



**TUGAS AKHIR-TM184835**

# **STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL DENGAN VARIASI BAHAN BAKAR PERTAMINA DEX, BP DIESEL, SHELL DIESEL**

**Fawwaz Ashrur**  
0211174000137

Dosen Pembimbing  
**Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.**  
NIP. 196604021989031002

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2022**

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**TUGAS AKHIR — TM184835**

**STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN TERHADAP PERFORMA  
DAN EMISI MESIN DIESEL DENGAN VARIASI BAHAN BAKAR  
PERTAMINA DEX, BP DIESEL, SHELL DIESEL**

**Fawwaz Ashrur  
NRP. 02111740000137**

Dosen Pembimbing  
**Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.  
NIP. 196604021989031002**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2022**

**"Halaman ini sengaja dikosongkan"**



**FINAL PROJECT — TM184835**

**COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY ON DIESEL ENGINE  
PERFORMANCE AND EMISSIONS WITH VARIATIONS OF  
PERTAMINA DEX, BP DIESEL, DIESEL SHELL FUEL**

**Fawwaz Ashrur  
NRP. 02111740000137**

Academic Advisor  
**Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.  
NIP. 196604021989031002**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEMS  
ENGINEERING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2022**

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN TERHADAP PERFORMA DAN EMISI  
MESIN DIESEL DENGAN VARIASI BAHAN BAKAR PERTAMINA DEX, BP  
DIESEL, SHELL DIESEL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Fawwaz Ashrur**  
NRP. 02111740000137

Disetujui oleh:

1. Dr. Ir. Atok Setiawan, M.Eng.Sc......(Pembimbing)  
NIP 196604021989031002
2. Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T......(Penguji I)  
NIP 197301161997021001
3. Dr. Is Bunyamin Suryo, S.T., M.Sc......(Penguji II)  
NIP 198208192012121003

SURABAYA

JULI, 2022

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

APPROVAL SHEET

**COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE  
AND EMISSION WITH VARIATIONS OF PERTAMINA DEX, BP DIESEL, SHELL  
DIESEL FUEL**

**FINAL PROJECT**

Submitted to Fulfil one of Requirements for Obtaining'  
a deegre Bachelor of Engineering at Undergraduate  
Study Program of Mechanical Engineering  
Departement of Mechanical Engineering  
Faculty of Industrial Technology and System  
Engineering Sepuluh Nopember Institute of Technology

By:

**Fawwaz Ashrur**  
NRP. 02111740000137

Disetujui oleh:

1. Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.....(Advisor)  
NIP 196604021989031002
2. Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T.....(Examiner I)  
NIP 197301161997021001
3. Dr. Is Bunyamin Suryo, S.T., M.Sc.....(Examiner II)  
NIP 198208192012121003

**SURABAYA**

**JULY, 2022**

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Fawwaz Ashrur / 021117400037  
Program studi : Teknik Mesin  
Dosen Pembimbing / NIP : Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc / 196604021989031002

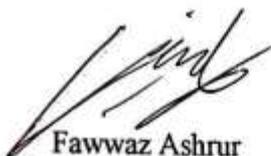
Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL DENGAN VARIASI BAHAN BAKAR PERTAMINA DEX, BP DIESEL, SHELL DIESEL" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah. Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 29 Juli 2022

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

  
Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc  
NIP. 196604021989031002

Mahasiswa

  
Fawwaz Ashrur  
NRP. 02111740000137

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below :

Name of Student / NRP : Fawwaz Ashrur / 0211174000037  
Department : Mechanical Engineering  
Advisor / NIP : Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc / 196604021989031002

Hereby declare that the Final Project with the title of “**COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS WITH VARIATIONS OF PERTAMINA DEX, BP DIESEL, DIESEL SHELL FUEL**” is the result of my own work, is original, and is weitten by following the rules of scientific writing. If in the future there is discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provosions that aplu at Sepuluh Nopember Institute of Techbology.

Surabaya, 29 Juli 2022

Aknowledge  
Advisor



Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc  
NIP. 196604021989031002

Student



Fawwaz Ashrur  
NRP. 02111740000137

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL DENGAN VARIASI BAHAN BAKAR PERTAMINA DEX, BP DIESEL, SHELL DIESEL

Nama Mahasiswa : Fawwaz Ashrur  
NRP : 02111740000137  
Departemen : Teknik Mesin FTIRS-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.

## ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar diesel diprediksi akan meningkat setiap tahunnya. Dikarenakan bertambah banyaknya penggunaan bahan bakar diesel pada kendaraan pribadi seperti mobil, peningkatan dalam memilih penggunaan bahan bakar diesel karena dirasa cukup efisien. Regulasi terhadap penggunaan bahan bakar diesel sudah di atur dalam regulasi Euro 4, dan yang terbaru pada standar Euro 5 dengan kandungan sulfur ultra rendah (10ppm). Di indonesia sendiri memiliki berbagai macam bahan bakar diesel berbeda vendor di mulai dari pertamina dengan Pertamina Dex, Shell dengan Shell Diesel Extra, sedangkan PT BP AKR mengelola bahan bakar BP Diesel.

Penelitian ini menggunakan bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, Bp Diesel. Pada setiap bahan bakar dilakukan tiga pengujian yaitu, uji properties bahan bakar, uji performa dan emisi mesin diesel. Kemudian dilakukan perhitungan ntuk mendapatkan nilai-nilai nilai-nilai Daya, Torsi, *Spesific Fuel Compsumtion* (SFC), Efisiensi Thermal, dan *Brake Mean Effective Pressure* (BMEP) sebagai parameter performa serta *Smoke Opacity* sebagai parameter kualitas emisi dari ketiga jenis bahan bakar Uji performa mesin diesel dilakukan dengan putaran konstan pada 2200 rpm dan beban yang bervariasi dari 500 W hingga 4000 W dengan interval 500 W.

Dari penelitian ini, didapatkan hasil bahwa torsi terbesar dihasilkan oleh bahan bakar Bp Diesel sebesar 12,30 Nm kemudian diikuti oleh Pertamina Dex sebesar 12,24 Nm dan Shell Diesel sebesar 12,22 Nm. Daya terbesar dihasilkan oleh Bp Diesel sebesar 2832,94 Watt Nm kemudian diikuti oleh Pertamina Dex sebesar 2817,78 Watt dan Shell Diesel sebesar 2813,70 Watt, sehingga dari parameter torsi dan daya, BP Diesel memiliki performa terbaik namun dengan nilai yang tidak berbeda jauh dengan bahan bakar lain. BMEP terbesar dihasilkan oleh bahan bakar Bp Diesel sebesar 311603,63 N/m<sup>2</sup> kemdian diikuti oleh pertamina Dex sebesar 309935,41 N/m<sup>2</sup> dan Shell Diesel sebesar 309487,01 N/m<sup>2</sup>, sehingga dari parameter BMEP, BP Diesel merupakan yang terbaik dari bahan bakar yang lain. SFC terbesar dihasilkan oleh bahan bakar Bp Diesel sebesar 0,55 kg/kWh diikuti oleh Shell Diesel sebesar 0,54 kg/kWh dan Pertamina Dex sebesar 0,50 kg/kWh, sehingga dari parameter SFC, Pertamina Dex merupakan yang terbaik dari bahan bakar lain. Efisiensi termal terbesar dihasilkan oleh bahan bakar Pertamina Dex sebesar 20,14% diikuti oleh BP Diesel sebesar 16,30% dan Shell Diesel sebesar 15,85%, sehingga pada parameter Efisiensi Termal, Pertamina Dex merupakan yang terbaik dari bahan bakar lain. Smoke Opacity terbesar dihasilkan oleh Pertamina Dex sebesar 10,75 % diikuti oleh BP Diesel sebesar 10,53% dan Shell Diesel sebesar 8,35 %

**Kata kunci:** Bahan Bakar, Euro, Pertamina Dex, Shell Diesel, Bp Diesel

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS WITH VARIATIONS OF PERTAMINA DEX, BP DIESEL, DIESEL SHELL FUEL

**Nama Mahasiswa** : Fawwaz Ashrur  
**NRP** : 02111740000137  
**Departemen** : Teknik Mesin FTIRS-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.

## ABSTRACT

The use of diesel fuel is predicted to increase every year. Due to the increasing use of diesel fuel in private vehicles such as cars, the increase in choosing the use of diesel fuel because it is considered quite efficient. Regulations on the use of diesel fuel have been regulated in Euro 4 regulations, and most recently the Euro 5 standard with ultra low sulfur content (10ppm). In Indonesia itself, there are various kinds of diesel fuel from different vendors, starting from Pertamina with Pertamina Dex, Shell with Shell Diesel Extra, while PT BP AKR manages BP Diesel fuel.

This research uses Pertamina Dex, Shell Diesel, and Bp Diesel as fuel. For each fuel, three tests were carried out, namely, fuel properties test, performance test and diesel engine emissions. Then calculations are carried out to obtain the values of Power, Torque, Specific Fuel Consumption (SFC), Thermal Efficiency, and Brake Mean Effective Pressure (BMEP) as performance parameters and Smoke Opacity as emission quality parameters of the three types of fuel. Performance test the diesel engine runs at constant speed at 2200 rpm and a varying load from 500 W to 4000 W at 500 W intervals.

From this study, it was found that the largest torque was produced by BP Diesel fuel at 12.30 Nm, followed by Pertamina Dex at 12.24 Nm and Shell Diesel at 12.22 Nm. The biggest power is produced by Bp Diesel at 2832.94 Watt, followed by Pertamina Dex at 2817.78 Watt and Shell Diesel at 2813.70 Watt, so that from the torque and power parameters, BP Diesel has the best performance but with a value that is not much different with other fuels. The largest BMEP produced by Bp Diesel fuel at 311603.63 N/m<sup>2</sup> then followed by Pertamina Dex at 309935.41 N/m<sup>2</sup> and Shell Diesel at 309487.01 N/m<sup>2</sup>, so that from the BMEP parameters, BP Diesel is the best. The largest SFC was produced by BP Diesel at 0.55 kg/kWh followed by Shell Diesel at 0.54 kg/kWh and Pertamina Dex at 0.50 kg/kWh, so that from the SFC parameter, Pertamina Dex is the best of fuels other. The highest thermal efficiency is produced by Pertamina Dex fuel at 20.14% followed by BP Diesel at 16.30% and Shell Diesel at 15.85%, so that in the Thermal Efficiency parameter, Pertamina Dex is the best from other fuels. Pertamina Dex produced the largest smoke opacity at 10.75%, followed by BP Diesel at 10.53% and Shell Diesel at 8.35%.

**Keywords:** Fuel, Euro, Pertamina Dex, Shell Diesel, Bp Diesel

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas kehadiran Allah SWY atas rahmat, rezeki, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan Pendidikan S-1 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Melalui tulisan ini penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah bekerja sama dan memberikan bantuan baik materil maupun moril, antara lain:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak H. Ashim Shofwan dan Ibu Hj. Mabruroh yang selalu mendukung dan memotivasi penulis selama masa perkuliahan. Kakak-kakak penulis yaitu Mbak Rika dan Mbak Sisil yang juga selalu memberikan semangat dalam menjalani masa perkuliahan hingga akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing yang sabar dan tulus membimbing serta mengarahkan penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Bambang Sudarmanta, S.T., M.T., Bapak Ary Bachtiar K. P., S.T., M.T., Ph.D., dan Bapak Is Bunyamin Suryo, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan masukan pada penulisan Tugas Akhir ini.
4. Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Ketintang yang telah membantu dalam pengujian *properties* bahan bakar pada Tugas Akhir ini.
5. Anggota bimbingan Tugas Akhir Bapak Atok, yang telah memberi banyak bantuan selama penyusunan Tugas Akhir mulai dari proses pembuatan proposal, pengambilan data hingga sidang Tugas Akhir.
6. Kawan-kawan di Laboratorium Pembakaran dan Sistem Energi yang telah menemani penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Leby Madiana Fadly yang selalu memberikan support dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini
8. Sahabat-sahabat penulis, yakni Nival, Eriz, Boris, Fahad, Ladik, Rijal, dan lainnya yang tidak bisa di sebutkan satu-persatu atas dukungan dan motivasi selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman angkatan M60 atas segala bantuan dan dukungannya selama proses perkuliahan.
10. Seluruh civitas akademika Departemen Teknik Mesin FTIRS-ITS atas bantuannya selama proses pengambilan data maupun hal lainnya yang berkaitan dengan pengerjaan Tugas Akhir.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki. Semoga hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Juli 2022

Fawwaz Ashrur

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>APPROVAL SHEET</b> .....	<b>ix</b>
<b>PERNYATAAN ORIGINALITAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>STATEMENT OF ORIGINALITY</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxv</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
<b>DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Bahan Bakar .....	5
2.1.1 Bahan Bakar Diesel .....	5
2.1.2 Bahan Bakar Pertamina Dex .....	8
2.1.3 Dex Bahan Bakar BP Diesel.....	9
2.1.4 Bahan Bakar Shell Diesel.....	10
2.2 Pembakaran Stoikiometri .....	11
2.3 Dasar Teori Pembakaran .....	11
2.4 Dasar Teori Mesin Diesel .....	12
2.4.1 Langkah Pemasukan.....	13
2.4.2 Langkah Kompresi .....	13
2.4.3 Langkah Ekspansi .....	13
2.4.4 Langkah Buang .....	13
2.5 Tahapan Pembakaran Pada Mesin Diesel .....	13
2.5.1 Tahap Pertama .....	13
2.5.2 Tahap Kedua .....	14
2.5.3 Tahap Ketiga.....	14
2.5.4 Tahap Keempat .....	14
2.6 Unjuk Kerja Mesin Diesel .....	14
2.6.1 Daya .....	14
2.6.2 Torsi .....	15
2.6.3 Brake Tekanan Efektif Rata-Rata (bmep) .....	15
2.6.4 Specific Fuel Consumption (SFC).....	16
2.6.5 Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ).....	16
2.6.6 Opasitas .....	16
2.6.7 Suhu Gas Buang .....	17
<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1 Metode Penelitian .....	27

3.2	Pengujian Properties Bahan Bakar .....	27
3.3	Peralatan Eksperimen .....	27
3.3.1	Alat Uji.....	27
3.3.2	Alat Ukur.....	29
3.4	Tahap-Tahap Penelitian.....	30
3.5	Tahap-Tahap Persiapan Bahan Bakar .....	31
3.6	Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi.....	31
3.6.1	Skema Alat.....	31
3.6.2	Parameter Eksperimen .....	32
3.7	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	32
3.8	Matriks Penelitian .....	33
	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1	Hasil Pengujian Properties .....	36
4.1.1	Densitas .....	36
4.1.2	Viskositas .....	37
4.1.3	Nilai Kalor.....	37
4.1.4	Angka Cetane .....	38
4.1.5	Sulfur .....	39
4.1.6	Titik Nyala.....	39
4.2	Contoh Perhitungan Unjuk Kerja.....	40
4.2.1	Daya.....	40
4.2.2	Torsi .....	41
4.2.3	Brake Mean Effective Pressure ( <i>BMEP</i> ) .....	41
4.2.4	Specific Fuel Consumption ( <i>SFC</i> ) .....	42
4.2.5	Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ).....	42
4.3	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja Mesin dan Emisi Gas Buang .....	43
4.3.1	Torsi.....	43
4.3.2	Brake Mean Effective Pressure ( <i>BMEP</i> ).....	45
4.3.3	Specific Fuel Consumption ( <i>SFC</i> ).....	46
4.3.4	Efisiensi Termal .....	47
4.3.5	Temperatur Mesin dan Gas Buang .....	49
4.3.6	Smoke Opacity .....	51
4.3.7	Perhitungan Ekonomis .....	52
	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>54</b>
5.1	Kesimpulan .....	54
5.2	Saran.....	55
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel .....	12
<b>Gambar 2.2</b> Mesin Diesel Empat Langkah .....	12
<b>Gambar 2.3</b> Tahap Pembakaran .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Grafik Hubungan Antara Torsi (T) Dengan Putaran (n).....	18
<b>Gambar 2.5</b> Grafik Hubungan Antara Daya (P) Dengan Putaran (n).....	18
<b>Gambar 2.6</b> Grafik Hubungan Antara Laju Aliran Massa Bahan Bakar ( $m^o$ ) Dengan Putaran (n) ....	19
<b>Gambar 2.7</b> Grafik Hubungan Antara Laju Konsumsi Bahan Bakar (BFC) Dengan Putaran (n).....	19
<b>Gambar 2.8</b> Grafik Hubungan Antara Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC) Dengan Putaran (n).....	19
<b>Gambar 2.9</b> Grafik torsi dan daya.....	21
<b>Gambar 2.10</b> Grafik Perbandingan Putaran (rpm) dengan Daya (hp).....	21
<b>Gambar 2.11</b> merupakan grafik dari efisiensi termal ( $\eta_{th}$ ).....	24
<b>Gambar 2.12</b> Grafik Efisiensi Termal ( $\eta_{th}$ ) Terhadap Putaran Mesin.....	24
<b>Gambar 2.13</b> Grafik Tekanan Efektif Rata-rata (bmep).....	25
<b>Gambar 3.1</b> Mesin Diesel Diamond DI 800.....	27
<b>Gambar 3.2</b> Generator Electrical Dynamometer Daiho ST-6.....	28
<b>Gambar 3.3</b> Lampu Pembebanan .....	28
<b>Gambar 3.4</b> Stopwatch.....	29
<b>Gambar 3.5</b> Pipet Volumetrik.....	29
<b>Gambar 3.6</b> Amperemeter dan Voltmeter .....	29
<b>Gambar 3.7</b> Tachometer Digital.....	30
<b>Gambar 3.8</b> Smoke Tester.....	30
<b>Gambar 3.9</b> Skema Peralatan Pengujian.....	32
<b>Gambar 3.10</b> <i>Flowchart</i> Penelitian .....	33
<b>Gambar 4.1</b> Grafik densitas bahan bakar yang di uji .....	36
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Viskositas bahan bakar yang di uji.....	37
<b>Gambar 4.3</b> Grafik nilai kalor bahan bakar yang diuji .....	37
<b>Gambar 4.4</b> Grafik amgka cetan bahan bakar yang diuji .....	38
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Sulfur bahan bakar yang diuji .....	39
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Titik Nyala bahan bakar yang diuji .....	39
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Torsi terhadap beban untuk setiap bahan bakar.....	43
<b>Gambar 4.6</b> Grafik rata-rata torsi terhadap beban untuk setiap bahan bakar.....	44
<b>Gambar 4.7</b> Grafik <i>Brake Mean Effective Pressure</i> (BMEP) terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	45
<b>Gambar 4.8</b> Grafik rata-rata <i>Brake Mean Effective Pressure</i> (BMEP) terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	45
<b>Gambar 4.9</b> Grafik <i>Specific Fuel Consumption</i> terhadap beban untuk setiap bahan bakar.....	46
<b>Gambar 4.10</b> Grafik rata-rata <i>Specific Fuel Consumption</i> terhadap beban untuk setiap bahan bakar..	47
<b>Gambar 4.11</b> Grafik efisiensi termal terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	47
<b>Gambar 4.12</b> Grafik rata-rata efisiensi termal terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	48
<b>Gambar 4.13</b> Grafik temperature mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	49
<b>Gambar 4.14</b> Grafik temperatur gas buang terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	49
<b>Gambar 4.15</b> Grafik rata-rata temperature mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	50
<b>Gambar 4.16</b> Grafik rata-rata temperature gas buang terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	50
<b>Gambar 4.17</b> Grafik <i>smoke opacity</i> terhadap beban untuk setiap bahan bakar.....	51
<b>Gambar 4.18</b> Grafik rata-rata <i>smoke opacity</i> terhadap beban untuk setiap bahan bakar .....	52

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Bahan Bakar Diesel .....	5
<b>Tabel 2.2</b> Spesifikasi Bahan Bakar Pertamina Dex .....	8
<b>Tabel 2.3</b> Spesifikasi Bahan Bakar BP Diesel .....	9
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi Bahan Bakar Shell V .....	10
<b>Tabel 2.5</b> Hasil Pengujian Motor Diesel .....	17
<b>Table 4.1</b> Data hasil pengujian properties bahan bakar.....	36
<b>Table 4.2</b> Data contoh perhitungan.....	40

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan rakyat Indonesia akan kendaraan bermotor bukan merupakan hal yang dapat dihindari lagi. Menurut data dari Badan Pusat Statistik 2020 [1], dalam 5 tahun terakhir (2015- 2019), jumlah kendaraan di Indonesia selalu mengalami peningkatan. Hal tersebut tentunya mengakibatkan konsumsi bahan bakar minyak fosil meningkat setiap tahunnya. Menurut *BP Statistical Review 2020* [2], konsumsi minyak bumi di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 1,863 juta barel per hari dan mengalami peningkatan dalam 5 tahun terakhir (2015-2019) dengan peningkatan rata-rata sebesar 3,3% per tahun. Menurut *Global Transport Scenarios* [3], permintaan untuk diesel dan bahan bakar minyak diprediksi akan meningkat sebesar 46% sedangkan permintaan untuk *gasoline* akan menurun sebesar 16% pada tahun 2050.

Macam-macam bahan bakar Mesin Diesel di Indonesia untuk pihak Pemerintah dikelola oleh PT Pertamina Indonesia dengan menyediakan bahan bakar Pertamina Dex, Dexlite dan Solar ( Copyright PT Pertamina ( Persero) 2020 All right reserved) [4].

Untuk pihak swasta dikelola oleh Shell yang mengelola bahan bakar Shell Diesel. Shell Diesel merupakan standar Euro 5 dengan kandungan sulfur ultra rendah (10ppm), dapat digunakan untuk berbagai jenis mesin diesel khususnya di Indonesia. [5] Sedangkan PT BP AKR mengelola bahan bakar BP Diesel [?]

Mengenal Apa Itu Euro, merupakan standar Emisi (gas buang) kendaraan bermotor. Emisi kendaran bermotor mengandung gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), karbon monoksida (CO), volatile hydro carbon (VHC), dan partikel lain yang berdampak negatif pada manusia ataupun lingkungan bila melebihi ambang konsentrasi tertentu. Itulah sebabnya mereka memberlakukan aturan standar emisi dari kendaraan baru yang dijual di negaranya. Dalam upaya mengurangi emisi, Uni Eropa (European Union – EU) menempuh cara dengan untuk menggunakan teknologi transportasi yang lebih ramah lingkungan. Di awal 1990 EU mengeluarkan peraturan yang mewajibkan penggunaan katalis untuk mobil bensin, sering disebut standar Euro 1. Ini bertujuan untuk memperkecil kadar bahan pencemar yang dihasilkan kendaraan bermotor. Lalu secara bertahap EU memperketat peraturan menjadi standar Euro 2 (1996), Euro 3 (2000), Euro 4 (2005), Euro 5 (2009), dan Euro 6 (2014).

Pada Euro 1 mengharuskan mesin diproduksi dengan teknologi yang hanya menggunakan bensin tanpa timbal. Euro 2 untuk mobil diesel harus menggunakan solar dengan kadar sulfur di bawah 500 ppm. Pengurangan lebih banyak kadar sulfur di mesin bensin dan solar diatur dalam Euro 3, Euro 4; dan untuk truk diesel diatur dalam Euro 5. Copyright © 2020 GAIKINDO [6]

Diesel merupakan standar Euro 5 dengan kandungan sulfur ultra rendah (10ppm), dapat digunakan untuk berbagai jenis mesin diesel, termasuk mesin diesel modern. Cetane number merupakan indikator yang menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin Diesel yang diinjeksikan keruang bakar bisa terbakar secara spontan. Semakin cepat suatu bahan bakar mesin Diesel terbakar setelah diinjeksikan ke dalam ruang bakar, semakin baik cetane number bahan bakar tersebut.( Copyright © 2020 GAIKINDO ) [7].

Penelitian mengenai bahan bakar dengan Cetan Number atau dengan kandungan sulfur rendah sudah pernah di lakukan. Namun masih sedikit penelitian yang membahas secara lebih lengkap untuk performa pada mesin diesel. Penelitian oleh Imron Rosyadi

dkk. Meneliti tentang unjuk kerja mesin diesel kapasitas 132cc dengan bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, dan Total Diesel dengan variasi putaran Rpm. Dimana pada penelitian ini bertujuan mengetahui performa (Torsi, Daya, dan SFC). Performa yang di hasilkan pada Torsi mengalami kenaikan dari putaran 1200-1800 rpm. Untuk nilai masing-masing torsi adalah 8,63 Nm untuk bahan bakar Pertamina Dex, 8,76 Nm untuk bahan bakar Shell Diesel, dan 8,63 Nm untuk bahan bakar Total diesel. Pada Daya yang di hasilkan 2,65 hp untuk Pertamina Dex, 2,53 hp untuk Shell Diesel, dan 2,55 hp untuk Total Diesel. Pada SFC yang di hasilkan semakin tinggi putaran mesin maka semakin banyak bahan bakar yang di gunakan pada saat tidak dilakukan pembebanan.

Berdasarkan uraian tersebut penulis ingin mencoba untuk meneliti dengan tema “Studi Ekperimen Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Diesel Terhadap Performa dan Emisi Mesin Diesel Dengan Variasi Bahan Bakar Pertamina Dex, BP Diesel, Shell Diesel”, dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan penggunaan variasi bahan bakar Pertamina Dex, BP Diesel dan Shell Diesel terhadap performa dan emisi dari mesin diesel.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan perbedaan bahan bakar Pertamina Dex, Bp Diesel, Shell Diesel terhadap unjuk kerja mesin diesel?
2. Bagaimana perbandingan perbedaan bahan bakar Pertamina Dex, Bp Diesel, Shell Diesel terhadap emisi mesin diesel?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat mencapai tujuan penelitian ini, Adapun batasan permasalahannya sebagai berikut:

1. Pengujian menggunakan mesin diesel satu silinder empat langkah.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah Pertamina Dex, Bp Diesel, Shell Diesel.
3. Pengujian *properties* bahan bakar meliputi densitas, viskositas, nilai kalor, *cetane number*, sulfur, titik nyala.
4. Penelitian tidak membahas karakteristik kimia yang terdapat pada bahan bakar penelitian.
5. Penelitian tidak membahas pengaruh penyimpanan bahan bakar.
6. Penelitian tidak mengukur rasio udara dan bahan bakar (AFR).

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan perbedaan hasil unjuk kerja yang dihasilkan dengan penggunaan bahan bakar Pertamina Dex, Bp Diesel, Shell Diesel.
2. Untuk mengetahui perbandingan perbedaan emisi yang dihasilkan dengan penggunaan bahan bakar Pertamina Dex, Bp Diesel, Shell Diesel.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui seberapa besar perbedaan yang di hasilkan pada ujuk kerja mesin diesel dengan variasi bahan bakar Pertamina Dex, Bp Diesel, Shell Diesel.
2. Mengetahui seberapa besar perbedaan hasil emisi mesin diesel dengan variasi bahan bakar Pertamina Dex, Bp Diesel, Shell Diesel.
3. Sebagai referensi terhadap masyarakat luas terkait penggunaan bahan bakar diesel dengan berbeda vendor.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan material dengan kandungan energi yang dapat diubah menjadi energi lain melalui proses konversi energi seperti pembakaran. Bahan bakar terbagi menjadi 3 jenis berdasarkan wujud zatnya. Pada mesin pembakaran dalam khususnya untuk mesin diesel terdiri dari 2 jenis, yakni cair dan gas. Contoh bahan bakar cair pada mesin diesel adalah biodiesel, bioetanol, dan diesel [8] .

#### 2.1.1 Bahan Bakar Diesel

Mesin diesel adalah mesin yang menggunakan diesel sebagai bahan bakar dalam proses pembakarannya. Bahan bakar diesel didapatkan dari proses distilasi bertingkat minyak bumi mentah (crude oil) pada tingkat suhu 250 sampai 370 °C. Bahan bakar diesel dibagi menjadi tiga jenis, yakni tingkat 1-D, tingkat 2- D, dan tingkat 4-D. Tingkat 1-D merupakan bahan bakar yang digunakan pada mesin dengan perubahan kecepatan dan loading yang berfrekuensi, seperti untuk kendaraan bermotor. Tingkat 2-D merupakan bahan bakar yang memiliki volatilitas lebih rendah untuk mesin industri, mesin kapal laut, dan lokomotif. Tingkat 4- D digunakan untuk mesin berkecepatan rendah dan sedang. Bahan bakar diesel memiliki sifat fisis yang berpengaruh pada kinerja mesin. Pada High Speed Diesel terdapat ciri-ciri utama, yakni tidak mempunyai warna atau hanya sedikit kekuningan dan berbau, encer dan tidak mudah menguap pada suhu normal, mempunyai titik nyala yang tinggi (40°C sampai 100°C), terbakar secara spontan pada suhu 350°C, mempunyai berat jenis sekitar 0.82 – 0.86, mampu menimbulkan panas yang besar (10.500 kcal/kg), dan mempunyai kandungan sulfur yang lebih besar daripada bensin [9].

**Tabel 2.1** Spesifikasi Bahan Bakar Diesel [12]

No	Properties	Limit	
		Min	Max
1	Sulphur content% wt	-	0,5
2	Specific Gravity pada 60/60°F	0,82	0,87
3	Cetane Number	45	-
4	Viscosity Kinematic pada 40°C cSt	1,6	5,8
5	Sulphur Content% wt	-	0,5
6	Residu Carbon% wt (on 10% volume bottom)	-	0,1
7	Water content% vol	-	0,05
8	Ash content% wt	-	0,01
9	Flash point	150	-

Karakteristik yang diperlukan dalam bahan bakar diesel adalah kemampuan menyala sendiri (auto ignition), kemudahan mengalir dalam saluran bahan bakar, kemampuan teratomisasi, nilai kalor, dan karakteristik lain. Properties bahan bakar adalah sifat atau karakter yang dimiliki oleh suatu bahan bakar yang terkait dengan kinerja bahan bakar tersebut dalam proses atomisasi dan pembakaran. Properties umum yang perlu

diketahui untuk menilai kinerja bahan bakar mesin diesel, yaitu:

### a) *Density, Specific Gravity dan API Gravity*

*Density* didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar pada suhu acuan 15 °C. Sedangkan *Specific Gravity (SG)* didefinisikan sebagai perbandingan berat dari sejumlah volume minyak bakar terhadap berat air untuk volume yang sama pada suhu tertentu densitas bahan bakar, relatif terhadap air. *Specific Gravity* dinyatakan dalam persamaan:

$$SG_{\text{terhadap udara}} = \frac{\rho_{\text{bahan bakar}}}{\rho_{\text{air}}} \quad \text{a.}$$

Untuk mencari nilai *API gravity* harus terlebih dahulu mengetahui besarnya *specific gravity* dari bahan yang akan kita hitung nilai *API gravity*nya.

$$API \text{ Gravity} = \frac{141,5}{SG} = 131,5 \quad \text{b.}$$

Penentuan *specific gravity*/ berat jenis minyak (*crude oil*) dilakukan dengan alat hydrometer, dimana penunjuk *specific gravity* dapat dibaca langsung pada alat. Untuk temperatur yang lebih dari 60 °F, perlu dilakukan koreksi dengan menggunakan chart yang ada. Kualitas dari minyak (minyak berat maupun minyak ringan) ditentukan salah satunya oleh *specific gravity*. Temperatur minyak mentah juga dapat mempengaruhi viskositas atau kekentalan minyak tersebut. Hal ini yang dijadikan dasar perlunya diadakan koreksi terhadap temperatur standart 60 °F.

Sedangkan untuk menentukan *Specific Gravity* gas, alat yang digunakan adalah effusimeter, dengan memasukkan gas kedalam alat tersebut dan menghitung waktunya saat menekan air keluar dalam alat tersebut setelah sampai batas yang ditentukan, gas dihentikan sedangkan perhitungan waktunya juga dilakukan untuk kembalinya air didalam alat tersebut.

Kemudian melihat temperatur yang tertera di termometer. Untuk waktu yang tercatat  $T_1$  dan  $T_2$  dimasukkan rumus  $T_1 / T_2 = T$  ( true ) dan temperatur °API. Kemudian mengkoreksi hingga menemukan SG-nya. Penentuan SG gas sangat diperlukan mengingat gas yang terkandung dalam minyak berbeda-beda.

Densitas minyak adalah massa persatuan volume pada suhu tertentu atau dikenal juga dengan perbandingan massa minyak dengan volume pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu. Selain densitas, salah satu sifat minyak bumi yang penting dan mempunyai nilai perdagangan adalah *specific gravity (SG)*. Densitas = Berat jenis, Berat jenis adalah salah satu sifat fisika hidrokarbon yang dalam Teknik Perminyakan umumnya dinyatakan dalam *Specific Gravity (SG)* atau dengan °API.

*Specific Gravity (SG)* dari minyak bumi adalah perbandingan antara berat yang diberikan oleh minyak bumi tersebut pada volume tertentu dengan berat air suling pada volume tertentu, dengan berat air suling pada volume yang sama dan diukur pada temperatur 60 °F atau perbandingan antara berat jenis minyak pada temperatur standar dengan berat jenis air

### b) *Viskositas*

Viskositas atau kekentalan dari suatu cairan adalah salah satu sifat cairan yang menentukan besarnya perlawanan terhadap gaya geser. Viskositas terjadi terutama karena adanya interaksi antara molekul-molekul cairan. Viskositas merupakan sifat penting

dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk *handling*, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan dan jika viskositas terlalu tinggi maka akan menyulitkan dalam pemompaan dan sulit untuk diinjeksi sehingga atomisasi bahan bakar menjadi jelek. Viskositas bahan bakar minyak sangat penting, terutama bagi mesin-mesin diesel maupun ketel-ketel uap, karena viskositas minyak sangat berkaitan dengan suplai konsumsi bahan bakar ke dalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan (*atomizing*) bahan bakar melalui injector. Bilamana Viskositas terlalu tinggi maka proses *atomizing* akan terganggu karena kecenderungan bahan bakar yang mempunyai viskositas tinggi akan sulit dikabutkan. Sedangkan untuk bahan bakar yang mempunyai viskositas rendah dapat menimbulkan gesekan (*abrasive*) dalam ruang bakar karena gerakan piston dalam prosesnya membutuhkan pelumasan, sehingga viskositas juga menggambarkan tingkat pelumasan dari bahan bakar. Secara logika, viskositas bahan bakar yang lebih tinggi memiliki tingkat pelumasan yang lebih baik.

### c) Titik Nyala

Titik nyala suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar dapat menyala dengan sendirinya sehingga pada saat memasuki ruang bakar, bahan bakar dapat menimbulkan ledakan.

Jadi, Temperatur nyala (*Flame Temperatures*) adalah suhu maksimum dari nyala bahan bakar yang terjadi apabila tidak ada kebocoran panas ke sekelilingnya. Suhu nyala adiabatik diperlukan untuk mengetahui berapa besar panas yang terjadi ketika bahan bakar tersebut dibakar. Hal ini merupakan salah satu parameter karakteristik termal dari bahan bakar, seperti halnya bahan bakar solar yang dipakai sebagai bahan bakar. Perhitungan suhu nyala adiabatik didasarkan atas persentase massa dari kandungan karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen di dalam bahan bakar.

Dalam pembakaran, semua kalor yang terkandung di dalam bahan bakar diubah menjadi kalor produk + kalor sensibel. *Flame temperature* adalah temperatur dimana suatu zat atau material melepaskan uap yang cukup untuk membentuk campuran dengan udara yang ada sehingga terbakar. Walaupun banyak orang yang mengatakan bahwa temperatur nyala tidak dapat di tentukan secara nyata. Karena hal itulah para ahli mencari metode untuk menentukan nilainya secara teori.

Temperatur nyala api ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu tergantung pada jenis bahan bakar dan oksida yang digunakan. Untuk api konvensional yang digunakan dalam fotometri nyala, temperatur nyala yang lebih tinggi diperoleh dengan menggunakan oksigen murni sebagai oksida bukan udara, karena di dalam udara terdapat prosentase besar nitrogen yang justru dapat menurunkan suhu nyala api (Melisa, 2015). Di antara faktor-faktor yang mempengaruhi *flame temperature* adalah sebagai berikut:

1. Temperatur Adiabatik
2. Ada tidaknya pengoksidasi dalam bahan bakar
3. Bagaimana stokiometri pembakaran yang terjadi
4. Tekanan Atmosfir
5. Bahan bakar yang terbakar

### d) Sulphur Conten

*Sulphur content* atau kandungan belerang dalam bahan bakar dari hasil penyulingan sangat tergantung pada asal minyak mentah yang akan diolah. Keberadaan belerang tidak

diharapkan karena sifatnya merusak yaitu apabila oksida belerang bereaksi dengan air merupakan bahan yang korosif terhadap logam di ruang bakar. Selain itu menimbulkan polusi lingkungan akibat oksidasi belerang dengan oksigen selama proses pembakaran.

#### e) Cetane Number

Angka setana merupakan derajat kemampuan suatu bahan bakar untuk dapat terbakar dengan sendirinya karena tekanan dan temperatur tinggi. Angka cetana menyatakan perlambatan penyalaan (*ignition delay*) dibandingkan campuran volumetris *cetane* (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) dan *α-methylnaphthalene* (C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>CH<sub>3</sub>) yang diuji pada CFR engine pada kondisi yang sama. Cetane mempunyai nilai 100 dan *α-methylnaphthalene* mempunyai nilai 0, tetapi referensi yang digunakan sekarang adalah *heptamethylnonane* yang mempunyai nilai 15. Angka cetane merupakan ukuran kemampuan penyalaan dari bahan bakar mesin diesel. Nilai cetana yang tinggi menyebabkan *ignition delay* yang pendek, sedangkan nilai cetane yang rendah menimbulkan *knocking* pada diesel.

#### f) Calorific Value

*Calorific value* atau nilai kalor merupakan suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara atau oksigen. Nilai kalor dinyatakan dalam 2 ukuran besaran, yaitu nilai kalor atas, NKA (jika air hasil pembakaran dalam phase cair) dan nilai kalor bawah, NKB (jika air hasil pembakaran dalam phase uap). Besarnya nilai kalor atas diuji dengan *bomb calorimeter*, dan nilai kalor bawah dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$NKB = NKA - \left( \frac{m_{air}}{m_{sampel}} \times LH \right) \quad c.$$

### 2.1.2 Bahan Bakar Pertamina Dex

Pertamina Dex (singkatan dari “Diesel Environment Extra” adalah salah satu jenis bahan bakar minyak (BBM) produksi Pertamina yang dipergunakan untuk kendaraan bermotor dengan mesin diesel modern. Pertamina Dex memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar untuk mesin diesel lainnya, diantaranya: memiliki angka performa tinggi dengan Cetane Number minimal 53, memiliki kandungan sulfur paling rendah di Indonesia (max. 300 ppm) yang berfungsi untuk menghindari penyumbatan injektor dan menghasilkan emisi gas buang lebih ramah lingkungan, serta memiliki aditiv yang berfungsi untuk membersihkan dan juga melindungi mesin kendaraan [3].

**Tabel 2.2** Spesifikasi Bahan Bakar Pertamina Dex [20]

No	Karateristik	Unit	Batasan		Metode Uji	
			Min	Max	ASTM	Lain
1	Angka Setana		53		ASTM D613	
2	Indeks Setana		50		ASTM D4052	
3	Berat Jenis (Pada Suhu 15 °C)	km/5	820	860	ASTM4052	
4	Viskositas (Pada Suhu 40 °C)	mm <sup>2</sup> /5	0.2	-	ASTMD445	

5	Kandungan Sulfur	%m/m		0.03	ASTM D664	D2622
6	Bilangan Asam Total	mgKOH/g	0.3		ASTM	
7	Partikulat	mg/l		10	ASTMD2276	

Sebagai catatan keterangan tabel tersebut di atas bahwa secara umum spesifikasi bahan bakar Pertamina Dex:

1. Aditif harus kompatibel dengan minyak mesin tidak menambah kotoran mesin/kerak.
2. Aditif yang mengandung komponen pembentuk abu, ash forming tidak diperbolehkan.

### 2.1.3 Dex Bahan Bakar BP Diesel

BP diesel mempunyai *cetane number* sebesar 48. Semakin tinggi kandungan *cetane number*, bahan bakar diesel pun akan semakin mudah terbakar sehingga pembakaran yang terjadi lebih sempurna dan efisien. Kendaraan akan menghasilkan suara yang lebih halus, menghidupkan mesin juga terasa mudah. Menurut Richard Jones, *Expert Tech*, BP *Global Fuels Tech*, kandungan *active technology* ini terdapat di setiap produk BP yang merupakan formula inovatif yang dikembangkan oleh BP sehingga membuat mesin kendaraan terlindungi dari kotoran dapat menurunkan performa mesin, konsumsi bahan bakar dapat menurunkan performa mesin, konsumsi bahan bakar menjadi boros, menjadikan mesin kasar, dan membuat bagian mesin rusak sehingga sedikit berujung pada perbaikan dengan biaya yang tidak sedikit.

**Tabel 2.3** Spesifikasi Bahan Bakar BP Diesel [20]

No	Karakteristik	Unit	Batasan		Metode Uji	
			Min	Max	ASTM	Lain
1	Angka Setana		53		ASTM D613	
2	Indeks Setana		48		ASTM D4737	
3	Berat Jenis (Pada Suhu 15 °C)	kg/M <sup>3</sup>	815	870	ASTM4052/D1298	
4	Viskositas (Pada Suhu 40 °C)	mm <sup>2</sup> /s	0.2	40 °C	ASTMD4294/D5453	
5	Kandungan Sulfur	%m/m		0.03	ASTM D664	D2622
6	Bilangan Asam Total	mgKOH/g	0.3		ASTM	

Sebagai catatan, bahwa spesifikasi tersebut di atas, bahwa secara umum yang harus

diperhatikan yaitu:

1. Aditif harus kompatibel dengan minyak mesin, tidak menambah kotoran mesin/kerak . Aditif yang mengandung komponen pembentuk abu ) ash forming ) tidak diperbolehkan.
2. Penanganan ( hedling) harus dilakukan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu,air,bahan bakar lain dll )
3. Pelabelan pada pompa harus memadai dan terdefinisi
4. Batasan 0,12% m/m serta dengan 1.200 ppm

#### **2.1.4 Bahan Bakar Shell Diesel**

Shell Diesel diformulasikan dengan teknologi Dynaflex untuk mesin yang bersih dan efisien. Teknologi Dynaflex membantu membersihkan dan melindungi komponen utama pada sistem bahan bakar seperti injektor bahan bakar, dari penumpukan endapan yang dapat mengurangi performa mesin. Bahan bakar Shell Diesel Extra memiliki molekul penghilang kotoran untuk mesin diesel yang bersih dan efisien. Shell Diesel merupakan standar Euro 5 dengan kandungan sulfur ultra rendah (10ppm), dapat digunakan untuk berbagai jenis mesin diesel, termasuk mesin diesel modern.

Dari beberapa merek bahan bakar yang ada di Indonesia, ada tiga produk BBM Shell yang dipasarkan di Indonesia dan cukup sering direkomendasikan untuk digunakan pada kendaraan pribadi. Alasannya, produk ini diklaim mampu membersihkan dan melindungi komponen utama sistem bahan bakar kendaraan.

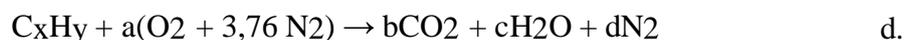
**Tabel 2.4** Spesifikasi Bahan Bakar Shell V

Parameter	Units	Limit	BS EN 590 Guarantee	Shell V-Power Diesel Typical
Cetane Number	CN	Min	51	56 to 58
Cetane Index	Calc.	min.	46	56 to 58
Density	Kg/m <sup>3</sup>	Min /max	820 / 845	836
Polycyclic aromatics	%m/m	Max	11.0	2
Sulphur	mg/kg	Max	10	6
Flash Point	Deg C	Min	>55	60
Carbon Residue	% mass	max.	0.3	<0.1
Ash	% mass	max.	0.01	<0.001
Water	mg/Kg	max.	200	< 100
Particulate Matter	mg/Kg	max.	24	2
Copper Corrosion	Class	max.	1	1
Oxidation Stability	g/m <sup>3</sup>	max.	25	<5
Lubricity	Microns	max.	460	300
Viscosity	CSt	min / max	2.0 / 4.5	3.4
Distillation				
% Recovered 250°C	%vol	Max	65	17
% Recovered 350°C	%vol	Min	85	94
95% Recovered at	Deg C	Max	360	355
Bio Component (FAME's)	%vol	Max	5	None Added
Cold Filter Plugging Point (CFPP)	Deg C	Max	Winter -15 Summer 5	Winter -20 Summer -6
Appearance	Visual		Clear & Bright	Clear & Bright
Cloud Point	Deg C	Max	Winter -5 Summer +3	Winter -7 Summer -4

Sumber: <https://www.researchgate-Shell-V-Power-diesel-fuel-as-well/download>

## 2.2 Pembakaran Stoikiometri

Jika ketersediaan oksigen untuk reaksi oksidasi mencukupi, maka bahan bakar hidrokarbon akan dioksidasi secara menyeluruh, yaitu karbon dioksidasi menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan hidrokarbon dioksidasi menjadi uap air (H<sub>2</sub>O). Pembakaran stoikiometri dan selengkapnya persamaan reaksi kimia untuk pembakaran stoikiometri dari suatu bahan bakar hidrokarbon (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) dengan udara dituliskan sebagai berikut:



Dari persamaan di atas dapat dicari kesetimbangannya: Kesetimbangan C:  $x = b$

Kesetimbangan H:  $y = 2c \rightarrow c = y/2$

Kesetimbangan O:  $2a = 2b + c \rightarrow a = b + c/2 \rightarrow a = x + y/4$  Kesetimbangan N:  $2(3,76)a = 2d \rightarrow d = 3,76a \rightarrow d = 3,76(x+y/4)$

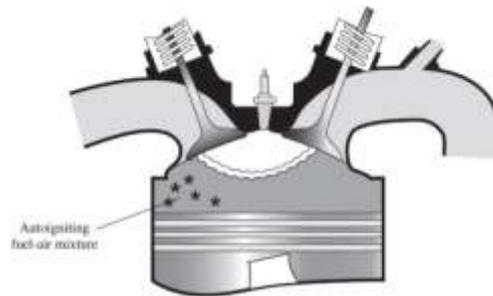
Substitusi persamaan-persamaan kesetimbangan di atas ke dalam persamaan reaksi pembakaran C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> menghasilkan persamaan sebagai berikut:



## 2.3 Dasar Teori Pembakaran

Pembakaran merupakan proses oksidasi bahan bakar secara cepat untuk

memproduksi panas dan cahaya. Zona penyebaran nyala api dapat terlihat pada gambar berikut.

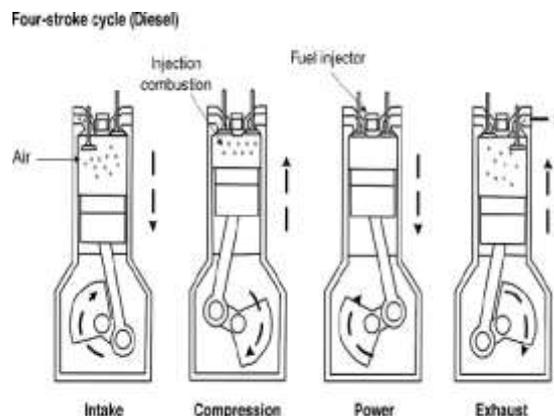


**Gambar 2.1** Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel [21]

Proses pembakaran pada mesin diesel terjadi karena autoignition yang dimiliki oleh bahan bakar. Pembakaran secara sempurna terjadi apabila pasokan oksigen yang ada memiliki jumlah yang cukup. Komposisi nitrogen di udara memiliki jumlah terbesar dengan 79%, sedangkan oksigen jumlahnya 20,9% dan sisanya merupakan elemen lain. Nitrogen berfungsi sebagai pengencer yang menurunkan temperatur dan harus ada untuk mencapai jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam pembakaran. Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran karena menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang. Nitrogen bergabung dengan oksigen menghasilkan oksida nitrogen (NOx) terutama pada temperatur penyalaan yang tinggi. Karbon dapat bergabung dengan oksigen membentuk karbon monoksida atau karbon dioksida. Apabila terbentuk karbon monoksida, sedikit panas akan dihasilkan (2.430 kkal/kg karbon). Panas lebih banyak akan dihasilkan apabila karbon dan oksigen membentuk karbon dioksida (8.084 kkal/kg karbon) [16].

## 2.4 Dasar Teori Mesin Diesel

Motor diesel menggunakan konsep pembakaran melalui proses penyalaan kompresi udara pada tekanan tinggi. Pembakaran terjadi akibat udara yang dikompresi pada ruang memiliki tekanan dan temperatur yang melebihi tekanan dan temperatur penyalaan bahan bakar. Terdapat 2 jenis motor diesel berdasarkan langkah atau gerakan piston dalam menghasilkan satu kali kerja, yakni dua langkah dan empat langkah. Pada motor diesel empat langkah terdapat empat langkah tiap piston bergerak:



**Gambar 2.2** Mesin Diesel Empat Langkah [22]

### 2.4.1 Langkah Pemasukan

Saluran dinding silinder yang terbuka dan tertutup oleh gerakan piston memungkinkan udara mengalir ke dalam silinder. Ketika piston berada pada titik mati bawah, saluran masukan udara akan terbuka sehingga udara mengalir ke dalam silinder. Tekanan tinggi dari blower yang membuat udara dapat mengalir ke dalam silinder.

### 2.4.2 Langkah Kompresi

Pada saat piston akan naik, saluran masuk dan katup buang akan menutup sehingga udara didalam silinder tertekan. Saat piston mendekati titik mati atas, bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder. Hal ini menyebabkan bahan bakar terbakar oleh panas yang dihasilkan dari penekanan udara.

### 2.4.3 Langkah Ekspansi

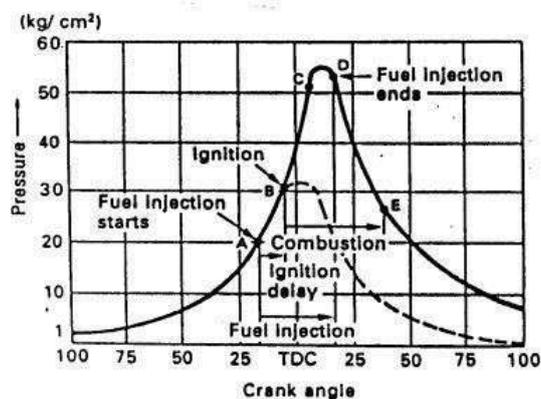
Proses pembakaran ini menghasilkan tenaga dari proses ekspansi gas yang menekan piston hingga mencapai titik mati bawah. Pada saat ini, kedua katup tertutup.

### 2.4.4 Langkah Buang

Gas buang hasil pembakaran terbang keluar melalui katup buang yang terbuka pada bagian atas silinder ketika piston hampir mencapai titik mati bawah hingga piston kembali menuju titik mati atas. Akhir langkah ini adalah ketika piston mencapai titik mati atas. Siklus berulang lagi dari awal.

## 2.5 Tahapan Pembakaran Pada Mesin Diesel

Pembakaran pada ruang bakar dapat terjadi apabila terdapat campuran bahan bakar yang dapat terbakar, sesuatu yang menyulut pembakaran, dan propagasi dari api dalam ruang bakar. Berikut tahapan-tahapan pembakaran pada mesin diesel yang digambarkan dengan diagram P –  $\theta$  seperti pada gambar 2.3, yakni:



Gambar 2. 3 Tahap Pembakaran [14]

### 2.5.1 Tahap Pertama

Periode ini disebut sebagai kelambatan pembakaran (*Ignition Delay Period*). Pada tahap ini sebagian bahan bakar telah diinjeksikan pada titik A dan baru akan muncul nyala pembakaran pada titik B. Maka dari itu, pada periode ini bahan bakar belum terbakar setelah diinjeksikan. Banyak faktor yang memengaruhi cepat lambat suatu *ignition delay* pada mesin diesel, seperti kecepatan putaran mesin diesel, pembebanan pada mesin, temperatur udara masuk, temperatur pendingin, temperatur oli, temperatur bahan bakar, ukuran droplet, dan tekanan *intake* udara.

### 2.5.2 Tahap Kedua

Pada tahap ini pembakaran terjadi secara cepat dan tidak terkendali. Periode ini terjadi setelah pembakaran awal terjadi yang diindikasikan oleh titik B – C. Bagian terluar dari droplet- droplet bahan bakar yang lebih dulu menerima panas, menguap, dan mengalami pembakaran. Akibat panas yang naik secara drastis dari pembakaran tersebut, bagian droplet-droplet yang belum terbakar ikut terbakar dengan cepat dan tidak beraturan. Hal ini menyebabkan tekanan naik sampai titik maksimum (Titik C). Sekitar sepertiga panas pembakaran dibebaskan selama periode ini.

### 2.5.3 Tahap Ketiga

Pada tahap ini terjadi pembakaran terkendali atau *controlled combustion* seperti pada gambar 2.4 bagian C- D. Pada akhir tahap kedua, tekanan dan temperatur sudah sangat tinggi sehingga bahan bakar langsung terbakar setelah diinjeksikan. Pada periode ini nyala pembakaran bergerak bersama menuju droplet-droplet yang baru diinjeksikan. Proses kontrol bahan bakar dapat dilakukan dengan mengatur laju penginjeksian. Periode ini berakhir setelah injektor berhenti menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar.

### 2.5.4 Tahap Keempat

Tahap ini disebut dengan *After Burning*. Pada tahap ketiga proses injeksi bahan bakar sudah berakhir. Namun, tidak semua bahan bakar terbakar seluruhnya. Hal ini menyebabkan adanya pembakaran lanjutan sampai seluruh sisa bahan bakar terbakar. Apabila ada bahan bakar yang belum terbakar sementara piston telah bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA) untuk melakukan langkah buang, maka sisa-sisa bahan bakar yang belum terbakar tersebut akan ikut keluar bersama gas buang sebagai UHC (*Unburnt Hydrocarbon*).

## 2.6 Unjuk Kerja Mesin Diesel

Karakteristik operasi dan unjuk kerja dari mesin diesel biasanya berhubungan dengan:

### 2.6.1 Daya

Daya mesin adalah daya yang dihasilkan untuk mengatasi beban yang diberikan pada mesin. Proses pengukuran daya dilakukan dengan cara memberikan beban lampu dengan daya dari 200 watt hingga 2000 watt. Daya yang dihasilkan mesin diesel akan dikopel dengan generator listrik sehingga dapat dihitung berdasarkan pembebanan pada generator listrik dan dapat dinyatakan sebagai daya efektif (Ne). Berikut persamaan untuk menentukan daya efektif:

$$Ne = \frac{V \times I \times \cos\theta}{\eta_{\text{generator}}} \text{ (Watt)}$$

i mana:

$$\begin{aligned} Ne &= \text{Daya Mesin (Watt)} \\ V &= \text{Tegangan Listrik (Volt)} \\ I &= \text{Arus Listrik (Ampere)} \\ \eta_{\text{generator}} &= \text{Efisiensi Mekanisme Generator} \\ \cos \theta &= \text{Faktor Daya Listrik (} \cos \theta = 1 \text{)} \end{aligned}$$

### 2.6.2 Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja. Torsi merupakan hasil pembagian daya dalam sekali putaran mesin tiap menit (rpm) sehingga memiliki satuan Nm (SI) atau ft.lb (British). Torsi berguna untuk mengatasi hambatan saat berkendara, seperti terperosok. Momen torsi dihitung dengan persamaan seperti berikut:

$$Mt = \frac{60 \times Ne60}{2\pi n} \text{ (N/m )}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Mt &: \text{Torsi (N.m)} \\ Ne &: \text{Daya Mesin (Watt)} \\ n &: \text{Putaran Mesin (rev/min)} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut, torsi sebanding dengan daya yang diberikan dan berbanding terbalik dengan putaran mesin. Semakin besar daya yang diberikan mesin, maka torsi yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar putaran mesin, maka torsi yang dihasilkan akan semakin kecil.

### 2.6.3 Brake Tekanan Efektif Rata-Rata (bmep)

Langkah kerja piston diakibatkan oleh tekanan yang bekerja dari proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar. Besarnya tekanan ini berubah-ubah sepanjang langkah piston tersebut. Perubahan tekanan pada piston ini dirata-rata sehingga berharga konstan yang membuat nilai kerja menjadi sama. Tekanan tersebut dikatakan sebagai kerja per siklus per volume langkah piston. Tekanan efektif rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif. Perumusan bmep adalah:

$$bmep = \frac{Ne \times Z \times 60}{A \times l \times n \times i} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

h  
Dimana  
:

$$\begin{aligned} Ne &: \text{Daya Mesin (Watt)} \\ A &: \text{Luas Penampang Piston (} m^2 \text{)} \end{aligned}$$

- l : Panjang Langkah Piston (m)
- i : Jumlah Silinder
- n : Putaran Mesin (rev/min)
- z : 1 (2 langkah) atau 2 (4 langkah)

#### 2.6.4 Specific Fuel Consumption (SFC)

*Specific fuel consumption (sfc)* adalah jumlah bahan bakar yang digunakan pada mesin untuk menghasilkan daya efektif satu hp selama satu jam. Proses pengujian menghasilkan data mengenai penggunaan bahan bakar dalam bentuk massa (kg) pada waktu tertentu (detik) dan daya efektif ( $N_e$ ) atau *brake horse power* (hp) sehingga dapat dibuat persamaan pemakaian bahan bakar (mbb) dan *sfc* sebagai berikut:

$$ni\ bb = \frac{mbb}{s} \text{ (kg/s)} \quad i.$$

$$sfc = 3600 \frac{mbb}{N_e} \left( \frac{\text{kg}}{\text{kW}\cdot\text{Jam}} \right) \quad j.$$

#### 2.6.5 Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )

Jumlah pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif pada mesin pembakaran dalam disebut dengan efisiensi thermal. Berikut persamaan efisiensi thermal:

$$\eta_{th} = \frac{\text{Daya Efektif yang Dihasilkan}}{ni\ \text{Bahan Bakar} \times \text{LHV Bahan Bakar}} \times 100\% \quad k.$$

*LHV* bahan bakar merupakan nilai kalor bawah (*Lower Heating Value*) atau panas pembakaran bawah bahan bakar (Kcal/kg bahan bakar). Nilai kalor sendiri adalah jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna per satuan massa atau volume bahan bakar. Berikut rumus empiris *LHV* khusus untuk bahan bakar diesel:

$$\text{LHV} = [16280 + 60 (\text{API})] \text{ Btu/lb} \quad 1.$$

Dimana:

$$1 \text{ Btu/lb} = 2,326 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ kJ/kg} = [1/4187] \text{ kkal/kg}$$

*API Gravity* adalah suatu pernyataan yang menyatakan densitas dari suatu material yang diukur pada temperatur minyak bumi 60oF. Berikut rumus untuk menghitung *API Gravity*:

$$\text{API} = \frac{141,5}{\text{Specific Gravity pada } 60^\circ\text{F}}$$

Dimana *specific gravity* untuk bahan bakar mesin diesel adalah 0,84.

#### 2.6.6 Opasitas

Opasitas adalah emisi gas buang yang dikeluarkan mesin diesel dalam ketebalan asap. Untuk mengukur opasitas digunakan alat opacimeter atau smoke tester. Nilai dari

opasitas diterjemahkan dalam satuan % atau m-1.

### 2.6.7 Suhu Gas Buang

Suhu yang dibaca alat ukur digunakan untuk mengetahui apakah engine sudah mencapai suhu kerja, sehingga pengambilan data bisa dalam keadaan engine bekerja secara optimal. Selain itu, pengukuran suhu pada gas buang ini juga bertujuan untuk mengetahui efek penggunaan aditif terhadap pembakaran yang terjadi di ruang bakar dibandingkan dengan tanpa aditif. Nilai dari suhu diterjemahkan dalam satuan °C.

## 2.7 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian oleh A.Rizal Rifai, Rudi Rusdianto, Eko Kiswoyo, dengan Judul Analisa Motor Diesel Loncin D440FHP Vareseasi Bahan Bakar BP Diesel dan Dexlite Pembahasan dan Hasil Penelitian sebagai berikut :

Percobaan kali ini adalah percobaan untuk menguji unjuk kerja motor diesel. Pengujian dilakukan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik, dan daya dari mesin diesel. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh (10) kali dari putaran 1400 rpm sampai 2300 rpm. Untuk mengetahui seberapa bahan bakar yang digunakan kami menggunakan gelas ukur dengan nilai 2 cc per garis stripnya. Dalam pengujian ini kami menetapkan waktu pemakaian bahan bakar selama 5 menit. Sedangkan untuk bahan bakarnya sendiri yang digunakan adalah BP Diesel dan Dexlite. Berikut adalah tabel hasil pengujian prestasi mesin diesel Locin D 440 F 9 HP :

**Tabel 2.5 Hasil Pengujian Motor Diesel**

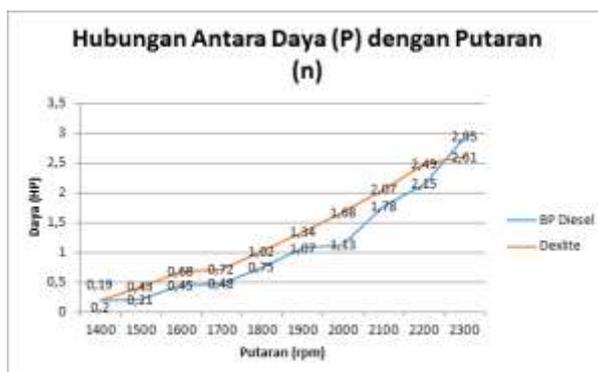
No	BP DIESEL					DEXLITE				
	RPM	t (s)	T (Kg.m)	Δh (m)	Δhg (cc)	RPM	t (s)	T (Kg.m)	Δh (m)	Δhg (cc)
1	1445	300	0,1	0,020	20	1430	300	0,1	0,022	22
2	1525	300	0,1	0,020	20	1545	300	0,2	0,022	22
3	1620	300	0,2	0,022	22	1648	300	0,3	0,024	24
4	1729	300	0,2	0,024	24	1725	300	0,3	0,026	26
5	1815	300	0,3	0,026	26	1843	300	0,4	0,026	26
6	1920	300	0,4	0,028	28	1932	300	0,5	0,028	28
7	2041	300	0,4	0,028	28	2017	300	0,6	0,030	30
8	2127	300	0,6	0,030	30	2125	300	0,8	0,032	32
9	2210	300	0,7	0,032	32	2235	300	0,8	0,036	36
10	2349	300	0,9	0,034	34	2345	300	0,9	0,038	38

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapat parameter prestasi mesin, yaitu mengetahui torsi, daya, laju aliran massa bahan bakar, konsumsi bahan bakar, dan konsumsi bahan bakar spesifik sebagai berikut :



**Gambar 2.4** Grafik Hubungan Antara Torsi ( $T$ ) Dengan Putaran ( $n$ )

Dari grafik antara torsi motor diesel ( $T$ ) dengan putaran ( $n$ ) terlihat bahwa semakin besar nilai  $T$  maka akan semakin besar pula nilai  $n$ , artinya nilai torsi ( $T$ ) berbanding lurus dengan nilai putarannya ( $n$ ). Peningkatan torsi seiring bertambahnya putaran mesin tersebut terjadi karena putaran yang lebih tinggi, aliran udara yang masuk ke ruang bakar lebih turbulen sehingga campuran udara dan bahan bakar semakin baik menghasilkan pembakaran yang lebih baik dan torsi akan meningkat. Selain itu, meningkatnya putaran mesin disebabkan oleh pengabutan atau tekanan injeksi bahan bakar yang baik. Semakin baik pengabutan bahan bakar dan bercampur dengan aliran udara yang masuk maka semakin turbulen sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna. Untuk menghasilkan pengabutan bahan bakar yang baik dapat dilihat dari viskositas bahan bakar yang dimiliki. Semakin viskositas bahan bakar yang dimiliki lebih encer maka semakin baik pengabutan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin viskositas bahan bakar yang dimiliki lebih kental maka semakin sulit pengabutan bahan bakar untuk menghasilkan spray yang baik.



**Gambar 2.5** Grafik Hubungan Antara Daya ( $P$ ) Dengan Putaran ( $n$ )

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapat parameter prestasi mesin, yaitu mengetahui torsi, daya, laju aliran massa bahan bakar, konsumsi bahan bakar, dan konsumsi bahan bakar spesifik sebagai berikut :



**Gambar 2.6** Grafik Hubungan Antara Laju Aliran Massa Bahan Bakar ( $m^o$ ) Dengan Putaran (n)

Secara keseluruhan grafik laju konsumsi bahan bakardidapatkan kenaikan laju konsumsi seiring dengan kenaikan rpm. Hal ini dikarenakan semakin tinggi rpm maka semakin banyak penyemprotan bahan bakar yang dilakukan oleh pompa bahan bakar.



(Arijanto, Toni Suryo, 2010, Hal 27)

**Gambar 2.7** Grafik Hubungan Antara Laju Konsumsi Bahan Bakar (BFC) Dengan Putaran (n)

Untuk grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar (BFC) motor diesel dengan putaran (n) terlihat bahwa semakin besar nilai (BFC) maka akan semakin besar nilai (n), artinya nilai (BFC) berbanding lurus dengan nilai (n). Ketika putaran mesin dinaikkan pemakaian bahan bakar naik dan pada putaran mesin 2300 rpm pemakaian bahan bakar mencapai nilai tertinggi yaitu sebesar 0,147mL/sec (Solar) dan 0,120mL/sec (Total Diesel), pada putaran mesin tersebut pemakaian bahan bakar mencapai efisiensi tertinggi, artinya proses pengisian didalam silinder terjadi secara sempurna. (H. Sulaeman, 2010, Hal 19)



**Gambar 2.8** Grafik Hubungan Antara Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC) Dengan Putaran (n)

Untuk grafik hubungan antara konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) motor diesel dengan putaran (n) terlihat bahwa semakin besar nilai (BSFC) maka akan kecil nilai (n), artinya (BSFC) berbanding terbalik dengan nilai (n). Variasi putaran mesin akan mempengaruhi pemakaian bahan bakar spesifik dari mesin diesel semakin tinggi putaran mesin maka pemakaian bahan bakar per detik yang diperlukan semakin banyak. Hal ini terjadi karena pada putaran yang tinggi, maka proses pembakaran terjadi dengan sangat

cepat, sehingga campuran udara bahan bakar tidak dapat terbakar dengan sempurna karena campuran yang baru terlalu cepat menggantikan campuran yang lama yang belum seluruhnya terbakar. Hal inilah yang menyebabkan borosnya pemakaian bahan bakar pada putaran tinggi. (H. Sulaeman, 2010, Hal 21)

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian di atas adalah sebagai berikut :

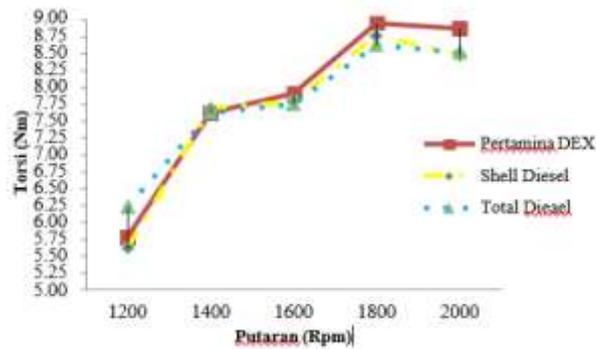
- a. Pengaruh variasi bahan bakar terhadap torsi dan daya.  
Dapat disimpulkan bahwa jenis pemakaian bahan bakar yang berbeda akan berpengaruh terhadap torsi dan daya pada mesin diesel. Dari hasil data pengujian torsi dan daya dari kedua bahan bakar sama sama meningkat seiring meningkatnya putaran. Bahan bakar BP Diesel memiliki torsi dan daya lebih baik pada rpm 2300 menghasilkan torsi 0,9 Kg.m dan daya 2,95 HP, sedangkan Bahan bakar dexlite memiliki torsi dan daya kurang cukup baik pada rpm 2300 menghasilkan 0,8 Kg.m dan daya 2,61 HP.
- b. Hubungan antara putaran terhadap torsi dan daya.  
Semakin meningkat rpm maka secara grafik 4.2 – 4.6 torsi, daya, laju aliran massa bahan bakar dan konsumsi bahan bakar juga naik, sedangkan untuk konsumsi bahan bakar spesifik menurun hal ini menunjukkan efisiensi pemakaian bahan bakar BP Diesel dan Dexlite pada motor diesel pada putaran 1400 – 2300rpm cukup baik.
- c. Konsumsi bahan bakar antara bahan bakar BP Diesel dan Dexlite. Dalam putaran mesin 1400 rpm dalam waktu 1 jam jika memakai BP Diesel membutuhkan 0,24 liter sedangkan jika

## 2. Imron Rosyadi, Agung Sudrajat dan Teguh Perkasa Alam.

Judul “ Analisa Unjuk Kerja Mesin Diesel Kapasitas 132cc Pada Propotipe Cula Satu Untirta Bahan Bakar Pertamina Dex, Shell Diesel dan Total Diesel.”. Pembahasan dan Hasil Percobaan sebagai berikut :

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan guna meminimalkan pemakaian konsumsi bahan bakar pada mesin diesel 4 langkah satu silinder yang berkapasitas 210 cc dengan cara memodifikasi penurunan volume silinder dari 210cc menjadi 132 cc. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar. Bobot mobil yang semakin besar menjadikan beban kerja mesin juga semakin besar. Kendaraan berkapasitas 1 orang dengan bobot yang rendah diperkirakan cukup untuk mesin dengan berkapasitas 132cc. Ini disebabkan bukan hanya kapasitas silinder berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar akan tetapi pengaplikasian mesin 1 silinder dengan kapasitas 132cc ini diharapkan memiliki daya mesin yang lebih rendah dan bobot mesin yang tidak besar. Maka dari itu peneliti berharap dengan bobot mesin yang rendah dan kapasitas silinder yang kecil konsumsi bahan bakar bisa seefisien mungkin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel memiliki performa yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan solar. Untuk itu pengujian yang dilakukan adalah dengan menguji performa mesin untuk varian bahan bakar diesel hasil penyulingan yang dibandingkan dari beberapa produk yang sudah ada di pasaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa (torsi, daya output dan SFC) motor diesel berbahan bakar Pertamina Dex, Shell diesel dan Total diesel. Hasil percobaan unjuk kerja mesin diesel dengan bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, dan Total Diesel ini diperoleh Torsi, Daya, dan Sfc sebagai berikut :

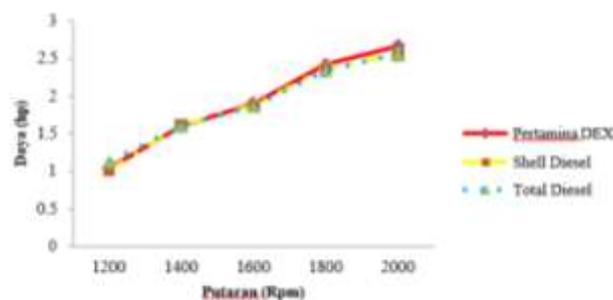
Torsi dan Daya



**Gambar 2.9** Grafik torsi dan daya

Pada setiap bahan bakar mempunyai kecenderungan yang sama. Pada putaran 1200 rpm sampai dengan putaran 1800 rpm torsi beranjak naik seiring dengan putaran mesin permenitnya, itu menunjukkan kekuatan putar mesin maksimal pada rpm 1800 dengan nilai 8,95 Nm untuk bahan bakar Pertamina Dex, 8,76 Nm untuk bahan bakar Shell Diesel, 8,63 Nm untuk bahan bakar Total Diesel. Bahan bakar Pertamina Dex memiliki torsi paling tinggi dibandingkan dengan bahan bakar yang lain, dikarenakan Pertamina Dex memiliki *cetane number* paling tinggi dengan angka 53. Pada 2000 rpm torsi untuk semua bahan bakar menurun menunjukkan penurunan kekuatan putar dari mesin tersebut, bisa dilihat dari gaya beban pada *handle* untuk setiap bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan pada saat putaran mesin 1800 rpm, akan tetapi walau mempunyai penurunan torsi pada putaran mesin 2000 rpm mempunyai putaran yang lebih cepat, sehingga walau torsi menurun daya mesin akan bertambah. Banyak hal yang dapat menyebabkan torsi puncak tidak diputar tertinggi terutama pada desain mesinnya, diantaranya *duration camshaft*, *ratio* kompresi, dimensi lubang *porting*, diameter katup dan lainnya yang tidak dihitung pada penelitian ini.

Daya atau tenaga dilihat dari pergerakan grafik pada gambar 3 yang menunjukkan semakin besar putaran mesin maka tenaga yang dihasilkan akan semakin besar. Daya yang di hasilkan oleh setiap bahan bakar berbeda-beda, pada rpm 1200 daya terbesar pada saat menggunakan bahan bakar Total Diesel dengan menghasilkan daya 1,11 hp ini disebabkan karena pemakaian bahan bakar pada rpm 1200 Total Diesel lebih banyak menggunakan bahan bakar dengan demikian daya yang di hasilkan akan lebih besar dan masa jenis Total Diesel lebih tinggi dari pada bahan bakar lain dengan angka  $0,84 \text{ Kg/dm}^3$  maka dari itu pada putaran rendah pengkabutan tidak sempurna karena masa jenis bahan bakar yang terlalu berat yang menyebabkan lebih banyak penggunaan bahan bakarnya.

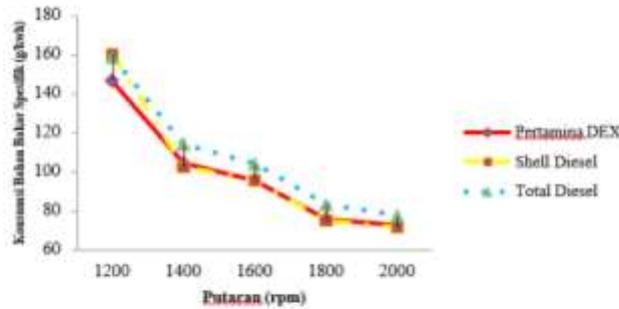


**Gambar 2.10** Grafik Perbandingan Putaran (rpm) dengan Daya (hp)

Bahan bakar Shell Diesel mempunyai kelebihan yaitu dengan nilai sulfur yang rendah dengan demikian hasil pembakarannya lebih bersih dan sempurna, maka dari itu Shell Diesel pada rpm 1400 memiliki daya tertinggi dibandingkan bahan bakar yang lain

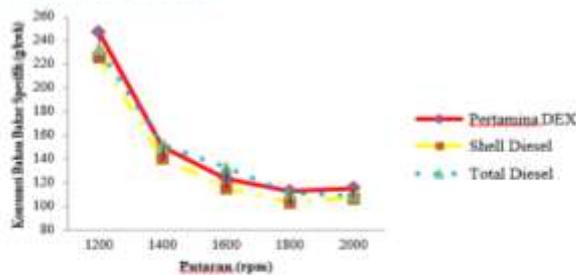
dengan nilai daya 1,61 hp. Pertamina Dex memiliki karakteristik bahan bakar yang mempunyai angka *cetane* 53 lebih tinggi di banding bahan bakar lain dan Pertamina Dex memiliki adiktif sehingga bahan bakar ini mempunyai kelebihan di rpm menengah sampai tinggi, maka dari itu pada rpm 1600, 1800 dan 2000 Pertamina Dex lebih unggul dengan nilai daya 1,89 hp, 2,41 hp dan 2,65 hp.

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc) pakai pembebanan dan tanpa pembeban.



Gambar 4. Perbandingan rpm dengan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (g/Kwh) tanpa Pembebanan

Konsumsi bahan bakar spesifik pada percobaan tanpa pembebanan dengan ketiga bahan bakar yang digunakan memiliki kecenderungan menurun pada setiap putarannya. Bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, dan Total Diesel memiliki variasi Sfc yang berbeda-beda dengan angka terhemat di dapat dengan menggunakan bahan bakar Shell Diesel dengan angka 71,55 g/kWH. Bahan bakar Total Diesel memiliki konsumsi bahan bakar terbesar dibandingkan dengan bahan bakar lain sedangkan daya yang di hasilkannya rendah maka dari itu nilai Sfc nya sangat besar di badingkan dengan bahan bakar Pertamina Dex dan Shell Diesel.



Gambar 5. Perbandingan Konsumsi bahan bakar spesifik dengan putaran (rpm) terhadap beban 50%

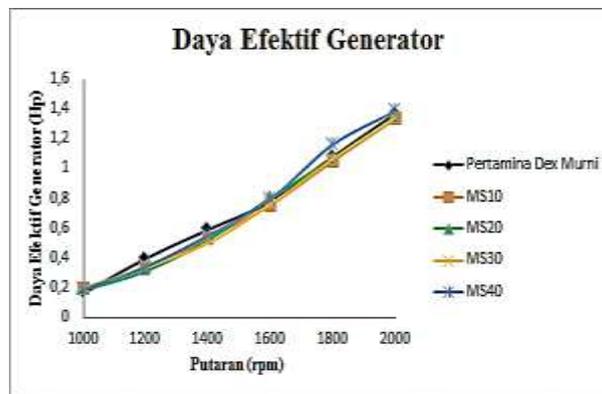
Konsumsi bahan bakar spesifik (g/kwh) dengan beban 50% terlihat bahwa setiap bahan bakar cenderung menurun dari rpm 1200 sampai rpm 1800 dan menaik kembali pada rpm 2000, penurunan tertinggi pada putaran mesin 1800 rpm, itu menunjukkan bahwa kekuatan putar atau torsi yang tinggi membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak. Bila menggunakan pembebanan angka Sfc Pertamina Dex lebih besar pada rpm 1200, 1800 dan 2000 dengan angka Sfc 246.66 g/kwh, 112.59 g/kwh dan 114.64 g/kwh. Pertamina Dex memiliki daya yang lebih besar di banding bahan bakar Shell Diesel dan Total Diesel maka dari itu angka Sfc yang di hasilkan juga besar. Sedangkan rpm 1400 dan 1600 total diesel memiliki angka tertinggi dengan angka 151,24 g/kwh dan 128,22 g/kwh. Ini menunjukn bahwa Total diesel lebih banyak menggunakan bahan bakar pada rpm 1400 dan rpm 1600 karena pengkabutan yang tidak normal yang di sebabkan masa jenis Total Diesel lebih tinggi

yang mengakibatkan lebih banyak menggunakan bahan bakar.

**3. Rani Mutia Sari Rico Aditia Prahmana Abdul Muhyi Devia Gahana C A Jooned Hendrarsakti, Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera dengan Judul:**

Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Satu Silinder Menggunakan Bahan Bakar Pertadex murni (tanpa campuran) yang selanjutnya dengan mencampurkan bahan bakar antara Pertamina dex dengan minyak nabati sesuai dengan formulasi yang sudah dibuat sebelumnya yaitu MS10, MS20, MS30, dan MS40 dengan menggunakan variasi putaran mesin sebesar 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, dan 2000 rpm serta beban konstan sebesar 1500 Watt”, Berikut ini adalah hasil data yang telah diperoleh:

Daya efektif generator terhadap putaran mesin



Gambar menunjukkan nilai daya efektif bakar pada putaran motor hingga 2000 rpm dengan beban konstan 1500 Watt.generator untuk semua variasi bahan Secara umum idealnya grafik pada daya efektif generator ( $N_e$ ) adalah berbentuk linier terhadap putaran mesin. Grafik daya efektif generator ( $N_e$ ) yang diperoleh umumnya mengalami kenaikan seiring dengan penambahan putaran mesin yang diberikan. Nilai rata-rata daya efektif ( $N_e$ ) terbesar diperoleh oleh variasi bahan bakar MS40 yaitu sebesar 0,737 Dalam pengujian ini beban daya dijaga konstan, maka perubahan nilai daya efektif generator ( $N_e$ ) bergantung pada variasi torsi yang diberikan serta penggunaan bahan bakar. Sesuai dengan Persamaan 1 yang digunakan yaitu:

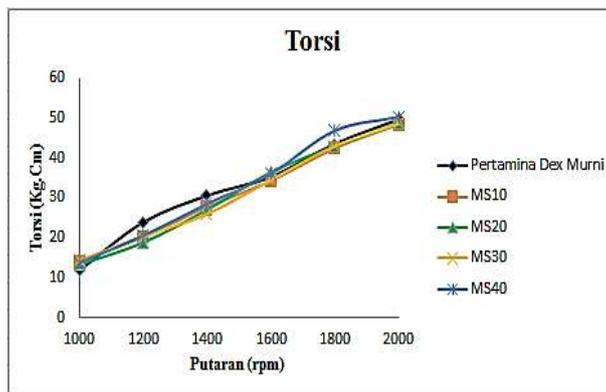
Dengan ( $N_e$ ) adalah daya efektif generator (Hp), V adalah tegangan listrik (volt), i adalah arus listrik (Ampere), dan  $\eta$  adalah efisiensi mekanisme dari generator listrik yaitu bernilai 0,95. Sehingga, jika dilihat secara keseluruhan grafik daya efektif generator ( $N_e$ ) diatas membentuk garis lurus linier mengikuti bentuk idealnya dengan mengabaikan bentuk perbedaan nilai daya efektif generator ( $N_e$ ) yang cukup kecil dari masing-masing garis linier yang terbentuk sesuai dengan variasi bahan bakar.

Gambar 2 adalah grafik nilai torsi terhadap putaran mesin. Torsi ( $M_t$ ) merupakan kemampuan dari mesin untuk melakukan kerja atau dapat pula didefinisikan sebagai kekuatan putar dari poros engkol yang dapat menggerakkan suatu kendaraan. Perubahan nilai torsi yang didapat akan bergantung pada putaran mesin yang diberikan. Hal ini sesuai dengan Persamaan 2 yang digunakan yaitu:

$$M_t = \frac{72610 \times N_e}{n} \quad 2.$$

Dengan ( $M_t$ ) adalah torsi (kg.cm), ( $N_e$ ) adalah daya efektif generator (Hp), dan  $n$  adalah putaran mesin yang diberikan (rpm). Maka bentuk grafik yang diperoleh terlihat mengalami kenaikan pada semua variasi bahan bakar, karena putaran mesin yang diberikan bervariasi mulai dari 1000 rpm hingga 2000 rpm dengan kenaikan interval setiap 200 rpm.

Gambar grafik torsi ( $M_t$ ) tersebut membentuk garis linier dengan mengabaikan perbedaan nilai torsi yang cukup kecil dari masing-masing garis linier yang terbentuk sesuai dengan variasi bahan bakar. Diperoleh nilai rata-rata torsi terbesar pada variasi bahan bakar MS40 sebesar 32,701 kg.cm disusul dengan pertamina dex murni sebesar 32,500 kg.cm, sedangkan nilai terkecil diperoleh oleh variasi bahan bakar MS30 yaitu sebesar 31,166 kg.cm.

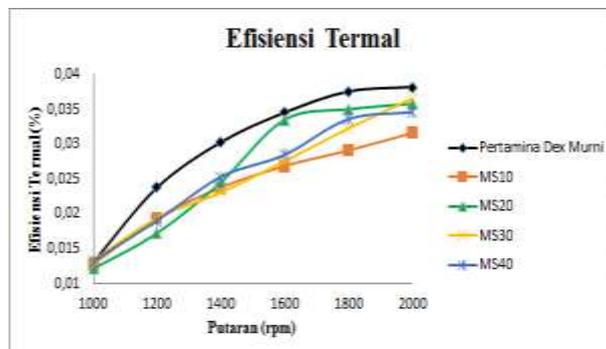


**Gambar 2.11** merupakan grafik dari efisiensi termal ( $\eta_{th}$ )

Tekanan efektif rata-rata terhadap putaran mesin yang divariasikan. Perubahan nilai efisiensi termal ( $\eta_{th}$ ) yang terjadi dipengaruhi oleh nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik (sfc). Hal ini sesuai dengan Persamaan 4 yang digunakan yaitu:

$$\eta_{th} = \frac{632 \times N_e}{sfc \cdot Q} \quad 4.$$

Dengan  $\eta_{th}$  adalah efisiensi termal, sfc adalah konsumsi bahan bakar spesifik (kg.Hp/jam), dan  $Q$  adalah nilai kalor (42.000 kJ/kg). Dapat dilihat dari persamaan diatas bahwa nilai efisiensi termal berbanding terbalik dengan konsumsi bahan bakar spesifik, jika nilai sfc yang diperoleh cukup rendah maka nilai  $\eta_{th}$  yang didapatkan akan meningkat.

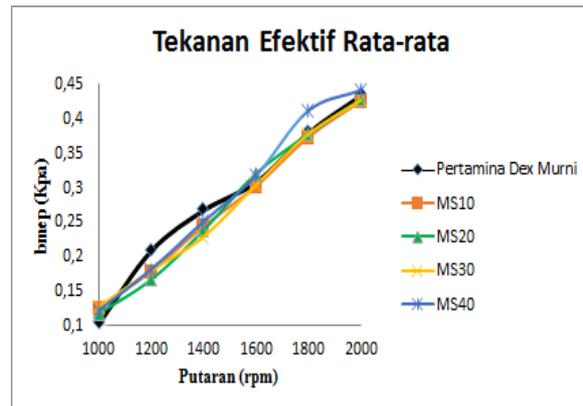


**Gambar 2.12** Grafik Efisiensi Termal ( $\eta_{th}$ ) Terhadap Putaran Mesin

Dari grafik tersebut dapat dilihat jika nilai efisiensi rata-rata terbesar ( $\eta_{th}$ ) diperoleh oleh bahan bakar pertamina dex dengan nilai 0,029, sedangkan nilai rata-rata terkecil diperoleh oleh jenis bahan bakar MS10 sebesar 0,023 dengan variasi putaran mesin

dan beban yang konstan.

Tekanan efektif rata-rata (bmep) merupakan besar tekanan konstan yang bekerja mendorong torak agar dapat terekspansi sehingga menghasilkan suatu daya mekanis yang sama dengan daya poros efektif. Nilai torsi dari mesin sangat dipengaruhi oleh nilai (bmep) yang dapat dihasilkan dari mesin tersebut, sehingga grafik nilai (bmep) dari mesin sangat identik dengan grafik nilai torsi. Berdasarkan hasil pengolahan data yang diperoleh untuk nilai tekanan efektif rata-rata (bmep) dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



**Gambar 2.13** Grafik Tekanan Efektif Rata-rata (bmep)

Terhadap Putaran Mesin Dapat terlihat dari grafik di atas bahwa secara umum penambahan putaran pada mesin akan membuat nilai (bmep) yang dihasilkan oleh mesin semakin tinggi. Proses pembakaran terjadi saat campuran antara udara dengan bahan bakar menghasilkan tekanan konstan yang bekerja pada piston untuk melakukan langkah kerja. Apabila ditinjau dari fenomena yang terjadi pada mesin, dengan adanya penambahan putaran mesin maka tekanan ekspansi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal inilah yang menyebabkan nilai (bmep) akan menjadi lebih tinggi dari putaran sebelumnya.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental. Terdapat tiga jenis pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian *properties* bahan bakar di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Ketintang Surabaya, pengujian performa dan emisi yang dilakukan pada mesin diesel Diamond DI 800 sebagai alat uji dengan poros utama yang terhubung dengan *electrical generator* sebagai *electrical dynamometer* dengan menggunakan *V-belt* di Laboratorium Pembakaran & Sistem Energi Teknik Mesin FT-IRS ITS.

### 3.2 Pengujian Properties Bahan Bakar

Pengujian *properties* bahan bakar yang terdiri dari: densitas, viskositas, nilai kalor, dan *cetane number*. Pengujian *properties* bahan bakar dilakukan di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Ketintang Surabaya.

### 3.3 Peralatan Eksperimen

#### 3.3.1 Alat Uji

Alat uji yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Motor Diesel Empat Langkah, dengan spesifikasi:
  - *Merk* : YANMAR
  - *Type* : TF85MH
  - *Model* : 1 Silinder Diesel 4 langkah
  - *Bore x Stroke* : 85 mm x 87 mm
  - *Displacement* : 493 cc
  - *Max. Power* : 8.5 HP (6 kW) / 2400 rpm
  - *Continuous Power* : 7.5 HP (5.22 kW) / 2200 rpm
  - *Compression Ratio* : 18:1
  - *Cooling system* : Hopper/ Condenser
  - *Lube capacity* : 2.2 liter



**Gambar 3.1** Mesin Diesel Yanmar TF85MH

2. Generator Electrical Dynamometer, dengan spesifikasi:

- *Merk* : Noqiwa
- *Type* : ST-3
- *Voltage – Ampere* : 230 V – 13,6 A (AC)
- *Max AC Output* : 3 KW
- *Frequency* : 50 Hz
- *Loading System* : Electric Bulb System
- *Electric Control*: Voltmeter, Amperemeter, Switch



**gambar 3.2** Generator Electrical Dynamometer Daiho ST-6

3. Beban Listrik



**Gambar 3.3** Lampu Pembebanan

Beban lampu menggunakan lampu pijar yang menyala sebanyak 8 buah dengan konsumsi daya masing- masing lampu sebesar 500 Watt. Lampu- lampu tersebut disusun secara paralel dengan masing- masing lampu dilengkapi dengan tombol stop/kontak untuk pengaturan beban bahan bakar yang akan diuji.

### 3.3.2 Alat Ukur

Adapun alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data eksperimen ini adalah sebagai berikut:

1. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan mesin diesel untuk mengonsumsi bahan bakar yang diuji.



**Gambar 3.4** Stopwatch

2. Pipet Volumetrik

Alat ini digunakan untuk mengukur jumlah bahan bakar uji yang dikonsumsi oleh mesin diesel.



**Gambar 3.5** Pipet Volumetrik

3. Amperemeter dan Voltmeter

Alat ini digunakan untuk mengukur arus listrik (I) dan tegangan listrik (V) akibat pembebanan pada generator listrik.



**Gambar 3.6** Amperemeter dan Voltmeter

4. Stopwatch Tachometer Digital *Engine*  
Alat ini digunakan untuk mengukur putaran *engine*.



**Gambar 3.7** Tachometer Digital

5. *Smoke Tester*

Alat ini digunakan untuk mengukur smoke opacity dari gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel. Dalam pengujian ini digunakan Gas Analyzer STAR GAS 898 sebagai reader.



**Gambar 3.8** Smoke Tester

6. *Thermocouple, Thermo Selector* dan *Display*

Thermocouple digunakan berfungsi sebagai sensor untuk mengukur temperatur gas buang yang dihasilkan mesin diesel. Pembacaan temperaturnya akan ditampilkan melalui thermo selector dan display.

### **3.4 Tahap-Tahap Penelitian**

Tahapan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menentukan perumusan masalah.
2. Studi literatur, yang bertujuan untuk mendapatkan berbagai informasi dan data yang berkaitan dengan objek penelitian.
3. Mempersiapkan alat uji, meliputi :

- a. Membuat kerangka dudukan engine dan generator.
  - b. Memasang engine dan generator pada kerangka dudukan.
  - c. Memasang belt penghubung engine dan generator.
  - d. Melakukan Tune-Up pada engine, seperti pemeriksaan baut, sistem pemasukan bahan bakar, air pendingin, oli mesin, saringan udara, saluran exhaust dan penyetelan klep.
  - e. Menghubungkan generator ke electric dynamometer.
  - f. Mengoperasikan engine untuk mengetahui engine berfungsi dengan baik dan normal.
4. Mempersiapkan alat ukur, meliputi :
    - a. Memastikan setiap peralatan (voltmeter, tachometer, thermometer, dan stopwatch) memiliki power supply (baterai kering) yang cukup.
    - b. Mengatur skala alat ukur sesuai kebutuhan.
    - c. Memasang kabel-kabel thermocouple pada tempat yang akan diukur suhunya, lalu diinstalasi pada thermo selector dan display.
  5. Mempersiapkan bahan bakar.
  6. Pengambilan sampel bahan bakar yang nantinya akan diuji properties-nya
  7. Melakukan pengujian unjuk kerja dan emisi gas buang *engine* diesel
  8. Pengolahan data, yaitu dengan melakukan perhitungan data hasil pengujian pada langkah 7 yang meliputi daya, torsi, BMEP, SFC, dan efisiensi thermal.
  9. Data dan hasil pengolahan data pada langkah 7 dan 8 disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

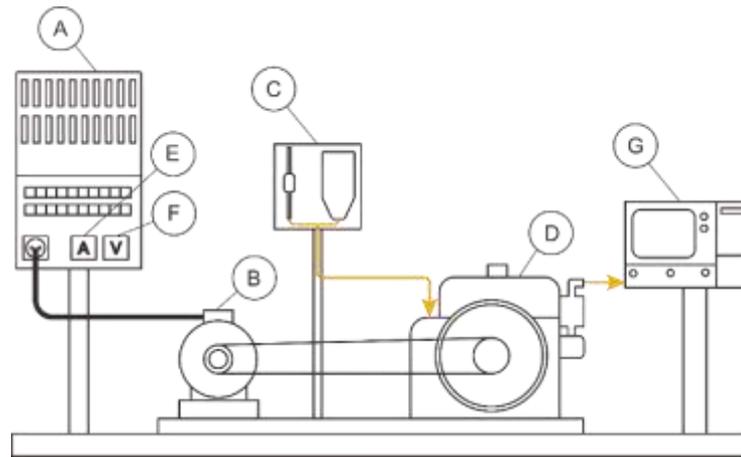
### **3.5 Tahap-Tahap Persiapan Bahan Bakar**

Adapun tahapan dalam mempersiapkan bahan bakar uji adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat yang akan digunakan, meliputi gelas ukur, corong plastik, pipa pengaduk (stirrer), dan jrigen plastik untuk wadah bahan bakar.
  2. Mempersiapkan bahan bakar dasar yaitu Pertamina Dex, BP Diesel dan Shell
  3. Pertama penggunaan bahan bakar Pertamina Dex
  4. Kedua Penggunaan bahan Bakar BP Diesel
  5. Ketiga Penggunaan bahan bakar Shell Diesel
- Metode dilakukan secara bergantian dan diukur nilai dari masing performa dan emisi terhadap mesin diesel.

### **3.6 Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi**

#### **3.6.1 Skema Alat**



**Gambar 3.9** Skema Peralatan Pengujian

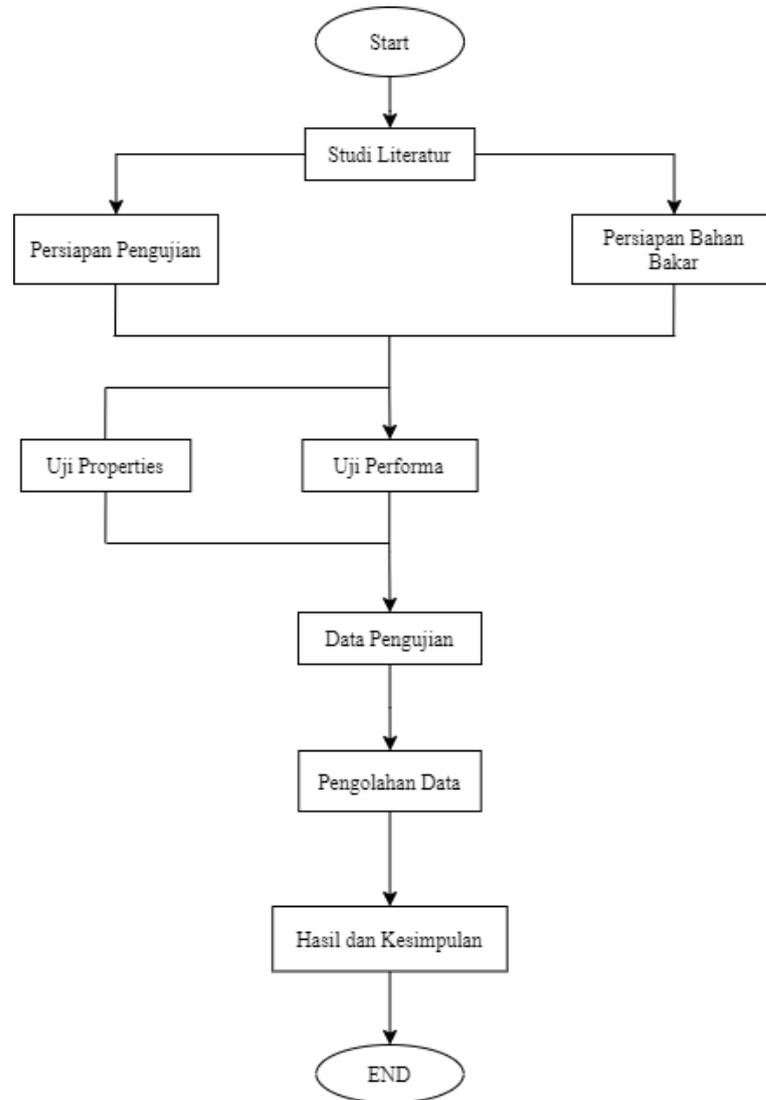
Keterangan:

- A. Lampu Pembebanan.
- B. Generator.
- C. Pipet Volumetrik.
- D. Mesin Diesel.
- E. Amperemeter.
- F. Voltmeter.
- G. Smoke Tester.

### 3.6.2 Parameter Eksperimen

Suatu mesin pembakaran dalam adalah nama yang diberikan untuk mesin kalor bolak balik dalam mana bahan bakar terbakar secara langsung di dalam silinder kerja. Campuran gas yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin membentuk substansi kerja yang menekan pada permukaan torak dan melakukan kerja.

### 3.7 Flowchart Penelitian



**Gambar 3.10** Flowchart Penelitian

### 3.8 Matriks Penelitian

Tabel 3.1 menjelaskan tentang variasi dari parameter *output* dan *input* pada penelitian ini. Terdapat 3 parameter *input* antara lain putaran mesin, jenis bahan bakar dan beban listrik. Parameter *output* terdiri dari 6 variabel yang didapat dari pengukuran dan 5 variabel yang didapat dari hasil olah data.

**Tabel 3.1** Matriks Variasi Penelitian

Parameter <i>Input</i>			Parameter <i>Output</i>	
Konstan	Variasi		Diukur	Diolah
	Bahan Bakar	Beban Listrik		
2200 RPM	Pertamina Dex	500 W Hingga 4000 W (Interval 500 W)	1. Arus listrik (A) 2. Voltase (V) 3. Waktu konsumsi bahan bakar 25 mL (s)	1. Daya 2. Torsi 3. BMEP 4. SFC
	Bp Diesel			

	Shell Diesel		4. Suhu Mesin 5. Suhu Gas Buang 6. Smoke Opacity	5. Efisiensi Thermal
--	--------------	--	--	----------------------

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan terkait hasil yang didapatkan dari penelitian dengan contoh proses perhitungan, data pendukung dari jurnal terkait, serta pembahasannya. Hasil yang di dapat berdasarkan perhitungan data dari penelitian ini adalah unjuk kerja mesin dan emisi. Unjuk kerja mesin yang di analisa terdiri dari daya, torsi, *BMEP*, *SFC*, efisiensi termal, dan temperature kerja pada mesin dan gas buang. Adapun emisi gas buang yang di analisa pada penelitian ini adalah *smoke opacity*.

### Hasil Pengujian Bahan Bakar

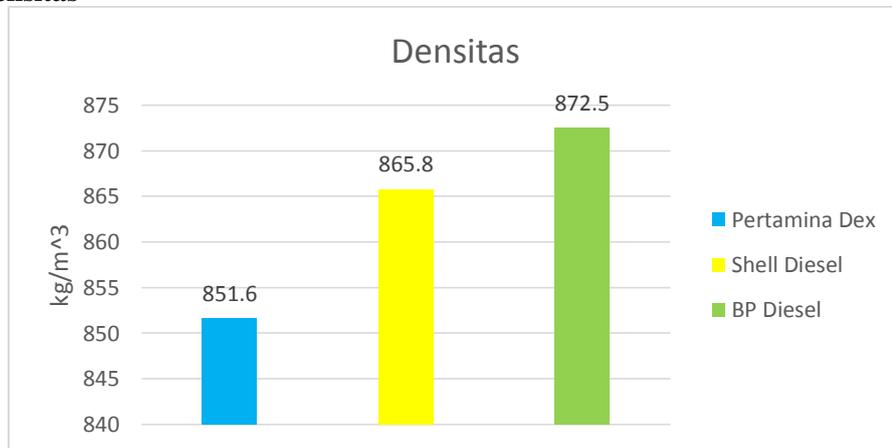
Didapatkan data sifat bahan bakar dari prngujian properties bahan bakar yang disajikan pada yabel berikut ini.

**Table 4.1** Data hasil pengujian properties bahan bakar

Properties	Satuan	Pertamina Dex	Shell Diesel	BP Diesel
Densitas	kg/m <sup>3</sup>	851.6	865.8	872.5
Viskositas	cSt	2.81	4.85	4.11
Nilai Kalor	kJ/kg	41396.04	48351.66	45425.1
Cetan Number	CN	53.1	51.25	51.5
Sulfur	mg/kg	8.1	8.38	8.09
Titik Nyala	C	56.8	56.38	57.11

### 4.1 Hasil Pengujian Properties

#### 4.1.1 Densitas

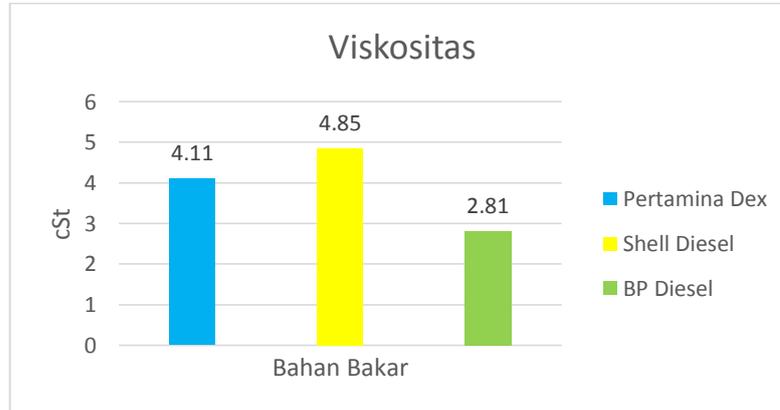


**Gambar 4.1** Grafik densitas bahan bakar yang di uji

Densitas suatu bahan bakar dapat mempengaruhi aliran dan proses injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar, sehingga mempengaruhi kualitas pembakaran yang terjadi. Berdasarkan pengujian properties bahan bakar pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa bahan bakar BP Diesel memiliki nilai densitas tertinggi lalu di bawahnya ada properties dari Shell Diesel dan terendah pada Pertamina Dex. Dimana nilai dari hasil pengujian properties pada Bp Diesel sebesar 872,5 kg/m<sup>3</sup>, dan Shell Diesel sebesar 865,8 kg/m<sup>3</sup> atau mengalami penurunan sebesar 6,7 kg/m<sup>3</sup>. kemudian nilai densitas pada Pertamina dex sebesar 851,6 kg/m<sup>3</sup>, atau mengalami penurunan yang lebih tinggi dari pada nilai densitas BP Diesel ke nilai densitas Shell Diesel, yaitu sebesar 14,2 kg/m<sup>3</sup>.

Berdasarkan dari nilai kalor yang tertera pada masing-masing perusahaan terlihat berbanding terbalik dari pengujian properties bahan bakar Shell diesel dan Pertamina Dex, dimana tertinggi benar dimiliki oleh Bp Diesel sebesar  $870 \text{ kg/m}^3$  . lalu berbeda pada pengujian dimana tertinggi ke 2 yaitu pada densitas bahan bakar Pertamina Dex sebesar  $860 \text{ kg/m}^3$  , dan terendah pada Shell Diesel sebesar  $845 \text{ kg/m}^3$  .

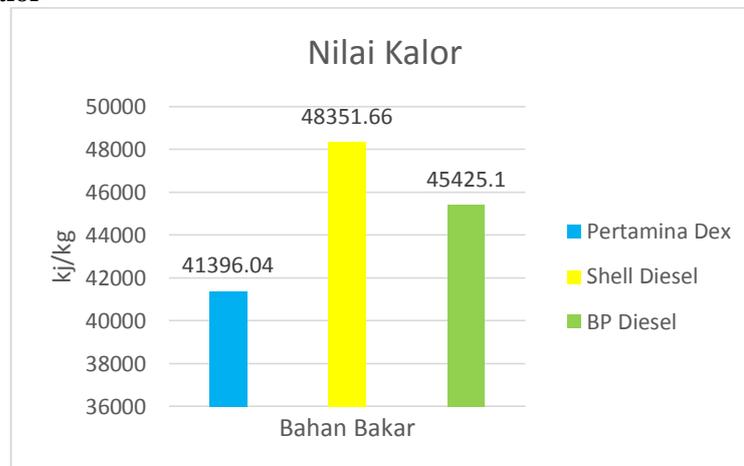
#### 4.1.2 Viskositas



**Gambar 4.2** Grafik Viskositas bahan bakar yang di uji

Viskositas suatu bahan bakar adalah ukuran hambatan aliran yang dapat mempengaruhi proses atomisasi saat dilakukan injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar, sehingga akan mempengaruhi kualitas dari suatu pembakaran. Berdasarkan hasil pengujian viskositas bahan bakar pada 4.2 dimana nilai tertinggi pada viskositas di dapat oleh bahan bakar Shell Diesel yaitu sebesar 4,45 cSt, dan pada terendah di peroleh oleh viskositas bahan bakar BP Diesel yaitu sebesar 2,81 cSt. Sedangkan untuk pengujian properties viskositas pada bahan bakar Pertamina Dex meperoleh nilai di tengah- tengah natara viskositas bahan bakar Shell Diesel dan BP Diesel, yaitu sebesar 4,11 cSt. Dimana pada nilai viskositas shell Diesel mengalami penurunan sebesar 0,74 cSt ke viskositas bahan bakar Pertamina Dex. Kemudian dari nilai viskositas nilai bahan bakar Bp Diesel mengalami kenaikan sebesar 1,3 cSt ke viskositas bahan bakar Pertamina Dex.

#### 4.1.3 Nilai Kalor



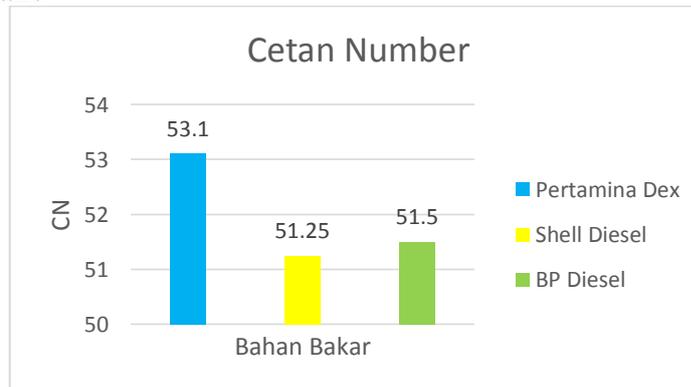
**Gambar 4.3** Grafik nilai kalor bahan bakar yang diuji

Nilai kalor dari suatu bahan bakar di definisikan sebagai jumlah panas yang di

hasilkan ketika sejumlah zat terbakar sempurna dan ditentukan dengan menggunakan bomb calorimeter. Berdasarkan pengujian nilai kalor bahan bakar pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa bahan bakar Shell Diesel memiliki nilai kalor paling tinggi diantara bahan bakar yang lain, yaitu dengan nilai kalor 48351.66 kJ/kg. Untuk nilai kalor dari BP Diesel sendiri memiliki nilai kalor 45425.1 kJ/kg, berbeda sebesar 2925.9 kJ/kg antara nilai kalor Shell Diesel dengan nilai kalor BP Diesel dari pengujian properties yang telah dilakukan. Kemudian nilai kalor dari Pertamina Dex mempunyai nilai yang terendah yaitu dengan nilai kalor 41396.04 kJ/kg atau mempunyai perbedaan yang sangat jauh dengan nilai kalor dari Shell Diesel sebesar 6955.62 kJ/kg.

Berdasarkan dari teori yang ada nilai dari kalor tiap bahan bakar seharusnya memiliki nilai berbanding terbalik dengan nilai densitas. Namun tidak pada penelitian ini. Nilai kalor jika di tinjau melalui konsep standar API (American Petroleum Institute) Gravity yang di [engaruhi oleh Specific Gravity (SG) atau perbandingan densitas bahan bakar dengan air, nilai kalor bahan bakar akan semakin besar apabila densitas bahan bakar semakin kecil. Hal ini besar kemungkinan disebabkan oleh reaksi secara kimiawi pada penelitian yang perlu diteliti lebih lanjut.

#### 4.1.4 Angka Cetane

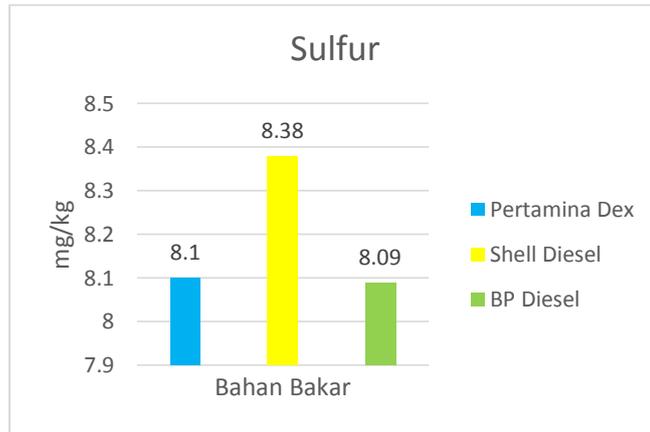


**Gambar 4.4** Grafik angka cetane bahan bakar yang diuji

Angka cetane merupakan angka ukuran kualitas dari bahan bakar mesin diesel selama terjadinya kompresi pengapian. Sama halnya dengan angka octane, angka cetane menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menahan terjadinya knocking. Angka cetane juga menunjukkan besarnya ignition delay pada bahan bakar. Semakin besar angka bahan bakar, maka ignition delay semakin pendek sehingga bahan bakar semakin mudah untuk terbakar dengan nilai kompresi yang tinggi. Berdasarkan pengujian bahan bakar yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 dapat dilihat bahwa bahan bakar Pertamina Dex memiliki angka cetane yang lebih tinggi dibandingkan dengan angka cetane dari bahan bakar Shell Diesel dan BP Diesel. Pertamina Dex memiliki nilai cetane number sebesar 53.1, lebih besar dari nilai cetane number BP Diesel yang memiliki nilai cetane number sebesar 51.5. Lalu pada nilai cetane number terendah pada Shell Diesel dengan nilai cetane number sebesar 51,25.

Dengan teori cetane number yang ada pada masing-masing bahan bakar sudah sesuai dengan perolehan hasil pengujian properties bahan bakar yang ditunjukkan oleh table 4.1, dimana hanya nilai cetane number pada BP Diesel yang mengalami penurunan. Namun penurunan nilai cetane number BP Diesel tidak terlalu jauh, dan masih bisa ditoleransi.

#### 4.1.5 Sulfur

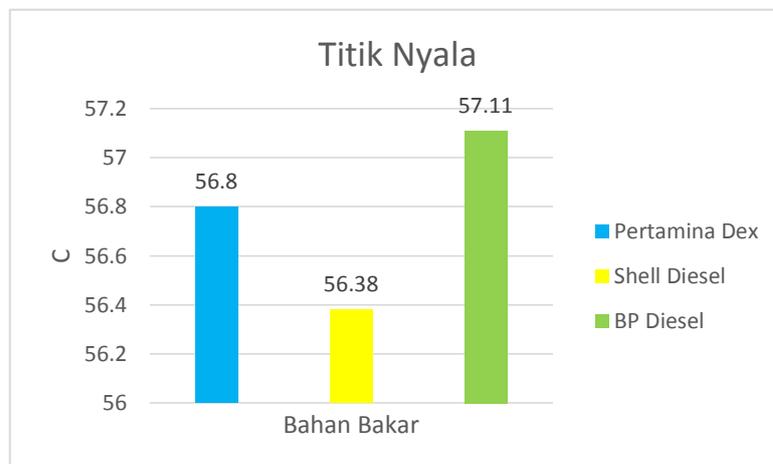


**Gambar 4.5** Grafik Sulfur bahan bakar yang diuji

Sulfur atau kandungan belerang dalam bahan bakar dari hasil penyulingan sangat tergantung pada asal minyak mentah yang akan diolah. Sulfur sendiri akan membuat kadar asam pada bahan bakar juga akan semakin tinggi. Pada mesin diesel sama seperti mesin bensin yang membutuhkan kandungan bahan bakar yang bersih. Hal ini agar membuat proses pembakaran mesin menjadi lebih baik dan membuat gas buang yang tidak terlalu pekat. Dengan pembakaran yang baik akan membuat kerak karbon di ruang bakar akan semakin sedikit, sebut Suparna. Jadi kandungan sulfur pada bahan bakar diesel sangat menentukan sempurnanya proses pembakaran. Dari hasil pengujian properties bahan bakar yang di tunjukkan oleh gambar 4.5, dimana kandungan sulfur setiap bahan bakar berada pada nilai rendah. Shell Diesel memiliki kandungan sulfur sebesar 8.83 mg/kg, merupakan kandungan sulfur paling tinggi diantara bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel. Dimana BP Diesel yang memiliki kandungan sulfur paling rendah yaitu sebesar 8,09 mg/kg, dan pada bahan bakar Pertamina Dex memperoleh nilai kandungan sulfur sebesar 8,1 mg/kg.

Berdasarkan teori yang ada, kandungan sulfur untuk bahanbakar diesel modern dengan regulasi terbaru dari euro 5, dimana setiap bahan bakar diesel harus mempunyai kandungan sulfur di bawah 10ppm (part per million), lalu pada penelitian ini jika ditinjau dari table 4.1 untuk jumlah kandungan sulfur setiap bahan bakar sudah sesuai dengan teori yang ada.

#### 4.1.6 Titik Nyala



**Gambar 4.6** Grafik Titik Nyala bahan bakar yang diuji

Titik nyala suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar dapat menyala dengan sendirinya, sehingga pada saat memasuki ruang bakar, bahan bakar dapat menimbulkan ledakan. Jadi, temperature nyala (flame temperatures) suhu maksimum dari temperatur dimana suatu zat atau material melepaskan uap yang cukup untuk membentuk campuran dengan udara yang ada sehingga terjadinya pembakaran di ruang bakar. Dilihat dari gambar 4.6 merupakan grafik suhu terendah dari tiap bahan bakar yang di uji properties pada penelitian ini. Dimana suhu terendah dari titik nyala diperoleh oleh Shell Diesel dengan suhu minimum titik nyala sebesar 56.38°C. Dimana untuk suhu minimum tertinggi pada pengujian kali ini yaitu BP Diesel dengan nilai titik nyala sebesar 57,11°C. dan pada bahan bakar Pertamina Dex memperoleh nilai titik nyala minimum sebesar 56,8°C.

#### 4.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja

Berikut ini adalah perhitungan ntuk bahan bakar Pertamina Dex. Perhitungan dilakukan pada pembebanan lapu 1000 watt dengan putaran mesin sebesar 2200 rpm sebagai berikut.

**Table 4.2** Data contoh perhitungan

Beban (Watt)	RPM	Generator		Bahan Bakar	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Volume (mL)	Waktu Konsumsi (s)
1000	2200	314	4	25	82

##### 4.2.1 Daya

Daya mesin adalah daya yang diberikan untuk mengatasi beban yang diberikan oleh generator. Daya yang dihasilkan mesin disambungkan dengan generator listrik dapat dihitung berdasarkan beban pada generator listrik dan dinyatakan sebagai daya efektif generator ( $N_e$ ), yang mana satuannya dalam bentuk watt (W). Hubungan tersebut dinyatakan dengan persamaan dibawah ini:

$$N_e = \frac{V \cdot I \cdot \cos \theta}{\eta_{generator}} (\text{watt})$$

Dimana:

$$\begin{aligned} V &: 314 \text{ V} \\ I &: 4 \text{ A} \\ \eta_{generator} &: 0.9 \\ \cos \theta &: 1 \end{aligned}$$

Maka:

$$N_e = \frac{314 \cdot 4 \cdot 1}{0,9}$$

$$N_e = 1395,56 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan didapatkan daya yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Pertamina Dex dengan pembebanan 1000 Watt adalah 1395,65 Watt.

#### 4.2.2 Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja. Torsi merupakan hasil pembagian daya dalam sekali putaran mesin tiap menit (rpm) sehingga memiliki satuan Nm (SI) atau ft.lb (*British*). Torsi berguna untuk mengatasi hambatan saat berkendara, seperti tererosok. Momen torsi dihitung dengan persamaan seperti berikut:

$$Mt = \frac{60 \times Ne}{2\pi n} (N.m)$$

Dimana :

Ne : 1395,56 Watt

n : 2200

maka :

$$Mt = \frac{60 \times 1395,56}{2\pi(2200)} (N.m)$$

$$Mt = 6,06 (N.m)$$

Dari perhitungan didapatkan torsi yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Pertamina Dex dengan pembebanan 1000 Watt adalah 6,06 Nm.

#### 4.2.3 Brake Mean Effective Pressure (BMEP)

Langkah kerja piston diakibatkan oleh tekanan yang bekerja dari proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar. Besarnya tekanan ini berubah-ubah sepanjang langkah piston tersebut. Perubahan tekanan pada piston ini dirata-rata sehingga berharga konstan yang membuat nilai kerja menjadi sama. Tekanan tersebut dikatakan sebagai kerja per siklus per volume langkah piston. Tekanan efektif rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif. Perumusan bmeep adalah :

$$BMEP = \frac{Ne \times Z \times 60}{A \times l \times n \times i} (N/m^2)$$

Dimana :

Ne : 1395,56 Watt

A : 0,057

l : 0,087

i : 1

n : 2200

z : 2 (mesin 4 langkah)

maka :

$$BMEP = \frac{1395,56 \times 2 \times 60}{0,057 \times 0,087 \times 2200 \times 1} (N/m^2)$$

$$BMEP = 15350,16 N/m^2$$

Dari perhitungan didapatkan bmeep yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar

Pertamina Dex dengan pembebanan 1000 Watt adalah 15350,16  $N/m^2$

#### 4.2.4 Specific Fuel Consumption (SFC)

*Specific fuel consumption* (SFC) adalah jumlah bahan bakar yang dipakai mesin untuk menghasilkan daya efektif 1 (satu) *hp* selama 1 (satu) jam. Didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\dot{m}_{bb} = \frac{m_{bb}}{s} (g/s)$$

$$\dot{m}_{bb} = \rho_{bb} \times v_{bb} (g)$$

$$SFC = 3600 \frac{m_{bb}}{N_e} \left( \frac{kg}{kW \cdot jam} \right)$$

Dimana :

$$\rho_{bb} : 0,8156 \text{ g/cm}^3$$

$$v_{bb} : 25 \text{ ml}$$

$$s : 82 \text{ s}$$

$$N_e : 1395,56 \text{ Watt}$$

Maka :

$$\dot{m}_{bb} = \frac{0,8156 \times 25}{82 \text{ s}} (g/s)$$

$$\dot{m}_{bb} = 0,2486 (g/s)$$

$$SFC = 3600 \frac{0,2486}{1395,56} \left( \frac{kg}{kW \cdot jam} \right)$$

$$SFC = 0,6414 \left( \frac{kg}{kW \cdot jam} \right)$$

Dari perhitungan didapatkan *sfc* yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Pertamina Dex dengan pembebanan 1000 Watt adalah 0,6414  $kg/kW \cdot jam$ .

#### 4.2.5 Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )

Efisiensi termal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh mesin pembakaran dalam. Didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\eta_{th} = \frac{N_e}{\dot{m}_{bb} \times LHV_{bb}} 100\%$$

Dimana :

$$N_e : 1395,56 \text{ Watt}$$

$$\dot{m}_{bb} : 0,2486 (g/s)$$

$$LHV_{bb} : 41396,04 \text{ kJ/kg}$$

Maka:

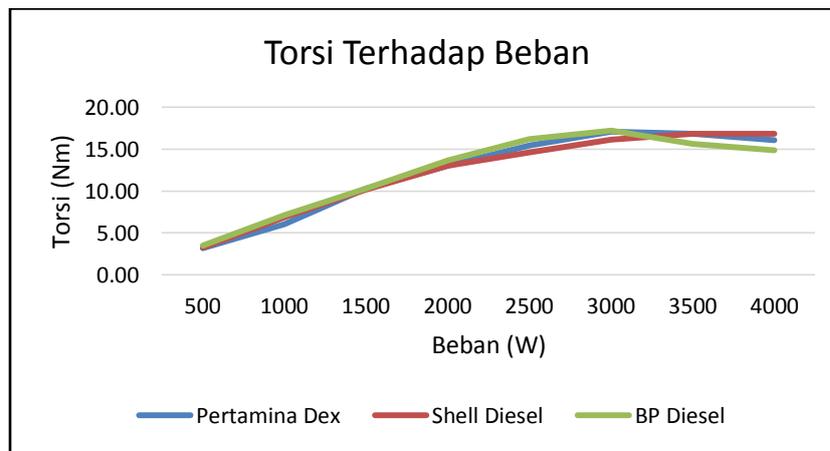
$$\eta_{th} = \frac{1395,56 \text{ Watt}}{0,2486 \times 41396,04} 100\%$$

$$\eta_{th} = 13,56 \%$$

Dari perhitungan didapatkan efisiensi termal yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Pertamina Dex dengan pembebanan 1000 Watt adalah 13,56%.

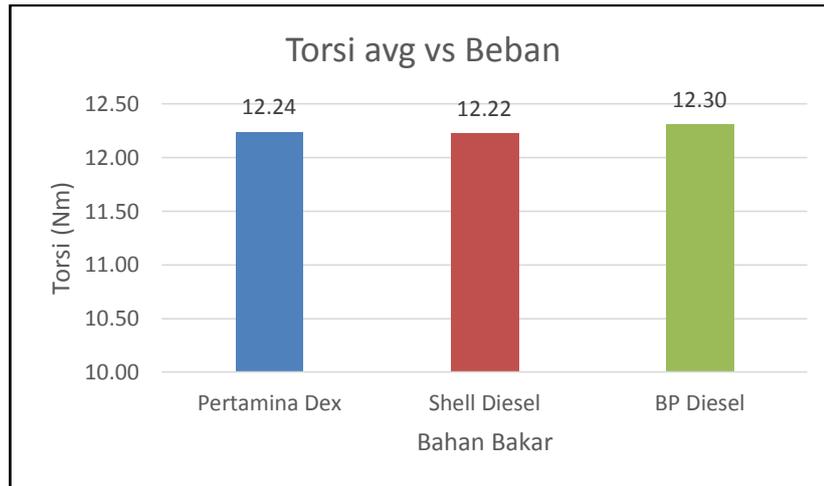
### 4.3 Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja Mesin dan Emisi Gas Buang

#### 4.3.1 Torsi



**Gambar 4.5** Grafik Torsi terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Pada gambar 4.5 terlihat grafik torsi pada setiap bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan dari range 500-4000 watt. Trendline dari masing-masing grafik torsi bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, BP Diesel cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan. Namun pada rentang beban 3000-4000 pada bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel terjadi penurunan nilai torsi yang di dapatkan. Dikarenakan mempunyai beban yang semakin besar, sehingga walau torsi menurun putaran RPM dijaga tetap Konstan. Banyak hal yang dapat menyebabkan torsi puncak tidak diputaran tertinggi terutama pada desain mesinnya, diantaranya *duration camshaft* dan adanya perbedaan dari merk lampu halogen yang di jadikan pembebanan. Torsi merupakan kemampuan engine dalam menghasilkan kerja dimana nilainya dipengaruhi oleh daya dan putaran mesin.

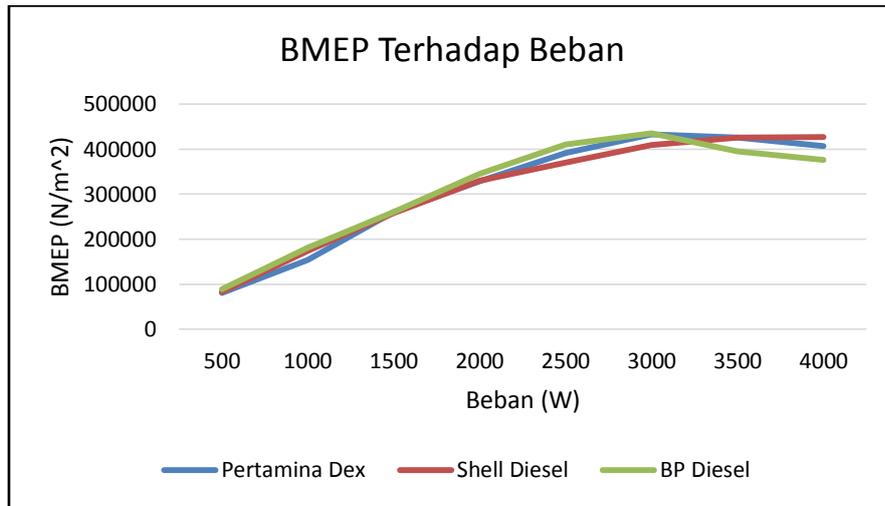


**Gambar 4.6** Grafik rata-rata torsi terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Grafik rata-rata torsi terhadap beban di tunjukkan pada gambar 4.6 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar Shell Diesel memiliki nilai torsi yang lebih rendah di bandingkan dengan nilai torsi dari bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel. Shell Diesel memiliki nilai rata-rata torsi sebesar 12,22 Nm, dan hanya meningkat 0,02Nm dari nilai rata-rata torsi Pertamina Dex dengan nilai rata-rata torsi sebesar 12,24 Nm. Pada nilai rata-rata torsi yang di dapat oleh BP Diesel merupakan nilai rata-rata torsi yang di peroleh paling tinggi, dengan nilai rata-rata torsi sebesar 12,30 Nm atau meningkat sebesar 0,08 dari nilai rata-rata torsi Shell Diesel.

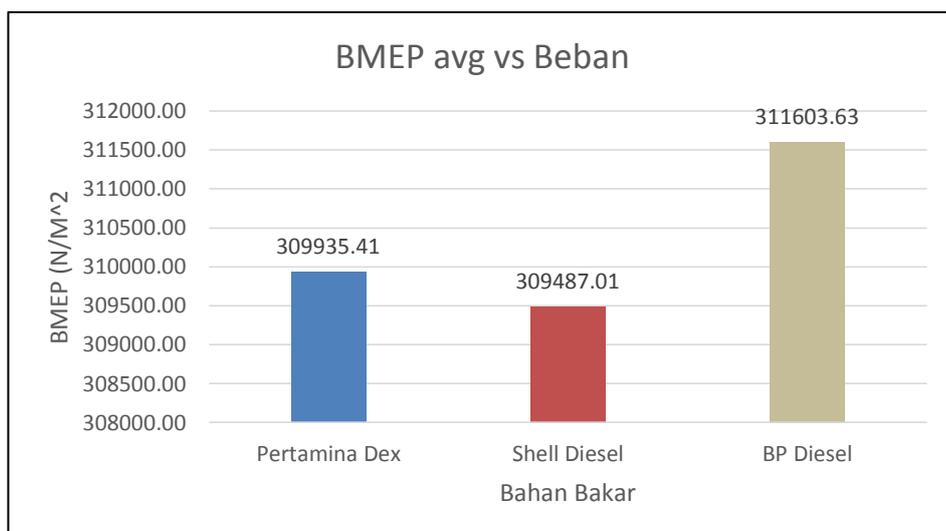
Perbedaan nilai rata-rata torsi pada bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, dan BP Diesel berkaitan dengan nilai viskositas bahan bakar yang berbeda sesuai dengan data properties pada tabel 4.2. Viskositas memengaruhi besarnya droplet bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Semakin rendah nilai viskositas, maka droplet yang masuk ke dalam ruang bakar akan semakin kecil. Ukuran droplet yang lebih kecil membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk terbakar dari permukaan hingga bagian dalam dari droplet. Waktu pembakaran yang lebih singkat ini mengakibatkan pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga torsi yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Pada penelitian oleh A.Rizal Rifai, Rudi Rusdianto, Eko Kiswoyo, dengan Judul Analisa Motor Diesel Loncin D440FHP Variasi Bahan Bakar BP Diesel dan Dexlite menyebutkan bahwa torsi yang rendah dikarenakan viskositas yang tinggi. Semakin tinggi nilai torsi maka semakin rendah nilai dari viskositas bahan bakar. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai viskositas berbanding terbalik dengan nilai torsi.

### 4.3.2 Brake Mean Effective Pressure (BMEP)



**Gambar 4.7** Grafik *Brake Mean Effective Pressure* (BMEP) terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Pada gambar 4.7 Grafik bmeop pada setiap bahan bakar terhadap beban kerja yang di berikan dari range 500-4000 watt. Trendline dari masing-masing grafik bmeop bahan bakar Shell Diesel cenderung selalu meningkat seiring bertambahnya beban, berbeda pada grafik bmeop bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel yang mengalami penurunan setelah pembebanan 3000-4000. Definisi dari bmeop adalah tekanan efektif rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif. Penurunan dari nilai bmeop pada bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel dengan tetap menjaga RPM konstan dan penambahan beban, hal yang dapat menyebabkan nilai bmeop puncak tidak diputaran tertinggi terutama pada desain mesinnya, diantaranya *duration camshaft* dan adanya perbedaan dari merek lampu halogen yang di jadikan pembebanan, karena terkadang lampu halogen di beban tinggi sering terjadinya redup dengan sendirinya.

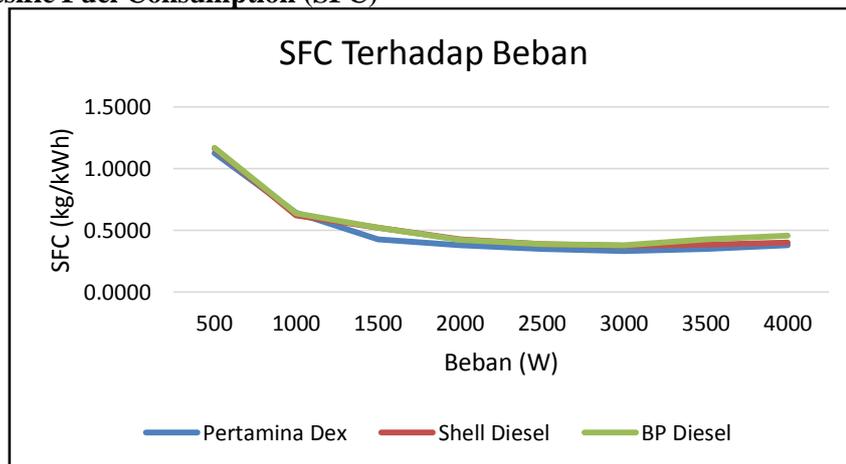


**Gambar 4.8** Grafik rata-rata *Brake Mean Effective Pressure* (BMEP) terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Grafik rata-rata BMEP terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.8 untuk setiap bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, dan BP Diesel. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar BP Diesel memiliki nilai BMEP rata-rata yang lebih tinggi daripada bahan bakar Pertamina Dex dan Shell Diesel. Untuk bahan bakar BP Diesel memiliki rata-rata nilai BMEP sebesar  $311603,63 \text{ N/m}^2$  dan nilai rata-rata BMEP terendah dimiliki oleh bahan bakar Shell Diesel dengan nilai rata-rata sebesar  $309487,01 \text{ N/m}^2$ . Sedangkan nilai rata-rata yang diperoleh oleh bahan bakar Pertamina Dex berada di antara bahan bakar Shell Diesel dan BP Diesel yaitu sebesar  $309935,41 \text{ N/m}^2$ .

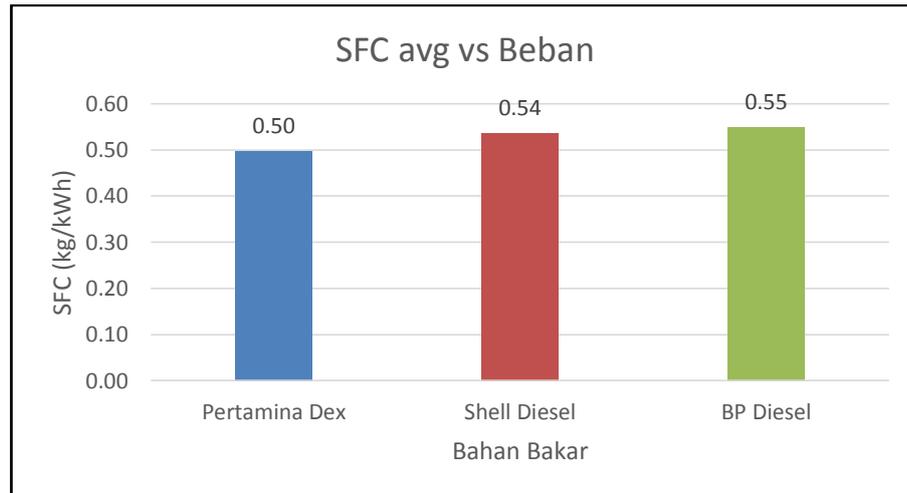
Tekanan teoritis rata-rata yang dihasilkan bergantung pada volume ruang bakar dan *indicated power* dari hasil pembakaran. Pembakaran ini menghasilkan tekanan yang mengakibatkan fase ekspansi dan memutar poros untuk menghasilkan *brake power*. Perbedaan nilai BMEP pada bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel dan BP Diesel diakibatkan oleh viskositas bahan bakar yang menjadi lebih rendah. Hal tersebut menyebabkan pembakaran menjadi lebih sempurna dimana proses pembakaran ini meningkatkan tekanan dan temperatur pada ruang bakar yang bergantung pada *properties* dari bahan bakar yang masuk. Akibatnya tekanan yang dihasilkan untuk memutar poros menjadi bertambah.

#### 4.3.3 Specific Fuel Consumption (SFC)



**Gambar 4.9** Grafik *Specific Fuel Consumption* terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Pada gambar 4.9 terlihat grafik SFC pada setiap bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan dari range 500-4000 watt. Trendline dari masing-masing grafik SFC bahan bakar Pertamina Dx, Shell Diesel, dan BP Diesel cenderung menurun seiring bertambahnya beban yang diberikan. Definisi SFC adalah jumlah bahan bakar yang digunakan pada mesin untuk menghasilkan daya efektif satu hp selama satu jam. Penurunan trendline nilai SFC disebabkan oleh peningkatan temperatur silinder yang menyebabkan bahan bakar yang diinjeksikan semakin mudah untuk terbakar dan terkonversi menjadi daya yang dimanfaatkan. Sehingga untuk menghasilkan jumlah energi yang sama membutuhkan bahan bakar yang lebih sedikit.



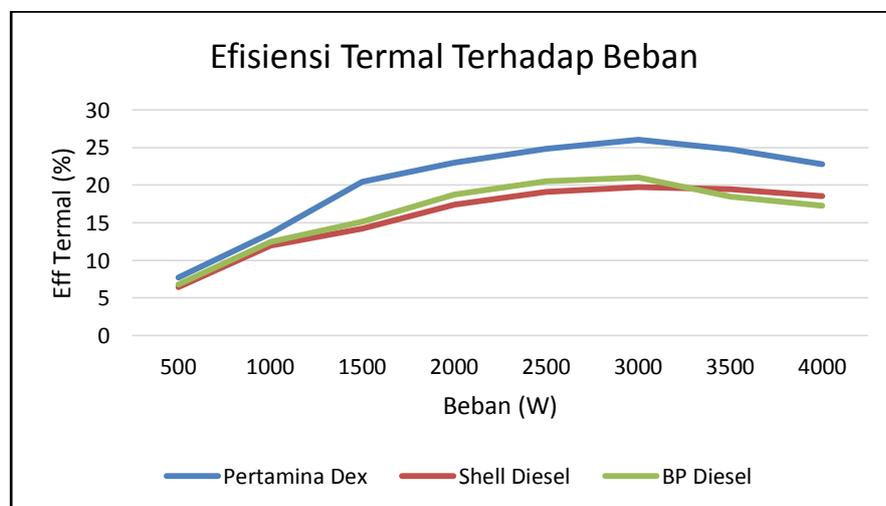
**Gambar 4.10** Grafik rata-rata *Specific Fuel Consumption* terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Grafik rata-rata SFC terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.10 untuk setiap bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, dan BP Diesel. Dari grafik tersebut dapat dilihat dimana nilai rata-rata SFC tertinggi didapatkan oleh bahan bakar BP Diesel dari pada bahan bakar Shell Diesel dan Pertamina Dex. Dimana nilai rata-rata SFC BP Diesel sebesar 0,55 kg/kWh. Sedangkan untuk nilai terendah pada rata-rata SFC pada penelitian ini didapatkan oleh bahan bakar Pertamina Dex dengan nilai rata-rata SFC sebesar 0,5 kg/kWh. Dan untuk nilai rata-rata SFC yang didapatkan oleh bahan bakar Shell Diesel sendiri sebesar 0,54 kg/kWh.

Perbedaan rata-rata nilai SFC pada setiap bahan bakar Pertamina Dex, Shell Diesel, dan BP Diesel disebabkan oleh nilai kalor yang menjadi lebih tinggi. Sehingga untuk menghasilkan jumlah energi yang sama dibutuhkan jumlah bahan bakar yang lebih sedikit.

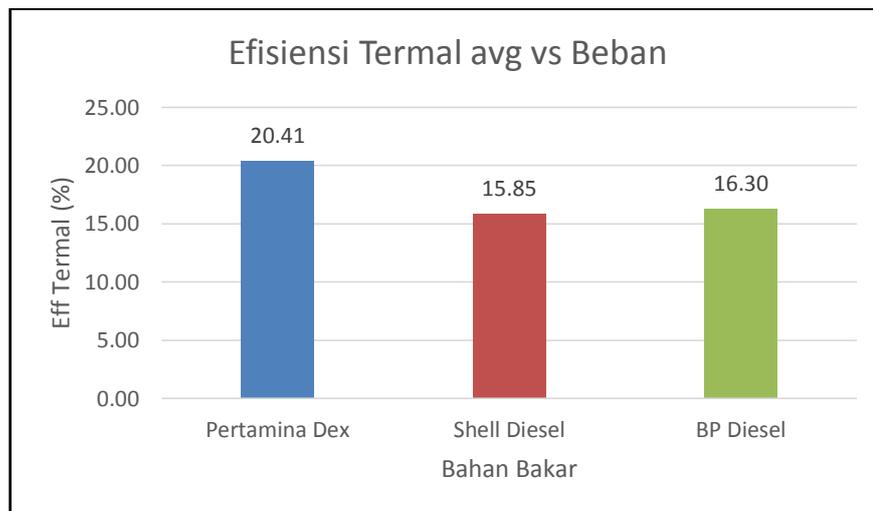
Dapat dilihat pada gambar 4.9 bahwa trendline nilai SFC menurun dari beban 500-3000 watt, kemudian trendline meningkat dari beban 3500-4000 watt. Hal tersebut dikarenakan pembakaran menjadi semakin tidak sempurna yang ditunjukkan oleh peningkatan yang signifikan terjadi dari nilai smoke opacity dari beban 3500-4000 watt yang dapat dilihat pada gambar 4.17.

#### 4.4.4 Efisiensi Termal



**Gambar 4.11** Grafik efisiensi termal terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Pada gambar 4.11 terlihat grafik efisiensi termal pada setiap bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan dari range 500-4000 watt. Trendline dari masing-masing grafik efisiensi termal bahan bakar cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan. Peningkatan nilai efisiensi termal tersebut disebabkan oleh penyesuaian oleh mesin diesel itu sendiri dimana kebutuhan bahan bakar meningkat seiring bertambahnya beban, sehingga bahan bakar yang diinjeksikan menjadi lebih banyak. Dengan meningkatnya besar bahan bakar yang diinjeksikan, maka energi panas yang dilepaskan oleh bahan bakar pun semakin besar. Meningkatnya energi panas yang dilepaskan menyebabkan temperatur di dalam ruang bakar menjadi lebih tinggi. Temperatur ruang bakar yang tinggi ini membantu proses pembakaran menjadi lebih efektif dan terkonversi menjadi daya yang dapat dimanfaatkan.



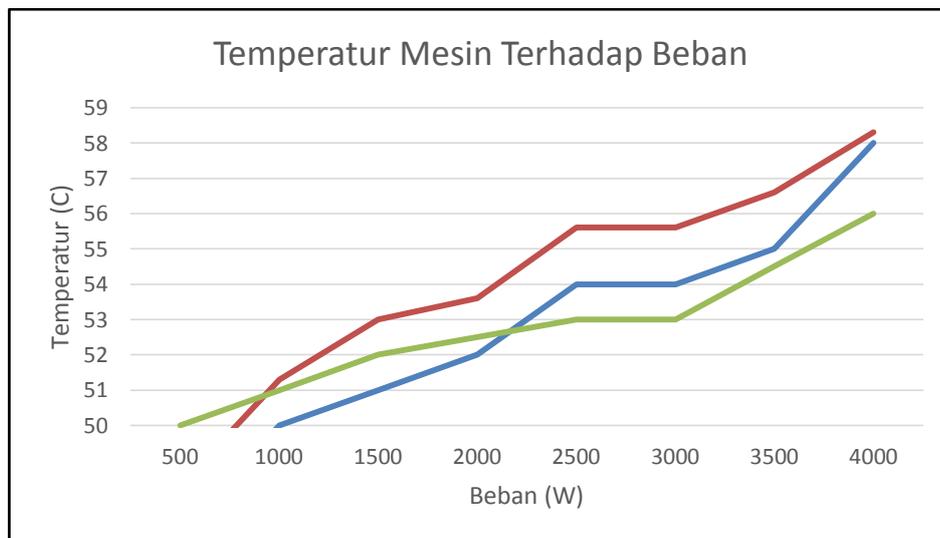
**Gambar 4.12** Grafik rata-rata efisiensi termal terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Grafik rata-rata efisiensi termal terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.12 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar Pertamina Dex mendapatkan nilai rata-rata efisiensi termal tertinggi di dibandingkan dengan bahan bakar Shell Diesel dan BP Diesel. Untuk bahan bakar Pertamina Dex memiliki nilai rata-rata efisiensi termal sebesar 20,41%. Dan untuk nilai rata-rata efisiensi termal terendah di dapatkan oleh bahan bakar Shell Diesel, dimana rata-rata efisiensinya sebesar 15,85%. Untuk nilai rata-rata efisiensi termal dari bahan bakar BP Diesel sendiri mendapatkan nilai rata-rata sebesar 16,30%.

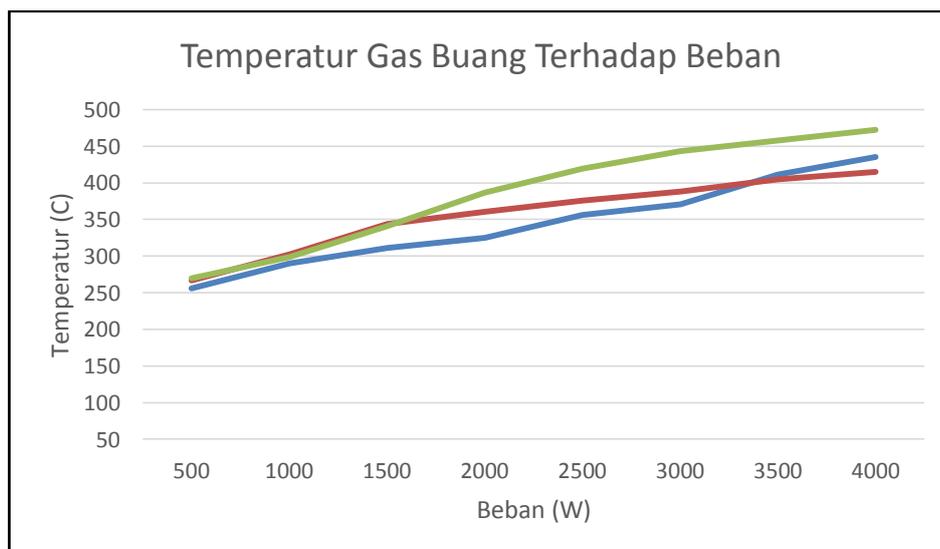
Peningkatan rata-rata efisiensi termal ini dipengaruhi oleh nilai kalor, densitas serta viskositas bahan bakar. Kedua sifat ini sangat memengaruhi pembakaran dalam proses atomisasi. Hal ini mengakibatkan proses atomisasi bahan bakar menjadi lebih baik dan efisiensi meningkat. Kemudian dengan meningkatnya nilai kalor menyebabkan energi panas yang terkandung di dalam bahan bakar dalam jumlah yang sama menjadi meningkat. Sehingga konversi energi dari bahan bakar menjadi lebih besar.

Dapat dilihat pada gambar 4.11 bahwa trendline nilai efisiensi termal meningkat dari beban 500-3000 watt, kemudian trendline menurun hingga beban 4000 watt. Hal tersebut dikarenakan pembakaran menjadi semakin tidak sempurna yang ditunjukkan oleh peningkatan yang drastis dari nilai smoke opacity dari beban 3500-4000 watt yang dapat dilihat pada gambar 4.17.

#### 4.3.5 Temperatur Mesin dan Gas Buang



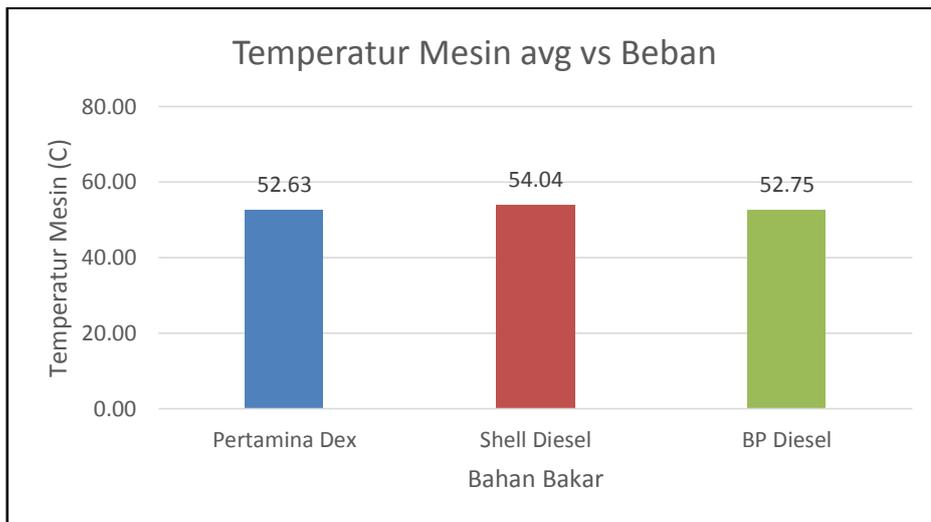
**Gambar 4.13** Grafik temperature mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar



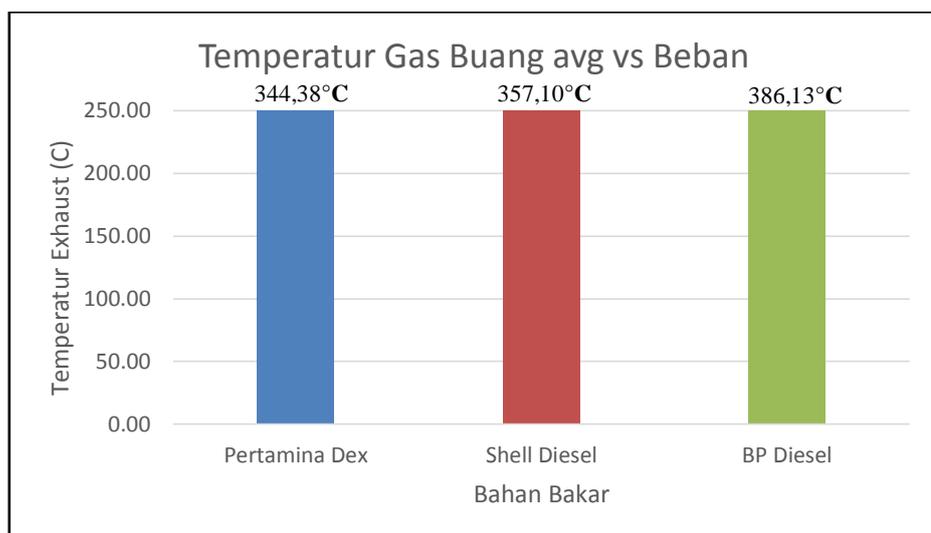
**Gambar 4.14** Grafik temperatur gas buang terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Berdasarkan gambar 4.13 dan gambar 4.14 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada mesin dan gas buang terhadap beban kerja yang diberikan dari range 500-4000 watt. Temperatur mesin merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, sementara temperatur gas buang merupakan pembacaan pada knalpot.

Trendline dari masing-masing grafik temperatur mesin dan gas buang bahan bakar Pertamian Dex, Shell Diesel, BP Diesel cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya beban, mesin akan membutuhkan *supply* bahan bakar yang lebih banyak untuk memenuhi permintaan mesin. Semakin banyak jumlah bahan bakar yang dibakar, maka pembakaran yang terjadi juga akan menghasilkan panas yang lebih banyak.



**Gambar 4.15** Grafik rata-rata temperature mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar



**Gambar 4.16** Grafik rata-rata temperature gas buang terhadap beban untuk setiap bahan bakar

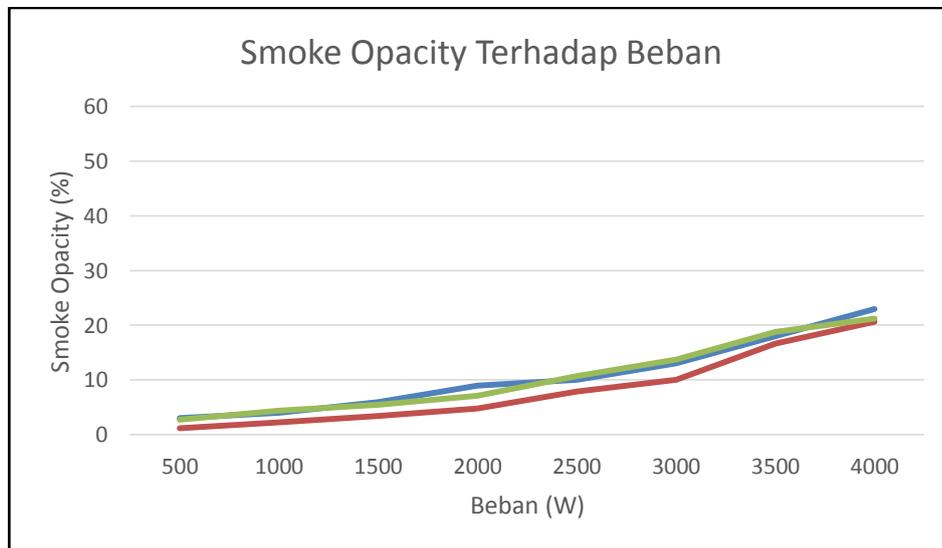
Grafik rata-rata temperatur mesin terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.15 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar Pertamina Dex memiliki nilai temperatur mesin rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar Shell Diesel dan BP Diesel. Untuk bahan bakar Pertamina Dex memiliki rata-rata nilai temperatur mesin sebesar 52,63°C. Kemudian temperature mesin rata-rata tertinggi didapatkan oleh bahan bakar Shell Diesel sebesar 54,04°C. lalu untuk temperatur mesin rata-rata bahan bakar BP Diesel sendiri mendapatkan nilai di antara bahan bakar Pertamina Dex dan Shell Diesel yaitu sebesar 52,75°C

Grafik rata-rata temperatur mesin terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.15 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar Pertamina Dex memiliki nilai temperatur gas buang rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar Shell Diesel dan BP Diesel. Untuk bahan bakar Pertamina Dex memiliki rata-rata nilai

temperatur gas buang sebesar 344,38°C. Kemudian temperature mesin rata-rata tertinggi didapatkan oleh bahan bakar BP Diesel sebesar 386,13°C. lalu untuk temeratur mesin rata-rata bahan bakar Shell Diesel sendiri mendapatkan nilai di antara bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel yaitu sebesar 357,10°C

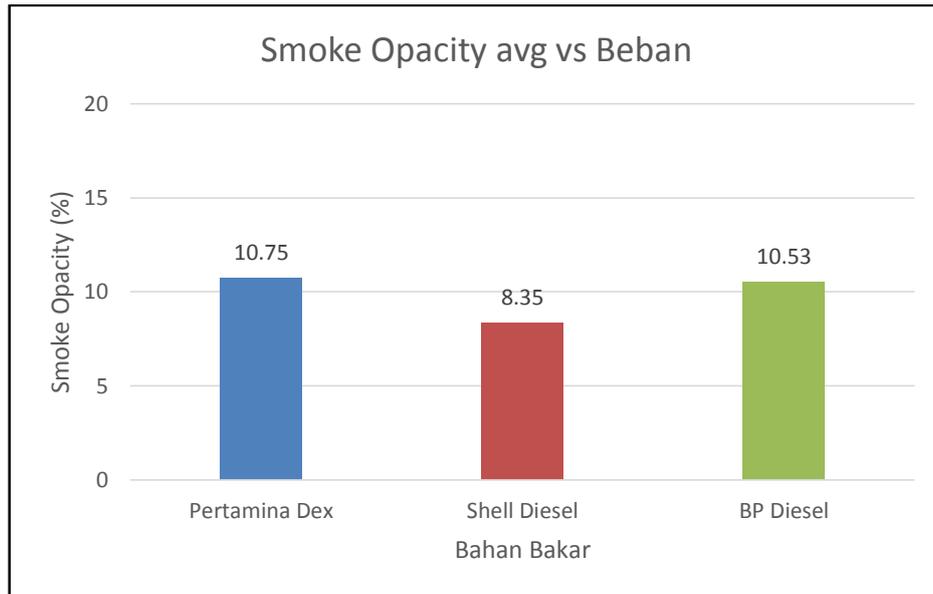
Pada grafik di atas terlihat bahwa temperatur mesin yang dihasilkan oleh bahan bakar Shell Diesel lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar Shell Diesel dan Pertamina Dex. Untuk grafik temperature gas buang yang dihasilkan BP Diesel merupakan yang tertinggi dari Shell Diesel dan Pertamina Dex. Hal ini sesuai dengan grafik dari torsi dan BMEP yang telah dibahas sebelumnya. Hal lain yang menjadi penyebab tingginya temperatur bahan bakar Shell Diesel adalah nilai kalor yang lebih tinggi yang berakibat pada pembakaran yang menjadi lebih sempurna sehingga energi yang dihasilkan menjadi lebih tinggi dan kalor yang dikonduksikan menjadi lebih tinggi juga.

#### 4.3.6 Smoke Opacity



**Gambar 4.17** Grafik *smoke opacity* terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Berdasarkan gambar 4.17 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan dari range 500-4000 watt. *Smoke Opacity* adalah tingkat ketebalan asap yang dihasilkan oleh *engine*. Asap ini adalah bentuk padatan atau butiran karbon yang tercampur ke dalam gas buang dan merupakan hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna. Trendline dari setiap bahan bakar cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Hal tersebut dapat terjadi karena ketika beban mesin dinaikkan, maka jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke dalam ruang bakar pun akan semakin banyak. Pada saat penyemprotan bahan bakar, terdapat kemungkinan butir-butir bahan bakar tersebut mengumpul menjadi satu membentuk deposit berupa padatan karbon yang kemudian keluar melalui knalpot sebagai asap.



**Gambar 4.18** Grafik rata-rata *smoke opacity* terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Grafik rata-rata *smoke opacity* terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.18 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar Shell Diesel memiliki nilai *smoke opacity* lebih rendah dari bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel. Shell diesel mendapatkan nilai rata-rata *smoke opacity* sebesar 8,35%. Untuk rata-rata tertinggi pada *smoke opacity* didapatkan oleh bahan bakar Pertamina Dex dengan nilai rata-rata sebesar 10,75%. Sedangkan untuk BP Diesel sendiri memiliki nilai rata-rata selisih 2,18% dari Shell Diesel dan berbeda selisih 0,22% dengan Pertamina Dex yaitu sebesar 10,53%

Smoke terbentuk akibat adanya partikulat yang dihasilkan pada kondisi defisiensi oksigen pada akhir pembakaran. *Smoke Opacity* ini terbentuk dengan adanya *soot* pada gas buang. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa *smoke opacity* bahan bakar Shell Diesel lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar Shell Diesel memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar Pertamina Dex dan BP Diesel, dimana kandungan oksigen tersebut menyebabkan pembentukan *soot* pada kondisi defisiensi oksigen pada akhir pembakaran dapat dikurangi sehingga jumlah *smoke opacity* yang dihasilkan juga berkurang.

#### 4.3.7 Perhitungan Ekonomis

Adapun perhitungan ekonomis dari ketiga jenis bahan bakar, sebagai berikut :

1. Pertamina Dex

Didapatkan/diketahui :

Harga per liter = Rp. 16500/liter

SFC rata-rata = 0,50 kg/kWh

Massa jenis = 851,6 kg/m<sup>3</sup>

Sehingga :

$$\text{Harga per kWh} = \text{Harga per liter} \times \frac{\text{SFC}}{\rho}$$

$$\text{Harga per kWh} = \frac{\text{Rp. 16500}}{\text{liter}} \times 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \times \frac{1}{851,6} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \times \frac{1000 \text{ liter}}{1\text{m}^3}$$

$$\therefore \text{Harga per kWh} = \text{Rp. 9688/kWh}$$

## 2. Shell Diesel

Didapatkan/diketahui :

$$\text{Harga per liter} = \text{Rp. 19250/liter}$$

$$\text{SFC rata-rata} = 0,54 \text{ kg/kWh}$$

$$\text{Massa jenis} = 865,8 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga :

$$\text{Harga per kWh} = \text{Harga per liter} \times \frac{\text{SFC}}{\rho}$$

$$\text{Harga per kWh} = \frac{\text{Rp. 19250}}{\text{liter}} \times 0,54 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \times \frac{1}{865,8} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \times \frac{1000 \text{ liter}}{1\text{m}^3}$$

$$\therefore \text{Harga per kWh} = \text{Rp. 12006/kWh}$$

## 3. BP Diesel

Didapatkan/diketahui :

$$\text{Harga per liter} = \text{Rp. 19250/liter}$$

$$\text{SFC rata-rata} = 0,55 \text{ kg/kWh}$$

$$\text{Massa jenis} = 872,5 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga :

$$\text{Harga per kWh} = \text{Harga per liter} \times \frac{\text{SFC}}{\rho}$$

$$\text{Harga per kWh} = \frac{\text{Rp. 19250}}{\text{liter}} \times 0,55 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \times \frac{1}{872,5} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \times \frac{1000 \text{ liter}}{1\text{m}^3}$$

$$\therefore \text{Harga per kWh} = \text{Rp. 12135/kWh}$$

Jadi, didapatkan dalam perhitungan ekonomis, untuk menghasilkan energi sebesar 1 kWh, dari ketiga jenis bahan bakar, didapatkan harga tertinggi hingga yang terendah :

1. BP Diesel = Rp. 12135 / kWh
2. Shell Diesel = Rp. 12006 / kWh
3. Pertamina Dex = Rp. 9688 / kWh

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai torsi yang di dapat dari penelitian Pertamina Dex sebesar 12,24 Nm, lebih besar 0,02 Nm dari bahan bakar Shell Diesel yaitu 12,22 Nm, dan lebih kecil 0,06 dari BP Diesel yaitu sebesar 12,30Nm.
2. Nilai BMEP yang didapat pada penelitian ini tertinggi pada BP Diesel sebesar 311603,63 N/M<sup>2</sup>, lebih besar 2116,62 N/M<sup>2</sup> dari Shell Diesel yaitu sebesar 309487,01 N/M<sup>2</sup>, dan lebih besar juga 1668,22 N/M<sup>2</sup> dari Pertamina Dex yaitu sebesar 309935,41
3. Nilai SFC pada penelitian kali ini tertinggi diperoleh bahan bakar BP Diesel sebesar 0,55kg/kWh, lebih besar 0,01 dari Shell Diesel yaitu sebesar 0,54 kg/kWh, dan lebih besar juga 0,05 kg/kWh dari Pertamina Dex sebesar 0,50 kg/kWh.
4. Nilai Efisiensi Termal pada penelitian ini tertinggi diperoleh bahan bakar Pertamina Dex sebesar 20,41% lebih besar 4,56% dari Shell Diesel dan lebih besar juga 4,11% dari BP Diesel yaitu sebesar 16,30%
5. Nilai smoke opacity pada penelitian ini diperoleh bahan bakar Pertamina Dex sebesar 10,75% dan diikuti oleh BP Diesel 10,53% kemudian terendah Shell Diesel sebesar 8,35%

		Satuan	Pertamina Dex	Shell Diesel	BP Diesel
Properties	Densitas	kg/m <sup>3</sup>	851.6	865.8	872.5
	Viskositas	cSt	4.11	4.85	2.81
	Nilai Kalor	kJ/kg	41396,04	48351.66	45425.1
	Cetan Number		53.1	51.25	51.5
	Sulfur	mg/kg	8.1	8.38	8.09
	Titik Nyala	C	56.8	56.38	57.11
Performa dan Emisi	Torsi	Nm	12,24	12,22	12,30
	BMEP	N/m <sup>2</sup>	309935,41	309487,01	311603,63
	SFC	kg/kWh	0,50kg/kWh	0,54	0,55
	Efisiensi Termal		20,41 %	15,85 %	15,30 %
	Smoke Opacity		10,75 %	8,35 %	10,53 %
Temperatur	Mesin	C	52,63	54,04	52,75
	Exhaust	C	344,38	357,10	386,13

## 5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengadaan alat uji properties bahan bakar dikarenakan biaya yang cukup besar untuk melakukan uji properties di Laboratorium
2. Lebih memerhatikan SOP dalam melakukan penelitian agar mendapat hasil yang akurat
3. Perlu dilanjutkannya pengujian emisi pada gas buang lebih kompleks lagi

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2020. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2017-2019*.
- [2] Berlian, R. 2019. *Pemakaian Sinergy Eco Racing Terhadap Penghematan Bahan Bakar Minyak*.
- [3] BP Statistical Review of World Energy. BP PLC Publication. 1<sup>St</sup>. James Square, London. 2020.
- [4] Faridha, dkk. 2021. “Biodiesel, Jejak Panjang Sebuah Perjuangan”. Jakarta Selatan: Badan Litbang ESDM.
- [5] Gadonneix, M. (2011). *Global Transport Scenarios 2050*. London: *World Energy Council*.
- [6] Humas EBTKE, Juni 2021. [ebtke.esdm.go.id. <URL: https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/06/02/2872/pedoman.penanganan.dan.penyimpanan.biodiesel.dan.campuran.bi.odiesel.b30>](https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/06/02/2872/pedoman.penanganan.dan.penyimpanan.biodiesel.dan.campuran.bi.odiesel.b30)
- [7] Imtenan, S., Masjuki, H.H., Varman, M., Arbaba, M.I., Sajjada, H., Fattaha, I.M. Rizwanul, Abedina, M.J., dan Md.
- [8] Khajepour, Amir., dkk. 2014. “Electric and Hybrid Vehicles: Technologies, Modelling and Control: A Mechatronics Approach”. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- [9] Pertamina. [<URL: https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/30702/pertamina-dex.pdf>](https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/30702/pertamina-dex.pdf)
- [10] Pertamina Industrial Fuel. Spesifikasi Bahan Bakar Pertamina Dex. [.<URL:https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/6796/biosolar.pdf>](https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/6796/biosolar.pdf).
- [11] Pudjanarsa, Astu., Nursuhud, Jati. 2013. “Mesin Konversi Energi Edisi 3”. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- [12] Resitoglu, Ibrahim A., dan Altinisik, Kemal, 2015. “The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems”. *Clean Technologies and Environmental Policy* 17, 2015: 15 – 27.
- [13] Shell Indonesia. *SIAPAKAH KAMI*. [https://www.shell.co.id/in\\_id/tentang-kami/who-we-are.html](https://www.shell.co.id/in_id/tentang-kami/who-we-are.html)
- [14] Syahid Muhammad. 2022. Perbandingan BP Diesel vs Pertamina Dex – Harga dan Kualitasnya. <https://lifepal.co.id/media/bp-diesel-vs-pertamina-dex/>

(diakses 12 April 2022)

- [15] Turns, Stephen R. 2012. *An Introduction To Combustion: Concepts and Applications*. New York: The McGraw- Hill Companies, Inc.
- [16] Wolfson, Richard, 2011. *Energy, Environment, and Climate 2nd Edition*. London: W.W. Norton.
- [17] Zakaria, Idhad, Oktober 2017. Antara News. <URL: [https://www.antaraneews.com/berita/661959/pertamina-ruiv-cilacap\\_berhasil-memproduksi-dexlite#\\_mobile-src](https://www.antaraneews.com/berita/661959/pertamina-ruiv-cilacap_berhasil-memproduksi-dexlite#_mobile-src)>.

## Lampiran

### 1. Perhitungan Performa dan Emisi

Beban (W)		RPM	Voltage (V)	Arus (A)	T Exhaust	Waktu konsumsi 25 mL (s)	ih (g/s)	Performance				Smoke Opacity (%)	
								Daya (W)	Torsi (Nm)	sfc (Kg/kWh)	Efisiensi Termal		BMEP (N/m <sup>2</sup> )
500			330	2	256	89	0.2291	733.33	3.18	1.1247	7.73242	80661.42	3
1000			314	4	290	82	0.2487	1395.56	6.06	0.6414	13.55767	153501.1	4
1500			304	7	311	73	0.2793	2364.44	10.27	0.4253	20.44918	260072	6
2000			299	9	325	65	0.3137	2990.00	12.98	0.3777	23.02547	328878.6	9
2500		2200	291	11	356	59	0.3456	3556.67	15.45	0.3498	24.86103	391207.9	10
3000			272	13	371	56	0.3641	3928.89	17.06	0.3336	26.06644	432149.7	14
3500			249	14	411	54	0.3776	3873.33	16.82	0.3509	24.78007	426039	18
4000			222	15	435	52	0.3921	3700.00	16.07	0.3815	22.79445	406973.5	23

Pertamina Dex

Beban (W)	RPM	Voltage (V)	Arus (A)	T Exhaust	Waktu konsumsi 25 mL (s)	m (g/s)	Performance					Smoke Opacity (%)
							Daya (W)	Torsi (Nm)	sfc (Kg/kWh)	Efisiensi Termal	BMEP (N/m <sup>2</sup> )	
500	2200	329.3	2.06	266.6	89	0.2432	753.73	3.27	1.1616	6.409697	82905.03	1.2
1000		316.3	4.5	302.3	79.3	0.2730	1581.50	6.87	0.6213	11.98322	173953.7	2.3
1500		305.3	6.9	344	63.6	0.3403	2340.63	10.16	0.5234	14.22399	257452.9	3.4
2000		297	9.1	360.3	60.6	0.3572	3003.00	13.04	0.4282	17.38837	330308.5	4.8
2500		275.6	11	375.6	59.3	0.3650	3368.44	14.63	0.3901	19.08601	370504.8	7.9
3000		259.3	12.9	388	55.6	0.3893	3716.63	16.14	0.3771	19.74493	408803.1	10
3500		247	14.1	405	52.6	0.4115	3869.67	16.81	0.3828	19.44869	425635.7	14.3
4000		228	15.3	415	50	0.4329	3876.00	16.83	0.4021	18.5176	426332.3	18.6

**Shell Diesel**

Beban (W)	RPM	Voltage (V)	Arus (A)	T Exhaust	Waktu konsumsi 25 mL (s)	m (g/s)	Performance					Smoke Opacity (%)
							Daya (W)	Torsi (Nm)	sfc (Kg/kWh)	Efisiensi Termal	BMEP (N/m <sup>2</sup> )	
500	2200	329.5	2.2	269.5	83.5	0.2612	805.44	3.50	1.1676	6.78767	88593.13	2.75
1000		315	4.7	299	75	0.2908	1645.00	7.14	0.6365	12.45162	180938.2	4.4
1500		304	7	341	63.5	0.3435	2364.44	10.27	0.5230	15.1531	260072	5.45
2000		301	9.4	386.5	59	0.3697	3143.78	13.65	0.4234	18.71986	345793.1	7.1
2500		292	11.5	419	54.5	0.4002	3731.11	16.20	0.3862	20.52265	410395.5	10.75
3000		270	13.2	443.5	52.5	0.4155	3960.00	17.20	0.3777	20.9823	435571.7	13.75
3500		231	14	458	51	0.4277	3593.33	15.61	0.4285	18.49551	395241	16.75
4000		208	14.8	472.5	50	0.4363	3420.44	14.85	0.4592	17.26041	376224.4	19.25

## 2. Pengujian Properties Bahan Bakar

**BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI**  
**LABORATORIUM**  
**PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI**  
SURABAYA - JAWA TIMUR

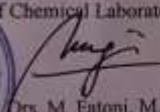
 **REPORT**

**Certificate of Analysis**

No. : 08125/KI/IV-2022  
Code : Penelitian  
Sample Sender : Mhs.T Mesin ITS Sby  
Sample Name : Bahan Bakar  
Test : Lengkap  
Sample Brand :  
Sample Identity : Cairan kekuningan  
Sample Accepted : 25 April 2022

Chemical laboratory test result is :

Kode	Pert. Dex	Bt Diesel	Snell Diesel
1. Mass Jenis 40°C, kg/m <sup>3</sup>	: 851,60	872,50	865,80
2. Viskositas kinematik 40°C, cSt: 2,81		4,11	4,85
3. Energi, kkal/kg	: 9856,20	10315,50	11512,30
4. Letak Number	: 46,50	52,10	45,30
5. Sulfur, mg/kg	: 3,10	2,05	1,72
6. T Nyala, °C	: 146,50	142,10	138,60

Surabaya, 27 April 2022  
Head of Chemical Laboratory Researcher  
  
Drs. M. Fatoni, M.S.

  
Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII No. 14  
Telp 08155151337, Bank BCA - Bank Jatim  
Surabaya

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI



LABORATORIUM

PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI  
SURABAYA – JAWA TIMUR

REPORT

Certificate of Analysis

08125/KI/VI-2022  
: Penelitian  
: Mhs.T Mesin ITS Eky  
: Bahan Bakar  
: Revisi  
: Brand  
: Identity : Cairan ketuoningan  
: Accepted : 25 April 2022

Chemical laboratory test result is :

Kode	Pert.Dex	Bt Diesel	ShellDise
Cetan N	53,1	51,50	51,25
Sulfur %	0,10	0,28	0,09
T Nyala °C	56,80	57,11	56,28



Surabaya, 10 Juni 2022  
Head of Chemical Laboratory Researcher

*[Signature]*  
Drs. M. Fatoni, M.S.

Laboratory Office Jl. Kemintang Baru XVII No. 14  
Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim  
Surabaya



**BIODATA PENULIS** Penulis bernama lengkap Fawwaz Ashrur, dilahirkan di Sampang pada tanggal 2 Januari 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Al-Ma'Arif Sampang, SDN Dalpenang 1 Sampang, SMP Negeri 1 Sampang, dan SMA Negeri 1 Sampang. Setelah lulus SMA pada tahun 2017, melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN), penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada program studi S-1 Teknik Mesin.

Selama berkuliah di Departemen Teknik Mesin ITS, penulis mengambil bidang studi Konversi Energi. Penulis juga aktif di bidang non-akademik menjadi anggota UKM Sepak Bola (2017-2018). Penulis juga aktif sebagai anggota eksternal Forum Mahasiswa Sampang ITS PENS PPNS (Formas) (2017-2018) dan menjadi kepala divisi eksternal Formas (2018-2019).