan bakar mfo. Penggunaan bkar solar lebih baik dari segi efisiensi di bandingkan dengan bahan bakar mfo akan tetapi dari segi harga mfo jauh lebih murah.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya bisa di kembangkan agar efesiensi kerja mesin diesel dengan konsumsi bahan bakar bisa lebih di tingkatkan. Misalkan dengan bahan bakar yang berbeda atau jenis mesin diesel yang lain yg jumlah toraknya lebih banyak atau lebih kecil dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Gunawan, F E. et al.2019. a study of sensititivity of the fuel consumption. Procedia computer science.

Eko julianto .2020. analisis Pengruh putaran mesin pada efesiensi bahan bakar, Universitas Muhammadiyah Pontianak.

Syukran dan suryadi .2007 . Estimasi penghematan biaya operasi PLTU dengan cara penggantian bahan bakar jurnal teknik mesin.

Man Diesel And turbo .2013. MAN diesel and turbo Manual book, German

PT. BBS .2013. SOP operation departemen PLTD 120 Mw, belawan

Sumber: www.Nilai kalori mfo dan hsd/ Google

Ikshan Malana analisa efesiensi bahan bakar kateluap berkapasitas 13 ton

Universitas Muhammadiyah Uumatera Utara

