

**ANALISIS PENGARUH PENCAMPURAN BIOADITIF  
EKSTRAK MINYAK SEREH DENGAN BODIESEL B50  
TERHADAP OPASITAS GAS BUANG DAN UNJUK KERJA  
MESIN DIESEL**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**INDRA SIBURIAN**

**178130044**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

## HALAMAN JUDUL

# **ANALISIS PENGARUH PENCAMPURAN BIOADITIF EKSTRAK MINYAK SEREH DENGAN BODIESEL B50 TERHADAP OPASITAS GAS BUANG DAN UNJUK KERJA MESIN DIESEL**

## SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area.

Oleh :

**INDRA SIBURIAN**

**178130044**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 19/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)19/12/22

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Pencampuran Bioaditif Ekstrak Minyak Sereh Dengan Biodiesel B50 Terhadap Opasitas Gas Buang dan Unjuk Kerja Mesin Diesel

Nama Mahasiswa : Indra Siburian

NIM : 178130044

Bidang Keahlian : Konversi Energi

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Muhammad Idris, S.T., M.T.)



(Indra Hermawan, S.T., M.T.)

NIDN. 0114048001

NIDN. 0106058104



(DR. Ramadasyah, S. Kom. M. Kom.)  
Dekan



(Muhammad Idris, S.T., M.T.)  
Prodi

Tanggal J.ulus : 27 September 2022

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 27 September 2022



Indra Siburian

NPM. 178130044

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas medan area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Indra Siburian  
NPM : 178130044  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Pengaruh Pencampuran Bioaditif Ekstrak Minyak Sereh Dengan Biodiesel B50 Terhadap Opasitas Gas Buang dan Unjuk Kerja Mesin Diesel.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 27 September 2022

Yang menyatakan



Indra Siburian

Dipindai dengan CamScanner

## ABSTRAK

Bio aditif adalah zat aditif yang berbahan tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai aditif untuk meningkatkan kualitas bahan bakar. Minyak sereh wangi adalah salah satu jenis minyak atsiri yang telah dikaji potensinya sebagai bahan bio aditif bahan bakar dikarenakan bersifat mudah menguap dan larut ke dalam bahan bakar. Tujuan penggunaan Bioaditif ini untuk menaikkan performa mesin. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, beberapa sampel yang diuji terdiri bahan bakar biodiesel B50, kemudian pengembangan dilakukan dengan menambahkan unsur Bioaditif minyak sereh pada bahan bakar tersebut dengan rasio 1 : 1000 ml, 5 : 1000 ml, dan 10 : 1000 ml. Pengujian sampel tersebut dilakukan untuk mengukur performa mesin diesel dengan dynobreaked dan pengukuran opasitas dengan menggunakan gas analyzer. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penggunaan bioaditif sereh wangi mampu meningkatkan performa mesin diesel, daya maksimum meningkat sebesar 11% pada rasio 1 : 1000 ml, 25% pada rasio 5 : 1000 ml, 15% pada rasio 10 : 1000 ml. Torsi optimum dicapai sebesar 11% pada rasio 1 : 1000 ml, 25% pada rasio 5 : 1000 ml, 15% pada rasio 10 : 1000 ml. Selain pengujian tersebut, pengukuran konsumsi bahan bakar juga menghasilkan penghematan sebesar 9% pada rasio 1 : 1000 ml, 23% pada rasio 5 : 1000 ml, 10% pada rasio 10 : 1000 ml. Penurunan opasitas juga diperoleh 9 % pada rasio 1 : 1000 ml, 16% pada rasio 5 : 1000 ml, 10% pada rasio 10 : 1000 ml.

**Kata Kunci :** Biodiesel B50, bioaditif, ekstrak minyak sereh, performa mesin diesel.

## ABSTRACT

*Bio additives are additives made from plants that are used as additives to improve fuel quality. Citronella oil is one type of essential oil that has been studied for its potential as a fuel bio additive because it is volatile and soluble in fuel. The purpose of using this bio additive is to improve engine performance. This research was conducted using an experimental method, some of the samples tested consisted of B50 biodiesel fuel, then the development was carried out by adding citronella oil bio additives to the fuel with a ratio of 1: 1000 ml, 5: 1000 ml, and 10: 1000 ml. The sample test was conducted to measure the performance of a diesel engine with a dynobreak and measurement opacity using a gas analyzer. The results of this study indicate that the use of bio additives Serah Fragrant can improve the performance of diesel engines, the maximum power increases by 11% at a ratio of 1: 1000 ml, 25% at a ratio of 5: 1000 ml, 15% at a ratio of 10: 1000 ml. The optimum torque is achieved at 11% at a ratio of 1: 1000 ml, 25% at a ratio of 5: 1000 ml, 15% at a ratio of 10: 1000 ml. In addition to these tests, the measurement of fuel consumption also resulted in savings of 9% at a ratio of 1: 1000 ml, 23% at a ratio of 5: 1000 ml, 10% at a ratio of 10: 1000 ml. The decrease in opacity was also obtained by 9% at a ratio of 1: 1000 ml, 16% at a ratio of 5: 1000 ml, 10% at a ratio of 10: 1000 ml.*

**Keywords :** *Biodiesel B50, bio additive, citronella oil extract, diesel engine performance.*

## RIWAYAT HIDUP



Indra Siburian lahir di Siburian , Kec. Pahae Jae, Kab. Tapanuli Utara, Prov. Sumatera Utara pada tanggal 04 Januari 1998, anak kedelapan dari sembilan bersaudara, dari pasangan Ayah bernama POLTAK SIBURIAN dan Ibu bernama SITI KHAJAR SIHOMBING. Pada tahun 2004

penulis masuk sekolah dasar di SD Negeri 177037 Aek Bulu dan lulus pada tahun 2010. Pada tahun 2010 melanjutkan sekolah di SMP Negeri 1 Tamiang Hulu dan Lulus Pada tahun 2013. Pada tahun 2013 penulis melanjutkan sekolah di SMK Negeri 2 Medan dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2017 melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin. Syukur Alhamdulillah pada tahun 2022 penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Medan Area dengan gelar Sarjana Teknik.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berupa kesehatan, kekuatan dan kemudahan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul Analisis Pengaruh Pencampuran Bioaditif Ekstrak Minyak Sereh Dengan Biodiesel B50 Terhadap Opasitas Gas Buang dan Unjuk Kerja Mesin Diesel. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Dalam Penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moril dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Muhammad Idris, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area sekaligus Dosen pembimbing 1.
2. Bapak Indra Hermawan, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Kepada kedua orang tua Saya P.Siburian/S.br Sihombing, selaku Orang Tua yang telah memberi motivasi, dukungan dan doa terbaiknya dalam pengerjaan skripsi.
5. Kepada abang saya A. Parningotan S, Hotdi S, Hengky S, dan keempat kakak saya Nurmasti S, Rista S, Ida Marsaulina S, Nur Aida S, tentunya juga adik saya Sri M Apriyanti S.

6. Kepada keluarga J. M. Tampubolon/ A. br Panggabean yang telah banyak memberikan bantuanya.
7. Yogi Prawoto, selaku sahabat saya dalam menuntut ilmu.
8. Sadli R. Anggiat M Saragih selaku teman-teman satu kost jl. Medan utara.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 27 September 2022

Penulis,



Indra Siburian

NPM. 178130044

## DAFTAR ISI

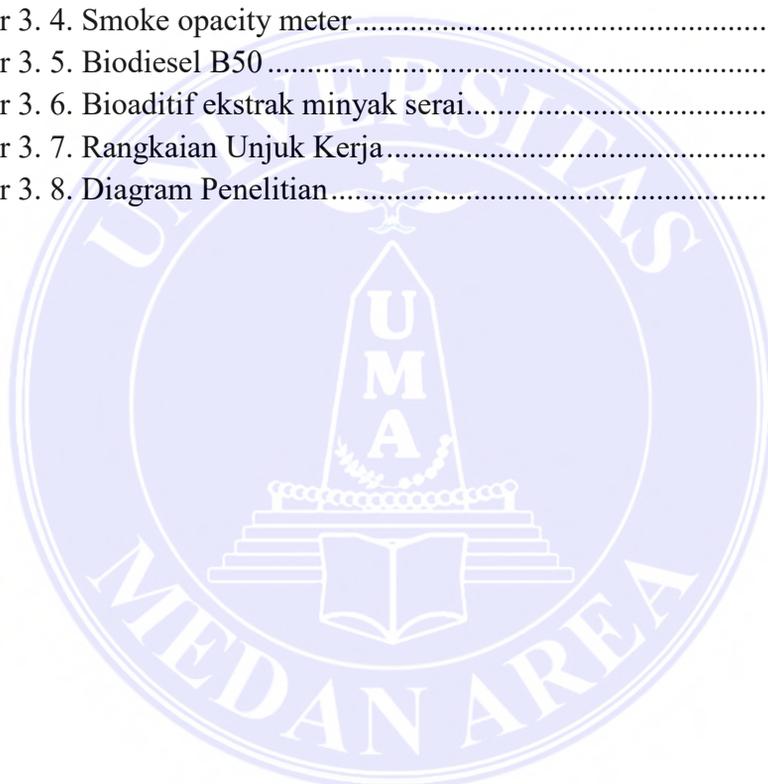
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Motor Bakar.....	6
2.2 Mesin Diesel.....	7
2.2.1 Prinsip kerja mesin diesel 4 langkah .....	7
2.2.2 Siklus termodinamika mesin diesel.....	9
2.2.3 Proses pembakaran.....	16
2.3 Emisi Gas Buang Mesin Diesel.....	18
2.3.1 Hidrokarbon (HC).....	18
2.3.2 Karbon Monoksida (CO).....	19
2.3.3 Oksida Nitrogen (NO <sub>x</sub> ) .....	19
2.4 Opasitas .....	20
2.5 Bahan Bakar Biodiesel .....	20
2.5.1 Biodiesel B50 .....	22
2.6 Zat Aditif .....	23
2.7 Minyak serai .....	24

2.7.1 Standar mutu minyak serai.....	25
2.8 Dinamometer .....	25
2.8.1 Dinamometer brake.....	25
2.9 Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel .....	26
2.9.1 Torsi .....	26
2.9.2 Daya .....	27
2.9.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	28
2.10 Penelitian Terdahulu.....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
3.1 Tempat Dan Waktu.....	30
3.1.1 Tempat.....	30
3.1.2 Waktu .....	30
3.2 Peralatan dan Bahan .....	30
3.2.1 Peralatan.....	30
a. Mesin Diesel.....	31
b. Dinamometer .....	31
c. Smoke opacity meter .....	33
3.2.2 Bahan.....	34
a. Biodiesel B50 .....	34
b. Minyak Serai .....	34
3.3 Metode Penelitian.....	35
3.3.1 Sistematis Penelitian .....	35
3.3.2 Parameter pengukuran.....	35
3.3.3 Rangkaian unjuk kerja mesin diesel.....	35
3.3.4 Prosedur Pujian Unjuk Kerja Mesin Diesel .....	36
3.3.5 Tahap Pengujian opasitas dengan Gas Analyzer opa 102.....	37
3.3.6 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data .....	38
3.3.7 Analisis Data .....	39
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1 Hasil.....	41
4.1.1 Biodiesel B50 .....	41
4.1.2 Biodiesel B50 dengan campuran bioaditif 1ml.....	41

4.1.3 Biodiesel B50 dengan campuran bioaditif 5ml.....	42
4.1.4 Biodiesel B50 dengan campuran bioaditif 10 ml.....	43
4.2 Pembahasan .....	44
4.2.1 Hasil analisa torsi .....	44
4.2.2 Hasil analisa daya (kW) .....	45
4.2.3 Hasil analisa SFC .....	46
4.2.4 Hasil analisa opasitas .....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran .....	51
DAFTAR PUSTAKA .....	52
LAMPIRAN 1.....	54
1. Biodiesel B50 .....	54
2. Biodiesel B50 campuran 1 ml bioaditif.....	56
3. Biodiesel B50 campuran 5 ml bioaditif.....	59
4. Biodiesel B50 campuran 10 ml bioaditif.....	61
LAMPIRAN 2.....	64
1. Analisis Termodinamika .....	64

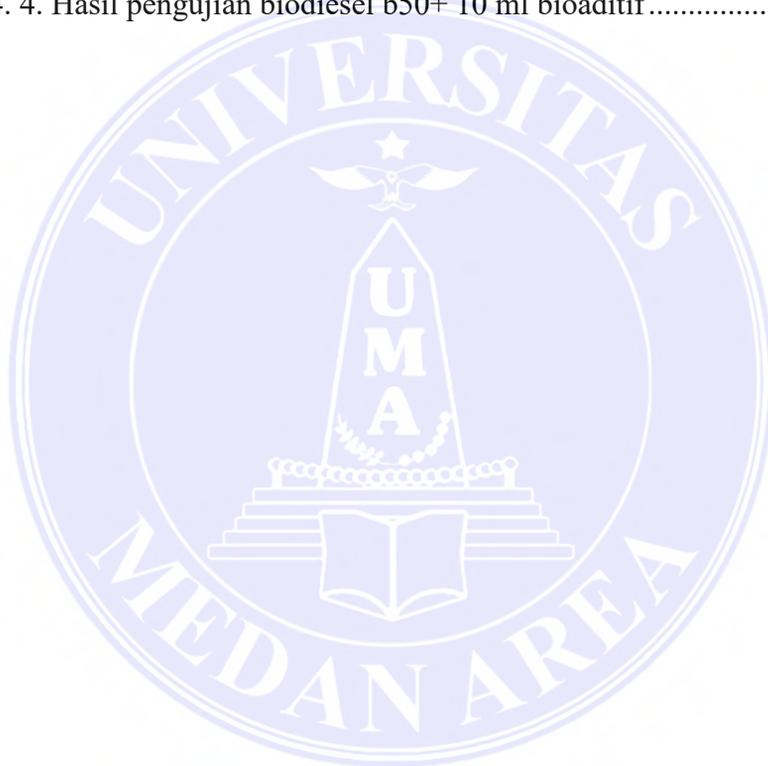
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Prinsip Kerja Motor 4 Langkah.....	8
Gambar 2. 2. Diagram Standar Siklus.....	10
Gambar 2. 3. Diagram Actual Siklus Trinkler .....	11
Gambar 2. 4. Diagram Ideal.....	12
Gambar 2. 5. proses pembakaran pada motor diesel.....	17
Gambar 3.1. Mesin Diesel.....	31
Gambar 3.2. Dyno brake .....	32
Gambar 3. 3. Rem tromol.....	32
Gambar 3. 4. Smoke opacity meter.....	33
Gambar 3. 5. Biodiesel B50 .....	34
Gambar 3. 6. Bioaditif ekstrak minyak serai.....	34
Gambar 3. 7. Rangkaian Unjuk Kerja.....	36
Gambar 3. 8. Diagram Penelitian.....	40



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Minyak Biodiesel.....	21
Tabel 2. 2. Karakteristik Biodiesel B50 .....	22
Tabel 2. 3 Standarisasi minyak serai.....	25
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	30
Tabel 3. 2. Spesifikasi Mesin Diesel .....	31
Tabel 3. 3. Spesifikasi dinamometer .....	32
Tabel 3. 4 Spesifikasi smoke opacity meter.....	33
Tabel 4. 1. Hasil pengujian biodiesel b50 .....	41
Tabel 4. 2. Hasil pengujian biodiesel b50 + 1 ml bioaditif.....	42
Tabel 4. 3. Hasil pengujian biodiesel b50+ 5 ml bioaditif.....	42
Tabel 4. 4. Hasil pengujian biodiesel b50+ 10 ml bioaditif.....	43



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1. Torsi.....	44
Grafik 4. 2. Daya kW .....	45
Grafik 4. 3. Grafik konsumsi bahan bakar spesifik.....	46
Grafik 4. 4 Grafik opasitas .....	47



## DAFTAR NOTASI

$P$	= tekanan (kPa)
$V$	= volume ( $m^3$ )
$W$	= kerja (kJ)
$T$	= temperatur (K)
$R$	= konstanta gas (kJ/kg.K)
$Q_{HV}$	= heating value (kJ/kg)
$Q_{in}$	= kalor yang masuk (kJ)
$\eta_c$	= efisiensi pembakaran
$m_m$	= massa campuran gas di dalam silinder (kg)
$C_p$	= panas jenis gas pada tekanan konstan (kJ/kg.K)
$c_v$	= panas jenis gas pada volume konstan (kJ/kg.K)
$T$	= Torsi (N.m)
$F$	= Gaya (N)
$r$	= Jari jari (m)
$\dot{W}$	= Daya (kW)
$n$	= Putaran Mesin (rpm)
$P$	= Daya kuda (Hp)
$n$	= Putaran mesin (rpm)
$v$	= Volume selama selama pengujian ( $m^3$ )
$t$	= Waktu pengujian (s)
$\rho_{bb}$	= Berat jenis bahan bakar ( $kg/m^3$ )
$sfc$	= Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.s)
$\dot{m}_f$	= Laju Aliran Bahan Bakar Ke Dalam Motor (kg/s)
$\dot{W}$	= Daya Motor (kW).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Permasalahan terkait energi semakin kompleks khususnya di bidang pemenuhan kebutuhan bahan bakar. Sektor industri, transportasi hingga pertanian saat ini masih didominasi oleh mesin diesel sebagai penggerak dengan minyak solar sebagai bahan bakar utamanya. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2020) cadangan minyak bumi Indonesia yang sekitar 3,77 miliar barel hanya cukup untuk 9-10 tahun kedepan. Perhitungan ini tidak adanya penemuan cadangan baru., sehingga untuk mencukupi kebutuhan bahan bakar tersebut banyak cara telah dilakukan mulai dari impor sampai dengan memodifikasi minyak alam berbasis nabati.

Sejauh ini pengembangan bahan bakar diesel berbasis alami dan mudah didapat sudah mulai di kembangkan baik sebagai pengganti ataupun sebagai pencampur, tahun 2016 [1] pemerintah indonesia telah mengeluarkan kebijakan penggunaan bahan bakar minyak biosolar B20 CPO melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 12 tahun 2015 tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri ESDM nomor 32 tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar dan pada tahun 2019 diikuti dengan peresmian program biodiesel B30 CPO [2]. Penelitian dengan harapan pengembangan program B30 CPO mampu berkembang menjadi B50 bahkan B100 untuk menjadi mandatory selanjutnya.

Institusi atau pun lembaga penelitian hingga saat ini telah banyak melakukan riset guna mengembangkan biodiesel cpo agar lebih baik dan sempurna untuk di aplikasikan ke mesin diesel diantaranya [3] LEMIGAS dalam penelitiannya yang berjudul ‘laporan penelitian Bahan Bakar Dan Aviasi Lemigas’, dan juga penelitian [4] yang berjudul ‘Pengaruh Campuran Biodiesel Kelapa Sawit Dan Solar Terhadap Kinerja Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel’ namun penelitian ini masih mendapati masalah seperti; opasitas yang tinggi, daya mesin yang dihasilkan terbilang kecil, dan bahkan torsi yang kurang maksimal.

Inovasi dan pengembangan energi terbarukan guna mendapatkan bahan bakar yang baik, hemat lagi ramah lingkungan mengharuskan adanya pencarian langkah alternatif bahan bakar, Salah satu pengembangan yang dilakukan untuk menggarap sifat dan mutu bahan bakar adalah dengan menambahkan zat aditif [5]. Zat aditif adalah bahan tambahan yang dilarutkan atau dicampurkan ke dalam bahan bakar dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja dengan efisiensi yang tinggi. Zat aditif akan menyediakan oksigen yang dapat membantu mengoptimalkan proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Proses pembakaran akan menjadi lebih singkat dan tidak membutuhkan tenaga yang besar dengan banyaknya oksigen yang terkandung dalam bahan bakar, sehingga efisiensi mesin dapat tercapai[6]. Salah satu alternatif aditif organik atau bioaditif berbahan dasar tumbuhan yang ramah lingkungan dan sudah dikembangkan ialah minyak atsiri [7].

Minyak serai merupakan salah satu dari banyaknya jenis minyak atsiri yang telah dikaji potensinya sebagai bahan bioaditif bahan bakar, minyak sereh

kaya akan kandungan geraniol, Kandungan geraniol yang merupakan senyawa penyedia oksigen tersebut menjadi pilihan digunakan minyak sereh wangi sebagai bahan bioaditif, seperti yang dilakukan [8], Penelitian sebelumnya menggunakan solar sebagai bahan bakar dan campuran ekstrak minyak sereh dan ekstrak minyak cengkeh sebagai bioaditif. Hasil penelitian terdahulu ini menunjukkan penambahan minyak sereh wangi dan minyak cengkeh pada bahan bakar solar dengan persentase 0.1%, 0.5% dan 1% mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar 14.6%, 12.9% dan 18.3%. komposisi bioaditif 1% pengurangan maksimum bahan bakar dari minyak campuran hanya 0.086 liter/jam dengan pembebanan 1000W.

Penelitian guna memperoleh pembakaran yang ramah lingkungan juga telah dilakukan [7], Penelitian ini menganalisis pengaruh dari pencampuran minyak daun cengkeh dan minyak sereh wangi dalam menurunkan produk emisi gas buang mesin diesel. Hasil pengujian penambahan bioaditif minyak daun cengkeh mampu menurunkan kadar SO 12%, NO 36%, CO 30% dan total partikulat 30%,

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis ingin menguji coba penambahan *bio additive* pada biodiesel B50 dengan asumsi terjadinya peningkatan terhadap torsi, dan daya mesin diesel, serta mampu mereduksi opasitas gas buang yang dihasilkan. Maka dilakukan penelitian dengan judul:

“Analisis Pengaruh Pencampuran Bioaditif Ekstrak Minyak Sereh Dengan Biodiesel B50 Terhadap opasitas Gas Buang dan Unjuk Kerja Mesin Diesel”

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh minyak serai pada bahan bakar biodiesel b50 terhadap daya, torsi, SFC, dan opasitas mesin diesel?
2. Pada komposisi berapakah campuran minyak serai pada bahan bakar biodiesel B50 menghasilkan performa yang paling baik?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang akan diteliti dalam skripsi ini adalah :

1. Poros mesin dengan posisi terhubung langsung dengan dynobrake
2. Bahan bakar yang digunakan adalah biodiesel b50 berbahan dasar CPO (crude palm oil)
3. Analisis hasil pengujian Biodiesel B50 dengan campuran minyak serai meliputi daya, torsi, SFC, dan opasitas mesin diesel

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan minyak serai pada bahan bakar Biodiesel B50 terhadap daya, torsi, SFC, dan opasitas yang dihasilkan pada mesin diesel.
2. Menentukan komposisi yang tepat untuk menghasilkan daya, torsi, SFC, mesin diesel
3. Menentukan komposisi yang tepat untuk mereduksi opasitas buang mesin diesel.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Dapat dijadikan salah satu referensi untuk membuat atau melakukan inovasi dan uji coba pemanfaatan minyak sereh sebagai bioaditif pada biodiesel b50 sehingga mampu menghasilkan bahan bakar yang lebih sempurna dan dengan rasio pencampuran yang lebih baik.
2. Bagi penulis, dapat menyelesaikan program perkuliahan sarjana di Universitas Medan Area
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi lembaga atau individu yang berkaitan dengan pemanfaatan bio aditif ekstrak minyak sereh sebagai campuran bahan bakar biodiesel untuk nantinya dapat dikembangkan dengan berbagai inovasi dalam menciptakan terobosan baru di bidang otomotif maupun di bidang pendidikan dalam berbagai proses pembelajaran dan penerapannya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Motor Bakar

Motor bakar merupakan mesin atau pesawat yang memanfaatkan energi termal untuk melakukan kerja mekanis, dengan cara mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas, dan memanfaatkan energi tersebut untuk melakukan kerja mekanis.

Motor bakar dibagi menjadi 2 golongan berdasarkan proses pembakaran bahan bakar yaitu motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan motor pembakaran luar (*external combustion engine*). Pada motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) proses pembakaran bahan bakar terjadi di dalam mesin itu sendiri, sehingga panas dari hasil pembakaran langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik, Misalnya turbin gas, motor bakar torak, sedangkan pada motor pembakaran luar (*external combustion engine*) proses pembakaran bahan bakar itu sendiri terjadi di luar mesin, sehingga untuk melaksanakan pembakaran digunakan mesin tersendiri. Panas dari hasil pembakaran terlebih dahulu melalui media penghantar, baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik misalnya turbin uap dan boiler, [9].

Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis utama yaitu motor bensin (otto) dan motor diesel. Perbedaan utamanya terletak pada sistem pembakarannya. Bahan bakar motor bensin dinyalakan oleh loncatan api listrik di antara kedua elektroda busi. Karena itu motor bensin dinamai juga *Spark Ignition Engines*. Sedangkan motor diesel disebut *Compression Ignition Engines* karena

terjadi proses pembakaran sendiri terhadap bahan bakar dalam silinder yang bertekanan dan temperatur yang tinggi.

Motor bakar torak terbagi menjadi tiga jenis, yaitu motor bensin (otto),diesel, dan gabungan, Perbedaan ketiga jenis motor tersebut yaitu motor otto menggunakan bahan bakar bensin dan gas sedangkan motor diesel menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama terletak pada sistem penyalaan atau ignition. Pada motor bensin penyalaannya menggunakan busi sedangkan pada motor diesel penyalaannya memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk dapat membakar solar [9].

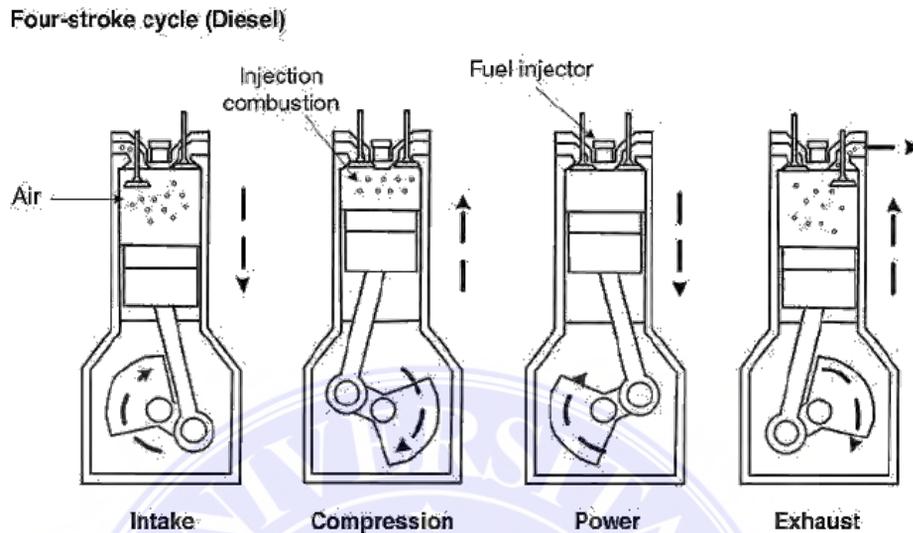
## 2.2 Mesin Diesel

Mesin diesel disebut juga mesin dengan penyalaan kompresi karena cara membakar bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar kedalam ruang bakar yang bertekanan dan bertemperatur tinggi, ruang bakar bertekanan dan bertemperatur tinggi ini terjadi akibat langkah kompresi piston yang menekan udara murni. Perbandingan kompresi pada mesin diesel lebih tinggi dari pada mesin bensin sehingga tekanan kerja mesin diesel pun lebih tinggi.

### 2.2.1 Prinsip kerja mesin diesel 4 langkah

Prinsip kerja motor diesel 4 langkah tentunya memiliki persamaan dengan prinsip kerja motor bensin, perbedaannya terletak hanya pada cara memasukkan bahan bakar. Pada motor diesel bahan bakar disemprot ke ruang bakar dengan langsung menggunakan injektor. Dalam motor diesel empat langkah, aturan kerjanya adalah untuk menyelesaikan satu siklus atau satu rangkaian siklus kerja sampai menghasilkan pengapian dan satu langkah usaha

membutuhkan empat langkah piston.[10], seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. dibawah ini.



Gambar 2. 1. Prinsip Dasar Kerja Motor 4 Langkah

a. Langkah hisap (*suction strokes*).

Pada langkah ini piston bergerak ke bawah dari TMA menuju TMB dengan menghisap udara dari *intake manifold*. Pada langkah hisap keadaan katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup.

b. Langkah kompresi (*compression strokes*).

Pada langkah ini piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan keadaan kedua katup tertutup. Piston bergerak ke atas untuk mengkompresi atau menekan udara murni sehingga menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur. Setelah piston mencapai atas atau TMA bahan bakar disemprotkan kedalam ruang bakar oleh injector atau nozzle yang berbentuk kabut. Dengan adanya temperatur dan tekanan yang tinggi pada ruang bakar maka bahan bakar akan terbakar.

c. Langkah usaha/ekspansi.

Pada langkah ini Kedua katup masih dalam keadaan tertutup, Setelah terjadinya pembakaran maka hasil pembakaran akan menghasilkan tekanan untuk mendorong piston kembali ke TMB dan menyebabkan terjadinya gaya aksial, Gaya aksial ini dirubah dan diteruskan oleh poros engkol menjadi gaya radial (putar).

d. Langkah buang (*exhaust strokes*).

Pada langkah ini piston bergerak ke atas dari TMB ke TMA dengan posisi katup buang dalam keadaan terbuka. Gaya yang masih terjadi di flywheel akan menaikkan kembali piston dari TMB ke TMA Pergerakan piston ke atas akan mendorong atau membuang gas buang hasil pembakaran ke luar melalui katup buang menuju exhaust manifold. Begitu seterusnya sehingga terjadi siklus pergerakan piston yang tidak berhenti. Siklus ini tidak akan berhenti selama faktor yang mendukung siklus tersebut tidak ada yang terputus. [11, p. 11]

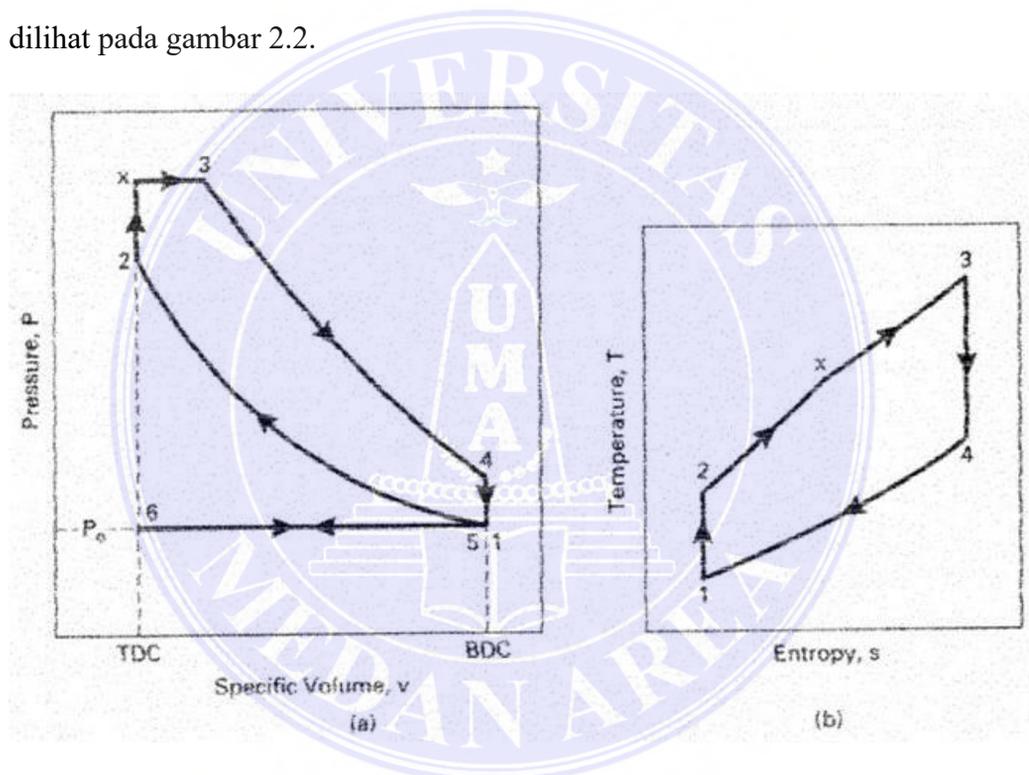
## 2.2.2 Siklus termodinamika mesin diesel

a. Siklus ganda (*dual cycle*)

Siklus trinkler atau siklus ganda adalah kombinasi siklus Otto volume konstan dan siklus diesel tekanan konstan. Penambahan panas terjadi pada dua bagian dalam siklus ini. Penambahan panas parsial terjadi pada volume konstan mirip dengan siklus Otto sedangkan penambahan panas parsial sisanya terjadi pada tekanan konstan yang mirip dengan siklus diesel. Signifikansi metode penambahan panas tersebut adalah memberikan lebih banyak waktu untuk bahan bakar untuk pembakaran sempurna. Siklus aktual dari proses kerja motor bakar sangat kompleks untuk digambarkan, umumnya siklus kerja motor bakar didekati

dalam bentuk siklus udara standar (air standard cycle). Pada siklus udara standar, sistem kerja fluida menggunakan fluida udara dan pemberian panas dari luar sebagai bahan bakarnya. Dilakukannya pendinginan bertujuan untuk mengembalikan fluida pada posisi awal.

Siklus udara standar pada mesin diesel dengan teknologi baru disebut sebagai siklus Trinkler atau dual cycle karena pemasukan kalor terjadi pada saat volume konstan dan tekanan konstan. Diagram siklus untuk motor trinkler bisa dilihat pada gambar 2.2.

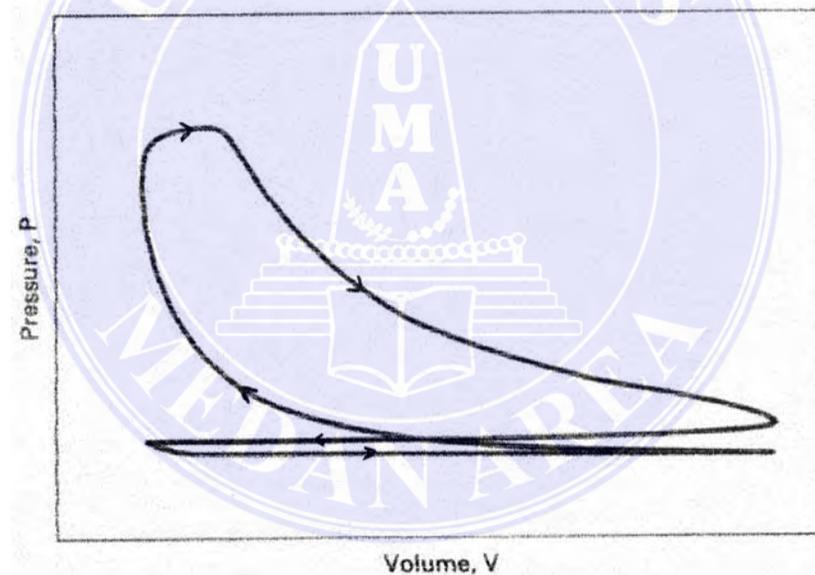


Gambar 2. 2. Diagram Standar Siklus

Trinkler Langkah kerja siklus ini terdiri dari:

- 1) Langkah hisap pada tekanan konstan ; 6-1
- 2) Proses kompresi secara isentropic ; 1-2
- 3) Proses pembakaran pada volume konstan ; 2-x
- 4) Proses pembakaran pada tekanan konstan ; x-3
- 5) Proses ekspansi secara isentropic ; 3-4
- 6) Langkah buang pada volume konstan ; 4-5
- 7) Langkah buang pada tekanan konstan ; 5-6

Bila tekanan gas dan volume pada silinder secara bersamaan pada setiap posisi silinder dapat diukur, maka bisa digambarkan bentuk diagram aktual dari siklus trinkler seperti pada gambar 2.3.



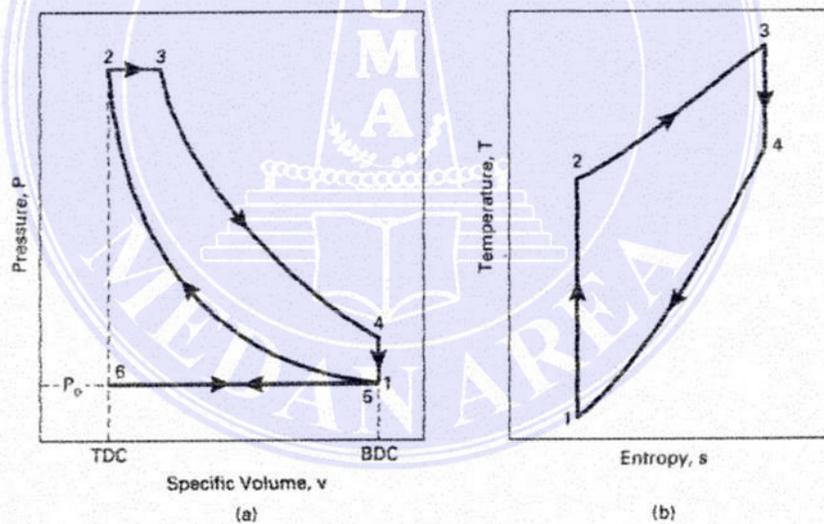
Gambar 2. 3. Diagram Aktual Siklus Trinkler

Proses termodinamika yang telah terjadi pada masing-masing langkah siklus aktual pada mesin diesel bukanlah merupakan proses yang ideal karena di dalam setiap gerakan torak terjadi kehilangan kalor akibat pendinginan dan keausan pada torak dan bantalan. Berbeda dengan yang ada pada siklus motor

bakar diesel dengan teknologi terbaru, siklus motor bakar diesel yang sebenarnya adalah siklus motor diesel sendiri.

Siklus udara baku

Pada siklus motor diesel ini, proses penyemprotan bahan bakar dimulai ketika torak mendekati TMA dan terus bekerja hingga mulai menghasilkan langkah kerja. Oleh sebab itu, proses pembakaran di mesin jenis ini memerlukan waktu yang agak lama, akibatnya proses pembakaran pada siklus diesel ideal menghasilkan tambahan panas pada tekanan yang konstan atau bisa disebut juga dengan proses penambahan kalor yang terjadi pada siklus diesel berlangsung pada tekanan konstan seperti yang dapat kita lihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Diagram Ideal

Siklus Diesel Langkah kerja siklus ini terdiri dari

- 1) Langkah hisap pada tekanan konstan : 6-1
- 2) Proses kompresi secara isentropic : 1-2
- 3) Proses penambahan kalor pada tekanan konstan : 2-3
- 4) Proses ekspansi secara isentropic : 3-4
- 5) Proses pembuangan kalor pada volume konstan : 4-5
- 6) Langkah buang pada tekanan konstan : 5-6

Proses-proses yang terjadi pada siklus tersebut adalah :

a. Proses 1-2

tekanan konstan udara hisap pada  $P_0$  . katup hisap terbuka dan katup keluar tertutup:

$$W_{6-1} = P_0 (v_1 - v_6) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$P_0$  = tekanan pada titik 0 (kPa)

$V_1$  = volume pada titik 1 ( $m^3$ )

$V_6$  = volume pada titik 6 ( $m^3$ )

$W_{6-1}$  = kerja pada titik 6-1 (kJ)

Proses 2-3. Langkah kompresi isentropik Semua katup tertutup:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = T_1 (r_c)^{k-1} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$P_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = P_1 (r_c)^{k-1} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$V_2 = V_{TDC} = m_m \frac{RT_2}{P_2} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Q_{1-2} = 0 \dots\dots\dots (2.5)$$

$$W_{1-2} = m_m \frac{R(T^2 - T_1)}{1-k} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana:

$P_1$  = tekanan pada titik 1 (kPa)

$P_2$  = tekanan pada titik 2 (kPa)

$T_1$  = temperatur pada titik 1 (K)

$T_2$  = temperatur pada titik 2 (K)

$V_1$  = volume pada titik 1 ( $m^3$ )

$V_2$  = volume pada titik 2 ( $m^3$ )

$W_{1-2}$  = kerja pada siklus 1-2 (kJ)

$R$  = konstanta gas (kJ/kg.K)

Proses 3-4 Tekanan konstan panas masuk (pembakaran) semua katup tertutup:

$$Q_{2-3} = Q_{in} = m_f Q_{HV} \eta_c = m_{cp} (T_3 - T_2) = (m_a - m_f) C_p (T_3 - T_2) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Q_{HV} \eta_c = (AF + 1) C_p (T_3 - T_2) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Q_{2-3} = Q_{in} = C_p (T_3 - T_2) = (h_3 - h_2) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$W_{2-3} = Q_{2-3} - (u_3 - u_2) = P_2 (V_3 - V_2) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$T_3 = T_{max} \dots\dots\dots (2.11)$$

Cut of ratio:

$$\beta = V_3 - V_2 = \frac{T_3}{T_2} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana:

$P_3$  = tekanan pada titik 3 (kPa)

$P_2$  = tekanan pada titik 2 (kPa)

$T_3$  = temperatur pada titik 3 (K)

$T_2$  = temperatur pada titik 2 (K)

$Q_{HV}$  = heating value (kJ/kg)

$Q_{in}$  = kalor yang masuk (kJ)

$\eta_c$  = efisiensi pembakaran

$m_m$  = massa campuran gas di dalam silinder (kg)

$C_p$  = panas jenis gas pada tekanan konstan (kJ/kg.K)

$$W_{2-3} = \text{kerja pada titik 2-3 (kJ)}$$

Proses 4-5: Langkah isentropik atau langkah ekspansi isentropik:

Semua katup tertutup:

$$Q_{3-4} = 0 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$T_4 = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^k \dots\dots\dots (2.14)$$

$$T_4 = T_3 = \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^k = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^k \dots\dots\dots (2.15)$$

$$W_{3-4} = \frac{(P_4 V_4 - P_3 V_4)}{(1-k)} = R \frac{T_4 - T_3}{(1-k)} = (U_3 - U_4) = C_v (T_3 - T_4) \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana:

- $P_4$  = tekanan pada titik 4 (kPa)
- $P_3$  = tekanan pada titik 3 (kPa)
- $T_3$  = temperatur pada titik 3 (K)
- $T_4$  = temperatur pada titik 4 (K)
- $V_3$  = volume pada titik 3 ( $m_3$ )
- $V_4$  = volume pada titik 4 ( $m_3$ )
- $m_m$  = massa campuran gas di dalam silinder (kg)
- $R$  = konstanta gas (kJ/kg.K)
- $W_{3-4}$  = kerja pada titik 3-4 (kJ)

Proses 5-6: Rejeksi panas volume konstan (keluaran berhembus ke bawah) Katup keluar terbuka dan katup hisap tertutup.

$$V_5 = V_4 = V_1 = V_{BDC} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$W_{4-5} = 0 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$Q_{4-5} = Q_{out} = m_m C_v (T_5 - T_4) = m_m C_v (T_1 - T_4) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$Q_{4-5} = Q_{out} = C_v = (T_5 - T_4) = (u_5 - u_4) = C_v (T_1 - T_4) \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana:

- $T_4$  = temperatur pada titik 4 (K)

$T_5$  = temperatur pada titik 5 (K)

$m_m$  = massa campuran gas di dalam silinder (kg)

$c_v$  = panas jenis gas pada volume konstan (kJ/kg.K)

$W_{4-5}$  = kerja pada titik 4-5 (kJ)

Proses 6-7: Tekanan Konstan langkah buang di  $P_0$ . Katup buang terbuka.

$$W_{5-6} = P_0 (V_6 - V_5) = P_0(V_6 - V_1) \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

$P_0$  = tekanan pada titik 0 (kPa)

$V_5$  = volume pada titik 5 ( $m_3$ )

$V_6$  = volume pada titik 6 ( $m_3$ )

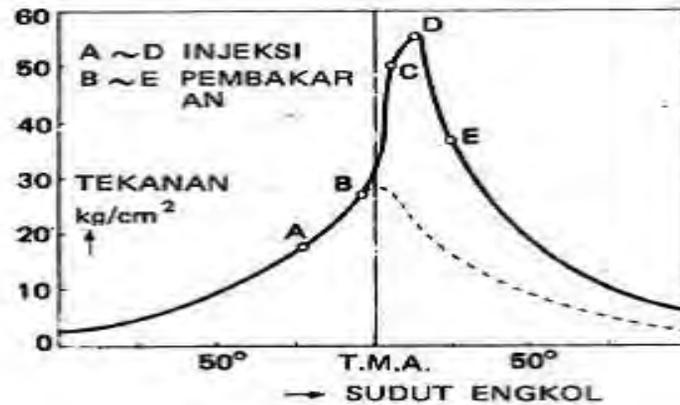
$W_{5-6}$  = kerja pada titik 5-6 (kJ)

Efisiensi Termal Siklus Diesel :

$$(\eta_t)_{DIESEL} = \frac{[W_{net}]}{[Q_{in}]} = 1 - \left( \frac{[Q_{out}]}{[Q_{in}]} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

### 2.2.3 Proses pembakaran

Pembakaran dalam motor diesel terjadi hampir serentak di semua tempat, bahan bakar yang diinjeksi berbentuk partikel-partikel dengan berbagai ukuran dan temperatur yang berbeda sesuai posisi partikel berada. Dengan demikian pembakaran dimulai dari tempat dengan kondisi campuran dan temperatur yang sudah memenuhi syarat. Proses pembakaran pada motor diesel berlangsung dapat dilihat pada diagram proses pembakaran yang digambarkan pada gambar 2.5 sebagai berikut :



Gambar 2. 5. proses pembakaran pada motor diesel

- a. Periode persiapan pembakaran (ignition delay period) (A-B)

Merupakan periode awal pembakaran dimana partikel bahan bakar yang halus menguap dan bercampur dengan udara, sehingga terbentuk campuran yang mudah terbakar. Tekanan naik sesuai gerakan engkol.

- b. Periode pembakaran cepat (B-C)

Akhir periode pertama di beberapa tempat campuran yang sangat mudah menyala mulai terbakar. Penyebaran api berlangsung cepat sehingga terjadi letupan dan tekanan di dalam silinder naik dengan cepat. Kenaikan tekanan dalam periode ini tergantung dari jumlah campuran yang terbentuk pada periode pertama.

- c. Periode pembakaran langsung (C-D)

Bahan bakar langsung terbakar setelah disemprotkan. Pembakaran dapat dikontrol dengan sejumlah bahan bakar yang disemprotkan pada periode ini dan disebut periode pembakaran terkendali.

- d. Periode pembakaran lanjutan (D-E)

Penyemprotan bahan bakar berakhir pada titik D. bahan bakar yang belum terbakar akan terus terbakar (E). Jika periode ini terlalu panjang, maka temperatur

gas buang akan bertambah dan daya guna akan turun. Bila keterlambatan pembakaran diperpanjang, maka sejumlah bahan bakar akan segera menyala dan pada periode kedua akan terjadi penyebaran api secara berlebihan. Kenaikan tekanan sangat cepat dan mengakibatkan detonasi, Untuk mengatasi detonasi maka diusahakan agar tidak terjadi kenaikan temperatur dengan membuat campuran dapat terbakar pada temperatur rendah, yaitu memperpendek masa pengapian atau mengurangi jumlah bahan bakar yang disemprotkan selama masa pengapian.[5].

### **2.3 Emisi Gas Buang Mesin Diesel**

Emisi gas buang merupakan produk sisa pembakaran yang dihasilkan dari setiap proses pembakaran. Produk utama motor pembakaran dalam yaitu hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>) dan partikulat. Namun jika dibandingkan dengan motor bensin, motor diesel tidak banyak mengandung CO dan HC. Selain itu, kadar NO<sub>2</sub> sangat rendah jika dibandingkan dengan NO. jadi, boleh dikatakan bahwa komponen utama gas buang motor diesel yang membahayakan adalah NO dan asap hitam.[11, pp. 196–203]

#### **2.3.1 Hidrokarbon (HC)**

Komponen bahan bakar diesel rata rata mempunyai berat molekul lebih tinggi dibanding campuran bensin,dan ini mengakibatkan temperatur didih dan kondensasi lebih tinggi. Hal ini memungkinkan beberapa partikel HC mengembun pada permukaan jelaga karbon padat yang dihasilkan selama pembakaran. Kebanyakan diantara terbakar sebagai campuran lanjut dan hasil

proses pembakaran. Pada umumnya motor diesel mempunyai efisiensi pembakaran sekitar 98% dengan hanya sekitar 2% HC bahan bakar menjadi emisi.

Sumber sumber emisi HC terbentuk dari beberapa penyebab seperti berikut:

- a. Rasio udara bahan bakar non-stoikiometri
- b. Pembakaran tidak sempurna
- c. Tumpang tindih katup
- d. Deposit karbon pada dinding ruang bakar
- e. Minyak pada dinding ruang bakar

### 2.3.2 Karbon Monoksida (CO)

Emisi karbon monoksida (CO) pada motor pembakaran dalam dikendalikan terutama oleh rasio udara/bahan bakar. CO dihasilkan ketika motor beroperasi dengan rasio/udara bakar kaya. ketika Oksigen yang tersedia tidak cukup untuk mengubah seluruh karbon menjadi karbondioksida CO<sub>2</sub>, beberapa bahan bakar tidak terbakar dan beberapa karbon berakhir sebagai CO. Motor diesel yang beroperasi pada campuran miskin secara keseluruhan pada umumnya mempunyai emisi CO sangat rendah.

### 2.3.3 Oksida Nitrogen (NO<sub>x</sub>)

Tingginya temperatur dan tekanan silinder selama proses pembakaran dapat menyebabkan sebagian dari nitrogen dan oksigen yang terbakar bereaksi untuk membentuk oksida nitrogen NO<sub>x</sub>. Motor dengan pembakaran miskin cenderung beroperasi pada temperatur tinggi yang dengan demikian NO<sub>x</sub> dibebaskan ke atmosfer. NO<sub>x</sub> yang dilepaskan bereaksi di atmosfer membentuk ozon melalui siklus fotolitik NO<sub>x</sub> yang merupakan salah satu dari penyebab utama munculnya asap kabut fotokimia. Penyebab Emisi NO<sub>x</sub> bersumber dari :

- a. temperatur pembakaran
- b. waktu pembakaran
- c. penempatan busi
- d. saat pengapian

## 2.4 Opasitas

Opasitas menunjukkan derajat kegelapan dan tembus pandang tidaknya suatu emisi gas buang. Semakin tinggi opasitasnya, artinya semakin tinggi persentase tidak tampaknya suatu benda akibat emisi gas buang ini. Partikulat ini terutama terdiri dari jelaga, yang proses terjadinya secara ringkas adalah pada kondisi dimana oksigen kurang HC dalam kondisi temperatur tinggi akan mengalami dekomposisi termal dan kemudian terjadi dehidrogenasi dan diikuti polimerisasi sehingga akan terbentuk senyawa antara intermediates yang banyak mengandung karbon dan selanjutnya terjadi pertumbuhan inti partikel.[12]

## 2.5 Bahan Bakar Biodiesel

Biodiesel adalah jenis bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Bahan bakar ini merupakan alkil ester yang terbuat dari sumber biologi seperti minyak nabati dan lemak hewan. Biodiesel dapat digunakan pada mesin diesel sebagai pengganti atau pencampur bahan bakar solar karena keduanya mempunyai sifat fisik dan kimia yang hampir sama [13],

Biodiesel dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi antara minyak nabati, metanol dan katalis. Transesterifikasi adalah suatu proses transformasi dari satu tipe ester ke tipe ester lain. Ester merupakan rantai hidrokarbon yang berbentuk ikatan dengan molekul yang lain.

Biodiesel mempunyai sifat pembakaran yang hampir sama dengan bahan bakar solar. Tidak mengandung nitrogen atau senyawa aromatik dan hanya mengandung kurang lebih 15 ppm sulfur. Mengandung  $\pm 11$  % oksigen dalam persen berat yang mengakibatkan berkurangnya kandungan energi (LHV lebih rendah bila dibanding dengan solar), namun menurunkan kadar emisi gas buang yang berupa CO, HC, PM dan jelaga [5].

Karakteristik bahan bakar biodiesel yang digunakan sebagai pengganti solar harus memenuhi standar mutu biodiesel Indonesia. Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel sesuai SNI 04-7182-2006 seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Spesifikasi Minyak Biodiesel

No	Karakteristik	Unit	Nilai
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850-890
2	Viskositas kinematik pada suhu 40°C	mm <sup>2</sup> /s (sec)	2,3-6,0
3	Angka cetane / indeks		min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	min. 100
5	Titik kabut	°C	maks. 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		maks. no 3
7	Residu karbon		
	- dalam contoh asli atau	% massa	maks. 0,05
	- dalam 10% ampas destilasi		maks. 0,30
8	Air dan sedimen	% vol.	maks. 0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C	maks. 360
10	Abu tersulfatkan %-massa	% massa	maks. 0,02
11	Belerang ppm-m	mg/kg	maks. 100
12	Fosfor ppm-m	mg/kg	maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH/g	maks. 0,8
14	Gliserol bebas	% massa	maks. 0,02
15	Gliserol total	% massa	maks. 0,24
16	Kadar ester alkil	% massa	maks. 96,5
17	Angka iodium	% massa	maks. 115

Sumber : SNI 04-7182-2006

### 2.5.1 Biodiesel B50

Biodiesel B50 merupakan salah satu bahan bakar alternatif untuk mesin diesel dengan karakteristik yang menyerupai minyak solar, pada biodiesel B50 memiliki persentase campuran yakni 50% biodiesel murni dengan 50% minyak diesel.

Peraturan menteri ESDM nomor 12 tahun 2015 yang menetapkan kewajiban penggunaan bahan bakar biodiesel sebagai campuran minyak solar untuk mesin diesel, sejauh ini mandatori penggunaan BBM mencapai campuran minimal 20% atau B20 oleh pemerintah melalui peraturan presiden no 66 tahun 2018 secara resmi mewajibkan seluruh sektor menggunakan biodiesel b20 sebagai bahan bakar diesel.

Penggunaan biodiesel b50 sebagai bahan bakar untuk mesin diesel dapat dilakukan sebagai upaya percepatan dalam pemanfaatan bahan bakar nabati (BBN), spesifikasi dan karakteristik biodiesel b50 dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2. 2. Karakteristik Biodiesel B50

No	Parameter Uji	unit	Hasil Uji B50	Metode Uji
1	Angka Setana	-	54.7	ASTM D 613
2	Massa Jenis suhu 15°C	kg/m <sup>3</sup>	860.7	ASTM D 4052 / D 1298
3	Viskositas suhu 40°C	cSt	3.55	ASTM D 445
4	Kandungan Sulfur	ppm	750	ASTM D 4294 / D5453
5	Distilasi 90% Vol Penguapan	°C	355.6	ASTM D 86
6	Titik Nyala	°C	92	ASTM D 93
7	Titik Tuang	°C	12	ASTM D 97
8	Titik Kabut	°C	11.7	ASTM D 2500
9	Residu Karbon	% m/m	< 0.01	ASTM D 189
10	Kandungan Air	ppm	238.90	ASTM D 6304
11	Kandungan FAME	% v/v	50.2	ASTM D 7806 / D 7371
12	Korosi Bilah Tembaga	-	1a	ASTM D 130
13	Kandungan Abu	% m/m	< 0.01	ASTM D 482

14	Kandungan Sedimen	% m/m	Nihil	ASTM D 473
15	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	0	ASTM D 664
16	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	0.22	ASTM D 664
17	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang	Visual
18	Warna	No. ASTM	1.6	ASTM D 1500
19	Lubrisitas HFRR	micron	277.5	ASTM D 6079
20	Stabilitas Oksidasi	Jam	49.7	EN 15751

Sumber: pptmgb “lemigas”

## 2.6 Zat Aditif

Zat aditif terbagi menjadi dua jenis, yaitu aditif sintetis (aditif buatan) dan bioaditif (berasal dari tumbuhan). Dalam hal ini Aditif adalah zat tambahan yang dicampur dalam bahan bakar (dalam tangki bahan bakar) untuk maksud tertentu. Aditif yang biasanya dicampur kedalam bahan bakar diesel atau biodiesel dimaksudkan untuk memperbaiki karakteristik dari bahan bakar yang bertujuan memperbaiki unjuk kerja mesin [5].

Zat aditif bahan bakar yang mampu menambah performa mesin diantaranya adalah aditif yang mempunyai sifat yaitu anti-foam, tahan terhadap air, anti korosi, stabilitas oksidasi, penambah angka setana, pelumas, dan beroperasi pada temperatur rendah. Terobosan yang semakin tajam dalam pemilihan aditif pada bahan bakar adalah aditif organik (bio aditif) yang berasal dari tumbuhan alam.

Bioaditif merupakan aditif organik yang berasal dari tumbuhan alam yang bersifat ramah lingkungan dan dapat diperbaharui, sejauh ini pengembangan bioaditif masih berbahan baku minyak atsiri, Tujuan dari Penggunaan bioaditif berbahan minyak atsiri berfungsi untuk memperkaya kandungan oksigen dalam bahan bakar karena minyak atsiri banyak mengandung atom oksigen, dengan

ketersediaan oksigen yang cukup dari minyak atsiri yang digunakan mampu menyempurnakan pembakaran di dalam mesin bakar [7].

Minyak atsiri yang telah terbukti memberikan hasil yang baik untuk digunakan sebagai aditif bahan bakar diesel/biodiesel diantaranya adalah Minyak Sereh Wangi (Citronella Oil), Minyak Nilam (Patchouli Oil), Minyak Akar Wangi (Vetiver Oil), Minyak kenanga (Cananga Oil), Minyak Kayu Putih (Cajuput Oil), Minyak Sereh Dapur (Lemongrass), Minyak Cengkeh (Cloves Oil), Minyak Cendana (Sandalwood Oil), Minyak Pala (Nutmeg Oil), Minyak Kayu Manis (Cinnamon Oil), Minyak Kemukus (Cubeb Oil) dan Minyak Lada (Pepper Oil)

## **2.7 Minyak serai**

Minyak serai wangi adalah minyak atsiri yang diperoleh dari penyulingan uap daun tanaman serai wangi. Secara botani serai wangi merupakan tanaman stolonifera, terdiri dari dua tipe yang dapat dibedakan berdasarkan morfologis dan fisiologis. Terdapat dua tipe minyak serai wangi (minyak sitronela) di dunia, yaitu: Tipe Sri Lanka, berasal dari destilasi uap daun dari spesies *Cymbopogon nardus*. Minyak tipe ini berwujud cair, berwarna kuning pucat sampai coklat dengan bau segar, seperti rumput dan agak seperti kamfer. Minyak Sri Lanka kurang bernilai ekonomis dibanding minyak tipe Jawa dan digunakan hanya sebagai pewangi sabun, bubuk pencuci dan produk. Hal lain yang cukup penting adalah ruang senyawa penyusun minyak serai wangi tersebut berada dalam rantai terbuka, yang dapat menurunkan ikatan antar molekul penyusun bahan bakar, sehingga diharapkan proses pembakaran akan lebih efektif [14].

### 2.7.1 Standar mutu minyak serai

Standar mutu minyak serai wangi di Indonesia ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN), dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2. 3 Standarisasi minyak serai

	Parameter	Satuan	persyaratan
1	massa jenis 20 <sup>0</sup> C	-	0,888 – 0,922
2	Viskositas	`	2,3245
3	Indeks bias (20 <sup>0</sup> C)	-	1,466 – 1,475
4	Bilangan ester	-	-
5	Total geraniol	%	Min 85
6	Sitronelal	%	Min 35
7	Bilangan asam	-	-
8	Putaran optic	-	-
9	Kelarutan dalam alkohol 95%	-	1:2 jernih dan seterusnya
10	Minyak lemak	-	Negatif

Sumber : SNI 06-3953-1995

## 2.8 Dinamometer

Dinamometer adalah suatu alat untuk mengukur daya dan torsi yang dihasilkan oleh mesin atau motor. Dinamometer mempunyai banyak jenis diantaranya dinamometer eddy current, dinamometer transmisi, dinamometer brake, namun pada dasarnya prinsip kerja dinamometer tetap sama yaitu dinamometer mengabsorpsi tenaga yang dikeluarkan oleh mesin dengan cara pengereman bertahap sejak mesin posisi diam sampai pada putaran maksimum.

### 2.8.1 Dinamometer brake

Perhitungan gaya pengereman rem tromol (drum brake) pada dynamobrake dapat diperoleh dengan persamaan rumus pada buku [15]

Tekanan normal pada A :  $P_N = P_1 \cdot \sin \Theta$

Tekanan normal pada elemen :

$$\delta RN = \text{Normal pressure} \times \text{Area of the element}$$

$$\delta RN = PN \text{ (b.r. } \delta\Theta)$$

$$= P1 \sin \Theta \text{ (b.r. } \delta\Theta)$$

Gaya gesek atau pengereman pada elemen

$$\delta F = \mu . \delta RN$$

$$= \mu . P1 \sin \Theta \text{ (b. r. } \delta\Theta)$$

Torsi pengereman akibat elemen terhadap O

$$\delta TB = \delta F . r$$

$$= \mu . P1 \sin \Theta \text{ (b. r. } \delta\Theta) . r$$

$$= \mu . P1 . r^2 \text{ ( } \sin\Theta . \delta\Theta)$$

## 2.9 Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel

Adapun unjuk kerja mesin diesel dipengaruhi oleh beberapa parameter sebagai berikut:

### 2.9.1 Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja yakni menggerakkan atau memindahkan mobil atau motor dari kondisi diam hingga berjalan. Untuk itu torsi berkaitan dengan akselerasi dan putaran bawah mesin. Besarnya torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal seperti sebesar F, benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebagai b, dengan data tersebut torsinya dapat diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak :

$$T = F \times r \dots\dots\dots(2.26)$$

dimana :

$$T = \text{Torsi (N.m)}$$

$$F = \text{Gayal (N)}$$

$$r = \text{Jari jari (m)}$$

### 2.9.2 Daya

Daya merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor.

Perbandingan perhitungan daya terhadap berbagai macam motor tergantung pada putaran mesin dan momen putar itu sendiri, semakin cepat putaran mesin atau rpm yang dihasilkan maka daya yang dihasilkan juga semakin besar, begitu juga momen putar motornya, semakin banyak jumlah gigi pada roda giginya semakin besar torsi yang terjadi. Pada motor bakar untuk mengetahui daya poros harus diketahui dulu torsinya. Dengan demikian jumlah putaran (rpm) dan besarnya momen putar atau torsi mempengaruhi daya motor yang dihasilkan oleh sebuah motor. Pada motor bakar daya yang berguna adalah daya poros, dikarenakan poros tersebut menggerakkan beban. Dengan demikian besar daya poros itu adalah :

$$\dot{W} = \frac{2\pi nT}{60000} \dots\dots\dots(2.27)$$

dimana :

$$\dot{W} = \text{Daya (kW)}$$

$$n = \text{Putaran Mesin (rpm)}$$

$$T = \text{Torsi (N.m)}$$

60000 dapat diartikan dengan 1 menit = 60 detik, dan untuk mendapatkan

kW = 1000 Watt.

Daya kuda dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan berikut ini:

$$P = \frac{T.n}{5252} \dots\dots\dots(2.28)$$

dimana :

$P$  = Daya kuda (Hp)

$T$  = Torsi (lbs/ft)

$n$  = Putaran mesin (rpm)

5252 = Konstanta

5252 didapat dari penyederhanaan rumus (HP =  $T \times RPM \times 2\pi / 33000 \text{ft.lb/menit}$ ) ( $2\pi = 44/7$ ) maka  $HP = T \times RPM / 5252$

### 2.9.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Dalam pengujian motor, konsumsi bahan bakar diukur sebagai laju aliran massa bahan bakar per satuan waktu  $\dot{m}_f$ .

$$\dot{m}_f = \frac{v}{t} \rho_{bb} \dots\dots\dots( 2.29)$$

dimana :

$v$  = Volume selama selama pengujian ( $\text{m}^3$ )

$t$  = Waktu pengujian (s)

$\rho_{bb}$  = Berat jenis bahan bakar ( $\text{kg/m}^3$ )

Ukuran bahan bakar yang dipakai untuk menghasilkan satu satuan daya dalam jangka waktu satu detik (s) disebut konsumsi bahan bakar spesifik yang dinyatakan sebagai laju aliran massa bahan bakar persatuan keluaran daya.

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{W} \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana:

$sfc$  = Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.s)

$\dot{m}_f$  = Laju Aliran Bahan Bakar Ke Dalam Motor (kg/s)

$\dot{W}$  = Daya Motor (kW).

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian [3] melakukan pengujian dengan menggunakan mesin diesel tipe 2 GD FTV 4 Cylinder in-line, 16 valve DOHC with VNT Intercooler dengan spesifikasi dari pabrik torsi maksimum sebesar 343 Nm pada putaran mesin 1400-2800 rpm dan daya maksimal 109 kW pada putaran 3400 rpm , selanjutnya biodiesel b50 CPO diaplikasikan ke mesin tersebut maka diperoleh torsi sebesar 277,2 Nm , menghasilkan maksimum daya sebesar 82,4 kW, dan opasitas gas buang sebesar 11,2 %

Hasil penelitian [8] menunjukkan bahwa penambahan minyak sereh wangi dan minyak cengkeh pada bahan bakar solar dengan persentase 0.1%, 0.5% dan 1% secara signifikan mengurangi konsumsi bahan bakar masing-masing sebesar 14.6%, 12.9% dan 18.3%. Maksimum pengurangan bahan bakar dari minyak campuran hanya mencapai 0.086 liter/jam pada pembebanan 1000W dengan komposisi bioaditif 1%.

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### 3.1 Tempat Dan Waktu

###### 3.1.1 Tempat

Pengujian performa dan uji opasitas gas buang dilaksanakan di Bengkel Makmur Jaya Diesel yang beralamat di Jl. Rahmadsyah No.46, Kotamatum III, Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatera Utara 20213.

###### 3.1.2 Waktu

Waktu Penelitian dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai selama waktu yang akan ditentukan. Berikut adalah jadwal kegiatan penelitian yang ditunjukkan pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

Aktifitas	2021				2022															
	Jul.		Okt.		Nov.		Feb.		Apr.		Mei.		Jun.		Jul.		Agu.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■																			
Penyelesaian Proposal			■	■																
Seminar Proposal					■	■														
Pengumpulan Data							■	■												
Analisis data									■	■										
Penyelesaian Laporan											■	■								
Seminar Hasil Sidang Sarjana													■	■	■	■				

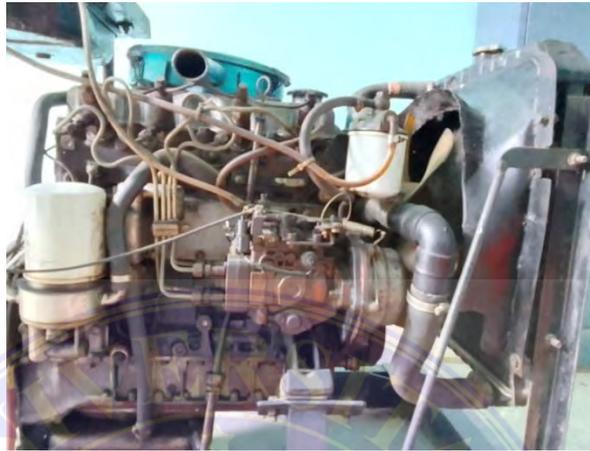
##### 3.2 Peralatan dan Bahan

###### 3.2.1 Peralatan

Adapun alat dan bahan dalam penelitian yang digunakan adalah:

a. Mesin Diesel

Mesin Diesel yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin diesel dengan merk isuzu yang ditampilkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1. Mesin Diesel

Spesifikasi yang mendukung mesin diesel ditunjukkan pada tabel 3.2 dibawah ini

Tabel 3. 2.Spesifikasi Mesin Diesel

Merk	: ISUZU
Tahun	: 1992
Jenis Mesin	: panther c223
Jumlah Silinder	: 4 silinder 2238 cc OHV indirect injection
Volume Silinder (cc)	: 2238 cc
Tenaga Maksimum	: 73 PS / 60 dk /4300rpm
Torsi Maksimum	: 140 Nm (14,2 kgm) /2400 rpm

b. Dinamometer

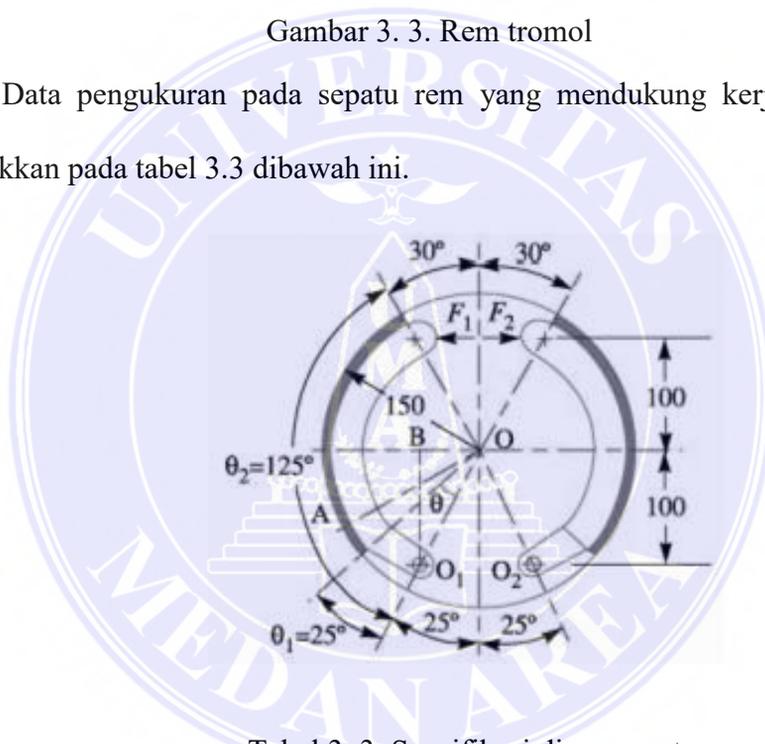
Dinamometer yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah dinamometer tipe brake atau dyno brake yang ditampilkan pada gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.2. Dyno brake

Gambar 3. 3. Rem tromol

Data pengukuran pada sepatu rem yang mendukung kerja dyno brake ditunjukkan pada tabel 3.3 dibawah ini.



Tabel 3. 3. Spesifikasi dinamometer

Jenis pengujian	Brake system
Tipe pengereman	Rem tromol
Mekanisme daya	Hidrolik
Diameter tromol	223 mm
Lebar brake shoes	4 cm
Koefisien gesekan	0,3 N

c. Smoke opacity meter

Pengujian opasitas gas buang yang digunakan pada penelitian ini adalah smoke opacity meter dengan merk OPA-102 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3. 4. Smoke opacity meter

Spesifikasi yang mendukung smoke opacity meter ditunjukkan pada tabel

3.3 dibawah ini

Tabel 3. 4 Spesifikasi smoke opacity meter

Model	: OPA-102
Mengukur item	: Keburaman asap (% , k [m-1]) RPM (opsi), ° C (opsi)
Prinsip	: Metode pemadaman cahaya ( Jenis pengambilan sampel aliran sebagian )
Sumber cahaya	: LED Hijau (565 nm)
Detektor	: Dioda foto
Rentang	: 0,0 - 100,0% (0,00 ~ 21,42m-1)
Akurasi	: Kurang dari 1%
Waktu pemanasan	: 3 ~ 6 menit
Waktu tampilan	: 4 kali / detik
Daya	: 220V / 110V AC 50 / 60Hz
Suhu	: -10 - 40 °C
Dimensi	: Sekitar 450 (W) x 200 (D) x 245 (425) (H) mm
Berat	: Sekitar 7 kg
Opsi	: RPM

### 3.2.2 Bahan

#### a. Biodiesel B50

Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah Biodiesel B50 CPO, seperti yang terdapat pada gambar 3.4 sebagai berikut



Gambar 3. 5. Biodiesel B50

#### b. Minyak Serai

Zat aditif tambahan yang digunakan digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak minyak serai, seperti yang terdapat pada gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3. 6. Bioaditif ekstrak minyak serai

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode secara *experimental*, metode penelitian yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut:

#### 3.3.1 Sistematis Penelitian

Sistematika pada analisis pengaruh pencampuran biodiesel b50 dengan bioaditif ekstrak minyak sereh terhadap performa dan opasitas gas buang sebagai berikut :

1. Studi literatur
2. Observasi lapangan dan pengkalibrasian alat ukur
3. Melakukan perhitungan
4. Menganalisis dan membandingkan
5. Menarik kesimpulan

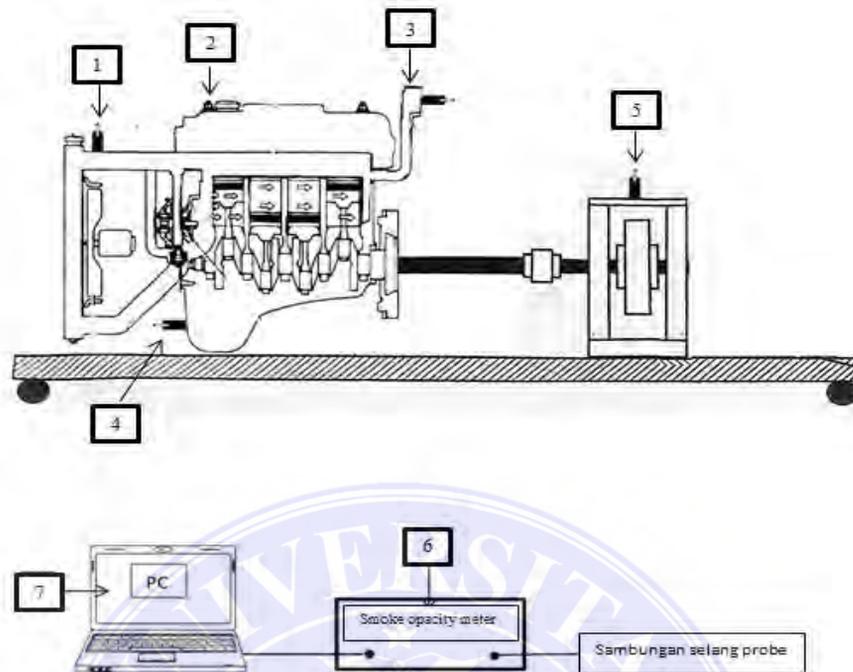
#### 3.3.2 Parameter pengukuran

Pengukuran yang menjadi parameter dalam analisis pengaruh pencampuran biodiesel b50 dengan bioaditif ekstrak minyak sereh terhadap performa dan opasitas gas buang sebagai berikut :

1. Daya
2. Torsi
3. SFC
4. Opasitas gas buang

#### 3.3.3 Rangkaian unjuk kerja mesin diesel

peralatan yang akan digunakan untuk melakukan pengujian unjuk kerja mesin diesel dipasang sedemikian rupa seperti pada Gambar 3.6 sebagai berikut :



Gambar 3. 7. Rangkaian Unjuk Kerja

Keterangan:

1. Water temperature meter
2. tangki bahan bakar
3. knalpot
4. thermo gun
5. dyno brake
6. gas analyzer
7. pc/monitor

### 3.3.4 Prosedur Pujian Unjuk Kerja Mesin Diesel

Prosedur pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Mesin diesel dihubungkan dengan brake dyno.
- b. Masukkan bahan bakar kedalam saluran bahan bakar mesin diesel.
- c. Menyalakan mesin diesel dengan menekan tombol electric starter mesin atau memutar poros engkol, kemudian mesin dipanaskan kurang lebih selama  $\pm 10$  menit.
- d. Mengatur putaran mesin pada 1600 rpm menggunakan tuas kecepatan dan terus dinaikkan hingga mencapai 2400 rpm dengan interval kenaikan setiap 200 rpm.
- e. Mencatat data-data yang dibutuhkan dalam setiap kenaikan putaran mesin meliputi : waktu konsumsi bahan bakar setiap 10 ml, torsi, dan kecepatan yang diperoleh dari mesin diesel.
- f. Mengulang pengujian dengan menggunakan variasi campuran bahan bakar yang berbeda (Biodiesel dengan bio aditif dan biodiesel tanpa bio aditif)
- g. Setelah selesai pengujian matikan mesin.

### 3.3.5 Tahap Pengujian opasitas dengan Gas Analyzer opa 102

Prosedur pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menghidupkan smoke opacity meter dengan menekan tombol on/off yang sudah tersambung dengan aliran listrik.
- b. Merangkai alat smoke opacity meter dan memastikan kertas print berada pada posisinya. Melakukan pemanasan mesin uji untuk mendapatkan kestabilan saat pengujian.

- c. Menset range pengambilan data setiap 10 detik
- d. Menghubungkan selang probe kelubang knalpot mesin.
- e. Menyimpan data dari gas analyzer berupa opasitas, dan koefisien penyerapan cahaya gas buang.

Untuk melakukan pergantian atau memvariasikan bahan bakar, langkah yang harus dilakukan adalah:

- a. Mematikan mesin uji.
- b. Kosongkan tangki dan saring bahan bakar untuk membuang sisa bahan bakar.
- c. Menunggu waktu sekitar 5- 10 menit agar tangki , filter dan selang aliran bahan bakar bersih dari sisa-sisa bahan bakar sebelumnya.
- d. Isi tangki bensin dengan bahan bakar baru.
- e. Setelah membiarkan bahan bakar masuk ke filter bahan bakar selama kurang lebih 15 detik, hidupkan mesin dan tunggu selama lima menit untuk memastikan kondisi stabil sebelum melakukan pengujian sebelumnya.

### 3.3.6 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder

#### a. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan di bengkel makmur jaya. Pencatatan dilakukan dengan terlebih dahulu memperhatikan prosedur pengujian dan

memastikan alat ukur terkalibrasi . pencatatan semua parameter dilakukan dengan frekuensi pencatatan setiap satu pengujian dengan rpm yang telah ditentukan.

b. Data Sekunder

Data sekunder yang diperoleh dari mesin pengujian berupa spesifikasi mesin diesel,

### 3.3.7 Analisis Data

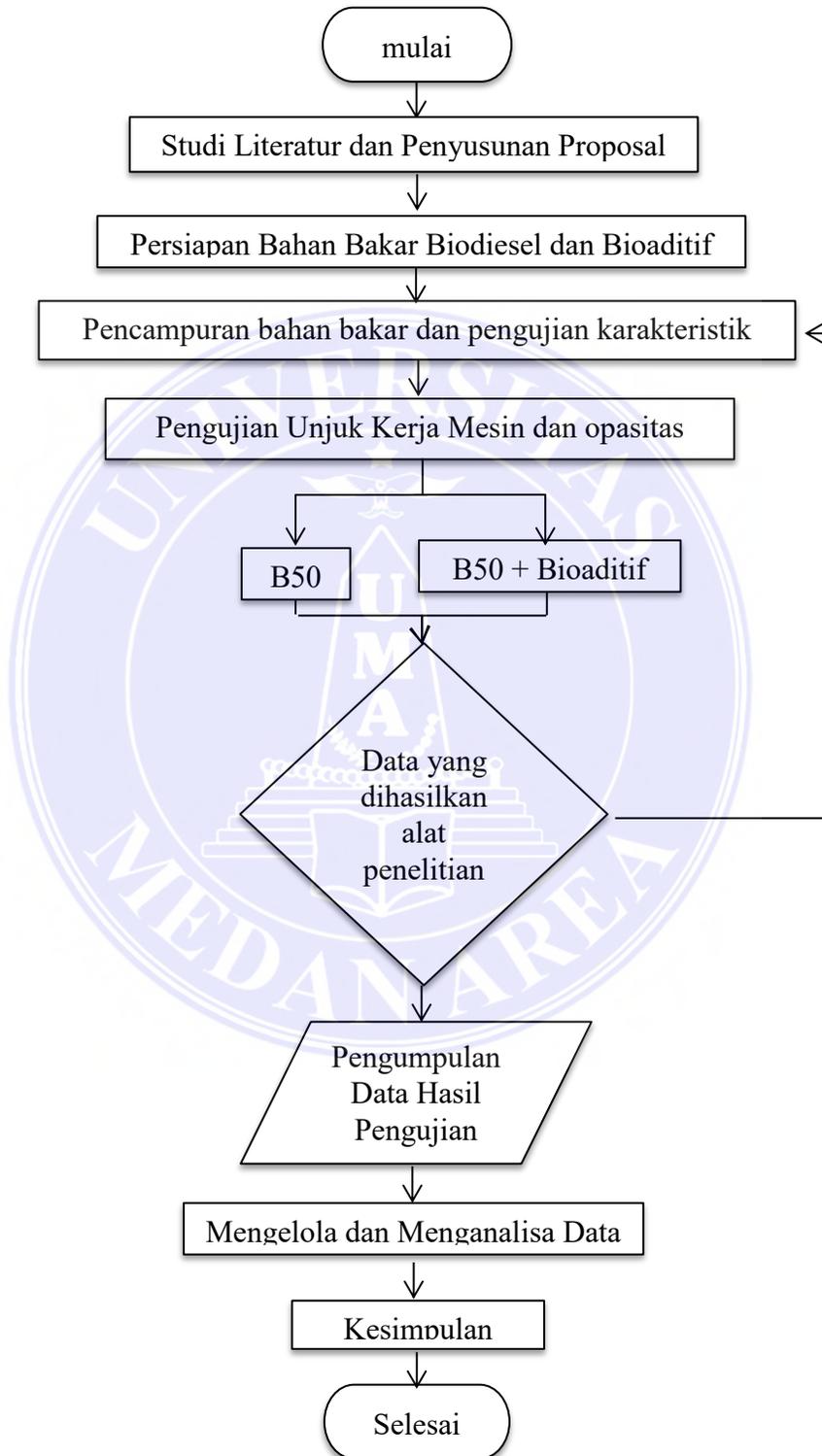
Beberapa parameter perhitungan sebagai berikut:

- 1) Torsi (Nm) menggunakan persamaan (2.5)
- 2) Daya (kW) menggunakan persamaan (2.6)
- 3) SFC (kg/kW.S) menggunakan persamaan (2.7)

Selanjutnya dilakukan analisis dengan membandingkan variasi campuran bioaditif. Kemudian ditarik kesimpulan

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir seperti yang terdapat pada Gambar 3.7 sebagai berikut



Gambar 3. 8. Diagram Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil pengujian dan pengambilan data dapat dinyatakan bahwa:

1. Pengaruh penambahan minyak serai pada bahan bakar Biodiesel B50 terhadap daya, torsi, SFC, dan opasitas yang dihasilkan pada mesin diesel.

- a. Daya

Dengan penambahan minyak serai 1 ml, 5 ml, dan 10 ml pada bahan bakar biodiesel B50 mampu menaikkan daya rata rata sebesar 11%, 25%, dan 15%.

- b. Torsi

Pengaruh pada torsi dengan penambahan minyak serai 1 ml, 5 ml, dan 10 ml pada bahan bakar biodiesel B50 mampu menaikkan torsi rata rata sebesar 11%, 25%, 15%.

- c. SFC

Pengaruh pada konsumsi bahan bakar spesifik dengan penambahan minyak serai 1 ml, 5 ml, dan 10 ml pada bahan bakar biodiesel B50 mampu menurunkan atau menghemat konsumsi bahan bakar spesifik rata rata sebesar 9%, 23%, dan 10%.

- d. Opasitas

Pengaruh pada opasitas gas buang dengan penambahan minyak serai 1 ml, 5 ml, dan 10 ml pada bahan bakar biodiesel B50 mampu menurunkan opasitas gas buang rata rata sebesar 9%, 16%, dan 10%.

2. komposisi yang tepat untuk menghasilkan daya, torsi, SFC, mesin diesel
  - a. nilai power atau daya tertinggi didapat dengan menggunakan bahan bakar biodiesel b50 campuran bioaditif 5ml yang mampu menaikkan daya mesin diesel rata rata sebesar 25 %.
  - b. nilai torsi tertinggi atau terbaik didapat dari pengujian dengan menggunakan bahan bakar biodiesel b50 campuran 5 ml yang mampu menaikkan torsi sebesar 25%.
  - c. nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang paling baik dan hemat adalah pengujian dengan menggunakan bahan bakar biodiesel b50 campuran 5 yang mampu menghemat bahan bakar rata rata sebanyak 23%.
3. komposisi yang tepat untuk mereduksi opasitas buang mesin diesel.
  - a. Pengujian bahan bakar biodiesel b50 dengan campuran bioaditif 5 ml mampu mereduksi opasitas sebesar 16% lebih baik dibandingkan penggunaan biodiesel b50 tanpa campuran bio aditif

## 5.2 Saran

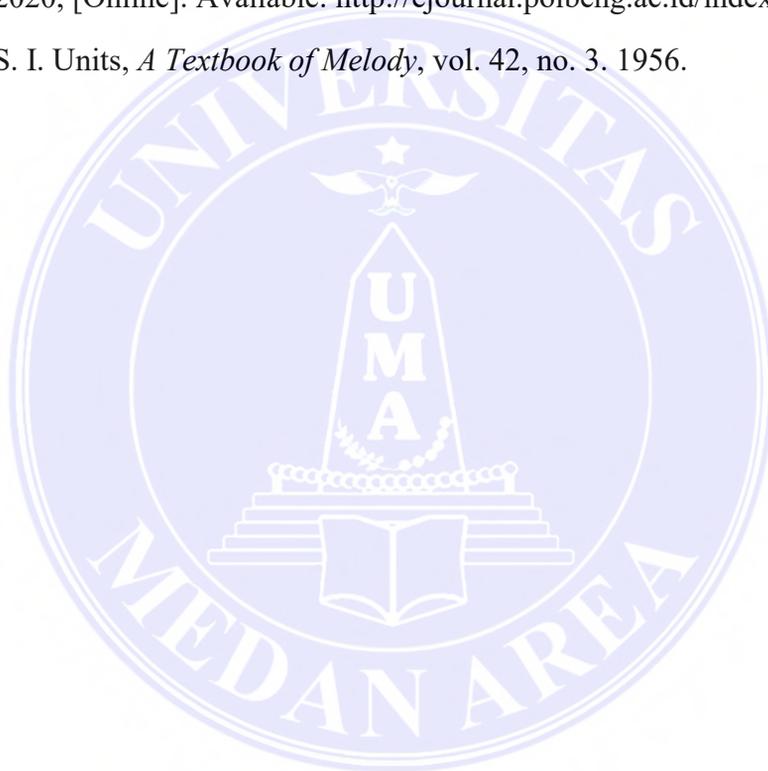
Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Pada putaran tinggi pengaruh pencampuran terhadap performa mesin semakin tinggi dan berpengaruh, oleh karena itu mesin diesel yang digunakan untuk penelitian sebaiknya mesin diesel dengan spesifikasinya yang lebih tinggi.
2. Perlu mengembangkan penelitian ini dengan rasio pencampuran yang lebih tinggi, untuk mengevaluasi sejauh mana pengaruh performa dalam campuran yang lebih tinggi.
3. Proses pengujian sebaiknya dilakukan lebih memperhatikan prosedur pengujian, harap berhati hati dengan pengujian dengan putaran mesin yang tinggi

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] MENTERI ENERGI DAN. SUMBER DAYA MINERAL, “Permen ESDM 12 Thn 2015.pdf,” <https://www.esdm.go.id/>.
- [2] R. Panji, “No Title,” 2019. <https://www.carmudi.co.id/journal/rilis-bahan-bakar>.
- [3] P. Dan, “a . Implementasi Pemanfaatan Bahan Bakar B-40 / 50 Pada,” 2020.
- [4] novi yulia Budiarti, “No Analisis Struktur Kovarians Indeks Terkait Kesehatan untuk Lansia di Rumah, Berfokus pada Perasaan Subyektif Kesehatan Title,” *Sustain.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available:<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0>
- [5] A. D. Cappenberg, “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar , Biosolar Dan Pertamina Dex Terhadap Prestasi Motor Diesel,” *Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 2, pp. 70–74, 2017, [Online]. Available: <https://scholar.google.co.id/>.
- [6] M. D. Boot, M. Tian, E. J. M. Hensen, and S. Mani Sarathy, “Impact of fuel molecular structure on auto-ignition behavior – Design rules for future high performance gasolines,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 60, no. 2017, pp. 1–25, 2017, doi: 10.1016/j.pecs.2016.12.001.
- [7] A. T. Lawang, D. Setyaningsih, M. Syahbana, T. I. Pertanian, F. T. Pertanian, and I. P. Bogor, “SEBAGAI BIOADITIF BAHAN BAKAR SOLAR DALAM MENURUNKAN EMISI GAS BUANG PADA MESIN DIESEL Evaluation Clove Leaf Oil and Citronella Oil Compounds as A Bioaditive Solar Fuel to Reduce Emissions in Diesel Engine Combustion,” vol. 20, no. 2, pp. 95–102, 2019.
- [8] R. A. Prahmana, D. G. C. Alfian, D. Supriyadi, D. J. Silitonga, and A. Muhyi, “Pengaruh Komposisi Campuran Minyak Sereh Wangi dan Minyak Cengkeh terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel,” *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 4, no. 2, p. 82, 2020, doi: 10.35472/jsat.v4i2.244.
- [9] R. Hadi Sudono, “Analisis Injeksi Bahan Bakar Pada Intake Manifold Mesin Bensin 4 Tak Berbahan Bakar Bensin Dengan Simulasi Pemodelan,” *J. Tek. dan Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 63–78, 2021, doi: 10.52909/jti.v1i1.12.
- [10] Muchlisinalahuddin, “Analisis Prestasi Mesin Motor Bakar Diesel Type Pauss Model 175A Untuk Bahan Bakar Solar Dan Bio Solar,” *Biomass Chem Eng*, vol. 3, no. 2, 2018, [Online]. Available: <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0>

- [11] P. Kristanto, *MOTOR BAKAR TORAK Teori & Aplikasinya*. ANDI, 2015.
- [12] K. Astawa, “PENGARUH PENCAMPURAN BODIESEL DENGAN SOLAR TERHADAP,” vol. 2018, pp. 37–41, 2018.
- [13] M. R. Ridho, I. K. G. Wirawan, and A. Ghurri, “Pengaruh Variasi Temperatur dan Putaran Pada Proses Partial Hydrogenation Biodiesel Minyak Jelantah Terhadap Stabilitas Oksidasi,” vol. 9, no. 3, pp. 3–8, 2020.
- [14] J. Saputra Sibarani *et al.*, “Analisa Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Serai Wangi Pada Bahan Bakar Premium Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Absolute Revo 110 ARTICLE INFO ABSTRAK,” *J. Inovtek Seri Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/ISM>.
- [15] S. I. Units, *A Textbook of Melody*, vol. 42, no. 3. 1956.



## LAMPIRAN 1. Perhitungan performa mesin Diesel

### 1. Biodiesel B50

#### a. Torsi

Untuk perhitungan torsi mesin dengan penggunaan bahan bakar Biodiesel

B50 dapat dilakukan yaitu dengan cara berikut ini:

Dimana :

$$PN = P1. \sin \Theta 90^\circ$$

$$= 1.530.000 \text{ Pa}$$

$$\delta R_N = \text{Tekanan normal} \times \text{luas penampang elemen}$$

$$\delta R_N = PN (b \cdot r \cdot \delta \Theta)$$

$$= 1.530.000 \times 0,00184$$

$$= 2.815 \text{ N}$$

Gaya gesek atau pengereman pada elemen :

$$\delta F = \mu \cdot \delta R_N$$

$$= 0,3 \times 2.815$$

$$= 844,6 \text{ N}$$

maka :

$$\delta T = \delta F \cdot r$$

$$= 844,6 \times 0,115$$

$$= 97,12 \text{ Nm}$$

#### b. Daya

Untuk perhitungan daya kiloWatt dengan menggunakan bahan bakar

Biodiesel B50 dapat dilakukan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$T = 97,12 \text{ Nm}$$

$$n = 1600 \text{ rpm}$$

Maka :

$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60000}$$

$$= \frac{97,12 \cdot 2\pi \cdot 1600}{60000}$$

$$= 16,27 \text{ kW}$$

Untuk mengetahui daya horse power, dilakukan perhitungan dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$T = 97,12 \text{ Nm} = 71,48 \text{ lbs.ft}$$

$$n = 1600 \text{ rpm}$$

Maka :

$$= \frac{T \cdot n}{5252}$$

$$= \frac{71,48 \times 1600}{5252}$$

$$= 21,78 \text{ Hp}$$

c. Laju Aliran massa bahan bakar

Untuk perhitungan laju aliran massa bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$v = 54 \text{ ml} = 54 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 43 \text{ s}$$

$$\rho_{bb} = 860,7 \text{ kg/m}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned} \dot{m}_f &= \frac{v}{t} \rho_{bb} \\ &= \frac{54 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{43s} 860,7 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,0001080 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

d. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Untuk perhitungan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

Diketahui :  $\dot{m} = 0,0001080 \text{ kg/s}$

$$\begin{aligned} \text{SFC} &= \frac{\dot{m}_f}{\dot{W}} \\ &= \frac{1080 \times 10^{-4}}{16,27} \\ &= 0,000006645 \text{ kg/kW.s} \end{aligned}$$

2. Biodiesel B50 campuran 1 ml bioaditif

a. Torsi

Untuk perhitungan torsi mesin dengan penggunaan bahan bakar Biodiesel B50 dapat dilakukan yaitu dengan cara berikut ini:

Dimana :

$$\begin{aligned} P_N &= P_1 \cdot \sin \Theta 90^\circ \\ &= 1.630.000 \text{ Pa} \\ \delta R_N &= \text{Tekanan normal} \times \text{luas penampang elemen} \\ \delta R_N &= P_N (b \cdot r \cdot \delta \Theta) \\ &= 1.630.000 \times 0,00184 \\ &= 2,999 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya gesek atau pengereman pada elemen :

$$\begin{aligned}\delta F &= \mu \cdot \delta R_N \\ &= 0,3 \times 2.815 \\ &= 899,7 \text{ N}\end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}\delta T &= \delta F \cdot r \\ &= 899,7 \times 0,115 \\ &= 103,47 \text{ Nm}\end{aligned}$$

b. Daya

Untuk perhitungan daya kiloWatt dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 dapat dilakukan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$\begin{aligned}T &= 103,47 \text{ Nm} \\ n &= 1600 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}P &= \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60000} \\ &= \frac{103,47 \cdot 2\pi \cdot 1600}{60000} \\ &= 17,33 \text{ kW}\end{aligned}$$

Untuk mengetahui daya horse power, dilakukan perhitungan dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$\begin{aligned}T &= 103,47 \text{ Nm} = 76,16 \text{ lbs.ft} \\ n &= 1600 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{T.n}{5252} \\
 &= \frac{76,16 \times 1600}{5252} \\
 &= 23,20 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

c. Laju Aliran massa bahan bakar

Untuk perhitungan laju aliran massa bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$v = 54 \text{ ml} = 54 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 43 \text{ s}$$

$$\rho_{bb} = 860,7 \text{ kg/m}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_f &= \frac{v}{t} \rho_{bb} \\
 &= \frac{54 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{43 \text{ s}} 860,7 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0,00005495 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

d. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Untuk perhitungan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

$$\text{Diketahui : } \dot{m} = 0,0001080 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SFC} &= \frac{\dot{m}_f}{W} \\
 &= \frac{1080 \times 10^{-4}}{16,27} \\
 &= 0,000005495 \text{ kg/kW.s}
 \end{aligned}$$

3. Biodiesel B50 campuran 5 ml bioaditif

a. Torsi

Untuk perhitungan torsi mesin dengan penggunaan bahan bakar Biodiesel B50 dapat dilakukan yaitu dengan cara berikut ini:

Dimana :

$$\begin{aligned} P_N &= P_1 \cdot \sin \Theta 90^\circ \\ &= 1.830.000 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$\delta R_N$  = Tekanan normal x luas penampang elemen

$$\begin{aligned} \delta R_N &= P_N (b \cdot r \cdot \delta \Theta) \\ &= 1.830,000 \times 0,00184 \\ &= 3367,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya gesek atau pengereman pada elemen :

$$\begin{aligned} \delta F &= \mu \cdot \delta R_N \\ &= 0,3 \times 2.815 \\ &= 1010,2 \text{ N} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} \delta T &= \delta F \cdot r \\ &= 1010,2 \times 0,115 \\ &= 116,17 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b. Daya

Untuk perhitungan daya kiloWatt dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 dapat dilakukan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$T = 116,17 \text{ Nm}$$

$$n = 1600 \text{ rpm}$$

Maka :

$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60000}$$

$$= \frac{116,17 \cdot 2\pi \cdot 1600}{60000}$$

$$= 19,45 \text{ kW}$$

Untuk mengetahui daya horse power, dilakukan perhitungan dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$T = 116,17 \text{ Nm} = 71,48 \text{ lbs.ft}$$

$$n = 1600 \text{ rpm}$$

Maka :

$$= \frac{T \cdot n}{5252}$$

$$= \frac{116,17 \times 1600}{5252}$$

$$= 26,05 \text{ Hp}$$

c. Laju Aliran massa bahan bakar

Untuk perhitungan laju aliran massa bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$v = 54 \text{ ml} = 54 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 43 \text{ s}$$

$$\rho_{bb} = 860,7 \text{ kg/m}^3$$

Maka :

$$\begin{aligned}\dot{m}_f &= \frac{v}{t} \rho_{bb} \\ &= \frac{54 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{43\text{s}} 860,7 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,0001080 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

d. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Untuk perhitungan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

Diketahui :  $\dot{m} = 0,0001080 \text{ kg/s}$

$$\begin{aligned}\text{SFC} &= \frac{\dot{m}f}{W} \\ &= \frac{1080 \times 10^{-4}}{16,27} \\ &= 0,000004916 \text{ kg/kW.s}\end{aligned}$$

4. Biodiesel B50 campuran 10 ml bioaditif

a. Torsi

Untuk perhitungan torsi mesin dengan penggunaan bahan bakar Biodiesel B50 dapat dilakukan yaitu dengan cara berikut ini:

Dimana :

$$\begin{aligned}PN &= P1. \sin \Theta 90^\circ \\ &= 1.630.000 \text{ Pa}\end{aligned}$$

$\delta R_N$  = Tekanan normal x luas penampang elemen

$$\begin{aligned}\delta R_N &= PN ( \text{ b . r . } \delta \Theta ) \\ &= 1.630.000 \times 0,00184 \\ &= 2999,2 \text{ N}\end{aligned}$$

Gaya gesek atau pengereman pada elemen :

$$\delta F = \mu . \delta R_N$$

$$= 0,3 \times 2.815$$

$$= 899,76 \text{ N}$$

maka :

$$\delta T = \delta F \cdot r$$

$$= 899,76 \times 0,115$$

$$= 103,47 \text{ Nm}$$

b. Daya

Untuk perhitungan daya kiloWatt dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 dapat dilakukan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$T = 103,47 \text{ Nm}$$

$$n = 1600 \text{ rpm}$$

Maka :

$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60000}$$

$$= \frac{103,47 \cdot 2\pi \cdot 1600}{60000}$$

$$= 17,33 \text{ kW}$$

Untuk mengetahui daya horse power, dilakukan perhitungan dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$T = 103,47 \text{ Nm} = 71,48 \text{ lbs.ft}$$

$$n = 1600 \text{ rpm}$$

Maka :

$$= \frac{T \cdot n}{5252}$$

$$= \frac{103,47 \times 1600}{5252}$$

$$= 23,20 \text{ Hp}$$

c. Laju Aliran massa bahan bakar

Untuk perhitungan laju aliran massa bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

Dimana :

$$v = 54 \text{ ml} = 54 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$t = 43 \text{ s}$$

$$\rho_{bb} = 860,7 \text{ kg/m}^3$$

Maka :

$$\dot{m}_f = \frac{v}{t} \rho_{bb}$$

$$= \frac{54 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{43 \text{ s}} 860,7 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,0001080 \text{ kg/s}$$

d. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Untuk perhitungan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B50 yaitu dengan menggunakan cara berikut ini:

$$\text{Diketahui : } \dot{m} = 0,0001080 \text{ kg/s}$$

$$\text{SFC} = \frac{\dot{m}_f}{\dot{W}}$$

$$= \frac{1080 \times 10^{-4}}{16,27}$$

$$= 0,000006209 \text{ kg/kW.s}$$

## LAMPIRAN 2 : Perhitungan thermodinamika

### 1. Analisis Termodinamika

Proses 6-1:

Langkah hisap, tekanan konstan, katup hisap terbuka dan katup keluar tertutup. Udara dianggap sebagai gas ideal. Udara masuk dihisap kedalam silinder dengan tekanan 100 kPa pada temperatur

Maka :

$$P_0 = 100 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 325 \text{ K}$$

$$r_c = 21:1$$

$$R = 0,287 \text{ kJ/kg-K}$$

$$C_V = 0,718 \text{ kJ/kg-K}$$

$$C_P = 1,005 \text{ kJ/kg-K}$$

f. Volume langkah

Volume langkah merupakan volume dari langkah torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA). Kapasitas 4 silinder adalah 2238 cc, maka volume langkah untuk satu silinder dapat dihitung dengan cara berikut ini :

$$V_d = \frac{2238}{4}$$

$$V_d = 559,5 \text{ cc} = 5,595 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Volume sisa

Volume sisa merupakan volume minimum silinder pada saat torak berada pada posisi titik mati atas (TMA). Dengan rasio kompresi sebesar 21:1 dan volume langkah sebesar  $5,595 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , dengan itu besarnya volume sisa dapat dihitung dengan rumus:

$$rc = \frac{V_d}{V_c}$$

$$21 = \frac{5,595 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{V_c}$$

$$V_c = 2,664 \times 10^{-5}$$

Volume pada titik

Merupakan hasil penjumlahan volume langkah ( $V_d$ ) dengan volume sisa ( $V_c$ )

$$V_1 = V_d + V_c$$

$$V_1 = 5,595 \times 10^{-4} \text{ m}^3 + 2,664 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_1 = 5,8614 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Massa udara :

Dengan tekanan 100 kPa silinder  $6,765 \times 10$  pada temperatur 320 K maka massa udara adalah

$$m_m = \frac{P_1 V_1}{RT_1}$$

$$= \frac{100 \text{ kPa} \times 5,8614 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{0,287 \text{ kJ/kg.k} \times 325 \text{ K}}$$

$$= 6,2839 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

Massa udara pembakaran ( $m_a$ ) dan massa bahan bakar ( $m_f$ )

Untuk menentukan massa bahan bakar yang diinjeksikan pada satu siklus ( $m_f$ )

dapat diperoleh dari persamaan Air Fuel Ratio (AF) dibawah ini

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

Berdasarkan data bahan bakar isoctane pada tabel A-2 Properties of fuels pada

lampiran 1, Air Fuel Ratio (AF) = 15,0 dimana  $m_a + m_f = m_m = .$  Maka,

massa bahan bakar yang diinjeksikan ( $m_f$ ) setiap siklus adalah :

$$15,0 = \frac{6,2469 \times 10^{-4}}{m_f}$$

$$m_f = 4,164 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

maka, massa udara ( $m_a$ ) yang masuk dalam silinder adalah

$$m_a = m_m - m_f$$

$$= 6,2839 \times 10^{-4} - 4,164 \times 10^{-5}$$

$$= 5,867 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

Densitas udara (Pa)

$$P_0 = 100 \text{ kPa}$$

$$T_0 = 325 \text{ K}$$

Kerapatan udara masuk ruang bakar :

$$P_a = \frac{p_0}{RT_0}$$

$$P_a = \frac{100 \text{ kPa}}{0,287 \text{ kJ/kg.k (325)}}$$

$$P_a = 1,072 \text{ kg/m}^3$$

maka kerja yang terjadi pada titik 6-1 adalah dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} W_{6-1} &= P_0 (V_1 - V_6) \dots \dots \text{dimana } P_0 = P_1 \\ &= 100 \text{ kPa} \times (0,9327 \text{ m}^3 - 0,0444 \text{ m}^3) \\ &= 88.83 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Proses 1-2 :

langkah kompresi, semua katup tertutup.. torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA)

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 (rc)^k \\ &= 100 \text{ kPa} \times (21)^{1,4} \\ &= 7097,52 \text{ kPa} \end{aligned}$$

**Proses 2-3 :**

penambahan kalor pada tekanan konstan

Kalor masuk:

QHv adalah nilai kalor panas dari bahan bakar. Berdasarkan Tabel A-2

lampiran 1, nilai kalor panas dari cetane adalah 37800 kJ/kg dan diasumsikan

terjadi pembakaran sempurna ( $\eta_c = 1$ ) Maka, kalor masuk pada kondisi tekanan konstan dapat kita hitung sesuai dengan persamaan 2.7 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} Q_{in} &= m_f Q_{HV} \eta_c \\ &= 4,164 \times 10^{-5} \text{ kg} \times 37800 \text{ kJ} \times 1 \\ &= 1,573992 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Volume pada titik 3

Volume pada titik 3 dapat kita peroleh dengan menggunakan rumus berikut ini

(1) :

$$\begin{aligned} V_3 &= \frac{R \times T_3}{P_3} \\ &= \frac{0,287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{k} \times 23061,57 \text{ K}}{7097,52 \text{ kPa}} \\ &= 0,9325 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

Temperatur pada titik 3 :

$Q_{in} = m_m C_p (T_3 - T_2)$  maka nilai  $T_3$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_3 &= T_2 \cdot rc \\ &= 1098,17 \times 21 \\ &= 23061,57 \text{ k} \end{aligned}$$

Tekanan pada titik 3:

Pada diagram p-v jelas terlihat bahwa tidak ada perubahan tekanan mulai titik 2

hingga titik 3 (ekivalen), walau terjadi peningkatan temperatur

Maka  $P_2 = P_3 = P_{maks} = 7097,52 \text{ kPa}$

kerja yang terjadi pada titik 2-3 dapat kita hitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{2-3} &= P_2 (V_3 - V_2) \\ &= 7097,52 \text{ kPa} (0,9325 - 0,0444) \\ &= 6303,30 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

g. Proses 3-4 : Langkah isentropik

Volume pada titik 4 :

Berdasarkan diagram P-v siklus diesel pada Bab II sebelumnya terlihat jelas

bahwa :  $V_4 = V_1 = 0,9327 \text{ m}^3/\text{kg}$

Temperatur pada titik 4

Setelah torak mencapai titik mati bawah (TMB) sejumlah kalor dikeluarkan dari dalam silinder sehingga temperatur fluida kerja akan turun menjadi  $T_4$ .

Nilai dari  $T_4$  dapat kita hitung dengan persamaan 2,14 berikut ini:

$$\begin{aligned} T_4 &= T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} \\ &= 23061,57 \text{ K} \left( \frac{0,9325 \text{ m}^3/\text{kg}}{0,9327 \text{ m}^3/\text{kg}} \right)^{0,4} \\ &= 9220,01 \text{ K} \end{aligned}$$

Tekanan pada titik 4

Tekanan pada titik 4 di dalam silinder akan mengalami penurunan setelah titik 3. Nilai dari P4 dapat kita hitung sesuai dengan persamaan 2.15 di bawah ini:

$$\begin{aligned}
 P_4 &= P_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^k \\
 &= 7097,52 \text{ kPa} \left( \frac{0,9325 \text{ m}^3/\text{kg}}{0,9327 \text{ m}^3/\text{kg}} \right) \\
 &= 7095,38 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Volume per siklus 3-4

Untuk kerja yang dihasilkan selama langkah ekspansi (W 3-4) dapat ditentukan berdasarkan persamaan 2.16 berikut ini:

$$\begin{aligned}
 W_{3-4} &= \frac{R(T_4 - T_3)}{1-k} \\
 &= \frac{0,287 \text{ kJ/kg.k} (9220,01 - 23061,57)}{-0,4} \\
 &= 9931,31 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

h. Proses 4-5

Titik 5 merupakan proses langkah buang atau disebut juga proses exhaust blowdown dimana katup keluar terbuka dan katup hisap tertutup, maka volume pada titik 5 (V5) sama dengan volume pada titik 4 (V4)

$$V_{5-6} = (P_0 \times (V_6 - V_6)) = P_0 \times (V_6 - V_1)$$

$$V_2 = V_6$$

$$V_5 = V_1$$

Sesuai diagram P-v, maka nilai  $P_0 - P_1 = 100 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned} W_{5-6} &= P_1 \times (V_6 - V_1) \\ &= 100 \text{ kPa} \times (0.0444 - 0,9327) \\ &= -88,83 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$W_{\text{net}}$  (kerja satu siklus)

Kerja yang dihasilkan dalam satu siklus kerja dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} W_{\text{net}} &= W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} \\ &= (-158,46) + (6303) + (9931,31) \\ &= 16075,85 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efisiensi Termal Siklus Diesel :

$$\begin{aligned} (\eta_t)_{\text{DIESEL}} &= 1 - \left[ \frac{c_v [T_4 - T_1]}{c_p [T_3 - T_2]} \right] \\ &= 1 - \frac{6386,61}{22073,21} \\ &= 1 - 0,289337 \\ &= 0,71066 \\ &= 71\% \end{aligned}$$

Efisiensi Volumetrik

$$\begin{aligned}\eta_v &= \frac{m_a}{\rho_a \times V_d} \\ &= \frac{5,829 \times 10^{-4}}{1,072 \text{ kg/m}^3 \times 5,595 \times 10^{-4} \text{ m}^3} \\ &= 0,8716 \\ &= 87,16\%\end{aligned}$$

### Efisiensi Termal Brake

$$\begin{aligned}\eta_b &= \frac{PB}{mf.CV} .3600 \\ &= \frac{13,92 \text{ kW}}{4,164 \times 10^{-4} \times 0,718 \text{ kJ/kg.K}} .3600 \\ &= 0,7522 \\ &= 75,22\%\end{aligned}$$