



TUGAS AKHIR (ME33200)

**ANALISA PERBANDINGAN KONSUMSI VARIASI BAHAN BAKAR CAMPURAN
BIOSOLAR DAN DEXLITE PADA *AUTOMATIC DIESEL MARINE ENGINE TYPE*
4-71N**

**TITIS AYU ANJANI
NRP. 0323030049**

**DOSEN PEMBIMBING :
NOPEM ARIWIYONO, S.T., M.T.
NIP. 196211301988031003**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PERMESINAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
2026**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

TUGAS AKHIR (ME33200)

**ANALISA PERBANDINGAN KONSUMSI VARIASI BAHAN
BAKAR CAMPURAN BIOSOLAR DAN DEXLITE PADA
*AUTOMATIC DIESEL MARINE ENGINE TYPE 4-71N***

Titis Ayu Anjani

NRP. 0323030049

DOSEN PEMBIMBING:

NOPEM ARIWOYONO, S.T., M.T.

NIP. 196211301988031003

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK PERMESINAN KAPAL
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA**

2026

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PERBANDINGAN KONSUMSI VARIASI BAHAN BAKAR CAMPURAN BIOSOLAR DAN DEXLITE PADA AUTOMATIC DIESEL MARINE ENGINE TYPE 4-71N

Disusun Oleh:
Titis Ayu Anjani
0323030049

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi D3 Teknik Permesinan Kapal
Jurusan Teknik Permesinan Kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 09 Juli 2026
Periode Wisuda : Oktober 2026

Menyetujui,

Dosen Penguji	NIDN/NUPTK	Tanda Tangan
1. Nopem Ariwiyono, S.T., M.T.	(0030116205)	(.....)
2. Edi Haryono, S.T., M.T.	(0011077804)	(.....)
3. M. Faizur Rijal Azhad, S.T., M.T.	(4854775676130212)	(.....)
4. Firly Irhamni Ahsan, S.T., M.T.	(4549774675130272)	(.....)

Dosen Pembimbing	NIDN/NUPTK	Tanda Tangan
1. Nopem Ariwiyono, S.T., M.T.	(0030116205)	(.....)

Menyetujui
Ketua Jurusan,

Dr. Ilham Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T.

Mengetahui
Koordinator Program Studi,

Ir. Emic Santoso, M.T.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

 PPNS POLYTEKNIK PONTIANAK NEGARA SARAWAK	<u>PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</u>	No. : F.WD I. 021 Date : Rev. : 01 Page : 1 dari 1
---	---	---

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Titis Ayu Anjani

NRP. 0323030049

Jurusan/Prodi : Teknik Permesinan Kapal / D3 Teknik Permesinan Kapal

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :

Analisa Perbandingan Konsumsi Variasi Bahan Bakar Campuran Biosolar dan Dexlite pada Automatic Diesel Marine Engine Type 4-71N

Adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut, maka saya bersedia menerima **sanksi** sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 28 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan,


 8B51AAOX133481385
 (Titis Ayu Anjani)
 NRP. 0323030049

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir, **“ANALISA PERBANDINGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR CAMPURAN BIOSOLAR DAN DEXLITE PADA *AUTOMATIC MARINE ENGINE TYPE 4-71N*”**. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.) pada Program Studi Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan banyak pihak. Bentuk rasa syukur ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kemudahan, keselamatan, dan Kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir.
2. Ibu Musawanah selaku orang tua yang telah mendidik dari kecil hingga dewasa, beserta kakak saya Syaiful Hamdan, dan selaku keluarga lainnya yang tiada henti memberikan dukungan baik moral maupun materil selama penulis menempuh studi di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Raka Raditya Rachman selaku pasangan yang menemani, dan memberikan dukungan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Rachmad Tri Soelistjiono, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
6. Ibu Ir. Emie Santoso, M.T. selaku Koordinator Program Stusi D3-Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
7. Bapak Nopem Ariwiyono, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing saya yang membantu saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir saya.
8. Bapak Gusma Hamdana Putra, S.T., M.T. selaku Dosen Pengawas Labolaturium yang memberikan ilmu, arahan, dan saran selama pengambilan data Tugas Akhir.

9. Bapak Niki Veranda Agil Permadi, S.Tr.T, M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
10. Seluruh keluarga penulis yang tiada henti memberikan doa serta dukungan penuh baik secara mental maupun finansial atau materi selama penulis hidup sampai menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teman-teman Program Studi D3 Teknik Permesinan Kapal Angkatan 2023 yang telah memberikan dukungan dan motivasi, dan membantu penulis dalam memberikan saran terkait Tugas Akhir.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan yang tidak disengaja, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan sarana untuk membangun dari Tugas Akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi penulis sendiri dan juga pembaca serta dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk pengembangan tugas akhir selanjutnya. Semoga menjadi nilai tambah khususnya bagi penyusun dan umumnya bagi pembaca.

Surabaya, 21 Juli 2026

Titis Ayu Anjani

ANALISA PERBANDINGAN KONSUMSI VARIASI BAHAN BAKAR CAMPURAN BIOSOLAR DAN DEXLITE PADA AUTOMATIC DIESEL MARINE ENGINE TYPE 4-71N

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan pengaruh penggunaan dua jenis bahan bakar alternatif, yaitu Biosolar dan Dex Lite, terhadap unjuk kerja mesin diesel 2 langkah 4 silinder dengan sistem pelumasan premix. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif, di mana pengujian dilakukan di Laboratorium Boiler Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Variabel bebas berupa jenis bahan bakar (Biosolar dan Dex Lite) dengan variasi komposisi campuran 10%, 50%, dan 90%, sedangkan variabel terikat yang diukur meliputi daya (BP), torsi (T), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan efisiensi termal. Penelitian ini menggunakan variasi beban internal (No Load, Base Load, Half Load, Full Load) dan eksternal (SF, WF) serta variasi putaran mesin (600, 700, 800, 900 rpm). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan pengujian pada mesin diesel 2 langkah 4 silinder menggunakan variasi campuran biosolar dan Dexlite pada kondisi pembebanan internal dan eksternal (*Sea Wave* dan *Wind Force*) pada variasi campuran bahan bakar BD10, BD50, BD90, dan 100% Dexlite serta variasi putaran mesin (rpm). Pada keseluruhan kondisi pengujian, BD90 menunjukkan performa terbaik dengan daya 19,0908 kW, torsi 202,75 Nm pada 900 rpm *Full Load*, sedangkan B10 menunjukkan efisiensi terbaik dengan SFC terendah 380,55 g/kWh dan efisiensi termal tertinggi 22,23% pada 900 rpm *Ballast*. Berdasarkan evaluasi seluruh parameter pengujian, campuran BD10 (10% biosolar dan 90% Dexlite) memberikan unjuk kerja paling optimal secara keseluruhan karena menghasilkan konsumsi bahan bakar spesifik yang lebih rendah, efisiensi termal yang lebih tinggi, dan performa mesin yang stabil pada berbagai kondisi beban dan putaran mesin.

Kata Kunci : Unjuk kerja, Mesin diesel 2 langkah, Mesin diesel 4 silinder, Biosolar, Dexlite.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

COMPARATIVE ANALYSIS OF FUEL CONSUMPTION USING VARIOUS BIOSOLAR AND DEXLITE FUEL BLEND IN TYPE 4-71N AUTOMATIC DIESEL MARINE ENGINE

ABSTRACT

The development of the shipping industry requires the use of machinery systems that are reliable, efficient, and environmentally friendly. A 2 stroke 4 cylinder diesel engine is widely used in ship machinery systems, both as the main engine and auxiliary engine. With the increasing energy demand and growing concern for environmental impacts, alternative fuel blends are needed to improve combustion efficiency without reducing engine performance. Biosolar, as a blend of diesel and biodiesel, has more environmentally friendly characteristics and can reduce exhaust gas emissions, while Dexlite has a higher cetane number and lower sulfur content, resulting in cleaner and more stable combustion. This research uses an experimental method by conducting tests on a 2-stroke 4-cylinder diesel engine with variations of Biosolar and Dexlite blends under internal and external loading conditions (Sea Wave and Wind Force). The fuel blend variations tested were BD10, BD50, BD90, and 100% Dexlite, along with variations in engine speed (rpm). Across all testing conditions, BD90 showed the best performance with a power output of 19.0908 kW and torque of 202.75 Nm at 900 rpm Full Load. Meanwhile, B10 showed the best efficiency with the lowest SFC of 380.55 g/kWh and the highest thermal efficiency of 22.23% at 900 rpm Ballast. Based on the evaluation of all test parameters, the BD10 blend (10% Biosolar and 90% Dexlite) provides the most optimal overall performance because it produces lower specific fuel consumption, higher thermal efficiency, and stable engine performance under various load and engine speed conditions.

Keywords: Performance, 2 stroke Diesel Engine, 4 cylinder Diesel Engine, Biosolar, Dexlite.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
PLAGIASI	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1. Biosolar	7
2.2. Dexlite.....	8
2.3. Karakteristik Bahan Bakar Motor Diesel	9
2.1 Bahan Bakar Diesel dan Sifat-sifatnya.....	11
2.2 Parameter Unjuk Kerja Motor Diesel.....	12
2.4. Motor Diesel	14
2.5. Sistem Kerja Motor Diesel 2 Tak	15
2.3 Diagram P-V Mesin Diesel 4 Langkah	16
2.4 Motor Diesel 2 Langkah (2-Tak)	17
2.5 Motor Diesel 4 Langkah (4-Tak)	17
2.6 Injektor.....	21
2.7 Generator.....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Jenis dan Pendekatan Penleितain	25
3.2. Variabel Penelitian.....	25
3.3. Parameter Keberhasilan	25

3.4.	Diagram Alir	26
3.5.	Langkah–langkah Pengerjaan Tugas Akhir	26
3.6.	Spesifikasi Motor Diesel.....	33
BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN	35
4. 1	Pengambilan dan Penyajian Data.....	35
4.1.1	Prosedur Pengambilan Data	35
4.1.2	Data Hasil Percobaan	37
4. 2	Unjuk Kerja pada Mesin Diesel Kondisi Beban Eksternal <i>Sea Wave</i>	42
4.2.1	Unjuk Kerja Daya pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal <i>Sea Wave</i>	42
4.2.2	Unjuk Kerja <i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC) pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Beban Eksternal <i>Sea Wave</i>	44
4.2.3	Unjuk Kerja Efisiensi Termal pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Beban Eksternal <i>Sea Wave</i>	50
4. 3	Unjuk Kerja pada Mesin Diesel Kondisi Beban Eksternal <i>Wind Force</i>	53
4.3.1	Unjuk Kerja <i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC) pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal <i>Wind Force</i>	56
4.3.2	Unjuk Kerja Torsi pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal <i>Wind Force</i>	58
4.3.3	Unjuk Kerja Efisiensi Termal pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal <i>Wind Force</i>	61
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
Lampiran.....		69
Lampiran A		69
Lampiran B		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Biosolar.....	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi Dexlite	11
Tabel 3. 1 Data Hasil Percobaan	27
Tabel 3. 2 Data Hasil Perhitungan	28
Tabel 3 . 3 Spesifikasi Motor Diesel dan Generator	31
Tabel 4.1 Data hasil percobaan percobaan pada Dexlite murni 100% dengan beban internal dan beban eksternal Sea Wave	37
Tabel 4.2 Data hasil percobaan pada Dexlite murni 100% dengan beban internal dan beban eksternal wind force	38
Tabel 4.3 Data hasil percobaan pada variasi RPM dan variasi bahan bakar dengan beban internal dan beban eksternal Sea Wave.	38
Tabel 4.4 Data hasil percobaan pada RPM 600, 700, 800, dan 900 dengan campuran bahan bakar B10, B50, dan B90 dengan beban internal dan beban eksternal Wind Force.	40

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Biodiesel.....	7
Gambar 2. 2 Dexlite	8
Gambar 2. 3 Detroit Diesel Alusion DW.6ME.....	15
Gambar 2. 4 Diagram P – V Pada Siklus Diesel	16
Gambar 2. 5 Siklus Kerja Motor Diesel 2 Langkah.....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 4. 1 Grafik Campuran Biosolar 10%.....	35
Gambar 4. 2 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	36
Gambar 4. 3 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	37
Gambar 4. 4 Grafik Campuran Biosolar 10%	38
Gambar 4. 5 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	39
Gambar 4. 6 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	40
Gambar 4. 7 Grafik Campuran Biosolar 10%.....	41
Gambar 4. 8 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	42
Gambar 4. 9 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	43
Gambar 4. 1 Grafik Campuran Biosolar 10%.....	44
Gambar 4. 2 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	45
Gambar 4. 3 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	46
Gambar 4. 4 Grafik Campuran Biosolar 10%	47
Gambar 4. 5 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	48
Gambar 4. 6 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	49
Gambar 4. 7 Grafik Campuran Biosolar 10%.....	50
Gambar 4. 8 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	51
Gambar 4. 9 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	52
Gambar 4. 1 Grafik Campuran Biosolar 10%.....	53
Gambar 4. 2 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	54
Gambar 4. 3 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	55
Gambar 4. 4 Grafik Campuran Biosolar 10%	56
Gambar 4. 5 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	57
Gambar 4. 6 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	58
Gambar 4. 7 Grafik Campuran Biosolar 10%.....	59
Gambar 4. 8 Grafik Campuran Biosolar 50%.....	60
Gambar 4. 9 Grafik Campuran Biosolar 90%.....	61

“halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin diesel 2 langkah 4 silinder merupakan tulang punggung untuk berbagai aplikasi vital di Indonesia, seperti penggerak kapal tradisional, genset darurat, dan mesin pompa irigasi. Mesin ini dipilih karena desainnya sederhana, perawatannya relatif mudah, dan harganya terjangkau. Namun, efisiensi dan daya tahannya sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar yang digunakan. Dalam upaya diversifikasi energi, Indonesia telah memberlakukan mandatori pencampuran biodiesel berbasis *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) ke dalam solar, menghasilkan Biosolar dengan berbagai varian komposisi, di sisi lain untuk menjawab kebutuhan mesin yang lebih modern, tersedia Dex Lite sebagai bahan bakar diesel berkualitas tinggi dengan angka cetane lebih tinggi dan kandungan sulfur sangat rendah, yang menjanjikan pembakaran lebih bersih dan efisien. (Shaputra, dkk 2022).

Perbedaan karakteristik fisika-kimia antara Biosolar (mengandung oksigen dari FAME) dan Dex Lite (hidrokarbon murni dengan aditif) diduga menghasilkan respons kinerja yang berbeda pada mesin diesel konvensional 2 langkah. Performa mesin ini tidak hanya bergantung pada jenis bahan bakar, tetapi juga pada kondisi operasional yang dinamis di lapangan, seperti putaran mesin, sistem pendinginan, dan variasi beban mekanis baik yang bersifat internal maupun eksternal. Oleh karena itu, pengujian komparatif yang menyeluruh diperlukan untuk memetakan performa mesin di bawah berbagai skenario operasi yang realistis. (Wijaya, 2021).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dirancang untuk menganalisis dan membandingkan performa mesin diesel 2 langkah 4 silinder dengan menggunakan Biosolar dan Dex Lite murni. Pengujian dilakukan dengan

memvariasikan putaran mesin (600, 700, 800, 900 rpm), sistem pendinginan (pendinginan standar dan 90%), serta beban *internal* (No Load, Base Load, Half Load, Full Load) dan *eksternal* (SF, WF). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang berbasis data mengenai pemilihan bahan bakar yang optimal sesuai kondisi operasi, sehingga mendukung upaya meningkatkan produktivitas, efisiensi bahan bakar, dan umur pakai mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan performa secara keseluruhan (dalam hal torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik/SFC, dan efisiensi termal) antara penggunaan bahan bakar campuran Biosolar dan Dex Lite pada mesin diesel 2 langkah 1 silinder di bawah berbagai variasi kondisi operasi tersebut?
2. Bagaimana pengaruh variasi kondisi beban internal (Base Load, Half Load, dan Full Load) terhadap performa mesin diesel 2 langkah 1 silinder yang menggunakan bahan bakar campuran Biosolar dan Dex Lite?
3. Bagaimana pengaruh variasi putaran mesin (600, 700, 800, dan 900 rpm) terhadap performa mesin diesel 2 langkah 4 silinder yang menggunakan bahan bakar Biosolar murni dan Dex Lite?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam tugas akhir ini, terdapat beberapa tujuan penelitian yang harus diselesaikan adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh kecepatan putaran mesin (600-900 rpm) terhadap parameter performa mesin (torsi, daya, SFC, dan efisiensi termal) dengan menggunakan bahan bakar Biosolar dan Dex Lite?
2. Menganalisis pengaruh variasi kondisi beban internal (BL, HL, FL) terhadap parameter performa mesin dengan menggunakan bahan bakar Biosolar dan Dex Lite?
3. Menganalisis pengaruh variasi konfigurasi sistem pendinginan terhadap parameter performa mesin dengan menggunakan bahan bakar Biosolar dan Dex Lite?
4. Menentukan bahan bakar mana Biosolar atau Dex Lite yang memberikan performa mesin yang lebih unggul berdasarkan parameter yang diukur pada berbagai kombinasi variabel bebas yang diuji?

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam tugas akhir ini, terdapat beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi individu, menambah pengetahuan di bidang mesin diesel dan permesinan kapal. Melalui penelitian ini, peneliti dapat melatih kemampuan analisis, pemecahan masalah teknis, serta penerapan metode ilmiah diharapkan dapat menjadi bekal kompetensi profesional bagi peneliti dalam menghadapi dunia kerja, khususnya di sektor maritim dan perkapalan.
2. Bagi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan referensi ilmiah yang bermanfaat serta memperkaya literatur akademik.
3. Bagi Lingkungan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya pengurangan emisi gas buang, sehingga mendukung penerapan sistem permesinan kapal yang lebih ramah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, terdapat beberapa batasan masalah yang digunakan sebagai diskusi penelitian sebagai berikut :

1. Dilakukan hanya pada mesin diesel 2 langkah.
2. Pengaruh yang ditimbulkan oleh penggunaan bahan bakar campuran biosolar dengan Dexlite terhadap komponen mesin diesel diabaikan.
3. Pengaruh penggunaan bahan bakar campuran biosolar dengan Dexlite sebagai bahan bakar terhadap penggunaan minyak pelumas mesin diesel diabaikan.
4. Pengaruh penggunaan bahan bakar campuran biosolar dengan Dexlite terhadap gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran diabaikan.
5. Hanya membahas pengaruh bahan bakar campuran biosolar dengan Dexlite terhadap unjuk kerja motor diesel 2 langkah 4 silinder.
6. Aspek biaya diabaikan.

7. Variabel yang digunakan hanya menggunakan 2 bahan bakar yang akan di ujikan.
8. Pembahasan tidak mencakup analisa desain mesin maupun sistem propulsi secara keseluruhan.
9. Variabel lain seperti emisi gas buang, keausan komponen, atau analisis biaya operasional tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.

“halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Biosolar

Biosolar adalah bahan bakar diesel yang dihasilkan dari pencampuran solar fosil dengan biodiesel yang berasal dari sumber nabati, biasanya *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Di Indonesia, Biosolar umumnya dipasarkan dalam bentuk B30 (30% biodiesel, 70% solar) sesuai mandatori pemerintah. Biodiesel memiliki sifat oksigenasi yang dapat meningkatkan kelengkapan pembakaran, namun juga memiliki nilai kalor yang sedikit lebih rendah dan viskositas yang lebih tinggi dibanding solar murni. Penggunaan Biosolar bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, menurunkan emisi gas rumah kaca, dan mendukung pengembangan energi terbarukan. Dalam konteks mesin 2 langkah dengan pelumasan premix, viskositas Biosolar yang lebih tinggi dapat mempengaruhi kualitas atomisasi dan karakteristik pelumasan campuran bahan bakar oli. (Anwar, 2020)



Gambar 0.1 Biodiesel

(Sumber : Wijaya, 2021)

Penggunaan biosolar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis motor diesel dengan putaran tinggi di atas 1000 rpm. Biosolar juga dapat digunakan untuk pembakaran langsung seperti mesin tungku pembakaran, mesin pemanas atau pengering serta mesin ketel uap atau boiler untuk hasil bakar yang lebih baik. Keunggulan biosolar yaitu dengan kandungan minyak nabati, BBM menjadi ramah lingkungan dan menurunkan sulfur hingga tidak lebih dari 500 ppm. Kelemahan biosolar tidak seperti solar murni, ternyata biosolar memiliki kelemahan tidak cocok dipakai untuk kendaraan bermotor yang memerlukan kecepatan dan daya, karena biosolar menghasilkan tenaga yang lebih rendah dibandingkan solar murni.

2.2. Dexlite

Dex Lite adalah varian bahan bakar diesel berkualitas tinggi yang dipasarkan oleh Pertamina. Bahan bakar ini memiliki angka cetane yang lebih tinggi (minimal 51) dan kandungan sulfur yang sangat rendah maksimal 1200 ppm. Dex Lite dirancang untuk mesin diesel modern yang memerlukan pembakaran lebih bersih, efisien, dan ramah lingkungan. Karakteristiknya yang hampir mendekati hidrokarbon murni dengan aditif pemercepat pembakaran menjadikannya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan respons cepat dan performa optimal, termasuk pada mesin kapal. Pada mesin 2 langkah, Dex Lite diharapkan memberikan ignition delay yang lebih pendek, pembakaran lebih stabil, serta potensi penurunan deposit pada ruang bakar dan sistem pembuangan. (Wijaya, 2021)



Gambar 0.2 Dexlite

(Sumber : Wijaya, 2021)

Dexlite memberikan pengaruh positif terhadap kinerja mesin, terutama pada aspek daya, efisiensi, dan keandalan mesin. Dengan nilai oktan yang lebih tinggi, proses pembakaran dapat berlangsung lebih optimal sehingga tekanan hasil

pembakaran dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk menghasilkan tenaga. Selain itu, penggunaan Dexlite mampu mengurangi gejala *knocking* yang dapat menyebabkan penurunan performa dan kerusakan komponen mesin dalam jangka panjang. Mesin yang beroperasi dengan pembakaran stabil juga cenderung memiliki getaran yang lebih rendah dan respons akselerasi yang lebih baik.

2.3. Karakteristik Bahan Bakar Motor Diesel

Menurut (Wijaya 2021) Motor dengan putaran yang cepat (>1000 rpm) membutuhkan bahan bakar dengan karakteristik tertentu yang berbeda dengan minyak diesel. Karakteristik yang diperlukan berhubungan dengan *auto ignition* (kemampuan menyala sendiri), kemudahan mengalir dalam saluran bahan bakar, kemampuan untuk teratomisasi, kemampuan lubrikasi, nilai kalor dan karakteristik lainnya. Sifat-sifat bahan bakar motor diesel yang memengaruhi prestasi motor diesel antara lain viskositas, angka setana, berat jenis, nilai kalor pembakaran dan titik nyala. Berikut ini adalah karakteristik dari biosolar yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Sedangkan sebagai pembandingan dari biosolar, karakteristik dari Dexlite ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 0.1 Spesifikasi Biosolar

Spesifikasi Biosolar (B30)

No.	KARAKTERISITIK	SATUAN	BATASAN MIN	BATASAN MAX	METODE UJI
1	Angka Setana, atau	-	48	-	ASTM D613
	Indeks Setana	-	45	-	ASTM D4737
2	Berat Jenis (pada suhu 15)	kg/m	815	880	ASTM D4052 / D1298
3	Viskositas (pada suhu 40)	mm/s	2.0	5.0	ASTM D445
4	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.25	ASTM D429 / D5453 / D2622
				0.05	
				0.005	
5	Distilasi 90% vol penguapan	C	-	370	ASTM D86
6	Titik Nyala	C	52	-	ASTM D93
7	Titik Kabut, atau	C	-	18	ASTM D2500 / D5773
	Titik Tuang	C	-	18	ASTM D97 / D5949
8	Residu Karbon	m/m	-	0.1	ASTM D189 / D4530
9	Kandungan Air	mg/kg	-	425 dan dilaporkan	ASTM D6304 / D1744
10	Kandungan Fame	v/v	30		ASTM D7806 / D7371
11	Korosi Bilah Tembaga	kelas	-	Kelas 1	ASTM D130
12	Kandungan Abu	m/m	-	0.01	ASTM D482
13	Kandungan Sedimen	m/m	-	0.01	ASTM D473
14	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/G	0		ASTM D664
15	Bilangan Asam Total	mg KOH/G	-	0.6	ASTM D664
16	Penampilan Visual	-	Jernih & Terang		Visual
17	Warna	No. ASTM	-	3	ASTM D1500
18	Lubrisitas (HFRR wear scar dia. @ 60	micron	-	460	ASTM D6079
19	Kestabilan Oksida	jam	35	-	EN 15751
		menit	45	-	ASTM D7545 / EN 16091

Tabel 0.2 Spesifikasi Dexlite

Spesifikasi Dexlite (B20)

No	KARAKTERISITIK	SATUAN	BATASAN MIN	BATASAN MAX	METODE UJI
1	Angka Setana, atau	-	51	-	ASTM D613
	Indeks Setana	-	48	-	ASTM D4737
2	Berat Jenis (pada suhu 15)	kg/m	815	870	ASTM D4052 / D1298
3	Viskositas (pada suhu 40)	mm/s	2.0	4.5	ASTM D445
4	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.12	ASTM D429 / D5453 / D2622
5	Distilasi 90% vol penguapan	C	-	370	ASTM D86
6	Titik Nyala	C	52	-	ASTM D93
7	Titik Kabut, atau	C	-	18	ASTM D2500 / D5773
	Titik Tuang	C	-	18	ASTM D97 / D5949
8	Residu Karbon	m/m	-	0.1	ASTM D189 / D4530
9	Kandungan Air	mg/kg	-	500	ASTM D6304 / D1744
10	Kandungan FAME	v/v	-	20	ASTM D7806 / D7371
11	Korosi Bilah Tembaga	kelas	-	Kelas 1	ASTM D130
12	Kandungan Abu	m/m	-	0.01	ASTM D482
13	Kandungan Sedimen	m/m	-	0.01	ASTM D473
14	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/G	-	0	ASTM D664
15	Bilangan Asam Total	mg KOH/G	-	0.6	ASTM D664
16	Penampilan Visual	-	Jernih & Terang		Visual
17	Warna	No. ASTM	-	3.0	ASTM D1500
19	Kestabilan Oksida	jam	35	-	EN 15751
		menit	45	-	ASTM D7545 / EN 16091

2.1 Bahan Bakar Diesel dan Sifat-sifatnya

Pembahasan akan menghubungkan setiap sifat dengan implikasinya pada proses injeksi, atomisasi, pembakaran, dan pelumasan dalam mesin.

Definisi & Standar: Penjelasan singkat tentang Solar Konvensional

(pertamina DEX), Biosolar (berdasarkan SNI untuk B30/B40), dan Dex Lite spesifikasi pasar. (Wijaya 2021).

Sifat-sifat Penting & Rumus:

1. Angka Cetane (Cetane Number/CN): Indikasi kemudahan penyalaan bahan bakar dalam silinder. CN tinggi berarti ignition delay pendek, menghasilkan tekanan pembakaran yang lebih halus.
2. Nilai Kalor (Heating Value): Jumlah energi panas yang dapat dilepaskan. Nilai kalor per massa (LHV dalam MJ/kg) dan per volume (LHV x ρ dalam MJ/l) sangat penting. Biodiesel umumnya memiliki LHV massa yang lebih rendah (10-12%) dibanding solar fosil.

Rumus Energi Input: $Q_{in} = m_f \cdot LHV$ (m_f : massa bahan bakar, LHV: Lower Heating Value)

3. Viskositas: Ketahanan aliran fluida. Viskositas tinggi pada biodiesel dapat mempengaruhi ukuran droplet hasil injeksi dan pencampuran udara-bahan bakar, serta mempengaruhi pelumasan premix.
4. Densitas: Massa per satuan volume. Densitas mempengaruhi pengiriman energi per siklus berdasarkan volume yang diinjeksikan.

$m_f = V_{inj} \cdot \rho$ (V_{inj} : Volume injeksi, ρ : densitas bahan bakar)

2.2 Parameter Unjuk Kerja Motor Diesel

Bab ini secara operasional parameter unjuk kerja yang diukur, berikut turunan rumus dan hubungan antar parameter. (Wijaya, 2021)

1. Torsi (T): Momen puntir efektif pada poros engkol, diukur langsung dengan dinamometer.

$$T = \frac{P \times 60 \times 100}{2\pi \times rpm} \quad (2.1)$$

Dimana :

T : Torsi Benda Berputar (N.m)

P : Daya Generator (Watt)

Rpm : Kecepatan Putaran Motor

Dengan 60 didapat melalui konversi 1 menit = 60 detik, dan 1000 didapatkan melalui konversi 1kw = 1000 watt.

2. Daya (P) : Laju usaha yang dihasilkan, merupakan fungsi torsi dan kecepatan putar.

$$P = \frac{2\pi \times N \times T}{60,000} \quad (2.2)$$

P = Putaran Mesin (kW)

N = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC): Efisiensi pemanfaatan bahan bakar. Parameter kunci untuk analisis ekonomi operasional.

$$FCR = \frac{V \times \rho}{t} \quad (2.3)$$

Dimana :

FCR : Laju bahan bakar (gr/h)

V : Volume bahan bakar (m^3)

ρ : Masa jenis bahan bakar (gr/m^3)

t : Waktu yang diperlukan menghabiskan bahan bakar (detik)

$$bsfc = \frac{FCR}{p}$$

(2.4)

Dimana :

BSFC : Konsumsi spesifik bahan bakar (g/kwh)

FCR : Laju bahan bakar (gr/h)

P : Daya generator (KW)

4. Brake Mean Effective Pressure (BMEP): Proses pembakaran campuran udara-bahan bakar menghasilkan tekanan yang bekerja pada piston sehingga melakukan langkah kerja.

$$bmep = \frac{P \times z \times 60}{A \times l \times n \times i} + \frac{N}{m^4} \quad (2.5)$$

Dimana :

- P : Daya poross mesin (Watt)
- A : Luas penampang piston (m^2)
- L : Panjang langkah piston (m)
- I : Jumlah silinder
- n : Putaran mesin diesel (rpm)
- Z : 1 (mesin 2 langkah) atau 2 (mesin 4 langkah)

2.4. Motor Diesel

Menurut (Anwar, 2020). Motor diesel adalah mesin kalor gas yang diperoleh dari proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri dan langsung digunakan untuk melakukan kerja mekanis,, yaitu menjalankan mesin tersebut dinyalakan oleh suhu tinggi gas yang dikompresi, dan bukan oleh alat berenergi lain. Tujuan diciptkan motor diesel, antara lain:

1. Meningkatkan efisien bahan bakar.
2. Menggantikan pembakaran dalam ruang bakar di mana motor bensin menggunakan busi sebagai alat pengapian dalam ruang bakar sedangkan motor diesel menggunakan nozzle sebagai alat pembakaran dalam ruang bakar.
3. Menggantikan bahan bakar bensin dengan solar di mana harga solar lebih murah dari harga bensin.

2.5. Sistem Kerja Motor Diesel 2 Tak



Gambar 0.3 Detroit Diesel Alusion
(Sumber : Dokumentasi pribadi 2025)

Mesin diesel adalah mesin yang sistem pembakarannya di dalam (*internal combustion engine*) menjadi pengguna motor bakar untuk kendaraan karena keunggulan efisiensi bahan bakar. Sebagai efek dari semakin ketatnya peraturan terhadap pencemaran lingkungan hidup, mesin diesel menjadi salah satu pilihan dalam pemakaian sistem *internal-combustion engine*. Internal combustion engine ini kita temui di dalam sistem mobil, kapal, pembangkit listrik portables, bus, traktor, dan lain-lain. Salah satu keunggulan mesin disel adalah sistem pembakaran menggunakan *Compression- gnition* (pembakaran-tekanan), yang tidak memerlukan busi, disamping itu motor diesel memiliki efisiensi panas yang sangat tinggi, hemat konsumsi bahan bakar, memiliki kecepatan lebih rendah dibanding mesin bensin, getarannya sangat besar dan agak berisik, momen yang didapatkan lebih besar, sehingga motor ini umumnya digunakan pada kendaraan niaga, kendaraan penumpang dan sebagai motor penggerak lainnya. (Anwar M, 2020).

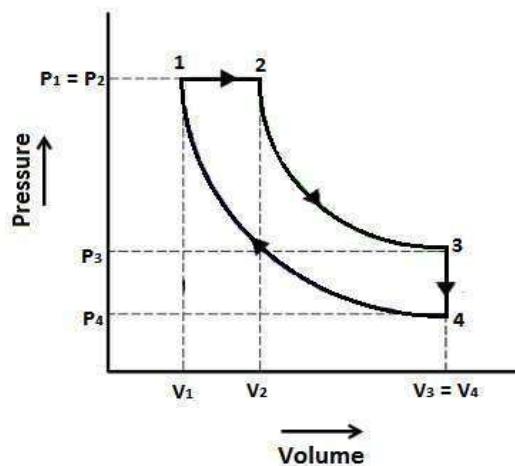
2.3 Diagram P-V Mesin Diesel 4 Langkah

Diagram P-V (*Pressure-Volume*) mesin Diesel menjelaskan proses terjadinya pembakaran yaitu saat volume konstan dan tahap pembuangan pada tekanan level konstan. Sehingga siklus Diesel disebut juga siklus volume dan tekanan tetap (Shaputra dkk., 2022) .

Diagram P-V (*Pressure-Volume*) memiliki langkah sebagai berikut :

1. Tahap 1-2 : langkah kompresi isentropis adiabatik.
2. Tahap 2-3 : langkah penginjeksian/penyemprotan bahan bakar (proses terjadinya pembakaran) pada kondisi isobaris.
3. Tahap 3-4 : langkah ekspansi isentropis adiabatik.
4. Tahap 4-1 : langkah pembakaran kalor *isochoric*, pelepasan kalor (gas buang ke udara).

Berikut merupakan gambar diagram P-V (*Pressure-Volume*) dari penjelasan di atas :



Gambar 2. 1 Diagram P-V (*Pressure-Volume*)

(Wijaya, 2021)

2.4 Motor Diesel 2 Langkah (2-Tak)

Motor diesel 2 langkah menyelesaikan satu siklus kerja (pengisian, kompresi, usaha, pembuangan) hanya dalam dua langkah piston (satu kali gerak naik dan satu kali gerak turun). Proses pembuangan dan pengisian udara segar terjadi secara bersamaan pada akhir langkah usaha melalui mekanisme port yang terbuka oleh gerakan piston. Mesin ini umumnya lebih sederhana, ringan, dan memiliki *power-to-weight ratio* yang lebih tinggi dibanding mesin 4 langkah. Namun, efisiensi termalnya cenderung lebih rendah karena adanya (proses memasukkan udara dan mengeluarkan gas buang/pembersihan silinder) *scavenging* yang tidak sempurna dan kecenderungan terjadinya *short-circuiting* (bahan bakar terbuang langsung melalui port buang). Sistem pelumasan pada mesin 2 langkah sering menggunakan metode premix, di mana oli pelumas dicampur dengan bahan bakar, sehingga kualitas bahan bakar sangat mempengaruhi tidak hanya pembakaran tetapi juga pelumasan dan keausan komponen. (Anwar M, 2020).



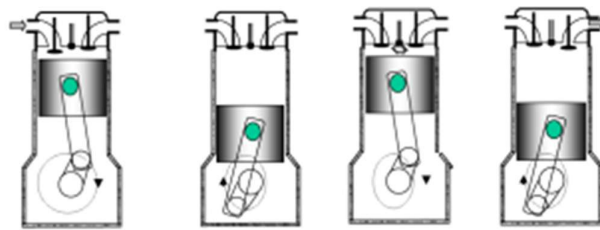
Gambar 2.1 Cara Kerja Mesin 2 Langkah

Sumber : (Anwar M, 2020)

2.5 Motor Diesel 4 Langkah (4-Tak)

Motor diesel 4 langkah memerlukan empat langkah piston (dua kali gerak naik dan dua kali gerak turun) untuk menyelesaikan satu siklus kerja, yaitu:

langkah hisap, kompresi, usaha, dan buang. Mesin ini memiliki mekanisme katup (intake dan exhaust) yang diatur oleh camshaft, sehingga proses pemasukan dan pembuangan lebih terkontrol. Efisiensi volumetrik dan termalnya umumnya lebih tinggi, serta emisi yang dihasilkan lebih rendah dibanding mesin 2 langkah. Sistem pelumasan pada mesin 4 langkah terpisah dari sistem bahan bakar, menggunakan sirkulasi oli yang dipompa secara terpisah. Mesin 4 langkah lebih banyak digunakan pada aplikasi yang memerlukan efisiensi tinggi dan operasi berkelanjutan, seperti generator listrik, kendaraan komersial, dan kapal dengan sistem propulsi besar. (Anwar M, 2020).

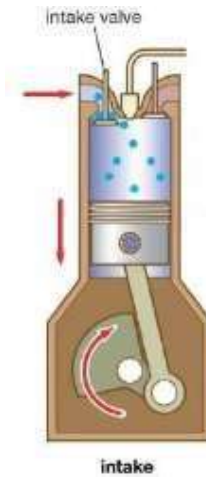


Gambar 2.2 Cara Kerja Mesin 4 Langkah

Sumber : (Anwar M, 2020)

1. Langkah hisap (*Intake Stroke*)

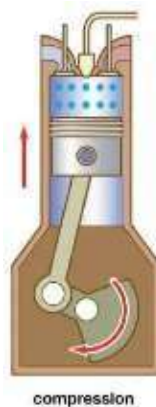
Piston bergerak ke bawah dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Menghisap udara ke dalam silinder, udara masuk melalui katup hisap menuju ruang pembakaran karena adanya gerakan piston. Proses ini terjadi terjadi pada saat katup hisap terbuka dan katup buang tertutup. Tekanan di dalam silinder menjadi vakum dan udara masuk ke dalam silinder.



Gambar 2. 3 Langkah Hisap Mesin Diesel 4 Tak
(Anwar M, 2020)

2. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

Langkah kompresi pada mesin diesel 4 langkah adalah fase kedua setelah hisap, di mana piston bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA) dengan kedua katup (hisap dan buang) tertutup rapat, sehingga udara murni di dalam silinder terkompresi sangat kuat hingga suhu dan tekanannya melonjak drastis (bisa $>500^{\circ}\text{C}$) untuk mempersiapkan pembakaran solar yang disemprotkan di akhir langkah ini.



Gambar 2. 4 Langkah Kompresi Mesin Diesel 4 TAK
(Anwar M, 2020)

3. Langkah Usaha / Pembakaran (*Power Stroke*)

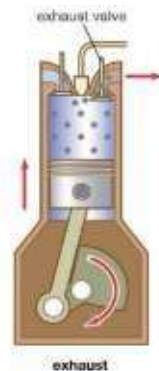
Piston bergerak ke bawah dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB). Pada kondisi ini bahan bakar solar diinjeksikan melalui injektor kedalam ruang silinder, karena dalam ruang silinder tersebut piston telah mencapai TMA dan udara telah mengalami peningkatan suhu melebihi titik bakar solar, hasilnya terjadilah pembakaran yang menghasilkan daya ekspansi. Daya ekspansi inilah yang membuat piston bergerak kebawah hingga TMB.



Gambar 2. 5 Langkah Usaha Mesin Diesel 4 Tak
(Anwar M, 2020)

4. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*)

Piston bergerak naik menuju titik mati atas (TMA) setelah terkena daya ekspansi pembakaran, pada langkah ini *exhaust valve* terbuka sehingga gerakan naik piston membuat gas sisa pembakaran keluar melalui katup buang (*exhaust valve*). Pada saat piston telah sampai TMA diakhir langkah pembuangan gas, inilah yang disebut sebagai satu siklus mesin 4 tak yang terdiri dari 4 langkah, setiap langkahnya membutuhkan setengah putaran engkol, bergerak ke bawah dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB).



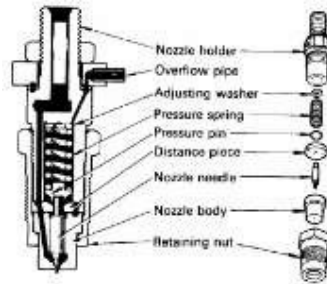
Gambar 2. 6 Langkah Buang Mesin Diesel 4 Tak
(Anwar M, 2020)

2.6 Injektor

Injektor merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran dalam bentuk kabut dengan bantuan pompa tekanan tinggi yang disebut bosh pump, bosh pump ini yang akan menekan bahan bakar ke dalam injektor dengan tekanan tinggi, sehingga bahan bakar terdesak dan keluar melalui lubang injektor yang berukuran kecil sehingga keluar dalam bentuk kabut. Pengabutan yang baik akan menghasilkan proses pembakaran yang baik pula, tetapi jika proses pengabutan injektor tidak baik, maka proses pembakaran berlangsung secara tidak baik pula (Hs, t.t.). Cara kerja injektor yaitu sebagai berikut :

1. Dimulai dari pompa injeksi mengalirkan bahan bakar bertekanan tinggi melalui nozzle holder menuju ke oil pool pada bagian bawah nozzle body.
2. Saat tekanan cairan bahan bakar pada oil pool meningkat, maka akan menekan permukaan ujung dari needle.
3. Tekanan cairan bahan bakar yang melebihi kekuatan pegas, mengakibatkan nozzle needle terdorong ke atas dan menyebabkan nozzle needle terlepas dari nozzle body, hal tersebut menyebabkan nozzle menyemprotkan cairan bahan bakar ke dalam ruang bakar.

4. Pada saat pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, maka tekanan menurun dan tekanan pegas mengembalikan kondisi nozzle needle ke posisi semula.
5. Saat needle tertekan, nozzle body seat akan menutup saluran bahan bakar, sehingga proses penyemprotan bahan bakar berhenti.



Gambar 2. 7 Injektor Mesin Diesel 4 Langkah
(Wijaya, 2021)

2.7 Generator

Generator adalah mesin yang mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik), atau sering disebut alternator, dan biasanya merupakan mesin listrik 3 fasa. Generator sinkron dapat berupa 3 fasa atau 1 fasa tergantung kebutuhannya. Pada pembangkit listrik tenaga angin, generator bergerak karena kincir yang berputar oleh angin. Begitu pula pada pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi gerak air. Pada pembangkit listrik lainnya, gerak dari generator menimbulkan GGL (garis gaya listrik) dengan satuan volt melalui pembakaran bahan bakar oleh mesin diesel yang dihubungkan dengan generator. Terdapat dua jenis generator :

1. Generator AC (Alternating Current) : Menghasilkan tegangan bolak balik (AC).
2. Generator DC (Direct Current) : Menghasilkan tegangan searah (DC), dengan sistem penyearah menggunakan komutator atau dioda.

Kecepatan putar generator induksi mempengaruhi tegangan dan frekuensi keluaran : semakin tinggi kecepatan putar, semakin tinggi tegangan dan frekuensi, begitu juga sebaliknya. Kinerja generator induksi sangat dipengaruhi oleh beban; perubahan beban menyebabkan tegangan dan frekuensi tidak stabil. Kecepatan dan kapasitansi berperan sebagai kombinasi parameter untuk SEIG dalam menghasilkan regulasi tegangan, frekuensi, dan beban yang optimal (Shaputra, dkk, 2022).

“halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan Pendekatan Penleितain

Penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pendekatan kuantitatif.

Penelitian dilakukan di dalam laboratorium dengan menguji secara langsung objek penelitian (motor diesel) di bawah kondisi yang dikendalikan, di mana mesin diuji dengan dua bahan bakar berbeda (Biosolar dan Dex Lite) setelah melalui kondisi pemanasan dan stabilisasi yang sama. Data unjuk kerja yang dihasilkan dari setiap perlakuan kemudian diukur, dibandingkan, dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh jenis bahan bakar.

3.2. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini, variabel – variabel yang diperlukan yaitu :

1. Kecepatan putaran motor diesel (RPM)
2. Beban (Beban Internal dan Eksternal)
3. Daya (kW)
4. Konsumsi bahan bakar (ml)

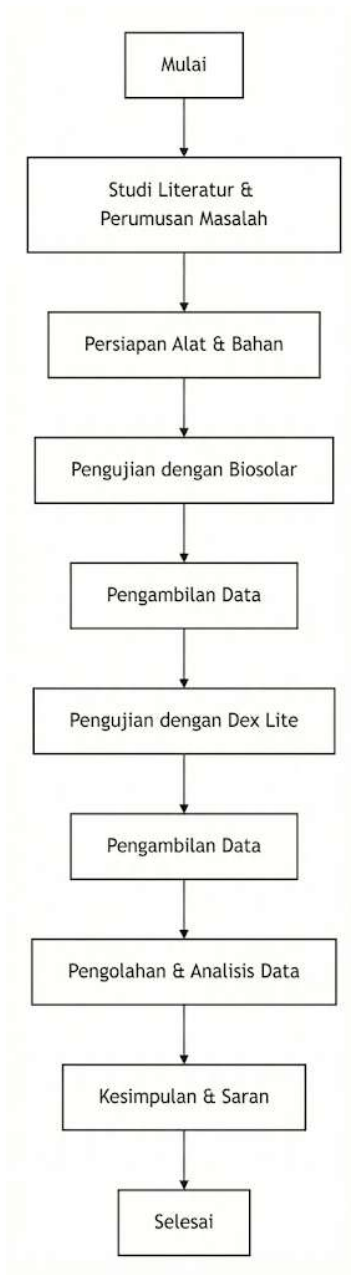
3.3. Parameter Keberhasilan

Pada penelitian ini, parameter keberhasilan ditunjukkan oleh :

1. Daya (kW)
2. Torsi (N.m)
3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)
4. Efisiensi termal (%)
5. Tekanan efektif rata-rata (bar)

Penelitian ini dinyatakan berhasil apabila penggunaan bahan bakar campuran mampu menghasilkan unjuk kerja mesin yang lebih optimal, ditunjukkan oleh peningkatan daya dan torsi, penurunan konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar standar pada kondisi beban simulator yang sama.

3.4. Diagram Alir



3.5. Langkah-langkah Pengerjaan Tugas Akhir

Langkah-Langkah pada pengerjaan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa langkah yang selanjutnya dijelaskan sebagai berikut.

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

1. *Engine set up*

Menurut Haryono et al. (2017) *Engine set up* dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor diesel. Pada langkah ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja mula-mula motor diesel. Pada tahap ini digunakan sebuah motor diesel 2 langkah dengan 4 silinder. Motor diesel *dicouple* dengan generator.

2. Pra-eksperimen

Pra-eksperimen dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar konvensional yaitu Dexlite murni. Sehingga diharapkan data yang dihasilkan dari percobaan ini dapat digunakan sebagai data pembanding dengan data yang dihasilkan pada tahapan eksperimen.

3. Eksperimen

Setelah melakukan pra-eksperimen, dilakukanlah eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja motor diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran biosolar dengan Dexlite sebagai bahan bakar. Pada tahap ini percobaan dilakukan dengan melakukan pencampuran biosolar dengan Dexlite dengan variasi persentase Dexlite yang berbeda-beda untuk selanjutnya masuk ke tangki bahan bakar.

Dilakukan uji coba pengoperasian motor diesel dengan membuat variasi bahan bakar yaitu campuran biosolar dan Dexlite dengan persentase Dexlite 10%, 50%, dan 90%. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor diesel dengan menggunakan Biosolar dan Dexlite sebagai bahan bakar. Pengujian pada motor diesel dilakukan dengan variasi variabel *speed* (600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm) pada *internal load* (*Ballast*, *Half Load*, dan *Full Load*) dan pada *external load* (*Sea Wave* dan *Wind Force*). Variasi variabel *speed* pada *constand load* bertujuan untuk mengetahui perubahan unjuk kerja motor diesel yang menggunakan bahan bakar biosolar dan Dexlite tersebut pada kondisi beberapa variasi putaran dan pada kondisi beban konstan.

4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data hasil pengujian dianalisis dan dikasi sesuai dengan rumusan masalah penelitian. Data diperoleh dari

ekperimen yang dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1.

RPM	Beban Internal	Beban Eksternal (Wind Force)	Beban Eksternal (Sea Wave)	I (A)	V (V)	Daya Generator (W)	Waktu (s)	Volume Bahan Bakar (mL)
600	Ballast	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
700	Ballast	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
800	Ballast	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
900	Ballast	Astern						
		Beam						

		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						

Tabel 3.1 Data Hasil Percobaan

5. Analisa Data

Pada tahap ini akan dilakukan analisa terhadap data hasil dari pengujian. Data tersebut diolah dan dilakukan perhitungan sehingga diperoleh hasil yang disajikan dalam Tabel 3.2

RPM	Beban Internal	Beban Eksternal (Wind Force)	Beban Eksternal (Sea Wave)	Daya Generator (kW)	SFC (kg/kWh)	Torsi (Nm)	BMEP (bar)	Ef. Termal (%)
600	Ballast	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
700	Ballast	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
800	Ballast	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
900	Ballast	Astern						

		Beam						
		Bow						
	Half Load	Astern						
		Beam						
		Bow						
	Full Load	Astern						
		Beam						
		Bow						

Tabel 3.2 Data Hasil Perhitungan

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta pemberian saran.

3.6. Spesifikasi Motor Diesel

Dalam pengambilan data pada penelitian ini, motor diesel yang diuji unjuk kerjanya adalah *Two Stroke Diesel Engine* yang terdapat di Laboratorium Reparasi Mesin–Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Adapun spesifikasinya ditunjukkan pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Spesifikasi Motor Diesel dan Generator

SPECIFICATION ENGINE	
<i>Model</i>	<i>Detroit Diesel</i>
<i>Model</i>	<i>Series 71 – 4-71N</i>
<i>Type</i>	<i>2 Cycle</i>
<i>Continuous Power</i>	<i>153 HP (114 kW) @ 1800 rpm</i>
<i>Firing Order RH Rotation (Putaran Kanan)</i>	1-3-4-2
<i>Firing Order RH Rotation (Putaran Kiri)</i>	1-2-4-3
<i>Number of Cylinder</i>	4 Silinder
<i>Bore/Stroke</i>	108/127 mm
<i>Ratio Gearbox</i>	1:95
GENERATOR	
<i>Type</i>	ATS 225 MA 4P
<i>Serial Number</i>	0688
<i>Rating</i>	Continuous
<i>Voltage</i>	440 Volt
<i>Current</i>	68,2 A
<i>Number of Phase</i>	1 Phase
<i>Cycle</i>	60 Hz
<i>Speed</i>	1800 rpm
<i>Cos θ</i>	0,85

“halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4. 1 Pengambilan dan Penyajian Data

4.1.1 Prosedur Pengambilan Data

Berikut merupakan prosedur pengambilan data yang dilakukan pada mesin:

1. Siapkan alat pengukur putaran mesin yaitu *Tachometer* yang biasanya dinyatakan dalam satuan RPM (*Revolutions Per Minute*) atau putaran per menit dan siapkan alat yang digunakan untuk menakar volume bahan bakar yaitu menggunakan gelas takar.



Gambar 4.2 Gelas
Takar



Gambar 4.1
Tachometer

2. Lakukan persiapan sebelum memulai praktikum (*Engine Set Up*) yaitu menyalakan *ventilation fan* dan mengaktifkan suplai listrik ke panel kontrol mesin.



Gambar 4.4 Panel Kontrol
Mesin



Gambar 4.3 Ventilation
fan

3. Setelah dilakukan *Engine Set Up* berikutnya dilakukan *pra-experimen (baseline test)* menggunakan bahan bakar Dexlite 100% sebagai acuan awal pengujian. Pengujian diawali dengan mengisi tangki bahan bakar menggunakan Dexlite murni, kemudian dilakukan pengoperasian mesin untuk memperoleh data dasar (*baseline*) yang digunakan sebagai pembandingan terhadap hasil pengujian pada variasi campuran bahan bakar BD10, BD50, dan BD90.



Gambar 4.5 Mengisi tangki bahan bakar

4. Setelah bahan bakar dimasukkan ke dalam tangki bahan bakar, kemudian mesin dihidupkan (*Start Engine*). Selanjutnya, mesin dioperasikan selama ± 10 menit sebelum pengambilan data pada *indicator panel* dilakukan. Hal ini bertujuan agar temperatur kerja dan kondisi operasi mesin mencapai keadaan stabil sehingga data yang diperoleh lebih akurat.
5. Selanjutnya, dilakukan pencatatan nilai tegangan (*voltage*), arus listrik (*current*), dan waktu yang diperlukan mesin untuk mengonsumsi setiap 100 mL bahan bakar untuk tiap satu kali uji pembebanan. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam perhitungan daya, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), efisiensi termal, dan parameter unjuk kerja lainnya.



Gambar 4.7 Indikator



Gambar 4.6 Indikator

6. Setelah dilakukan *Baseline Test* kemudian bisa dilakukan pengambilan data menggunakan variasi bahan bakar BD10 (Biosolar 10% dan Dexlite 90%), BD50 (Biosolar 50% dan Dexlite 50%), dan BD90 (Biosolar 90% dan Dexlite 10%) serta memasukkan variasi beban internal (*Ballast*, *Half Load*, dan *Full Load*) dan beban eksternal (*Sea Wave* dan *Wind Force*).



Gambar 4.8 Panel kontrol beban



Gambar 4.9 Mengukur putaran

4.1.2 Data Hasil Percobaan

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan unjuk kerja motor diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran dari biosolar dan diesel. Dalam percobaan ini dibuat 3 variasi campuran bahan bakar. Konsentrasi campuran bahan bakar pertama dengan presentase Dexlite 90% dan biosolar 10% atau disebut BD10, sedangkan untuk konsentrasi bahan bakar kedua adalah Dexlite 50% dan biosolar 50% atau disebut BD50, dan untuk konsentrasi bahan bakar ketiga adalah Dexlite 10% dan biosolar 90% atau disebut BD90. Dari konsentrasi tersebut dibuat pula variasi beban internal yaitu *Ballast (B)*, *Half Load (HL)*, dan *Full Load (FL)*, serta variasi beban eksternal yaitu *Wind Force* dan *Sea Wave*. Sedangkan variasi rpmnya berada pada titik 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm. Dari percobaan tersebut didapat data hasil percobaan data hasil perhitungan seperti pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data hasil percobaan percobaan pada Dexlite murni 100% dengan beban internal dan beban eksternal Sea Wave

Rpm Engine	Load	Alternator			Fuel Volume (mL)			Time	Densitas (kg/m ³)	Mass Fuel (kg)	Effisiensi Slip	Power		FCR (Kg/h)	Calor Value (kJ/s)	SFC (g/kWh)	Torque (Nm)	BMEP (bar)	LHV (kJ/kg)	Eff. Thermal (%)
		Voltage	Amper e	Gn (%)	Dexlite	%	Total	s	Dexlite	Dexlite		kW	HP	Dexlite					Dexlite	
600	B	125	30	0.85	100	100%	100	120.8	870	0.870	0.95	4.180	5.605	2.593	33.89	620.33	66.52	1.941	47,054	12.33%
600	HL	138	48	0.85	100	100%	100	105.0	870	0.870	0.95	7.383	9.900	2.983	38.99	404.03	117.51	3.428	47,054	18.94%
600	FL	155	42	0.85	100	100%	100	95.3	870	0.870	0.95	7.256	9.730	3.286	42.96	452.95	115.49	3.369	47,054	16.89%
600	N	169	45	0.85	100	100%	100	79.4	870	0.870	0.95	8.476	11.367	3.945	51.56	465.37	134.91	3.936	47,054	16.44%
700	B	150	40	0.85	100	100%	100	106.5	870	0.870	0.95	6.687	8.968	2.941	38.44	439.77	91.23	2.662	47,054	17.40%
700	HL	170	50	0.85	100	100%	100	89.0	870	0.870	0.95	9.474	12.704	3.519	46.00	371.46	129.25	3.771	47,054	20.60%
700	FL	180	50	0.85	100	100%	100	75.9	870	0.870	0.95	10.031	13.452	4.126	53.94	411.37	136.85	3.993	47,054	18.60%
700	N	185	56	0.85	100	100%	100	67.9	870	0.870	0.95	11.547	15.484	4.613	60.29	399.48	157.53	4.596	47,054	19.15%
800	B	165	48	0.85	100	100%	100	83.9	870	0.870	0.95	8.827	11.837	3.733	48.79	422.90	105.38	3.074	47,054	18.09%
800	HL	188	58	0.85	100	100%	100	71.7	870	0.870	0.95	12.153	16.297	4.368	57.10	359.43	145.08	4.233	47,054	21.29%
800	FL	188	56	0.85	100	100%	100	71.2	870	0.870	0.95	11.734	15.735	4.399	57.50	374.88	140.07	4.087	47,054	20.41%
800	N	218	65	0.85	100	100%	100	53.4	870	0.870	0.95	15.793	21.179	5.865	76.66	371.37	188.53	5.501	47,054	20.60%
900	B	180	58	0.85	100	100%	100	71.2	870	0.870	0.95	11.636	15.604	4.399	57.50	378.04	123.47	3.602	47,054	20.24%
900	HL	210	62	0.85	100	100%	100	59.0	870	0.870	0.95	14.511	19.460	5.308	69.39	365.81	153.98	4.493	47,054	20.91%
900	FL	225	70	0.85	100	100%	100	42.3	870	0.870	0.95	17.554	23.540	7.404	96.78	421.79	186.27	5.435	47,054	18.14%
900	N	234	76	0.85	100	100%	100	44.5	870	0.870	0.95	19.821	26.580	7.038	91.99	355.08	210.32	6.136	47,054	21.55%

Sebelum dilakukan pengujian pada variasi campuran Biosolar dan Dexlite, mesin diesel terlebih dahulu diuji menggunakan 100% Dexlite sebagai kondisi *baseline* atau kondisi acuan. Pengujian *baseline* bertujuan untuk memperoleh karakteristik awal mesin sehingga perubahan performa yang terjadi pada penggunaan bahan bakar campuran dapat dibandingkan secara objektif terhadap kondisi standar mesin. Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa pada penggunaan Dexlite murni, seluruh parameter unjuk kerja mesin menunjukkan kecenderungan yang normal terhadap perubahan putaran mesin dan pembebanan. Hal ini mengindikasikan bahwa mesin berada dalam kondisi operasi yang stabil sehingga layak digunakan sebagai acuan dalam penelitian.

Berdasarkan Tabel 4.1, pengujian menggunakan 100% Dexlite pada kondisi *Sea Wave* digunakan sebagai *baseline* untuk mengetahui karakteristik awal unjuk kerja mesin sebelum dilakukan pengujian menggunakan campuran Biosolar-Dexlite. Secara umum, peningkatan putaran mesin dari 600 rpm hingga 900 rpm dan pembebanan dari *Ballast* (25%) menuju *Full Load* (85%) menyebabkan daya, torsi, efisiensi termal mengalami peningkatan sedangkan nilai *Specific Fuel*

Consumption (SFC) cenderung menurun. Pola tersebut menunjukkan bahwa mesin bekerja secara normal dan stabil, di mana peningkatan pembebanan direspons dengan peningkatan tekanan pembakaran sehingga menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar serta konsumsi bahan bakar yang semakin efisien.

Rpm Engine	Load	Alternator			Fuel Volume (mL)			Time s	Densitas (kg/m3)	Mass Fuel (kg)	Effisiensi Slip	Power		FCR (Kg/h)	Cal or Value (kJ/s)	SFC (g/kWh)	Torque (Nm)	BMEP (bar)	LHV (kJ/kg)	Eff. Thermal (%)
		Voltage	Amper e	G _n (%)	Dexlite	%	Total					kW	HP							
600	B	120	35	0.85	100	100%	100	134.9	870	0.870	0.95	4.681	6.277	2.322	30.35	495.98	74.51	2.174	47,054	15.43%
600	HL	140	30	0.85	100	100%	100	104.8	870	0.870	0.95	4.681	6.277	2.989	39.06	638.43	74.51	2.174	47,054	11.98%
600	FL	159	41	0.85	100	100%	100	92.6	870	0.870	0.95	7.266	9.743	3.382	44.21	465.51	115.65	3.374	47,054	16.44%
600	N	170	47	0.85	100	100%	100	73.5	870	0.870	0.95	8.905	11.942	4.261	55.70	478.51	141.74	4.135	47,054	15.99%
700	B	140	40	0.85	100	100%	100	120.0	870	0.870	0.95	6.241	8.370	2.610	34.11	418.17	85.15	2.484	47,054	18.30%
700	HL	160	48	0.85	100	100%	100	89.1	870	0.870	0.95	8.560	11.479	3.515	45.95	410.66	116.78	3.407	47,054	18.63%
700	FL	180	55	0.85	100	100%	100	77.1	870	0.870	0.95	11.034	14.797	4.062	53.10	368.16	150.54	4.392	47,054	20.78%
700	N	192	56	0.85	100	100%	100	66.9	870	0.870	0.95	11.984	16.070	4.682	61.19	390.67	163.49	4.770	47,054	19.58%
800	B	168	48	0.85	100	100%	100	98.8	870	0.870	0.95	8.988	12.053	3.170	41.43	352.71	107.29	3.130	47,054	21.69%
800	HL	185	58	0.85	100	100%	100	62.2	870	0.870	0.95	11.959	16.037	5.035	65.82	421.05	142.76	4.165	47,054	18.17%
800	FL	210	65	0.85	100	100%	100	61.1	870	0.870	0.95	15.214	20.401	5.126	67.00	336.94	181.61	5.299	47,054	22.71%
800	N	220	68	0.85	100	100%	100	55.5	870	0.870	0.95	16.674	22.359	5.643	73.76	338.45	199.04	5.807	47,054	22.61%
900	B	180	50	0.85	100	100%	100	70.4	870	0.870	0.95	10.031	13.452	4.449	58.15	443.51	106.44	3.105	47,054	17.25%
900	HL	210	62	0.85	100	100%	100	58.1	870	0.870	0.95	14.511	19.460	5.391	70.46	371.48	153.98	4.493	47,054	20.60%
900	FL	228	70	0.85	100	100%	100	51.5	870	0.870	0.95	17.788	23.854	6.082	79.49	341.89	188.75	5.507	47,054	22.38%
900	N	235	75	0.85	100	100%	100	47.2	870	0.870	0.95	19.644	26.343	6.636	86.73	337.79	208.44	6.082	47,054	22.65%

Tabel 4.2 Data hasil percobaan percobaan pada Dexlite murni 100% dengan beban internal dan beban eksternal *Wind Force*

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil pengujian menggunakan 100% Dexlite pada kondisi *Wind Force* juga menunjukkan karakteristik yang serupa dengan kondisi *Sea Wave*, sehingga dapat dijadikan sebagai *baseline* pembanding untuk variasi campuran bahan bakar. Seiring meningkatnya putaran mesin dan pembebanan, nilai daya, torsi, efisiensi termal, dan BMEP meningkat, sedangkan nilai SFC mengalami penurunan. Meskipun terdapat sedikit perbedaan nilai akibat pengaruh beban eksternal (*Wind Force*), data yang dihasilkan tetap konsisten dan menunjukkan bahwa mesin berada pada kondisi operasi yang stabil, sehingga perubahan performa pada campuran BD10, BD50, dan BD90 selanjutnya dapat dievaluasi berdasarkan kondisi dasar (*baseline*) ini.

Tabel 4.3 Data hasil percobaan pada variasi RPM dan variasi bahan bakar dengan beban internal dan beban eksternal Sea Wave.

Rpm Engine	Ext. Load	Load	% Load	Fuel Volume (mL)					Power		SFC (g/kWh)	Torque (Nm)	Eff. Thermal (%)	LHV MIX (MJ/kg)
				Dexlite	%	Biosolar	%	Total	kW	HP				
600	SEA WAVE	B	25%	90	90%	10	10%	100	4,2799	8,108	489,32	82,49	23,27%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	4,8762	12,196	326,55	124,08	23,94%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	6,2415	13,568	373,36	138,04	20,94%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	5,940	7,966	424,24	81,04	19,06%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	9,208	12,348	342,08	125,63	23,63%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	11,084	14,864	346,57	151,22	23,33%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	5,940	7,966	422,99	81,04	19,79%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	9,208	12,348	341,54	125,63	24,51%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	11,084	14,864	347,34	151,22	24,10%	43,011
700	SEA WAVE	B	25%	90	90%	10	10%	100	7,727	10,362	318,64	92,24	24,54%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	12,690	17,017	320,02	151,49	24,43%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	14,684	19,692	324,89	175,29	24,07%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	7,011	9,401	410,72	83,69	19,69%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	10,658	14,292	378,43	127,23	21,36%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	13,737	18,421	372,86	163,98	21,68%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	7,555	10,132	368,92	90,19	22,69%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	10,961	14,699	357,77	130,85	23,39%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	13,358	17,913	366,29	159,46	22,85%	43,011
800	SEA WAVE	B	25%	90	90%	10	10%	100	7,674	10,290	390,72	81,43	20,01%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	16,562	22,210	290,70	175,75	26,90%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	17,242	23,122	348,12	182,96	22,46%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	6,707	8,995	551,86	71,17	14,65%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	11,527	15,458	394,33	122,32	20,50%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	16,105	21,597	416,15	170,89	19,43%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	9,038	12,120	481,72	95,90	17,38%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	15,000	20,116	335,00	159,17	24,99%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	19,014	25,497	302,80	201,76	27,64%	43,011
900	SEA WAVE	B	25%	90	90%	10	10%	100	7,674	10,290	390,72	81,43	20,01%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	16,562	22,210	290,70	175,75	26,90%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	17,242	23,122	348,12	182,96	22,46%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	6,707	8,995	551,86	71,17	14,65%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	11,527	15,458	394,33	122,32	20,50%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	16,105	21,597	416,15	170,89	19,43%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	9,038	12,120	481,72	95,90	17,38%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	15,000	20,116	335,00	159,17	24,99%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	19,014	25,497	302,80	201,76	27,64%	43,011

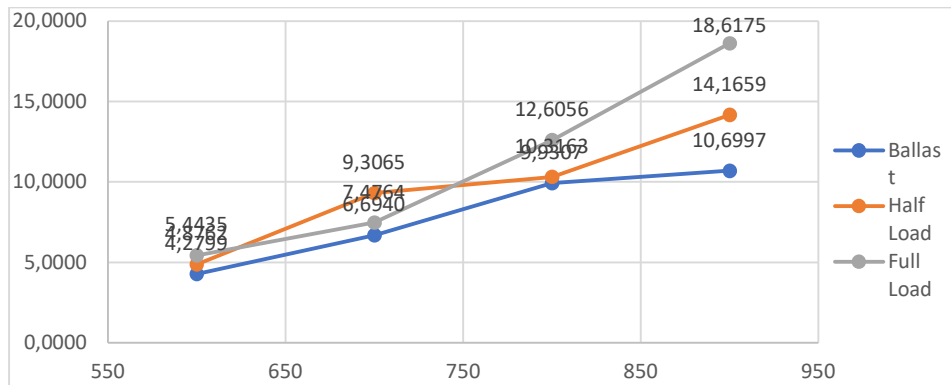
Tabel 4.4 Data hasil percobaan pada RPM 600, 700, 800, dan 900 dengan campuran bahan bakar BD10, BD50, dan BD90 dengan beban internal dan beban eksternal Wind Force.

Rpm Engine	Ext. Load	Load	% Load	Fuel Volume (mL)					Power		SFC (g/kWh)	Torque (Nm)	Eff. Thermal (%)	LHV MIX (MJ/kg)
				Dexlite	%	Biosolar	%	Total	kW	HP				
600	WIND FORCE	B	25%	90	90%	10	10%	100	4,2415	8,108	489,32	82,49	23,27%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	6,2415	12,196	326,55	124,08	23,94%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	7,2415	13,568	373,36	138,04	20,94%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	7,940	7,966	424,24	81,04	19,06%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	9,208	12,348	342,08	125,63	23,63%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	11,084	14,864	346,57	151,22	23,33%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	8,940	7,966	422,99	81,04	19,79%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	9,208	12,348	341,54	125,63	24,51%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	11,084	14,864	347,34	151,22	24,10%	43,011
700	WIND FORCE	B	25%	90	90%	10	10%	100	7,727	10,362	318,64	92,24	24,54%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	12,680	17,017	320,02	151,49	24,43%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	14,684	19,692	324,89	175,29	24,07%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	7,011	9,401	410,72	83,69	19,69%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	10,658	14,292	378,43	127,23	21,36%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	13,737	18,421	372,86	163,98	21,68%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	7,555	10,132	368,92	90,19	22,69%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	10,961	14,699	357,77	130,85	23,39%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	13,358	17,913	366,29	159,46	22,85%	43,011
800	WIND FORCE	B	25%	90	90%	10	10%	100	7,674	10,290	390,72	81,43	20,01%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	16,562	22,210	290,70	175,75	26,90%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	17,242	23,122	348,12	182,96	22,46%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	6,707	8,995	551,86	71,17	14,65%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	11,527	15,458	394,33	122,32	20,50%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	16,105	21,597	416,15	170,89	19,43%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	9,038	12,120	481,72	95,90	17,38%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	15,000	20,116	335,00	159,17	24,99%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	19,014	25,497	302,80	201,76	27,64%	43,011
900	WIND FORCE	B	25%	90	90%	10	10%	100	7,674	10,290	390,72	81,43	20,01%	46,043
		HL	50%	90	90%	10	10%	100	16,562	22,210	290,70	175,75	26,90%	46,043
		FL	85%	90	90%	10	10%	100	17,242	23,122	348,12	182,96	22,46%	46,043
		B	25%	50	50%	50	50%	100	6,707	8,995	551,86	71,17	14,65%	44,527
		HL	50%	50	50%	50	50%	100	11,527	15,458	394,33	122,32	20,50%	44,527
		FL	85%	50	50%	50	50%	100	16,105	21,597	416,15	170,89	19,43%	44,527
		B	25%	10	10%	90	90%	100	9,038	12,120	481,72	95,90	17,38%	43,011
		HL	50%	10	10%	90	90%	100	15,000	20,116	335,00	159,17	24,99%	43,011
		FL	85%	10	10%	90	90%	100	19,014	25,497	302,80	201,76	27,64%	43,011

4.2 Unjuk Kerja pada Mesin Diesel Kondisi Beban Eksternal *Sea Wave*

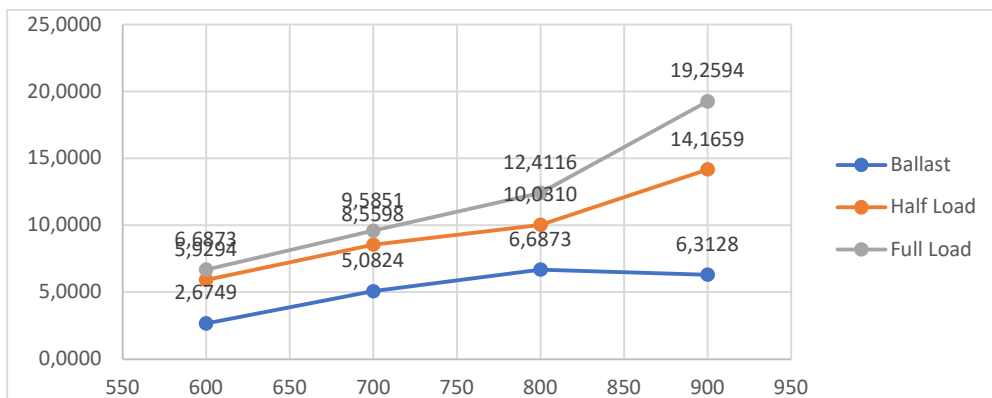
Dari data hasil percobaan dan perhitungan nilai daya yang didapat pada setiap beban dan konsentrasi bahan bakar dinterpretasikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.10 berikut.

4.2.1 Unjuk Kerja Daya pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal *Sea Wave*



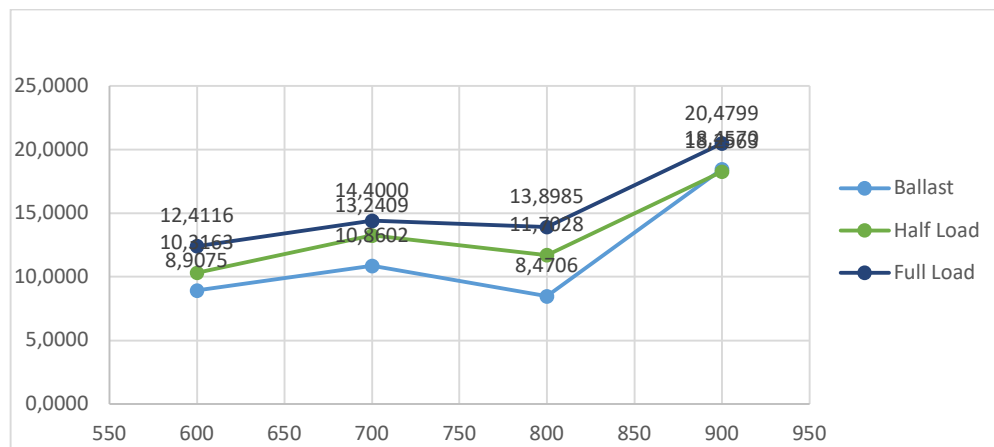
Gambar 4.10 Grafik Campuran Biosolar 10%

Berdasarkan (Gambar 4.10), pada 600 rpm terlihat bahwa daya mesin meningkat seiring dengan bertambahnya rpm. Pada campuran BD10 daya terendah sebesar 4,270 kW, sedangkan daya tertinggi pada beban Full Load sebesar 18,6175 kW.



Gambar 4.11 Grafik Campuran Biosolar 50%

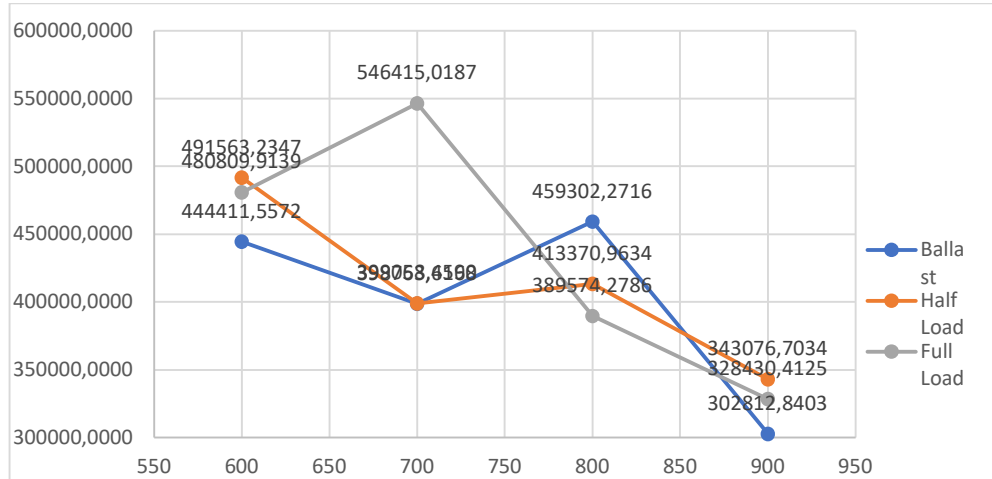
Berdasarkan (Gambar 4.11), memasuki 800 rpm mulai terlihat perbedaan performa, pada kondisi *Ballast* daya tertinggi menghasilkan angka 6,6873 kW, kondisi *Half Load* tertinggi di angka 14,1659 kW, dan kondisi *Full Load* berada di angka 19,2594 kW pada rpm 900 perbedaan performa antar bahan bakar semakin jelas. Campuran BD50 menghasilkan daya tertinggi sebesar 19,2594 kW pada kondisi *Full Load* di rpm 900.



Gambar 4.12 Grafik Campuran Biosolar 90%

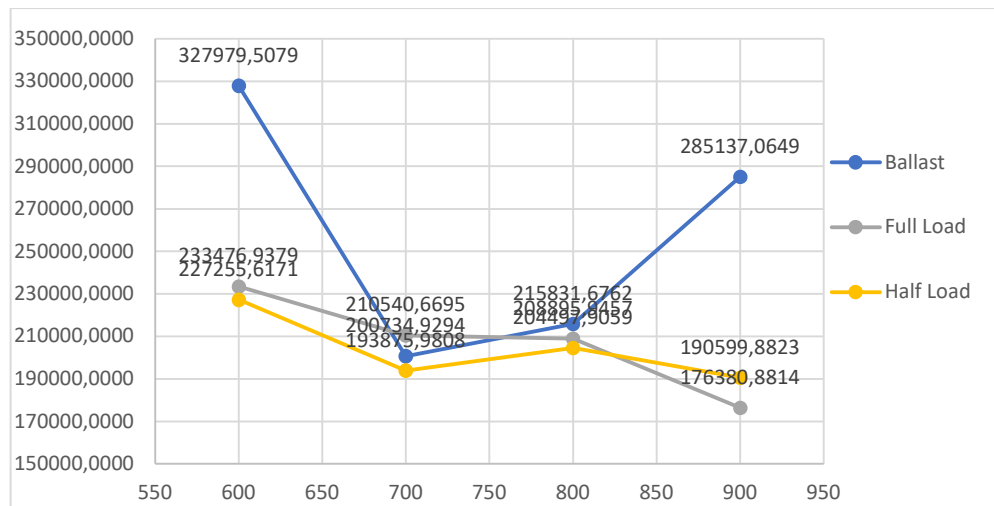
Berdasarkan (Gambar 4.12), pada penelitian ini BD90 menunjukkan performa terbaik pada putaran 900 rpm dan beban *Full Load*, dari hasil pengujian menunjukkan bahwa unjuk kerja mesin tidak hanya dipengaruhi oleh nilai kalor bahan bakar, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik pembakaran dan biosolar memiliki densitas yang umumnya lebih tinggi dibandingkan dextlite yaitu sebesar 880 kg/m^3 . Pada beban *Full Load* dapat menghasilkan energi pembakaran yang lebih besar sehingga daya meningkat.

4.2.2 Unjuk Kerja *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Beban Eksternal *Sea Wave*



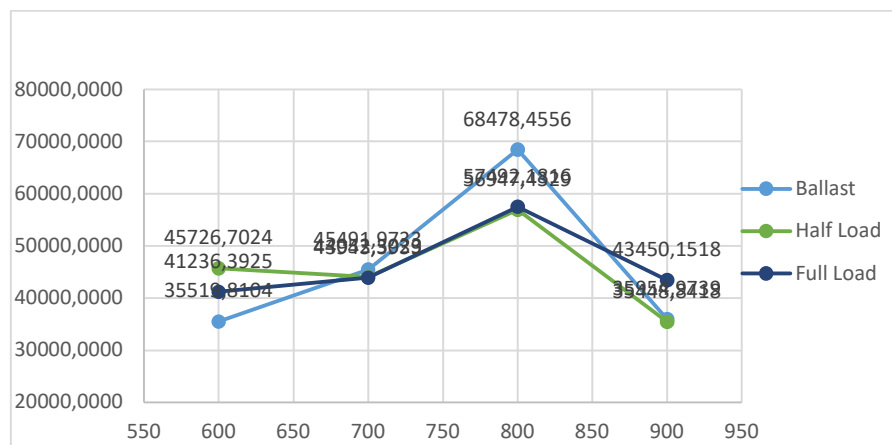
Gambar 4.13 Grafik Campuran Biosolar 10%

Berdasarkan (Gambar 4.13), pada putaran 800 rpm, di kondisi *Ballast*, terlihat bahwa secara umum nilai SFC (*Specific Fuel Consumption*) lebih naik, kemudian mengalami penurunan pada rpm 900 hingga di titik angka 302812,8 kg/kW. Pada putaran 700 rpm, pada kondisi *Full Load* SFC mengalami kenaikan yang signifikan hingga mencapai titik 546415,1 kg/kW. Hingga pada rpm 900 SFC turun pada titik angka 328430,4 kg/kW. Sehingga angka SFC pembebanan *Full Load* lebih rendah di bandingkan *Half Load*.



Gambar 4.14 Grafik Campuran Biosolar 50%

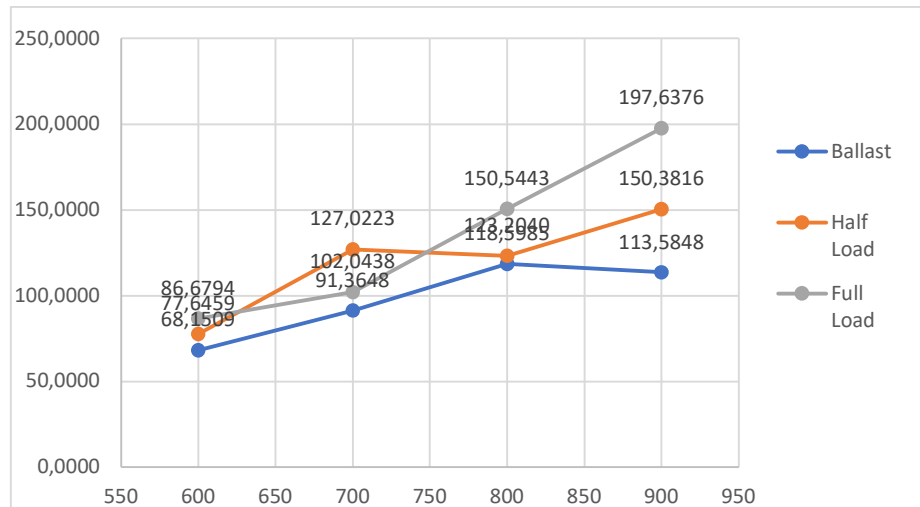
Berdasarkan (Gambar 4.14), pada 600 rpm penambahan nilai SFC hingga pada kondisi *Ballast* menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut pembakaran berlangsung tidak efektif sehingga energi hasil pembakaran sangat tidak maksimal untuk menghasilkan daya. Pada putaran 700 rpm, nilai SFC menurun drastis hingga di angka 200734 kg/kW, lalu meningkat kembali di rpm 800-900. Kemudian pembebanan *Half Load* dan *Full Load* SFC lebih optimal kurva grafiknya. Perubahan kurva grafik yang relatif tinggi pada kondisi *Ballast* pada kondisi rpm rendah menunjukkan bahwa BD50 tidak maksimal secara pembakaran tidak maksimal untuk menghasilkan daya.



Gambar 4.15 Grafik Campuran Biosolar 90%

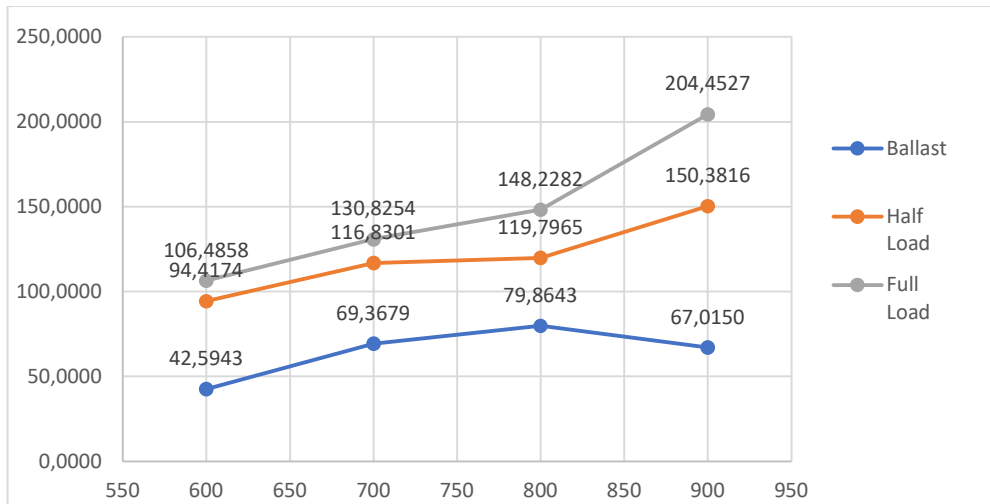
Berdasarkan (Gambar 4.15), keseluruhan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kondisi *Half Load* (50%) merupakan kondisi operasi yang menghasilkan nilai SFC terendah pada hampir seluruh variasi bahan bakar dan putaran mesin. Variasi BD90 menunjukkan efisiensi konsumsi bahan bakar terbaik dengan nilai SFC terendah sebesar 35448,8 gk/kW. pada putaran 900 rpm. Keunggulan BD10 disebabkan oleh dominasi kandungan Dexlite (90%) yang memiliki angka setana lebih tinggi, sehingga proses ignition delay menjadi lebih singkat dan pembakaran berlangsung lebih sempurna.

4.2.3 Unjuk Kerja Torsi pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Beban Eksternal Sea Wave



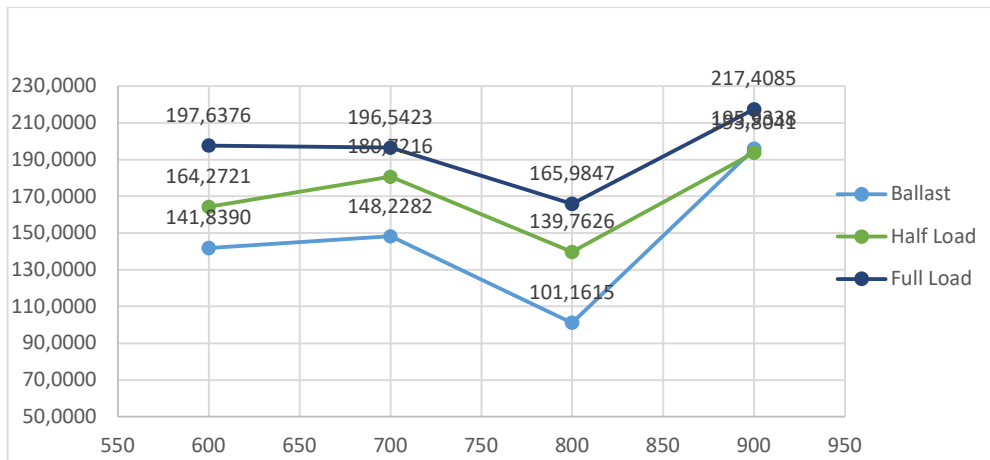
Gambar 4.16 Grafik Campuran Biosolar 10%

Berdasarkan (Gambar 4.16), grafik hubungan antara rpm dan torsi pada putaran 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, dengan kondisi pembebanan internal dan pembebanan eksternal (*Sea Wave*), terlihat bahwa secara umum nilai torsi meningkat seiring bertambahnya rpm. Tetapi pada putaran 800 rpm pada pembebanan *Half Load* mengalami penurunan hingga di titik angka 122, 2 Nm. Pada kondisi *Full Load* di rpm 700 mengalami penurunan diangka 102 Nm. Lebihrendah dibandingkan pada kondisi *Half Load*.



Gambar 4.17 Grafik Campuran Biosolar 50%

Berdasarkan (Gambar 4.17), ketika putaran mesin meningkat 900 rpm pada kondisi *Ballast* torsi mengalami penurunan hingga di titik angka 67 Nm. Pada kondisi *Full Load* lebih stabil di bandingkan pada saat kondisi *Half Load* yang mengalami sedikit penurunan di rpm 800.

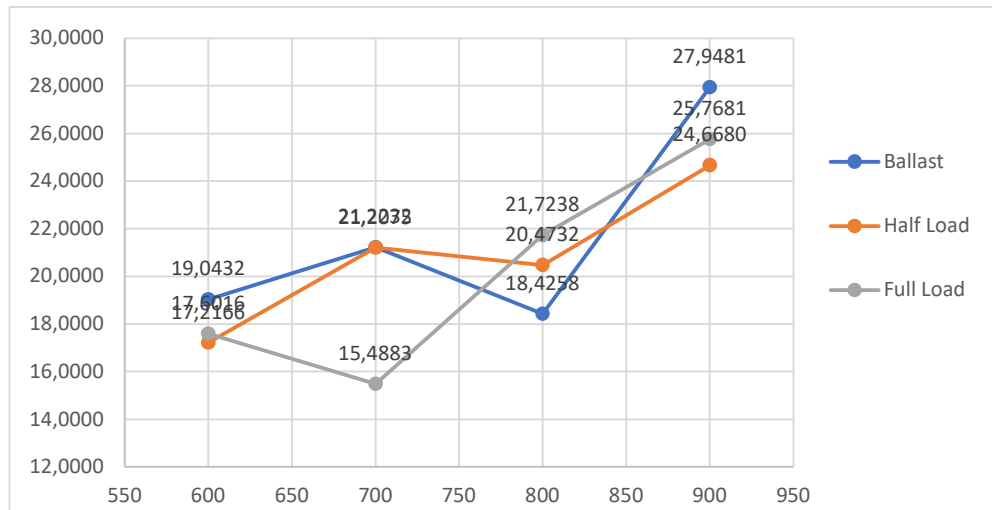


Gambar 4.18 Grafik Campuran Biosolar 90%

Berdasarkan (Gambar 4.18), pada putaran 800 rpm pada kondisi *Ballast* mengalami penurunan torsi hingga pada angka 101,1 Nm. hingga menjadikan nilai angka toris paling rendah di abndingan pembebanan yang lain pada campuran BD90. Tetapi pada rpm 900 kondisi *Ballast* lebih unggul sedikit dibandingkan

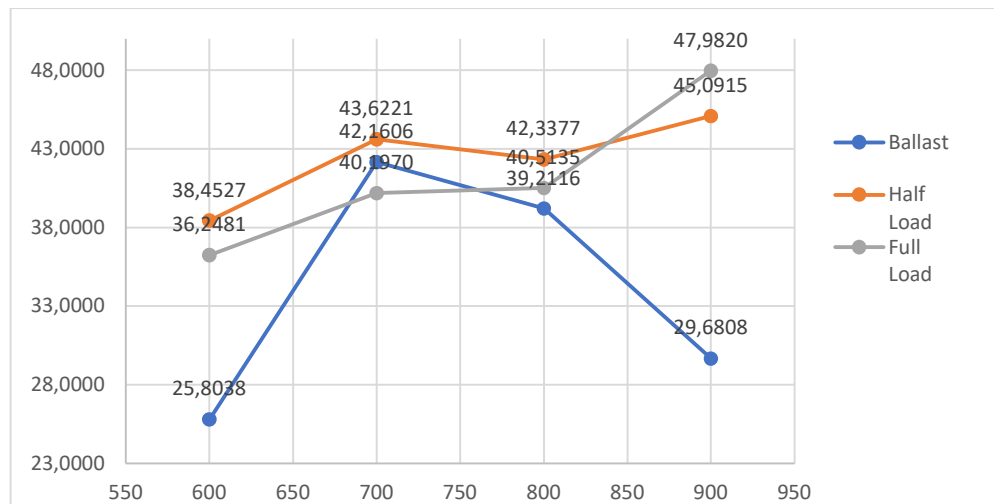
pembebanan *Half Load*. Perbedaan performa antar bahan bakar semakin jelas. Pada kondisi *Full Load*, BD90 menghasilkan torsi tertinggi sekitar 217,4 Nm.

4.2.3 Unjuk Kerja Efisiensi Termal pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Beban Eksternal *Sea Wave*



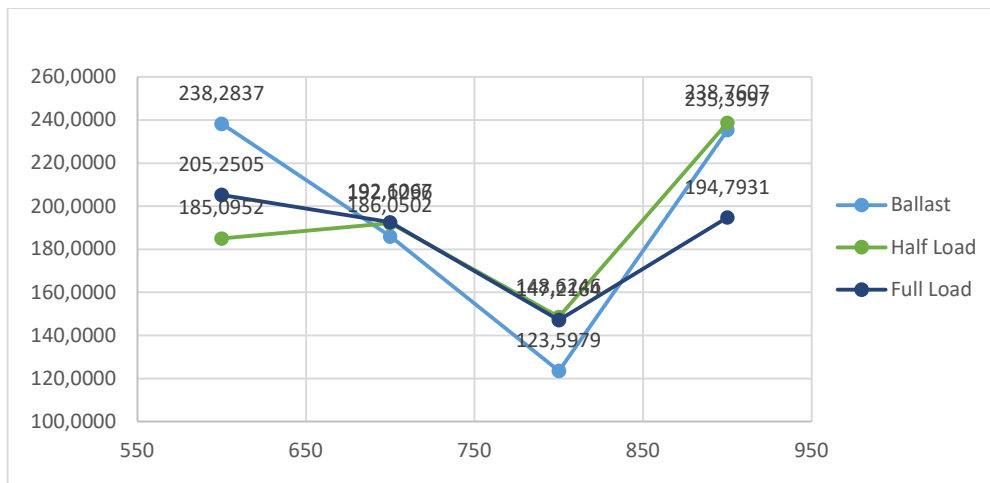
Gambar 4.19 Campuran Biosolar 10%

Berdasarkan (Gambar 4.19), grafik hubungan antara beban pada putaran 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm, dengan kondisi pembebanan internal dan pembebanan eksternal (*Sea Wave*), terlihat bahwa secara umum nilai efisiensi termal meningkat seiring peningkatan beban. Pada putaran 700 rpm, pada pembebanan *Full Load* mengalami penurunan titik di angka 15,48%. Tetapi pada putaran rpm 800 mengalami peningkatan secara signifikan dari kondisi pembebanan lain, yaitu di angka 21,72%. Pada kondisi *Ballast* di putaran 900 rpm mengalami peningkatan hingga di titik angka 27,94%, sehingga menjadi titik tertinggi di bandingkan pembebanan yang lain.



Gambar 4.20 Grafik Campuran Biosolar 50%

Berdasarkan (Gambar 4.20), hubungan antara rpm terhadap efisiensi termal pada putaran 600 rpm menunjukkan bahwa kondisi *Ballast* mendoatkan nilai angka sangat rendah yaitu di titik 25,8%. Lalu pada putran 700 rpm mengalami kenaikan lebih tinggi dibandingkan rpm 800-900 yaitu di titik angka 40,1%, sedangkan mengalami penurunan kembali di putran rpm 900 hingga di titik angka 29,68%. Untuk efisiensi di campuran BD10 grafik paling tinggi di tunjukkan di grafik titik angka 47,98% pada kondisi *Full Load*. Secara umum, campuran BD10 menghasilkan efisiensi termal tertinggi pada seluruh tingkat pembebanan, yaitu sekitar 47,54% pada beban *Full Load*, sedikit menurun menjadi 45,09% pada beban *Half Load* , dan kembali menurun menjadi 29,68% pada beban *Ballast*. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran BD10 merupakan bahan bakar yang paling efisien pada putaran 800 rpm pada seluruh variasi beban.

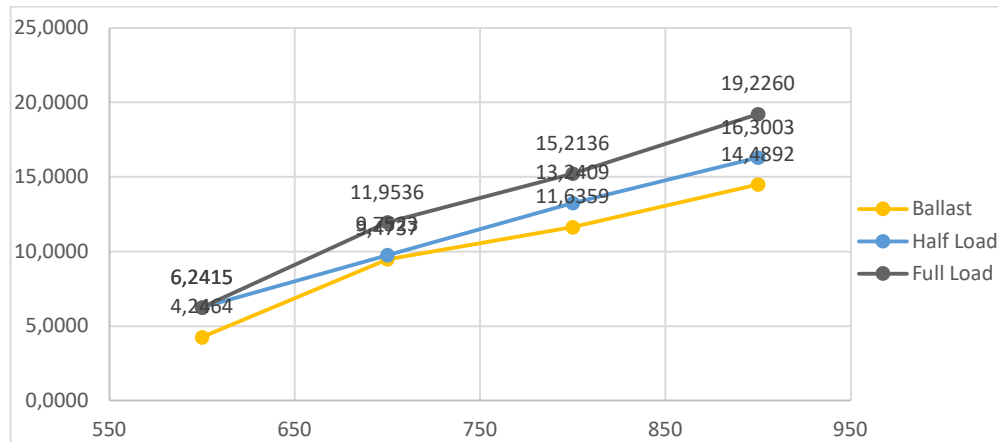


Gambar 4.21 Grafik Campuran 90%

Berdasarkan (Gambar 4.21), pada putaran 900 rpm, perbedaan karakteristik masing-masing bahan bakar terlihat semakin jelas. Variasi BD90 menghasilkan efisiensi termal tertinggi sebesar 238,7% pada kondisi *Half Load*, kemudian turun menjadi sekitar 235,3% pada kondisi *Full Load*. Maka dapat disimpulkan bahwa efisiensi termal optimum tidak selalu diperoleh pada pembebanan maksimum, melainkan bergantung pada kombinasi putaran mesin dan karakteristik bahan bakar. BD10 menghasilkan efisiensi termal tertinggi pada kondisi *Ballast* sebesar 27,94% pada putaran 900 rpm, sedangkan BD50 menghasilkan efisiensi termal tertinggi pada kondisi *Full Load* sebesar 47,98% saat putaran mesin 900 rpm. Dengan Demikian, BD10 memiliki efisiensi termal paling stabil pada seluruh pembebanan dengan nilai efisiensi termal tertinggi dicapai pada kondisi *Half Load*.

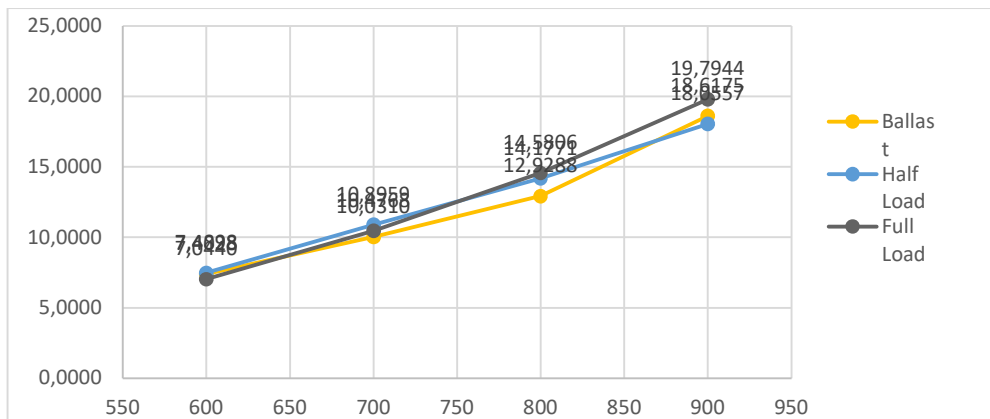
4.3 Unjuk Kerja pada Mesin Diesel Kondisi Beban Eksternal *Wind Force*

4.3.1 Unjuk Kerja Daya pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal *Wind Force*



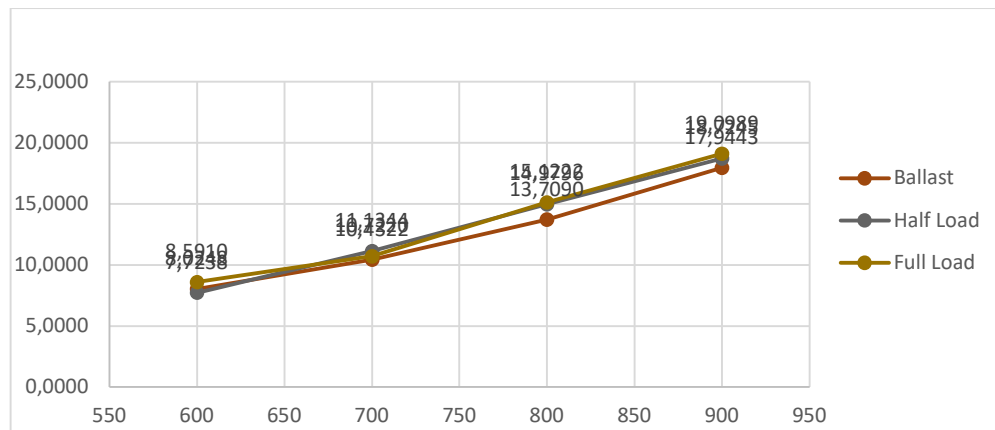
Gambar 4.22 Grafik Campuran Biosolar 10%

Berdasarkan (Gambar 4.25), grafik hubungan antara rpm dan daya pada putaran 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, dengan kondisi pembebanan internal dan pembebanan eksternal (*Wind Force*), terlihat bahwa secara umum nilai daya meningkat seiring bertambahnya beban pada seluruh jenis bahan bakar. Peningkatan ini menunjukkan hubungan yang berbanding lurus antara beban dan daya, di mana semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula torsi yang harus dihasilkan mesin. Pada semua putaran rpm menghasilkan daya yang relatif hampir sama.



Gambar 4.23 Grafik Campuran Biosolar 50%

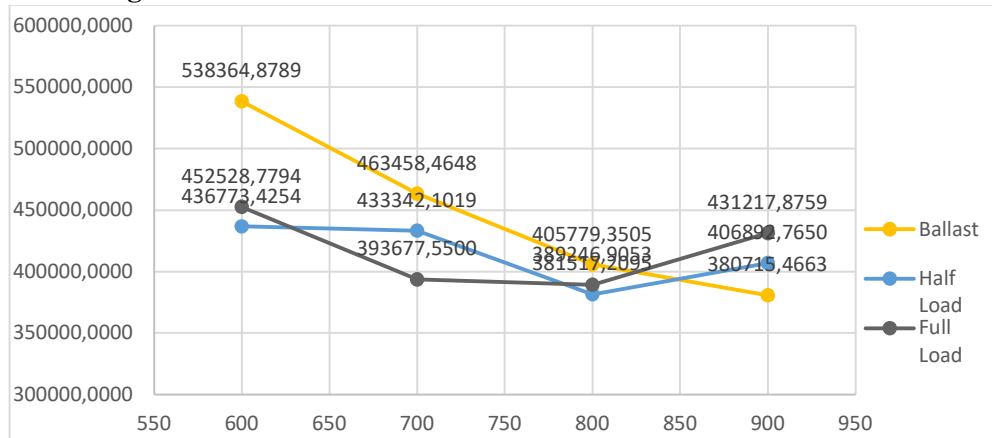
Berdasarkan (Gambar 4.26), Memasuki 600-900 rpm mulai terlihat perbedaan performa campuran bahan bakar. Campuran BD50 menghasilkan daya tertinggi *Full Load* (85%) nilai daya tertinggi sebesar sekitar 19,79 kW. Pada putaran 900 rpm, saat putaran 600-700 kondisi *Ballast* lebih unggul dibandingkan kondisi *Full Load*. BD50 masih mampu menghasilkan daya yang lebih tinggi karena besarnya daya tidak hanya dipengaruhi oleh nilai kalor bahan bakar, tetapi juga oleh kualitas proses pembakaran di dalam silinder, sedangkan penambahan Dexlite sebesar 50% membantu meningkatkan angka setana sehingga pembakaran berlangsung lebih cepat dan stabil.



Gambar 4.24 Grafik Campuran Biosolar 90%

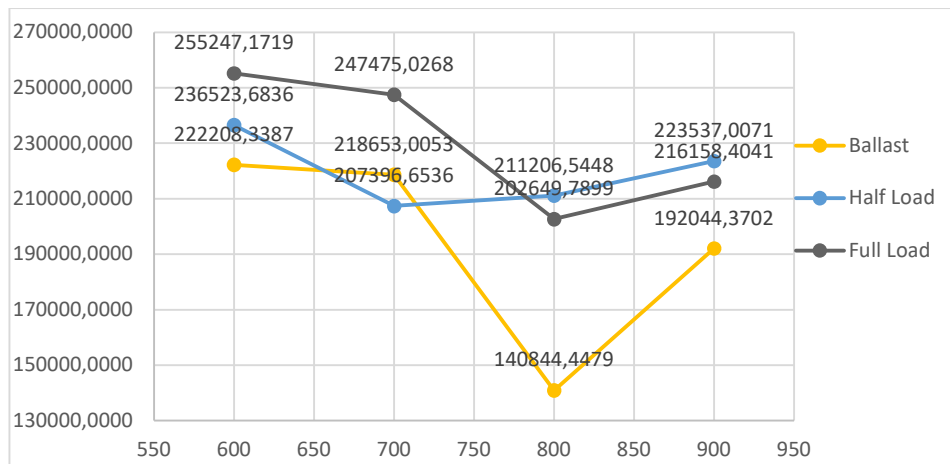
Berdasarkan (Gambar 4.27) campuran BD90 menghasilkan daya tertinggi sebesar 19,09 kW pada kondisi *Full Load*. Campuran BD90 diduga menghasilkan proses pengabutan dan pencampuran udara-bahan bakar yang lebih baik sehingga pembakaran berlangsung lebih efektif pada putaran tinggi. Pada penelitian ini, BD90 menunjukkan performa terbaik pada setiap putaran, dan setiap putaran variasi beban.

4.3.1 Unjuk Kerja *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal *Wind Force*



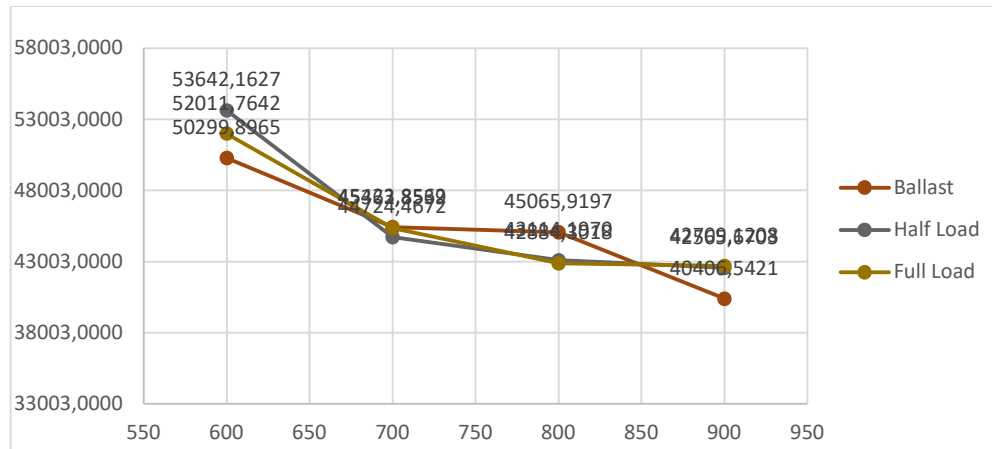
Gambar 4.25 Grafik Campuran Biosolar 10%

Berdasarkan (Gambar 4.28), grafik hubungan antara beban pada putaran 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm, dengan kondisi pembebanan internal dan pembebanan eksternal (*Wind Force*), terlihat bahwa secara umum nilai SFC (*Specific Fuel Consumption*) menurun dari kondisi *Ballast*, kemudian mengalami sedikit peningkatan pada kondisi *Full Load*. Pada putaran 800 rpm, bahan bakar BD10 menghasilkan nilai SFC terendah dibandingkan variasilainnya, yaitu sekitar 381517,2 kg/kW. pada kondisi *Half Load*.



Gambar 4.26 Grafik Campuran 50%

Berdasarkan (Gambar 4.29), penurunan nilai SFC pada kondisi *Ballast* pada rpm 800 menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut pembakaran berlangsung lebih efektif sehingga energi hasil pembakaran dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk menghasilkan daya. Pada putaran 900 rpm, seluruh variasi bahan bakar menunjukkan peningkatan nilai SFC dibandingkan putaran 700 rpm, nilai SFC terendah diperoleh seluruh variasi beban pada rpm 800.

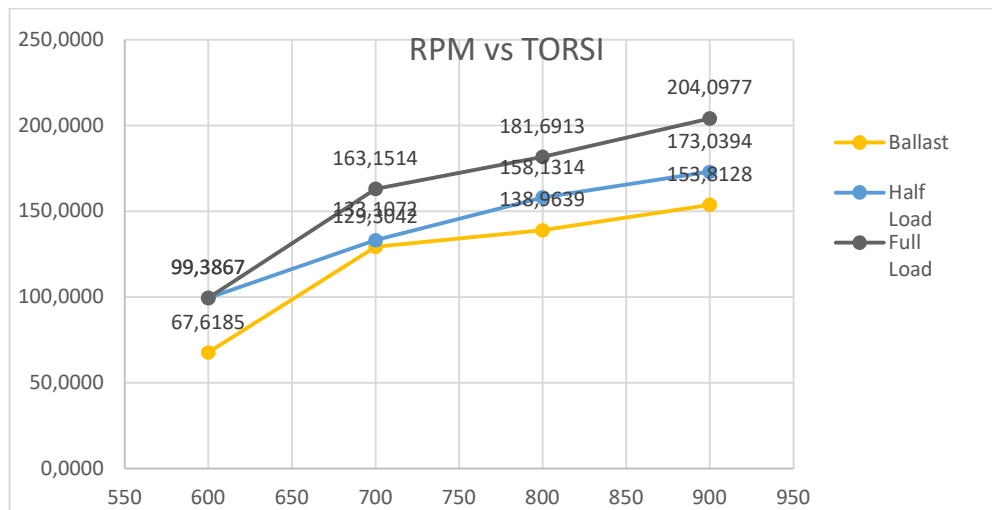


Gambar 4.27 Grafik Campuran Biosolar 90%

Berdasarkan (Gambar 4.30), pada putaran 900 rpm, variasi BD90 menghasilkan nilai SFC terendah yaitu sekitar 40406,5 kg/kW pada kondisi *Ballast*. Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian dapat disimpulkan bawa kondisi *Ballast* merupakan kondisi operasi yang menghasilkan nilai SFC terendah pada hampir

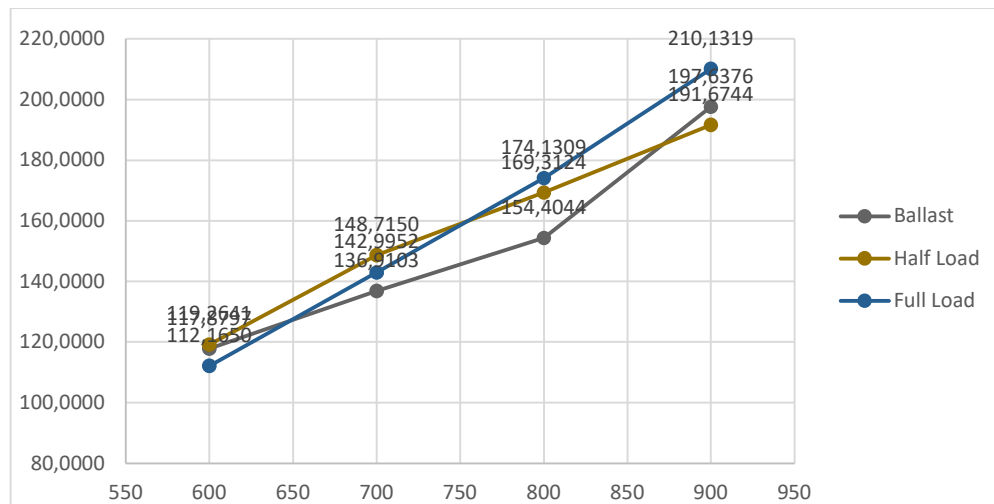
seluruh variasi putaran mesin 600, 700, dan 900. Variasi BD90 menunjukkan efisiensi konsumsi bahan bakar karena konsisten mampu menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih proporsional dibandingkan variasi lainnya.

4.3.2 Unjuk Kerja Torsi pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal *Wind Force*



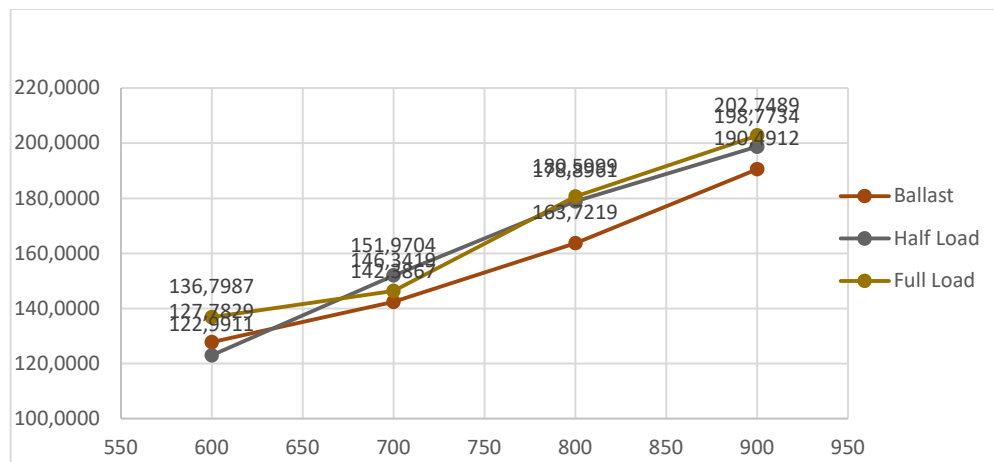
Gambar 4.28 Grafik Campuran Biosolar 10%

Berdasarkan (Gambar 4.31), grafik hubungan antara rpm dan torsi pada putaran 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, dan 900 rpm, dengan kondisi pembebanan internal dan pembebanan eksternal (*Wind Force*), terlihat bahwa secara umum nilai torsi meningkat seiring bertambahnya putaran rpm. Pada putaran 700 rpm, seluruh variasi pembebanan menghasilkan nilai torsi yang relatif hampir sama.



Gambar 4.29 Grafik Campuran Biosolar 50%

Berdasarkan (Gambar 4.32), Ketika putaran mesin meningkat mulai terlihat setiap variasi beban. Khususnya untuk *Half Load* di rpm 700 mengalami peningkatan torsi yaitu di angka 148,7 Nm. lebih tinggi dibandingkan pada pembebanan di *Full Load* yaitu di angka 142,9 Nm. selisih lebih sedikit dibandingkan dari pembebanan *Half Load*.

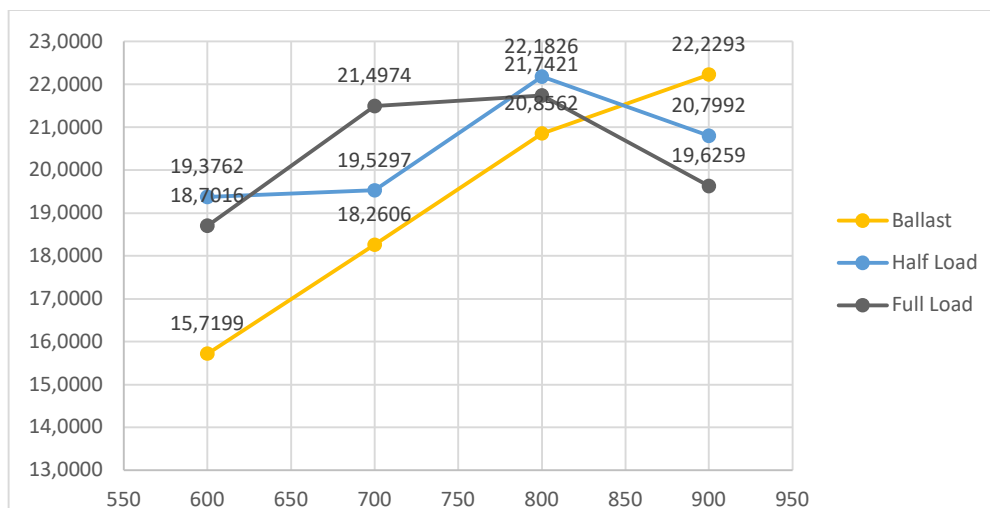


Gambar 4.30 Grafik Campuran Biosolar 90%

Berdasarkan (Gambar 4.33) Pada putaran 600 rpm, perbedaan performa antar bahan bakar semakin jelas. Pada kondisi *Ballast* BD90 menghasilkan torsi tertinggi sekitar 127,7 Nm, lebih unggul di bandingkan pada pembebanan *Half*

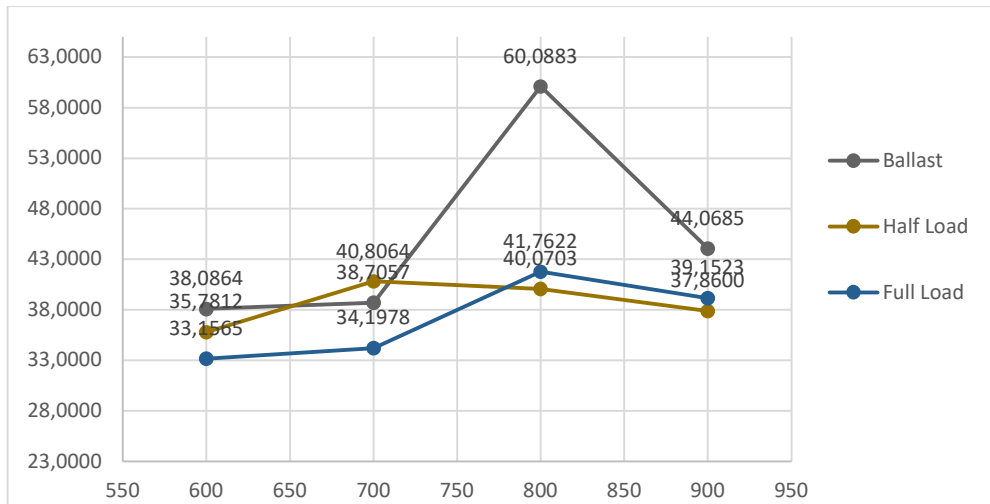
Load yang hanya mendapatkan di titik angka 122,9 Nm. sedikit terdapat selisih diantara pembebanan tersebut. Jika ditinjau Berdasarkan tingkat pembebanan, kondisi *Full Load* merupakan kondisi yang menghasilkan torsi tertinggi pada hampir seluruh variasi bahan bakar dan putaran mesin, variasi bahan bakar BD50 menghasilkan nilai torsi tertinggi sebesar 201,1 Nm. Pada variasi bahan bakar BD10 menghasilkan nilai torsi sebesar 204 Nm. pada kondisi *Full Load*.

4.3.3 Unjuk Kerja Efisiensi Termal pada Mesin Diesel dengan Beban Internal dan Eksternal *Wind Force*



Gambar 4.31 Grafik Campuran Biosolar 10%

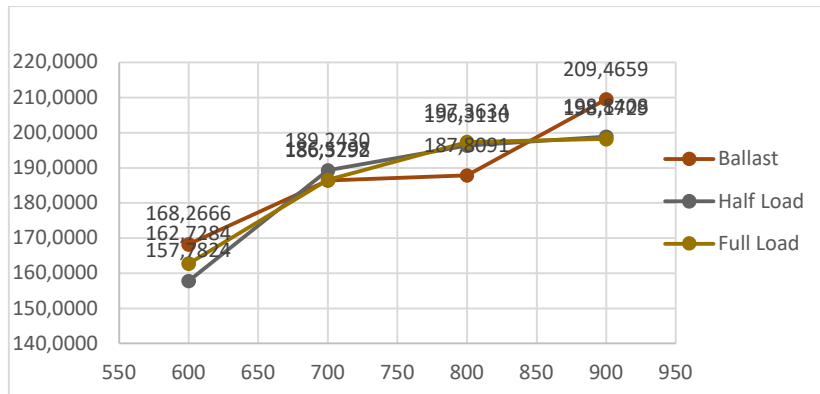
Berdasarkan (Gambar 4.34), grafik hubungan antara beban dan efisiensi termal pada putaran 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, dengan kondisi pembebanan internal dan pembebanan eksternal (*Wind Force*), terlihat bahwa secara umum nilai efisiensi termal meningkat seiring peningkatan beban pada seluruh jenis pembebanan. Pada putaran 900 rpm, pada pembebanan *Half Load* dan *Full Load* mengalami penurunan yang signifikan. Untuk *Half Load* penurunan hingga sampai di titik angka 20,7%, dan untuk pembebanan *Full Load* berada di titik angka 19,6% lebih rendah di bandingkan pada pembebanan *Half Load*.



Gambar 4.32 Campuran Biosolar 50%

Berdasarkan

(Gambar 4.35), hubungan antara rpm terhadap efisiensi termal pada putaran 800 rpm dengan kondisi pembebanan internal dan eksternal (*Wind Force*) menunjukkan bahwa peningkatan beban memberikan pengaruh yang berbeda terhadap setiap campuran bahan bakar. Campuran BD50 menghasilkan efisiensi termal tertinggi pada seluruh tingkat pembebanan, yaitu sebesar 60,08% pada beban *Ballast*, pada rpm 800, lalu menurun di rpm 900 di titik angka sebesar 44%. Pada campuran BD50 nilai efisien yang paling rendah pada saat pembebanan *Full Load* di titik angka sebesar 33,1%.



Gambar 4.33 Campuran Biosolar 90%

Berdasarkan (Gambar 4.36), keseluruhan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa efisiensi termal optimum tidak selalu diperoleh pada pembebanan maksimum, melainkan bergantung pada kombinasi putaran mesin dan karakteristik bahan bakar. BD90 menghasilkan efisiensi termal tertinggi pada kondisi *Ballast* sebesar 209% pada putaran 900 rpm, sedangkan pada putaran 600 rpm *Half Load* menghasilkan efisiensi termal rendah. Secara konsisten pada kondisi 600 hingga 900 rpm pada kondisi *Ballast*.

“halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh campuran bahan bakar biosolar dan Dexlite terhadap unjuk kerja motor diesel pada berbagai kondisi beban simulator internal dan eksternal, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Unjuk kerja motor diesel dengan menggunakan campuran bahan bakar Biosolar dan Dexlite menunjukkan karakteristik yang berbeda pada setiap variasi campuran dan kondisi pembebanan. Pada kondisi *Sea Wave*, campuran BD90 menghasilkan performa terbaik dengan daya sebesar 18,237 kW, torsi sebesar 201,76 Nm. Pada 900 rpm *Full Load*. Sementara itu, campuran B50 memberikan unjuk kerja terbaik dari sisi efisiensi dengan SFC terendah sebesar 326,55% g/kWh dan efisiensi termal tertinggi sebesar 26,90% pada 900 rpm *Half Load*. Pada kondisi *Wind Force*, campuran B50 menghasilkan daya tertinggi sebesar 18,058 kW dan torsi tertinggi sebesar 227,29 Nm pada 900 rpm *Full Load*, sedangkan BD10 menghasilkan efisiensi termal sebesar 23,08% pada 900 rpm *Full Load*.
2. Berdasarkan hasil analisis seluruh parameter, kondisi *Half Load* merupakan kondisi pembebanan yang menghasilkan unjuk kerja motor diesel paling optimal. Pada kondisi ini diperoleh nilai efisiensi termal tertinggi dan nilai SFC terendah, yang menunjukkan bahwa proses pembakaran berlangsung paling efektif sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih efisien, Sementara itu, kondisi *Full Load* menghasilkan daya dan torsi tertinggi, namun diikuti dengan peningkatan konsumsi bahan bakar dan penurunan efisiensi termal. Pembakaran dan performa mekanis, kondisi *Full Load* memberikan hasil terbaik.
3. Berdasarkan hasil pengujian pada berbagai kondisi pembebanan dan putaran mesin, setiap variasi campuran bahan bakar menunjukkan keunggulan yang

berbeda sesuai dengan kondisi operasinya. Pada kondisi Sea Wave, campuran BD90 (90% Biosolar dan 10% Dexlite) memberikan performa mesin terbaik dengan menghasilkan daya tertinggi sebesar 18,237 kW, sedangkan BD10 (10% Biosolar dan 90% Dexlite) menunjukkan efisiensi penggunaan bahan bakar yang lebih baik dengan menghasilkan nilai Specific Fuel Consumption (SFC) terendah sebesar 326,55 g/kWh dan efisiensi termal tertinggi sebesar 26,90%. Sementara itu, pada kondisi Wind Force, campuran BD50 (50% Biosolar dan 50% Dexlite) menghasilkan performa mesin terbaik yang ditunjukkan oleh nilai daya dan torsi tertinggi, sedangkan BD90 memberikan efisiensi bahan bakar terbaik melalui nilai SFC terendah dan efisiensi termal tertinggi. Dengan demikian, BD10 lebih direkomendasikan untuk operasi yang mengutamakan efisiensi bahan bakar pada kondisi Sea Wave, BD90 lebih sesuai untuk operasi yang membutuhkan performa tinggi pada kondisi Sea Wave serta efisiensi pada kondisi Wind Force, sedangkan BD50 direkomendasikan untuk kondisi Wind Force yang mengutamakan keluaran daya dan torsi mesin.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan variasi komposisi bahan bakar dan variasi RPM yang lebih banyak agar karakteristik unjuk kerja mesin dapat dianalisis secara lebih komprehensif.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan parameter pengujian seperti emisi gas buang, *temperature* gas buang, tekanan pembakaran di dalam silinder, serta laju konsumsi bahan bakar secara aktual.
3. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian pada kondisi operasi yang lebih mendekati kondisi nyata di kapal, misalnya melalui uji lapangan (*Sea Trial*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. (2020). Studi Pengaruh Campuran Biodiesel terhadap Performa dan Perawatan Mesin Diesel 2-Tak pada Kapal Penangkap Ikan Tradisional. *Jurnal Ilmiah Teknik Kelautan*, 12(2), 45-55.
- Heywood, J. B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2024). Laporan Capaian Program Biodiesel (B30) Tahun 2023. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi.
- Pertamina. (2023). Spesifikasi Produk Bahan Bakar: Dex Lite, Dex, dan Biosolar.
- Pulkrabek, W. W. (2014). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine* (2nd ed.). Pearson.
- Saputra, A., Ramadhan, B., & Sari, D. P. (2022). Analisis Pengaruh Penggunaan Biosolar B30 terhadap Kinerja Generator Set 10 kVA. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 15(1), 23-30.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2015). SNI 7182:2015: Biodiesel (Fatty Acid Methyl Ester - FAME) sebagai Bahan Bakar untuk Mesin Diesel. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). (2020). SNI 7182:2020: Solar Nabati (Biosolar) Jenis B30. Badan Standardisasi Nasional.
- Stone, R. (2012). *Introduction to Internal Combustion Engines* (4th ed.). Palgrave Macmillan.
- Wijaya, H. (2021). Efek Angka Cetane terhadap Karakteristik Pembakaran dan Kinerja Mesin Diesel Common-Rail. Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Hasse, L., & Dobson, F. (1986). *Introductory physics of the atmosphere and ocean*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Akhmad Fadholi. 2013. *Analisis Data Arah dan Kecepatan Angin Landas Pacu (Runway) Menggunakan Aplikasi WindRose Plot (WRPLOT)*. *Jurnal Ilmu Komputer*, 9(2), 91–94.
- Haiyqal, S. V., Ismanto, A., Indrayanti, E., & Andrianto, R. (2023). *Karakteristik Tinggi Gelombang Laut pada saat Periode Normal, I Niño dan La Niña di Selat Makassar*. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(1), 190-202.
<https://doi.org/10.14710/jkt.v26i1.17003>

- Pryor, S. C., & Barthelmie, R. J. (2010). *Climate change impacts on wind energy: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(1), 430–437.
- Sitompul, G. S., Kurniawan, E., & Febrianto, T. (2023). *Karakteristik Gelombang Air Laut Berdasarkan Data Angin Prmusim di Perairan Bunguran Timur, Natuna*. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Toding, A. (2024). *Analisis Olah Gerak AHT HAMZA Saat Towing di Alur Pelayaran Persian Gulf*. Politeknik Ilmu Pelayaran.
- Yuwono, N. (1992). *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Lampiran

Lampiran A Dokumentasi Pengambilan Data

 <i>Tachometer</i>	 Mencampurkan bahan bakar
 Memasukkan bahan bakar ke tanki bahan bakar	 Menyalakan <i>ventilation fan</i>
 Mengaktifkan suplai listrik ke panel kontrol mesin	 Menambakan beban internal dan eksternal
 Menetapkan temperature mesin pada 90°	 Menetapkan variasi RPM



Mencatat waktu yang diperlukan untuk pengoperasian mesin tiap 100ml



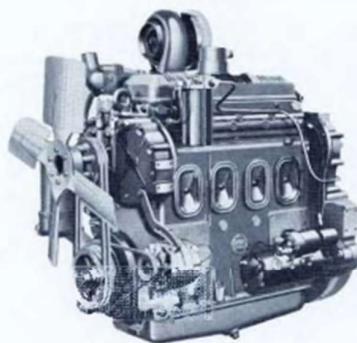
Mencatat voltase dan ampere yang terdapat pada panel indikator

Lampiran B

Manual Book Detroit Diesel

DETROIT DIESEL Series 71

Industrial Model 4-71N/T 114-211 HP



General Specifications

Basic Engine	4-71N	4-71T
Model	1043-7100	1043-7301
Number of Cylinders	4	4
Bore and Stroke	4.25 in x 5 in (108 mm x 127 mm)	4.25 in x 5 in (108 mm x 127 mm)
Displacement	284 cu in (4.7 liters)	284 cu in (4.7 liters)
Engine Type	2 cycle Inline	2 cycle Inline
Compression Ratio	18.7 to 1	17 to 1
Engine Heat Rej.	3820 BTU/min (67.1 kW) @ 114 BHP	5700 BTU/min (100.2 kW) @ 211 BHP
Engine Coolant Capacity	14 qt (13.2 liters)	14 qt (13.2 liters)
Exhaust Temperature	780°F (416°C) @ 114 BHP	720°F (382°C) @ 211 BHP
Total Engine Oil Capacity	22 qt (20.8 liters)	22 qt (20.8 liters)
Dimensions (approx.)		
Length	42 in (1067 mm)	44.4 in (1128 mm)
Width	29.4 in (747 mm)	31.1 in (790 mm)
Height	39.2 in (995 mm)	44.2 in (1121 mm)
Weight (dry)	1780 lbs (807 kg)	1830 lbs (830 kg)

Rated Power Output

Maximum (1043-7301)	
Gross Power	211 BHP (157 kW) @ 2300 RPM
Peak Torque	533 lb ft (723 N-m) @ 1400 RPM
Minimum (1043-7000)	
Gross Power	114 BHP (85 kW) @ 2100 RPM
Peak Torque	358 lb ft (485 N-m) @ 1000 RPM
Continuous	
Gross Power	153 BHP (114 kW) @ 1800 RPM
Peak Torque	489 lb ft (636 N-m) @ 1400 RPM

Continuous rating is turbocharged rating.
Rating conditions of SAE: 77°F (25°C) and 29.31 in Hg (98kPa) Barometer (Dry)

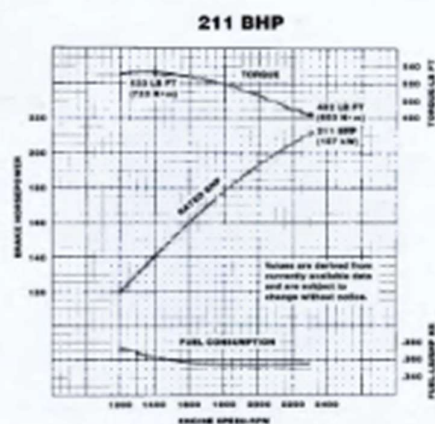
Equipment Specifications

Alternator—12 volt, 42 amp
Crankshaft Pulley
Engine Lifter Brackets
Fan—Suction 18 in, 6 blade (N); 22 in., 6 blade (T)
Flywheel—SAE #1 (N); SAE #2 (T)
Flywheel Housing—SAE #1 (N); SAE #2 (T)
Governor—Variable speed
Lube Oil Cooler
Oil and Fuel Filters
Oil Pan—16"
Starting Motor—12 volt
Turbocharger—TV63, 0.96 A/R
Water Pump

For a complete listing of standard and optional equipment, consult your distributor or authorized Detroit Diesel Corporation representative.

Photograph represents a typical industrial engine

Performance Curve



Rating Explanation

RATED BHP is the power rating for variable speed and load applications where full power is required intermittently.

FUEL CONSUMPTION CURVE shows fuel used in pounds per brake horsepower hour.

POWER OUTPUT guaranteed within 5% at rated ambient conditions. **THIS RATING** does not include power requirements for accessory and standard equipment.

DETROIT DIESEL
CORPORATION



13400 Outer Drive, West Detroit, Michigan 48239-4001
Telephone: 313-592-5000
Telex: 4320091 TWX: 810-221-1648

35A364 8863 As technical advancements continue, specifications will change. Litho in USA