

**PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF PADA BAHAN
BAKAR *CETANE* 51 TERHADAP UNJUK KERJA PADA
MESIN DIESEL ISUZU TLD 54**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin
Universitas Islam Riau*



OLEH :

AZLAN DWI FAHMI
13.331.0585

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum, Wr. Wb.

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan guna mencapai gelar sarjana teknik di Prodi Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Dibalik keberhasilan penulias dalam menyusun tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka sudah sepantasnya penulis mengucapkan terima kasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini khususnya kepada :

1. Papa dan Almarhumah Mama yang tercinta, abang dan adikku yang kusayangi yang telah memberikan do'a restu yang sepenuhnya kepada penyusun untuk melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir yang merupakan bagian dari mata kuliah yang harus diambil.
2. Bapak Eddy Elfiano, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Kepala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau telah membantu dan membimbing dalam penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Dody Yulianto, ST., MT, selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

4. Bapak .Dr. Dedi Karni, ST., M.Sc selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Ibu Dr. Kurnia Hastuti, ST.,MT, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
6. Bapak Ir. Irwan Anwar, MT selaku Kepala Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
7. Kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah menuangkan ilmunya kepada saya.
8. Rekan - rekan seperjuangan yang telah membantu memberikan dorongan moral dalam pembuatan tugas akhir.
9. Muhammad Firdaus, ST yang terlibat langsung membantu dalam pembuatan penelitian.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang berperan dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pembaca untuk menambah ilmu pengetahuan dan wawasan.

Pekanbaru, 5 Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian Umum Motor Bakar	6
2.2. Pengertian Mesin Diesel.....	6

2.2.1	Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Langkah.....	7
2.3.	Siklus Pada Mesin Diesel 4 Langkah	8
2.3.1	Siklus Ideal	8
2.3.2	Siklus Sebenarnya.....	10
2.4.	Bahan Bakar Diesel	12
2.4.1	Sifat-sifat Bahan Bakar	12
2.4.2	Jenis-jenis Bahan Bakar Diesel	16
2.4.2.1	Bahan Bakar Dexlite.....	16
2.4.2.2	Bahan Bakar Pertamina Dex	17
2.4.2.3	Bahan Bakar Biosolar	18
2.5.	Zat Aditif	19
2.6.	Unjuk Kerja Mesin Diesel	20
2.6.1.	Torsi Mesin	21
2.6.2.	Daya (Power)	22
2.6.3	Tekanan Efektif Rata-rata.....	23
2.6.4	Konsumsi Bahan Bakar	24
2.6.5.	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (<i>SFC</i>)	24
2.6.6.	Efisiensi Termal	25
2.7	Penelitian Terdahulu	25

2.7.1 Eddy Elfiano dkk 2017.....	25
2.7.2 Audri, 2017.....	26
2.7.3 Sulaeman dan Ferdiansyah.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1. Diagram Alir Penelitian	28
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	29
3.3.1. Alat Uji	29
3.3.2 Bahan.....	34
3.4. Prosedur Penelitian	35
3.4.1. Persiapan Sebelum Pengujian.....	35
3.4.2. Langkah-langkah Pengujian	36
3.5. Jadwal Kegiatan Penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Data Hasil Penelitian	38
4.2. Hasil Perhitungan	39
4.2.1. Rumus Torsi	39
4.2.1.1. Perhitungan Torsi Pada Bahan Bakar CN 51 Murni... 39	
4.2.1.2. Perhitungan Torsi Pada penambahan $\frac{1}{4}$ zat aditif	
: 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51	40

4.2.1.3	Perhitungan Torsi Pada Penambahan $\frac{1}{2}$ Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51	40
4.2.1.4.	Perhitungan Torsi Pada Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51	41
4.2.2.	Rumus Daya	43
4.2.2.1.	Perhitungan Daya Pada Bahan Bakar CN 51 Murni..	43
4.2.2.2.	Perhitungan Daya Pada Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51	43
4.2.2.3	Perhitungan Daya Pada Penambahan Zat Aditif $\frac{1}{2}$ Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51	44
4.2.2.4.	Perhitungan Daya Pada Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51	44
4.2.3.	Rumus Tekanan Efektif Rata-rata	46
4.2.3.1	Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata Pada Bahan Bakar CN 51 Murni	47
4.2.3.2	Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata Dengan Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51 ...	47
4.2.3.3	Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata Dengan Penambahan $\frac{1}{2}$ Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51....	47
4.2.3.4	Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata Dengan Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51..	48
4.2.4	Rumus Konsumsi Bahan Bakar	50

4.2.4.1	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pada Bahan Bakar CN 51 Murni	51
4.2.4.2	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dengan Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51....	51
4.2.4.3	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dengan Penambahan $\frac{1}{2}$ Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51....	52
4.2.4.4	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dengan Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51..	52
4.2.5	Rumus Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	54
4.2.5.1	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Pada Bahan Bakar CN 51 Murni.....	55
4.2.5.2	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dengan Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51...	55
4.2.5.3	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dengan Penambahan $\frac{1}{2}$ Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51....	55
4.2.5.4	Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dengan Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51..	56
4.2.6	Rumus Efisiensi Termal	57
4.2.6.1	Perhitungan Efisiensi Termal Pada Bahan Bakar CN 51 Murni	58
4.2.6.2	Perhitungan Efisiensi Termal Dengan Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51	58

4.2.6.3 Perhitungan Efisiensi Termal Dengan Penambahan $\frac{1}{2}$

Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51 59

4.2.6.4 Perhitungan Efisiensi Termal Dengan Penambahan 1

Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51 59

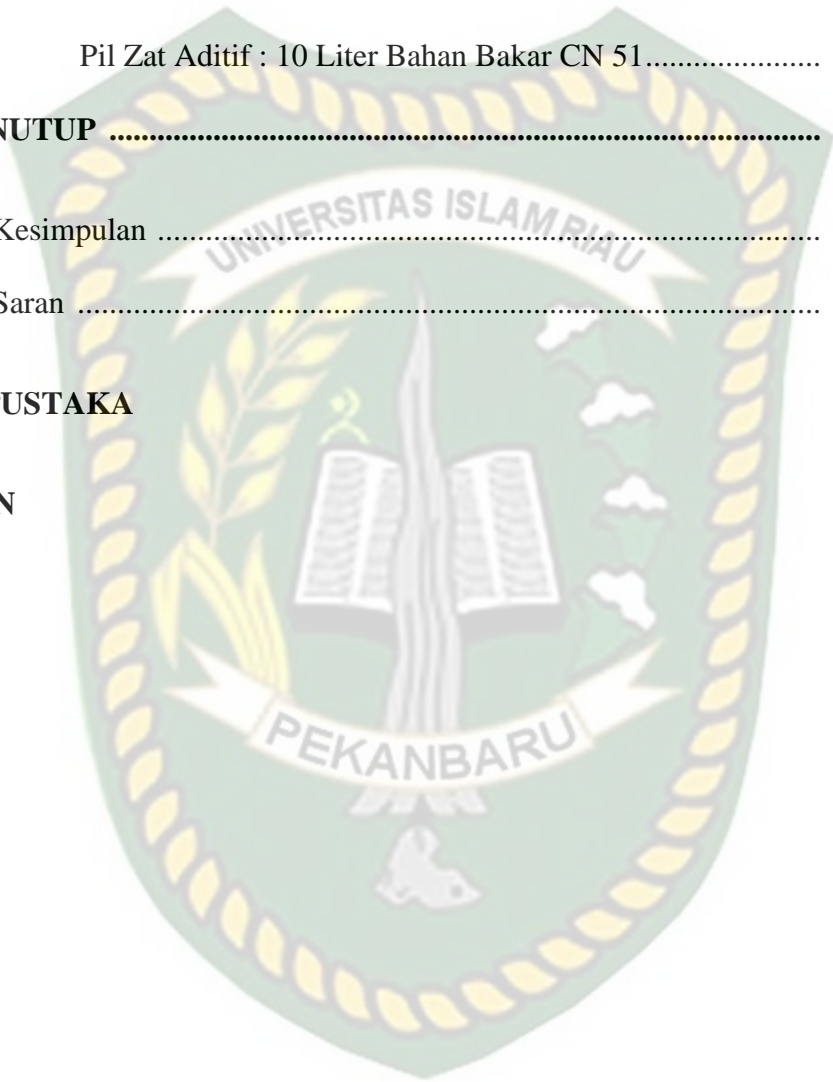
BAB V PENUTUP **62**

5.1. Kesimpulan 62

5.2. Saran 62

DAFTAR PUSTAKA

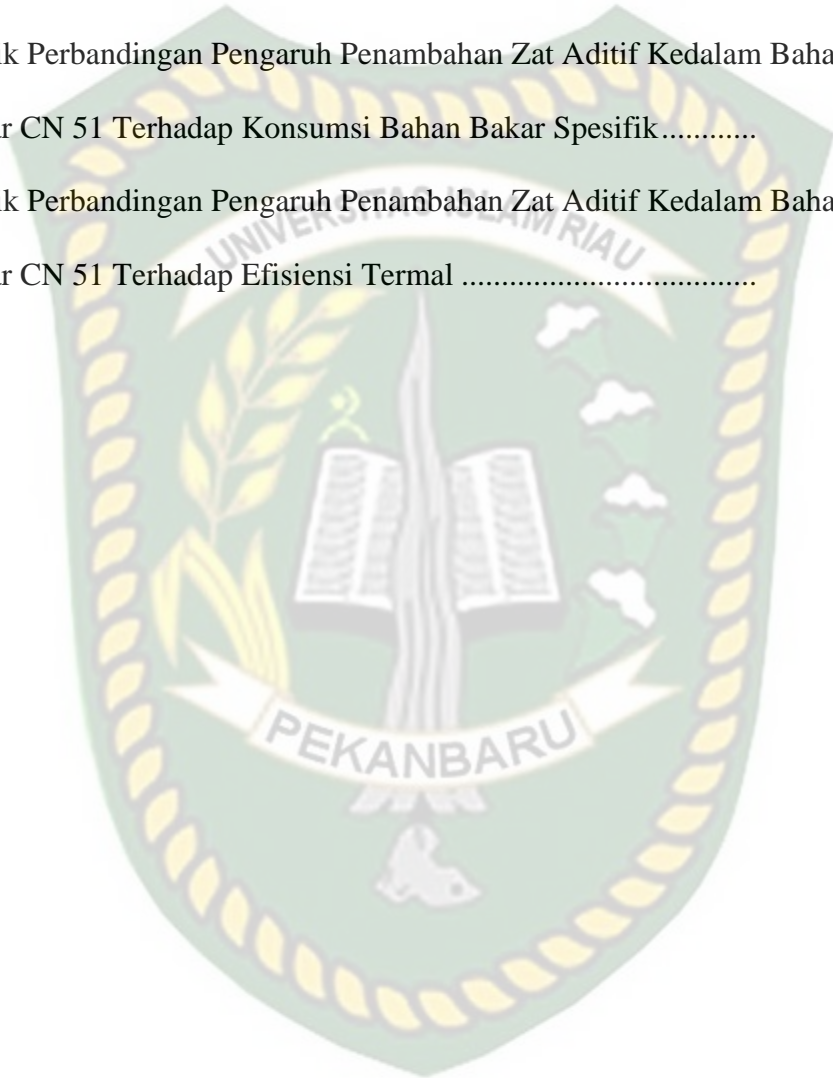
LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar	20
3.1 Diagram Alir Penelitian	28
3.2 Mesin Uji Motor Diesel	29
3.3 <i>Stopwatch</i>	30
3.4 Gelas Ukur	30
3.5 <i>Thermometer</i> Air Raksa	31
3.6 <i>Anemometer</i>	31
3.7 <i>Tachometer</i>	32
3.8 <i>Meteran</i>	32
3.9 <i>Tool Set</i>	33
3.10 Radiator	33
3.11 <i>Flowmeter</i>	34
3.12 Zat Aditif	34
3.13 Bahan Bakar	35
4.1 Grafik Perbandingan Pengaruh Penambahan Zat Aditif Kedalam Bahan Bakar CN 51 Terhadap Torsi.....	42
4.2 Grafik Perbandingan Pengaruh Penambahan Zat Aditif Kedalam Bahan Bakar CN 51 Terhadap Daya.....	45
4.3 Grafik Perbandingan Pengaruh Penambahan Zat Aditif Kedalam Bahan	

	Bakar CN 51 Terhadap Tekanan Efektif Rata-rata	49
4.4	Grafik Perbandingan Pengaruh Penambahan Zat Aditif Kedalam Bahan Bakar CN 51 Terhadap Konsumsi Bahan Bakar	53
4.5	Grafik Perbandingan Pengaruh Penambahan Zat Aditif Kedalam Bahan Bakar CN 51 Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	57
4.6	Grafik Perbandingan Pengaruh Penambahan Zat Aditif Kedalam Bahan Bakar CN 51 Terhadap Efisiensi Termal	60



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Spesifikasi Bahan Bakar Dexlite	16
2.2 Spesifikasi Bahan Bakar Pertamina Dex	17
2.3 Spesifikasi Biosolar	18
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	37
4.1 Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Bahan Bakar CN 51 Tanpa Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif.....	38
4.2 Hasil Pengujian Nilai Kalor Dengan Menggunakan Bahan Bakar CN 51 Tanpa Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif.....	38
4.3 Hasil Perhitungan Torsi Tanpa Campuran Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif	41
4.4 Hasil Perhitungan Daya Tanpa Campuran Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif	45
4.5 Hasil Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata Tanpa Campuran Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif	49
4.6 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Tanpa Campuran Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif	53
4.7 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Tanpa Campuran Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif	56
4.8 Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Tanpa Campuran Zat Aditif dan Dengan Penambahan Zat Aditif	60

DAFTAR NOTASI

<u>Simbol</u>	<u>Notasi</u>	<u>Satuan</u>
n	Putaran mesin	(rpm)
P	Daya	(kW)
T	Torsi	(Nm)
F	Gaya	(N)
L	Panjang lengan torsi	(m)
Sfc	Pemakaian Bahan Bakar	(kg/jam.kW)
m_f	Pemakaian bahan bakar tiap jam	(kg/jam)
t	Waktu	(detik)
Ne	Daya efektif mesin	(kW)
η_{th}	Efisiensi termal	(%)
LHV	Panas pembakaran rendah dari bahan bakar	
g	Gaya gravitasi bumi	(m/s^2)
V_L	Volume langkah torak	(m^3)
D	Diameter torak	(mm)
S	Panjang langkah Torak	(mm)
ρ_{bb}	Kerapatan bahan bakar	(kg/m^3)

**PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF PADA BAHAN BAKAR *CETANE 51*
TERHADAP UNJUK KERJA PADA MOTOR DIESEL ISUZU TLD 54**

Azlan Dwi Fahmi, Eddy Elfiano

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution Km 11 No 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru.

Telp 0761-674635 fax (0761) 674834

Email : ad.fahmi18@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan motor diesel banyak digunakan sebagai mesin penggerak, baik untuk kendaraan, alat berat maupun pembangkit listrik. Pada motor Diesel, bahan bakar Dexlite memiliki peran yang sangat penting. Disamping itu, konsumen sangat membutuhkan kendaraan bermotor dengan kinerja mesin yang optimal dan irit bahan bakar, dengan adanya penambahan zat aditif pada bahan bakar motor Diesel akan meningkatkan nilai cetana sehingga prospek permintaan konsumen terhadap zat aditif semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk. Pada penelitian ini, penambahan zat aditif bervariasi yang dicampurkan kedalam bahan bakar *Cetane 51* untuk mengetahui unjuk kerja dari motor Diesel Isuzu TLD 54. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar *cetane 51* terhadap unjuk kerja pada motor Diesel Isuzu TLD 54. Hasil pengujian diperoleh nilai torsi tertinggi terjadi pada penambahan 0,10 gram zat aditif yaitu sebesar 162,86 Nm, nilai daya tertinggi yaitu sebesar 34,09 kW, nilai tekanan efektif rata-rata tertinggi yaitu sebesar 120,96 kPa dan efisiensi termal tertinggi juga terjadi pada penambahan 0,10 gram zat aditif yaitu sebesar 91,7%. Sementara itu konsumsi bahan bakar terjadi penurunan tertinggi pada penambahan 0,10 gram zat aditif yaitu sebesar 3,2 kg/jam.

Kata Kunci : *Zat Aditif, Bahan Bakar Diesel, unjuk kerja*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan mesin Diesel sebagai penggerak utama cukup banyak, baik untuk kendaraan, alat berat maupun pembangkit listrik. Hal ini disebabkan karena pemakaian bahan bakar lebih rendah dan daya yang dihasilkan cukup besar. Untuk mengoperasikan mesin Diesel digunakan bahan bakar cair (minyak Diesel). Mutu bahan bakar ini ditentukan oleh angka setana, bahan bakar Diesel yang ada di Indonesia memiliki angka setana yang berbeda-beda. Angka setana yang rendah dapat mengakibatkan unjuk kerja motor/kendaraan kurang baik. Untuk meningkatkan kinerja motor/kendaraan maka kualitas bahan bakar harus ditingkatkan dengan cara penambahan zat aditif (Audri, 2017).

Bahan bakar sangatlah penting pada kendaraan bermotor karena sebagai sumber tenaga untuk mesin dapat bergerak. Bahan bakar juga memiliki banyak jenis dari padat, cair, dan gas. Dimana bahan bakar mesin Diesel mempunyai banyak macam yaitu Biosolar, Dexlite dan Pertamina Dex. Bahan bakar Biosolar mempunyai angka cetane 48 dengan kandungan sulfurnya 2.500 ppm, Dexlite mempunyai angka cetane 51 dengan kandungan sulfurnya 1200 ppm, sedangkan Pertamina Dex memiliki angka cetane 53 dengan kadar sulfur di bawah 300 ppm, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan solar (www.pertamina.com).

Sebagai sumber tenaga penggerak, bahan bakar motor Diesel sangat digemari oleh masyarakat. Akan tetapi masyarakat menggunakan bahan bakar Dexlite yang memiliki angka cetana rendah. Peran bahan bakar sangat penting dalam proses pembakaran karena dapat mempengaruhi performa mesin secara keseluruhan dan efisiensi pembakaran pada mesin itu sendiri. Berbagai macam cara digunakan untuk meningkatkan nilai cetana bahan bakar. Karena nilai cetana dari bahan bakar merupakan salah satu parameter untuk mengetahui kesempurnaan pembakaran di dalam mesin. Konsumen sangat membutuhkan kendaraan bermotor dengan kinerja mesin yang optimal dan irit bahan bakar.

Maka untuk meningkatkan unjuk kerja motor bisa kita atasi dengan cara menambahkan zat aditif. Zat aditif merupakan suatu bahan yang ditambahkan pada bahan bakar kendaraan bermotor, baik pada mesin Bensin maupun mesin Diesel. Zat aditif sering disebut juga dengan *fuel* vitamin. Penambahan zat aditif pada bahan bakar Diesel harus sesuai dengan perbandingan yang sudah ditetapkan. Untuk menghasilkan unjuk kerja mesin yang optimal, maka penambahan zat aditif ke bahan bakar Diesel harus diukur dengan perbandingan tertentu. Untuk itu dilakukan pengujian berapa persentase penambahan zat aditif yang tepat, sehingga dapat meningkatkan kinerja mesin (Audri, 2017).

Menurut penelitian sebelumnya (Audri, 2017) yang meneliti tentang pengaruh pemberian aditif terhadap prestasi mesin Diesel OM 444 LA". Pengujian dilakukan dengan penambahan zat aditif secara bervariasi, yaitu 5 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar, 7,5 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar, 12,5 ml aditif : 2500 ml bahan bakar Solar, 17,5 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar dan 25 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar. Data

yang dihasilkan ialah, konsumsi bahan bakar terendah terjadi pada penambahan zat aditif 12,5 ml yaitu sebesar 5,76 l/h. Kemudian daya terbesar didapat pada penambahan zat aditif 12,5 ml daya yang dihasilkan sebesar 16,82 kW

Maka kondisi ini yang membuat penulis tertarik membuat penelitian dengan judul yaitu “ **Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Bahan Bakar *Cetane* 51 Terhadap Unjuk Kerja Pada Motor Diesel Isuzu TLD 54**”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar *cetane* 51 terhadap unjuk kerja pada motor Diesel Isuzu TLD 54 ?
2. Berapakah campuran zat aditif dengan *cetane* 51 yang memiliki unjuk kerja paling baik ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar *cetane* 51 terhadap unjuk kerja pada motor Diesel Isuzu TLD 54
2. Untuk mendapatkan berapa campuran zat aditif dengan bahan bakar *cetane* 51 yang memiliki unjuk kerja paling baik.

1.4 Batasan Masalah

Agar didapat hasil yang baik maka didalam penulisan ini perlu adanya batasan masalah. Pembatasan masalah ini adalah untuk menyederhanakan permasalahan agar dapat memberikan arahan pemahaman secara mudah. Dalam penulisan ini batasan permasalahan yang diambil adalah :

1. Pengujian hanya dilakukan dengan menggunakan bahan bakar *cetane* 51 dan bahan bakar *cetane* 51 dengan penambahan zat aditif
2. Pengujian ini menggunakan mesin diesel isuzu TLD 54
3. Pengambilan data pada kondisi mesin stasioner.
4. Pengujian ini dilakukan pada putaran 2000 rpm.
5. Pengujian ini dilakukan pada waktu 10 menit.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran secara umum tentang analisa ini, penulis melengkapi penguraiannya sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan tentang teori-teori pendukung dan persamaan-persamaan yang digunakan dalam menganalisa Unjuk kerja dan Emisi gas buang motor bensin.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisikan tentang langkah-langkah yang dilakukan pada penellitian tugas akhir ini.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan tentang hasil dan pembahasan perhitungan dari pengolahan data dalam penelitian.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berikan tentang kesimpulan dan saran dari keseluruhan tugas akhir.

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum Motor Bakar

Motor bakar merupakan jenis motor yang banyak digunakan saat ini untuk mengubah suatu energi panas menjadi energi mekanik. Energi tersebut di peroleh dari hasil pembakaran didalam ruang bakar. Motor bakar dibedakan menjadi 2 jenis yaitu motor bakar pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) dan motor bakar pembakaran luar (*External Combustion Engine*). Motor bakar pembakaran dalam adalah motor yang melakukan proses pembakarannya didalam silinder dan gas hasil pembakaran yang terjadi berfungsi sebagai fluida kerja. Sedangkan untuk motor pembakaran luar adalah motor yang melakukan pembakarannya di luar silinder dan energi panas dari gas pembakaran dipindahkan ke fluida mesin melalui beberapa dinding pemisah, contohnya ketel uap (Wiranto, 1975).

2.2 Pengertian Mesin Diesel

Menurut (Wiranto,1975) mesin Diesel adalah jenis motor pembakaran dalam dengan karakteristik utama yang berbeda dari motor bakar yang lainnya, yaitu terletak pada metode pembakaran bahan bakarnya.

Torak (piston) yang bergerak secara translasi/bolak-balik didalam silinder mengkompresikan udara sehingga menaikkan temperatur dan tekanan, kemudian bahan bakar dikabutkan kedalam ruang bakar, karena suhu dan tekanan yang sangat tinggi

menyebabkan bahan bakar yang dikabutkan oleh *nozzel* akan terbakar dengan sendirinya (*Compression Ignition Engines*) dan terjadilah proses ekspansi yang mendorong piston. Tenaga dari piston diteruskan oleh batang piston menuju poros engkol, gerak translasi dirubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol tersebut.

2.2.1 Prinsip Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

Menurut (Wiranto, 1975) prinsip kerja mesin Diesel adalah gerakan bolak-balik dari torak hasil pembakaran yang membentuk siklus. Siklus kerja dari mesin diesel adalah sebagai berikut :

1. Langkah Hisap

Torak bergerak dari TMA ke TMB. Katup hisap terbuka dan katup buang tertutup. Kemudian torak akan menghisap udara yang mengalir kedalam silinder melalui katup masuk. Udara masuk kedalam silinder yang tekanannya lebih rendah dari tekanan atmosfer. Setelah sampai ke TMB katup hisap tertutup.

2. Langkah Kompresi

Pada langkah ini torak bergerak dari TMB ke TMA. Kedua katup tertutup karena gerakan torak keatas. Udara yang berada didalam silinder dikompresikan.

3. Langkah Kerja/Ekspansi

Torak bergerak dari TMA ke TMB. Kedua katup masih dalam keadaan tertutup, sebelum torak sampai TMA atau sebelum langkah kompresi selesai bahan bakar dikabutkan kedalam ruang bakar. Bahan bakar tersebut langsung terbakar dengan sendirinya karena udara didalam ruang bakar tersebut sudah memiliki

temperatur sangat tinggi, karena pembakaran tersebut temperatur dan tekanannya naik, gas pembakaran berekspansi dan mendorong torak kebawah untuk melakukan kerja mekanis menggerakkan poros engkol.

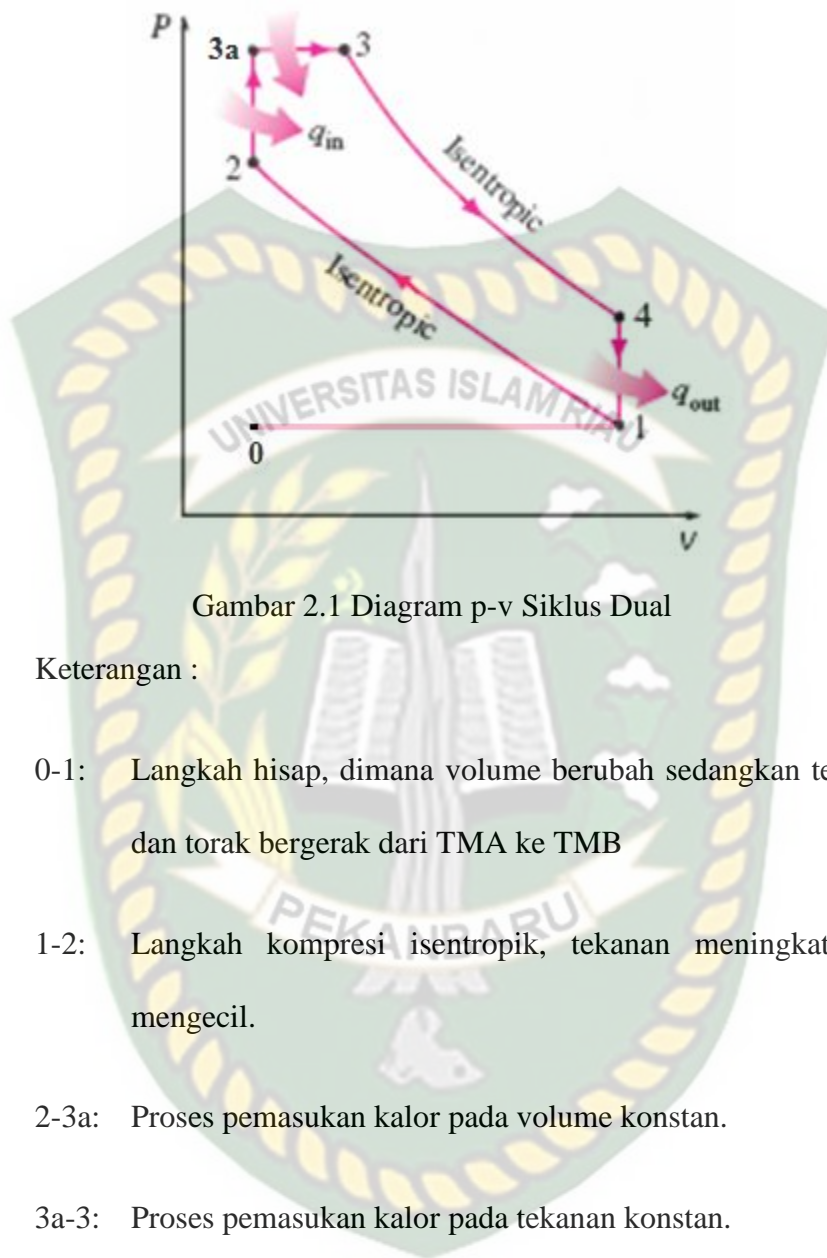
4. Langkah Buang

Torak bergerak dari TMB ke TMA. Pada proses ini katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Gas hasil pembakaran akan terdorong keluar melalui katup buang. Setelah torak menyelesaikan langkah ini sampai di TMA katup buang tertutup dan katup hisap terbuka, siap melakukan langkah pengisian kembali.

2.3 Siklus Pada Mesin Diesel 4 Langkah

2.3.1 Siklus Dual

Siklus dual biasanya digunakan pada mesin Diesel putaran tinggi. Proses termodinamika dan kimia yang terjadi didalam motor bakar torak sangat kompleks untuk dianalisa menurut teori. Untuk memudahkan analisa tersebut dapat dilihat pada diagram p-v dibawah ini



Gambar 2.1 Diagram p-v Siklus Dual

Keterangan :

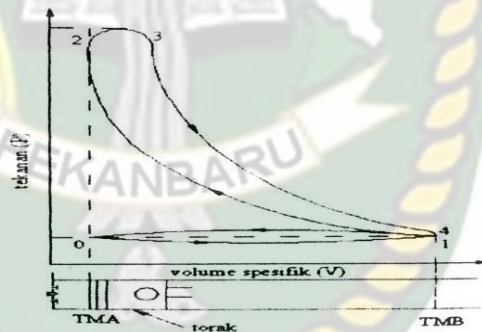
- 0-1: Langkah hisap, dimana volume berubah sedangkan tekanan konstan dan torak bergerak dari TMA ke TMB
- 1-2: Langkah kompresi isentropik, tekanan meningkat dan volume mengecil.
- 2-3a: Proses pemasukan kalor pada volume konstan.
- 3a-3: Proses pemasukan kalor pada tekanan konstan.
- 3-4: Langkah tenaga atau ekspansi, dimana tekanan menurun dan volume meningkat.

4-1: Proses pembuangan kalor dimana tekanan menurun sedangkan volume konstan.

1-0: Langkah buang, terjadi pada tekanan konstan sedangkan torak bergerak dari TMB ke TMA.

2.3.2 Siklus Sebenarnya

Dalam kenyataannya tidak ada siklus ideal, karena didalam setiap gerakan torak terjadi kehilangan kalor akibat pendinginan dan keausan pada torak, tetapi boleh dikatakan hampir mendekati ideal. Siklus sebenarnya bisa kita lihat pada diagram p-v dibawah ini



Gambar 2.2 Diagram p-v Sebenarnya

Keterangan :

1. Langkah Hisap (0-1)

20⁰ sebelum torak mencapai TMA katup hisap sudah mulai terbuka dan 10⁰ setelah TMA katup buang tertutup. Torak bergerak dari TMA menuju TMB

sehingga tekanan dalam silinder sedikit lebih rendah dari tekanan udara luar, udara masuk kedalam silinder melewati katup hisap.

2. Langkah Kompresi (1-2)

Bergerakannya torak dari TMB menuju TMA menyebabkan ruang dalam silinder mengecil, katup hisap menutup pada 20° setelah TMB, sehingga pada langkah ini kedua katup tertutup. Tekanannya naik sampai $\pm 30 \text{ kg/cm}^2$ dan temperaturnya 550°C .

3. Langkah Pembakaran (2-3)

Pembakaran dimulai dari titik 2 bahan bakar dimasukan kedalam silinder berangsur-angsur selama 10% dari langkah, setelah bahan bakar bersentuhan dengan udara yang sangat panas, maka mulai terjadi pembakaran dengan temperatur yang naik menjadi $1200\text{-}1600^\circ\text{C}$.

4. Langkah Usaha/Ekspansi (3-4)

Setelah pembakaran bahan bakar selesai pada titik 3, piston bergerak dari TMA menuju TMB gerak translasi piston diteruskan oleh batang piston untuk diubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol dan menghasilkan kerja. Pada langkah ini kedua katup masih dalam keadaan tertutup.

5. Langkah Buang (4-0)

35° sebelum torak mencapai TMB katup buang terbuka, dimana pada saat itu tekanan gas masih kurang lebih 2 atm dan gas-gas sisa pembakaran mengalir

keluar. Torak bergerak dari TMB ke TMA dengan mendorong gas sisa pembakaran keluar silinder

2.4 Bahan Bakar Diesel

Bahan bakar adalah material dengan suatu jenis energi yang bisa diubah menjadi energi berguna lainnya. Bahan bakar dalam aplikasi mesin pembakaran memiliki 3 (tiga) jenis bentuk fisik atau wujudnya baik itu berupa padat, cair dan gas. Tapi untuk mesin pembakaran dalam, khususnya mesin Diesel menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu cair dan gas. Walaupun bahan bakar padat seperti batu bara juga dapat digunakan, tapi sebelumnya akan diproses terlebih dahulu yang nantinya menjadi wujud gas (Qorry , 2017).

2.4.1 Sifat-sifat Bahan Bakar

Properti bahan bakar adalah sifat atau karakter yang dimiliki oleh suatu bahan bakar yang terkait dengan kinerja bahan bakar tersebut dalam proses atomisasi dan pembakaran. Properti umum yang perlu kita ketahui untuk menilai kinerja dari bahan bakar mesin Diesel antara lain (Mathur, 1980) :

1. *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.

2. Viskositas

Viskositas atau kekentalan dari suatu cairan ialah salah satu sifat cairan yang menentukan besarnya perlawanan terhadap gaya geser. Viskositas terjadi terutama karena adanya interaksi antara molekul-molekul cairan (Fox, 2003). 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 di injeksi sehingga atomisasi bahan bakar menjadi jelek atau tidak sempurna.

3. *Flash Point*

Flash point atau titik nyala suatu bahan bakar ialah suhu terendah dimana bahan bakar dapat di panaskan sehingga uap mengeluarkan nyala sebentar bila dilewatkan suatu nyala api.

4. *Pour Point*

Pour point atau titik tuang suatu bahan bakar ialah suhu terendah dimana bahan bakar masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. Ini merupakan indikasi

yang sangat kasar untuk suhu terendah dimana bahan bakar minyak siap untuk dipompakan.

5. *Shulpur Content*

Shulpur content atau kandungan belerang dalam bahan bakar Diesel dari hasil penyulingan sangat tergantung pada asal minyak mentah yang akan diolah. Keberadaan belerang tidak diharapkan karena sifatnya yang dapat merusak, yaitu apabila oksida belerang bereaksi dengan air merupakan bahan yang korosif terhadap logam diruang bakar. Selain itu, dapat menimbulkan polusi lingkungan akibat adanya oksidasi belerang dengan oksigen selama proses pembakaran.

6. *Distillation atau Destilasi*

Karakteristik destilasi dari bahan bakar menunjukkan kemampuan suatu bahan bakar berubah menjadi uap pada suhu tertentu.

7. *Cetane Number*

Cetane number atau angka setana merupakan bilangan yang menyatakan perlambatan penyalaan (*ignition delay*) dibandingkan dengan campuran *volumetric cetane* ($C_{16}H_{34}$) dan *α -methylnaphthalene* ($C_{10}H_7CH_3$) pada *CFR engine* pada kondisi yang sama.

8. *Calorific Value*

Calorific value atau nilai kalor merupakan suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran dari 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).

9. *Carbon Residue*

Banyaknya deposit atau kerak pada dinding ruang bakar mengindikasikan tingginya kandungan *carbon residue* suatu bahan bakar. *Carbon residue* dalam ruang pembakaran dapat mengurangi kinerja mesin, karena pada suhu tinggi karbon ini dapat membara sehingga menaikkan suhu ruang bakar.

10. *Ash Content*

Ash content atau kadar abu ialah jumlah sisa-sisa dari minyak yang tertinggal. Kadar abu erat kaitannya dengan bahan *inorganic* atau garam dalam bahan bakar minyak. Garam-garam tersebut mungkin dalam bentuk senyawa sodium, vanadium, kalsium, magnesium, silikon, besi, aluminium, nikel dan lain-lain.

2.4.2 Jenis-jenis Bahan Bakar Diesel

2.4.2.1 Bahan Bakar Dexlite

Dexlite adalah bahan bakar minyak terbaru dari PT. Pertamina Tbk untuk kendaraan bermesin Diesel di Indonesia. Dexlite diluncurkan pada April 2016 sebagai varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas di atas Solar dengan *Cetane Number* 48, tetapi dengan harga yang lebih murah dari Pertamina Dex dengan *Cetane Number* 53.

Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Bakar Dexlite

NO	Parameter Uji	Unit	Hasil Uji	Batasan SNI M. Solar	
			Dexlite	Min	Max
1	Angka Setane	-	56,7	48	-
2	Index Setane	-	51,1	45	-
3	Berat Jenis pada 15°C	kg/m ³	845,7	815	670
4	Viskositas pada 40°C	mm ² /s	2,92	2	4,5
5	Kandungan Sulfur	% m/m	0,078	-	0,3
6	Distilasi T90	°C	344,0	-	370
7	Titik Nyala	°C	65	52	-
8	Titik Tuang	°C	-3	-	18
9	Residu Karbon	% m/m	Nihil	-	0,1
10	Kandungan Air	mm/kg	159,63	-	500
11	Kandungan FAME	% v/v	20	-	20
12	Korosi Bilah Tembaga	Merit	1a	Kelas I	
13	Kandungan Abu	% m/m	0,001	-	0,01
14	Kandungan Sedimen	% m/m	Nihil	-	0,01
15	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	0	-	0
16	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	0,1	-	0,6
17	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang	Jernih dan Terang	
18	Warna	No ASTM	1,1	-	3,0
19	Lubrisifikasi (HFRR)	Micron	236	-	460

20	Stabilitas Oksidasi- Metode Rancimat	Jam	>48	35	-
----	-----------------------------------------	-----	-----	----	---

Sumber : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia
Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi)

2.4.2.2 Bahan Bakar Pertamina Dex

Merupakan bahan bakar Diesel terbaik yang mampu menjadikan kerja mesin lebih optimal, tangguh dan bertenaga. Pertamina Dex dilengkapi dengan *lubricity* dan anti *foaming of gas*. Sangat disarankan untuk kendaraan Diesel, terutama mesin Diesel modern berteknologi *common rail system* yang memang membutuhkan bahan bakar prima dan berkualitas tinggi. Dengan kandungan sulfurnya yang rendah (kurang dari 300 ppm) dan dengan angka *cetane* 53 serta telah memenuhi standar euro 3, menjadikannya sejajar dengan bahan bakar Diesel premium kelas dunia.

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Bakar Pertamina Dex

NO	Parameter Uji	Unit	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Setane	-	53	-
2	Index Setane	-	48	-
3	Berat Jenis pada 15°C	Kg/m ³	820	860
4	Viskositas pada 40°C	mm ² /s	2	4,5
5	Kandungan Belerang	% m/m	-	0,05
6	Distilasi 90% vol. penguapan	°C	-	340
7	Titik Nyala	°C	55	-
8	Titik Tuang	°C	-	18
9	Residu Karbon	% m/m	-	0,3
10	Kandungan Air	mg/kg	-	500
11	Kandungan FAME	% v/v	-	10
12	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01
13	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01
14	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0
15	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,3

16	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang	
17	Lubricity (HFRR wear scar dia. @60°C)	Micron	-	460
18	Warna	No. ASTM	-	1,0
19	Biological Growth	-	Nihil	
20	Kandungan Metanol	% v/v	Tidak Terdeteksi	
21	Partikulat	mg/l	-	10

(Sumber : Pertamina.com)

2.4.2.3 Bahan Bakar Biosolar

Merupakan bahan bakar Diesel dengan angka cetane 48 sesuai untuk kendaraan bermesin Diesel dengan teknologi lama dengan kandungan sulfurnya 2500 ppm. Umumnya seperti bus dalam kota. Untuk kendaraan pribadi berbahan bakar Diesel dapat menggunakan produk Dexlite dan Pertamina Dex.

Tabel 2.3 Spesifikasi Biosolar

NO	Parameter Uji	Unit	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Setane	-	48	-
2	Index Setane	-	45	-
3	Berat Jenis pada 15°C	kg/m ³	815	860
4	Viskositas pada 40°C	mm ² /s	2	4,5
5	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35
6	Distilasi 90% vol. penguapan	°C	-	370
7	Titik Nyala	°C	52	-
8	Titik Tuang	°C	-	18
9	Residu Karbon	% m/m	-	0,1
10	Kandungan Air	mg/kg	-	500
11	Kandungan FAME	% v/v	-	-
12	Kandungan Abu	% v/v	-	0,01
13	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01
14	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0

15	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6
16	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang	
17	Lubricity (HFRR wear scar dia. @60°C)	Micron	-	460
18	Warna	No. ASTM	-	3,0
19	Biological Growth	-	Nihil	
20	Kandungan Metanol	% v/v	Tidak Terdeteksi	
21	Partikulat	mg/l	-	-

(Sumber : Pertamina.com)

2.5 Zat Aditif

Zat aditif merupakan bahan yang ditambahkan pada bahan bakar kendaraan bermotor baik mesin Bensin maupun mesin Diesel. Zat aditif sering juga disebut sebagai *fuel* vitamin. Zat aditif yang digunakan terbuat dari bahan-bahan 100% organik yang berbentuk pil, zat aditif digunakan untuk memberikan peningkatan sifat-sifat dasar tertentu yang telah dimilikinya.

Adapun manfaat dari zat aditif yaitu :

1. Meningkatkan RON untuk mesin Bensin dan meningkatkan CN (*cetane number*) untuk mesin Diesel.
2. Membersihkan kerak, tangka, busi dan ruang bakar.
3. Melindungi mesin dari gesekan.
4. Menghilangkan knocking.
5. Menambahkan tenaga dan akselerasi.
6. Menghilangkan polusi co hingga 100 %.

7. Menghemat bbm. (PT. Bandung Sinergi Teknologi)

2.6 Unjuk Kerja Mesin

Unjuk kerja mesin merupakan kekuatan mesin kalor dalam mengkonversi energi masuk adalah dari bahan bakar sehingga mengakibatkan tenaga yang bermanfaat. Pada motor torak tidak bisa merubah semua energy bahan bakar menjadi energy yang bermanfaat. Dari seratus persen bahan bakar hanya menciptakan 25 persen energi dipakai dan daya sebagian akan digunakan untuk menjalankan asesoris, sentuhan serta yang lainnya tersampirkan sebagai kalor gas sisa dan melewati air penyejuk. Jika digambarkan dengan hukum termodinamika kedua yaitu “tidak bisa membuat sebuah mesin yang mengkonversi semua energi kalor yang masuk menjadi tenaga”, (Raharjo, 2008).



Gambar 2.3 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar
(Sumber : Raharjo, 2008).

Pada dasarnya Torsi sejalan dengan Volume langkah sedangkan Daya sejalan dengan besar torak. Torsi dan Daya mesin atau kekuatan mesin dipengaruhi oleh sebagian aspek, diantaranya rasio kompresi, volume ruang bakar, efektivitas volumetrik, serta mutu bahan bakar. Indikator tersebut relatif harus dipakai pada motor bakar yang berdaya kerja dengan perbedaan kecepatan kerja dan besar pembebanan. Torsi poros pada kecepatan tertentu menandakan kekuatan untuk mendapatkan aliran bahan bakar dan juga udara yang besar ke dalam motor bakar pada kecepatan tersebut. Sedangkan daya tertinggi adalah sebagai kekuatan tertinggi yang bisa diproduksi oleh suatu motor bakar. Sementara suatu motor bakar berkerja pada jangka waktu yang lama, maka pemakaian bahan bakar dan juga efektivitas motor bakar menjadi hal yang sangat berpengaruh.

Berikut ini parameter yang digunakan untuk menunjukkan Unjuk kerja mesin :

2.6.1 Torsi Mesin

Torsi yaitu kemampuan mesin untuk melakukan kerja dari kondisi diam sampai bergerak, sehingga torsi di sebut suatu energi. Torsi biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan panjang lengan (Arends, 1980), Jadi rumus torsi adalah:

$$T = F \times L \dots\dots\dots (pers 2.1)$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

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

$$= \text{Massa (kg)} \times \text{Percepatan gravitasi (m/s}^2)$$

$$L = \text{Panjang Lengan/jarak benda ke pusat rotasi (0,87 m)}$$

2.6.2 Daya Poros Efektif (N_e)

Daya sebagai efek dari operasi atau arti lain daya adalah kerja atau tenaga yang diproduksi motor per satuan waktu motor itu sedang berkerja. Daya yang dihasilkan di reaksi pembakaran umumnya disebut daya parameter. Daya tadi kemudian diteruskan pada piston yang bergerak bolak-balik di dalam ruang bakar. Didalam ruang bakar berlangsung transformasi energi dari energi kimia bahan nyala dengan reaksi pembakaran menjadi energi gerakan pada piston. Sehingga dalam pengukuran tenaga menyertakan perhitungan Torsi atau gaya serta kecepatan. Penjumlahan dilakukan dengan memakai tachometer dan dynamometer atau alat lain memiliki manfaat yang sama. Untuk menghitung besar tenaga pada motor empat langkah digunakan rumus sebagai berikut :

$$N_e = \frac{2\pi \cdot T \cdot n}{60 \times 1000} \text{ (kW)} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.2})$$

Dimana

N_e = Daya poros efektif (kW)

T = Torsi Mesin (N.m)

n = Putaran mesin (rpm)

(Sumber : Wiranto, 1998. Penggerak Mula Motor Bakar Torak).

2.6.3 Tekanan Efektif Rata-rata (P_e)

Tekanan efektif rata-rata adalah tekanan dari zat alir kerja pada torak selama langkah untuk memproduksi kerja persiklus dibagi dengan volume langkah persiklus. Untuk menghitung Tekanan efektif rata-rata di gunakan rumus sebagai berikut :

$$P_e = \frac{N_e}{V_L \times z \times n \times a} \text{ kPa} \dots \dots \dots (\text{pers. 2.3})$$

Dimana

P_e = Tekanan efektif rata-rata (kPa)

N_e = Daya poros efektif (kW)

Z = Jumlah selinder

n = Putaran poros (rpm)

a = Jumlah siklus per putaran

= 1 untuk motor 2 langkah

= 1/2 untuk motor 4 langkah

V_L = Volume langkah torak (m³)

= luas permukaan torak x panjang langkah torak

= 0,785 . D² . S

D = Diameter torak (mm)

S = Panjang langkah torak (mm)

(Sumber : Wiranto, 1998. Penggerak Mula Motor Bakar Torak).

2.6.4 Konsumsi Bahan Bakar (M_f)

Pemakaian bahan bakar dapat dihitung untuk menentukan waktu dibutuhkan oleh motor bakar untuk pemakaian bahan bakar dalam satuan volume yang dipengaruhi oleh masa jenis bahan bakar tersebut, konsumsi bahan bakar dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$M_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times \frac{3600}{1000} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.4})$$

Dimana

M_f = Konsumsi bahan bakar yang di butuhkan (kg/jam)

V_{bb} = Volume bahan bakar (ml)

ρ_{bb} = Massa Jenis bahan bakar (kg/m³)

t = Waktu untuk pemakaian bahan bakar (s)

(Sumber : Wiranto, 1998. Penggerak Mula Motor Bakar Torak).

2.6.5 Konsumsi Bahan Bakar spesifik (Sfc)

Dalam kinerja motor, penggunaan bahan bakar spesifik merupakan ukuran bagaimana motor memakai bahan bakar yang tersedia secara efisien untuk memproduksi tenaga, yang dinyatakan sebagai kecepatan arus massa bahan bakar per satuan keluaran daya. Maka pemakaian bahan bakar diukur sebagai kecepatan arus massa bahan bakar persatuan waktu. Penggunaan bahan bakar spesifik adalah indikasi efektivitas mesin dalam memproduksi tenaga dari reaksi pembakaran. Pemakaian bahan nyala dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Sfc = \frac{M_f}{N_e} \left(\frac{kg}{jam} \cdot kW \right) \dots\dots\dots(\text{pers. 2.5})$$

Dimana

S_{fc} = Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/jam.kW)

M_f = Konsumsi bahan bakar yang di butuhkan (kg/jam)

N_e = Daya Poros Efektif (kW)

(Sumber : Wiranto dkk, 1975. Motor Diesel Putaran Tinggi)

2.6.6 Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan menjadi energy output yang diminta dapat berupakerja. Dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$\eta_{th} = \frac{N_e}{m_f \times LHV} \times 100\% \dots \dots \dots (pers 2.6)$$

Dimana :

N_e = Daya poros efektif (kW)

M_f = Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan (kg/jam)

LHV = Panas pembakaran rendah dari bahan bakar.

(Sumber : Wiranto, 1998. Penggerak Mula Motor Bakar Torak).

2.7 Penelitian Terdahulu

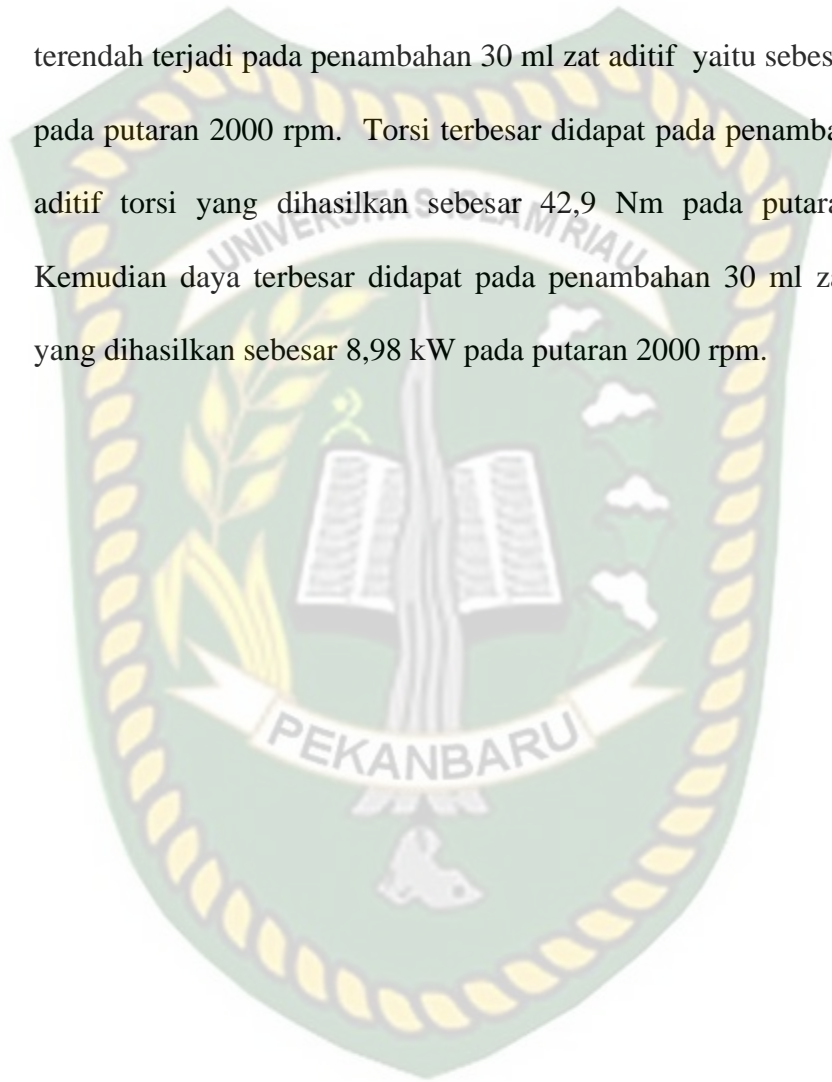
2.7.1 Eddy dkk, 2017. Hal 235-240. Melakukan penelitian mengenai “analisa penggunaan bahan bakar Pertamina Dex, Dexlite dan campuran Pertamina Dex dengan Dexlite terhadap *performance* mesin Diesel 4 silinder”. Data yang dihasilkan ialah, penggunaan bahan bakar Pertamina Dex dapat

mempengaruhi unjuk kerja mesin Diesel 4 silinder diantaranya torsi, daya, dan efisiensi termal. Untuk konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan.

2.7.2 Audri, 2017 jurnal konversi energi dan manufaktur UNJ, edisi terbit 1 April 2017. Melakukan penelitian mengenai “Pengaruh pemberian zat aditif terhadap prestasi mesin Diesel OM 444 LA”. Data yang dihasilkan ialah, Pengujian dilakukan dengan penambahan zat aditif secara bervariasi, yaitu 5 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar, 7,5 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar, 12,5 ml aditif : 2500 ml bahan bakar Solar, 17,5 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar dan 25 ml aditif : 2.500 ml bahan bakar Solar. Hasilnya adalah terjadi penurunan konsumsi bahan bakar bila dibandingkan dengan bahan bakar yang tidak menggunakan zat aditif dan peningkatan daya poros (BHP). Konsumsi bahan bakar yang terendah terjadi pada penambahan zat aditif 12,5 ml yaitu sebesar 5,76 l/h dan konsumsi bahan bakar tanpa campuran zat aditif yaitu sebesar 6 l/h. Kemudian untuk daya poros yang dihasilkan tanpa campuran zat aditif yaitu sebesar 22,232 PS, untuk penambahan zat aditif 12,5 ml terjadi kenaikan daya poros tertinggi menjadi 22,732 PS dan pada penambahan zat aditif 25 ml terjadi penurunan daya poros menjadi 21,732.

2.7.3 Sulaeman dkk, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jakarta. Melakukan penelitian tentang “pengaruh pemberian aditif pada bahan bakar Solar terhadap prestasi mesin Diesel”. Pengujian dilakukan dengan

penambahan zat aditif secara bervariasi, yaitu 20 ml aditif : 500 ml bahan bakar Solar, 30 ml aditif : 500 ml bahan bakar Solar dan 40 ml aditif : 500 ml bahan bakar Solar. Data yang dihasilkan ialah, konsumsi bahan bakar terendah terjadi pada penambahan 30 ml zat aditif yaitu sebesar 0,89 kg/jam pada putaran 2000 rpm. Torsi terbesar didapat pada penambahan 30 ml zat aditif torsi yang dihasilkan sebesar 42,9 Nm pada putaran 2000 rpm. Kemudian daya terbesar didapat pada penambahan 30 ml zat aditif daya yang dihasilkan sebesar 8,98 kW pada putaran 2000 rpm.

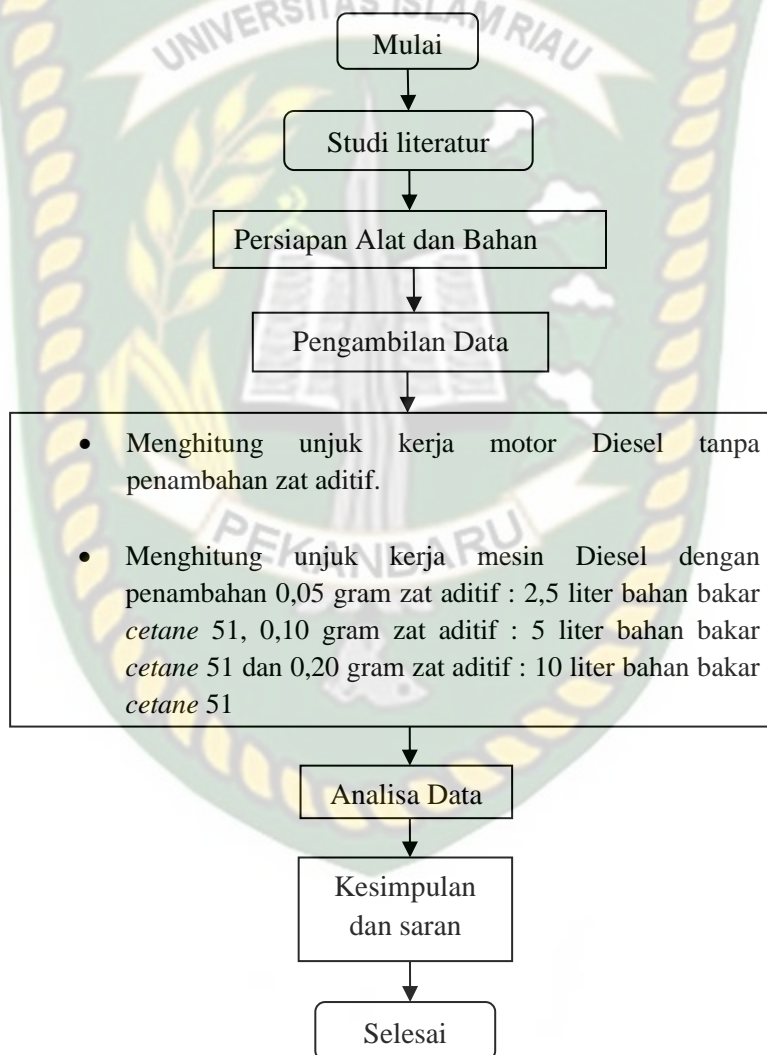


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini tahapan – tahapan yang dilakukan, dapat dilihat pada gambar 3.1 (Diagram alir penelitian).



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Waktu dan tempat penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian dan pengujian ini adalah di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan waktu pelaksanaannya dilakukan pada Februari 2020 sampai dengan selesai.

3.3 Alat dan bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian antara lain :

3.3.1 Alat

1. Mesin Diesel Isuzu TLD 54

Spesifikasi mesin Diesel Isuzu TLD 54 :

Engine Mode	:4 BA 1-4 <i>Cylinder</i>
Isi Silinder	:2.775 cc
Diameter x Langkah	:98 x 92 mm
Jumlah Silinder	:4
Torsi maksimal	:165 Nm@2200 rpm



Gambar 3.2. Mesin Diesel Isuzu TLD 54

2. *Stopwatch*

Alat ini digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan oleh mesin untuk menghabiskan bahan bakar untuk jumlah tertentu. Waktu yang diperlukan ini diukur dalam satuan detik seperti pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3. *Stopwatch*

3. Gelas ukur bahan bakar

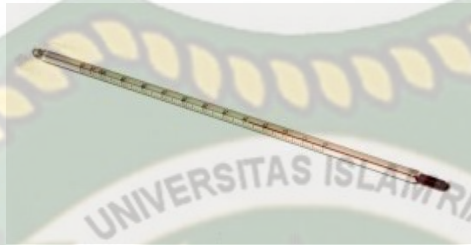
Untuk mengukur banyaknya pemakaian bahan bakar pada waktu pengujian digunakan gelas ukur. Gelas ukur yang digunakan yaitu gelas ukur yang berkapasitas isi sebanyak 1 liter, yang dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4. Gelas ukur

4. *Thermometer* air raksa

Thermometer ini digunakan untuk mengukur suhu air masuk dan keluar pada aliran fluida radiator. Biasanya dipasang pada selang atas dan selang bawah radiator.



Gambar 3.5. *Thermometer* air raksa

5. *Anemometer*

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara yang masuk ke karburator dan juga mengukur kecepatan udara di depan dan di belakang radiator. . Dengan spesifikasi unit 0-30 m/s, 0-5860 ft/min, 0-55 knots, 0-90 km/hr, 0-65 mph).



Gambar 3.6. *Anemometer*

6. *Tachometer*

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk menentukan kecepatan putaran pada mesin. Spesifikasi : *Measurement photo tachometer & Range 5 to 99.999 RPM. Contact tachometer 0,5 to 19.999 RPM.*



Gambar 3.7. Tachometer

7. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur jarak pusat rotasi ke tuas beban. Meteran ini memiliki resolusi pengukuran dengan skala 0-3 m.



Gambar 3.8. Meteran

8. Tool set

Tool set digunakan untuk memperbaiki *engine stand* saat sebelum pengujian dan memastikan bahwa *engine stand* yang akan digunakan dalam kondisi stabil ketika pengambilan data.



Gambar 3.9. Tool set

9. Radiator

Radiator adalah alat penukar kalor yang berfungsi mendinginkan air yang keluar dari mesin.



Gambar 3.10. Radiator

10. Flowmeter Type Tube

Flowmeter type tube adalah alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran pada fluida. *Flowmeter* ini memiliki dua satuan disisi kanan GPM (Galon Per Menit) dan disisi kiri LPM (Liter Per Menit) untuk mempermudah dalam memilih satuan.



Gambar 3.11. *Flowmeter type tube*

3.3.2 Bahan

1. Zat Aditif

Zat aditif digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat dasar tertentu yang telah dimilikinya, yang cara pemakaiannya dimasukan langsung kedalam bahan bakar sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan. Dimana 1 pil zat aditif setara dengan 0,20 gram.



Gambar 3.12. *Zat Aditif Eco Racing*

2. Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pengujian ini yaitu menggunakan bahan bakar Dexlite dengan *cetane number* 51.



Gambar 3.13 Bahan bakar Dexlite

3.4 Prosedur pengujian

Adanya prosedur pengujian dilakukan untuk mempersiapkan alat-alat dan langkah pengujian yang dilakukan agar proses pengambilan data dapat berjalan dengan lancar, berikut persiapan dan langkah-langkah dari pada pengujian.

3.4.1 Persiapan sebelum pengujian

Perlu adanya persiapan sebelum melakukan pengujian agar proses pengujian tidak ada kekurangan pada peralatan dan bahan yang akan dibutuhkan, diantaranya:

1. Mempersiapkan alat yang akan di uji yaitu memastikan kondisi *engine stand* dan dalam keadaan siap.

2. Mempersiapkan alat pendukung berupa *flowmeter*, *anemometer*, *thermometer*, *stopwatch*, *tachometer* dan peralatan lainnya.
3. Mempersiapkan bahan bakar Dexlite murni dan campuran Dexlite dengan zat aditif pada perbandingan 0,05 gram zat aditif : 2,5 liter Dexlite, 0,10 gram zat aditif : 5 liter Dexlite dan 0,20 gram zat aditif : 10 liter Dexlite.
4. Mempersiapkan alat tulis untuk mencatat hasil pengujian.

3.4.2 Langkah – langkah pengujian

1. Pengambilan data unjuk kerja
 - a. Menghidupkan mesin
 - b. Naikkan putaran mesin sampai 2000 rpm
 - c. Ukur *temperature* air masuk radiator
 - d. Ukur *temperature* keluar air pada radiator.
 - e. Ukur *temperature* masuk mesin.
 - f. Ukur *temperature* keluar mesin.
 - g. Ukur kecepatan udara.
 - h. Setelah waktu mencapai 10 menit, matikan mesin dan lihat berapa bahan bakar yang telah terpakai selama waktu 10 menit tersebut.
 - i. Semua data yang didapatkan dimasukkan kedalam tabel data untuk mempermudah dalam melihat data yang didapatkan.
 - j. Lakukan langkah – langkah diatas untuk setiap pengambilan data pada campuran bahan bakar dan aditif yang berbeda.

3.5 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian dapat berjalan dengan lancar, optimal serta sesuai dengan waktu yang telah ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan ke				
		1	2	3	4	5
1	Studi Literatur	■				
2	Persiapan Alat dan Bahan	■	■			
3	Pengujian dan Pengumpulan Data		■	■		
4	Analisa Data			■	■	
5	Seminar Hasil dan Sidang Hasil					■

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Pengaruh unjuk kerja mesin Diesel dengan menggunakan bahan bakar CN 51 murni (tanpa campuran) dan bahan bakar CN 51 dengan penambahan zat aditif yang berbeda beda bisa kita lihat pada tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 4.1 Hasil pengujian dengan menggunakan bahan bakar CN 51 tanpa zat aditif dan dengan penambahan zat aditif

No	Jenis	Rpm	Waktu (s)	Bahan Bakar Terpakai (ml)
1	0 : 1	2000	600	750
2	¼ : 2,5	2000	600	690
3	½ : 5	2000	600	640
4	1 : 10	2000	600	660

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Nilai kalor dengan menggunakan bahan bakar CN 51 tanpa zat aditif dan dengan penambahan zat aditif

No	Jenis	Nilai Kalor (Cal/gr)	HHV (kJ/kg)	LHV(kJ/kg)
1	0 : 1	10.077,28	44.522,48	41.285,48
2	¼ : 2,5	10.740,43	44.937,95	41.697,95
3	½ : 5	10.777,15	45.091,59	41.851,59
4	1 : 10	10.769,10	45.057,91	41.817,91

(Sumber : Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral)

4.2 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan penambahan zat aditif digunakan untuk menghitung unjuk kerja pada penelitian ini. Dengan menggunakan rumus untuk menghitung nilai Torsi, Daya, Tekanan efektif rata-rata, Pemakaian bahan bakar, Konsumsi bahan bakar spesifik dan Efisiensi termal yaitu :

4.2.1 Rumus Torsi

Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan panjang lengan (Arends & Berenschot 1980), Jadi rumus torsi adalah:

$$T = F \times L$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

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

$$= \text{massa (kg) x percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)}$$

$$L = \text{Panjang Lengan/Jarak Benda Ke Pusat Rotasi (m) = 0,87m}$$

4.2.1.1 Hasil Perhitungan Torsi Pada Bahan Bakar CN 51 Murni

Dari hasil pengujian pada bahan bakar CN 51 murni didapat massanya sebesar 18 kg, maka torsinya adalah:

$$T = F \times L$$

$$T = (m \times g) \times L$$

$$T = (18 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) \times 0,87 \text{ m}$$

$$T = 153,48 \text{ Nm}$$

4.2.1.2 Hasil Perhitungan Torsi Pada Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51

Dari hasil pengujian pada penambahan $\frac{1}{4}$ zat aditif : 2,5 liter bahan bakar CN 51 didapat massanya sebesar 18,7 kg, maka torsinya adalah :

$$T = F \times L$$

$$T = (m \times g) \times L$$

$$T = (18,7 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) \times 0,87 \text{ m}$$

$$T = 159,45 \text{ Nm}$$

4.2.1.3 Hasil Perhitungan Torsi Pada Penambahan $\frac{1}{2}$ Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51

Dari hasil pengujian pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 didapat massanya sebesar 19,1 kg, maka torsinya adalah :

$$T = F \times L$$

$$T = (m \times g) \times L$$

$$T = (19,1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) \times 0,87 \text{ m}$$

$$T = 162,86 \text{ Nm}$$

4.2.1.4 Hasil Perhitungan Torsi Pada Penambahan 1 Zat Aditif : 10 Liter

Bahan Bakar CN 51

Dari hasil pengujian pada penambahan 1 zat aditif : 10 liter bahan bakar CN 51 didapat massanya sebesar 19 kg, maka torsinya adalah :

$$T = F \times L$$

$$T = (m \times g) \times L$$

$$T = (19 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2) \times 0,87 \text{ m}$$

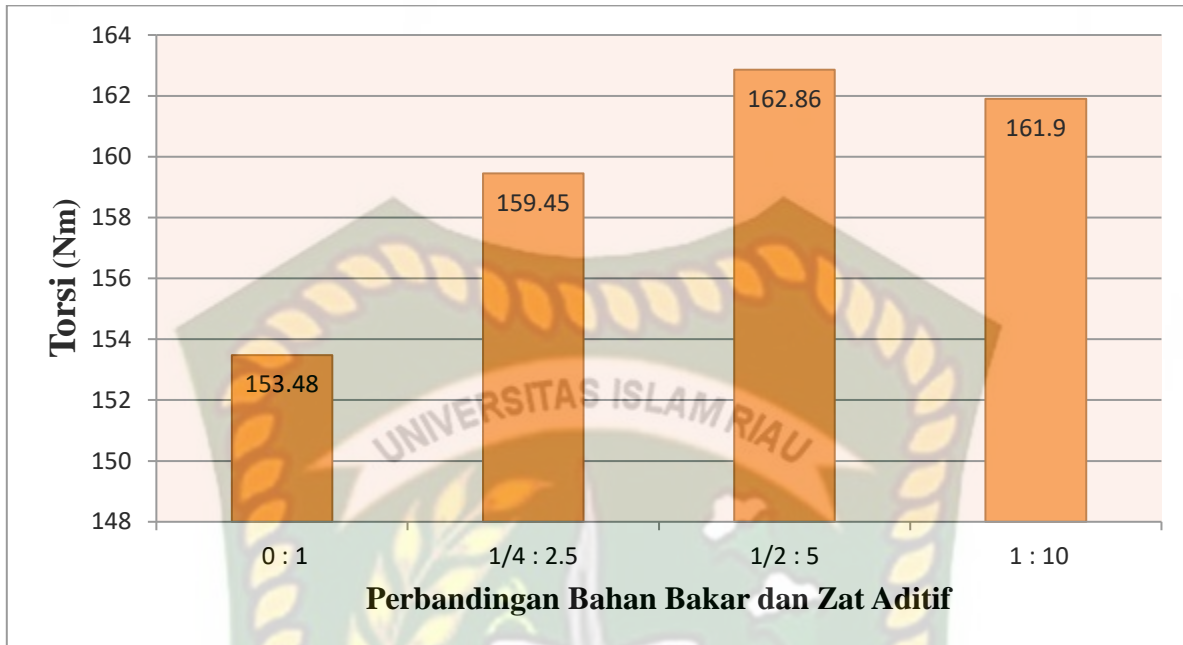
$$T = 161,9 \text{ Nm}$$

Dari data hasil perhitungan torsi pada bahan bakar CN 51 dengan penambahan zat aditif dan tanpa penambahan zat aditif diatas, maka dapat dimasukkan kedalam tabel 4.3 dibawah ini

Tabel 4.3 Hasil perhitungan torsi tanpa campuran zat aditif dan dengan campuran zat aditif

No	Jenis	Rpm	Torsi (Nm)
1	0 : 1	2000	153,48
2	¼ : 2,5	2000	159,45
3	½ : 5	2000	162,86
4	1 : 10	2000	161,9

Dari tabel 4.3 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 pada gambar 4.1 dibawah ini



Gambar 4.1 grafik perbandingan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 terhadap torsi

Dari gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa torsi tertinggi terjadi pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 yaitu sebesar 162,86 Nm dan torsi terendah didapat pada bahan bakar CN 51 murni (tanpa penambahan zat aditif) yaitu sebesar 153,48 Nm. Maka, dapat disimpulkan bahwa penambahan zat aditif berpengaruh terhadap torsi. Karena adanya pengaruh nilai kalor terhadap torsi, dan pembakaran yang baik menghasilkan tekanan yang tinggi sehingga mendorong torak lebih cepat dari TMA ke TMB. Oleh karena itu torsi yang dihasilkan jauh lebih tinggi dan kenaikan nilai torsi dipengaruhi juga oleh beban yang diberikan, semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula nilai torsinya.

4.2.2 Rumus Daya Poros Efektif (Ne)

Daya adalah kerja atau tenaga yang diproduksi motor per satuan waktu tertentu, maka untuk menghitung tenaga pada motor digunakan rumus sebagai berikut :

$$Ne = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot n}{60 \times 1000} \text{ (kW)}$$

Dimana

Ne = Daya poros efektif (kW)

T = Torsi Mesin (N.m)

n = Putaran mesin (rpm)

4.2.2.1 Hasil Perhitungan Daya Pada Bahan Bakar CN 51 Murni

Dari hasil perhitungan torsi tanpa campuran zat aditif diatas didapat T = 153,48 Nm pada putaran mesin 2000 rpm, maka daya poros nya adalah:

$$Ne = \frac{2 \pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000}$$

$$Ne = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2000 \text{ rpm} \cdot 153,48 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

$$Ne = 32,12 \text{ kW}$$

4.2.2.2 Hasil Perhitungan Daya Dengan Penambahan ¼ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51

Dari hasil perhitungan torsi dengan penambahan ¼ zat aditif didapatkan torsi sebesar 159,45 Nm pada putaran 2000 rpm, maka daya porosnya adalah:

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000}$$

$$N_e = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2000 \text{ rpm} \cdot 159,45 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

$$N_e = 33,37 \text{ kW}$$

4.2.2.3 Hasil Perhitungan Daya Dengan Penambahan ½ Zat Aditif : 5 Liter

Bahan Bakar CN 51

Dari hasil perhitungan torsi dengan penambahan ½ zat aditif didapat torsi sebesar 162,86 Nm pada putaran 2000 rpm, maka daya porosnya adalah:

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000}$$

$$N_e = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2000 \text{ rpm} \cdot 162,86 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

$$N_e = 34,09 \text{ kW}$$

4.2.2.4 Hasil Perhitungan Daya Dengan Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter

Bahan Bakar CN 51

Dari hasil perhitungan torsi dengan penambahan 1 pil zat aditif didapat torsi sebesar 161,9 Nm pada putaran 2000 rpm, maka daya porosnya adalah:

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000}$$

$$N_e = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2000 \text{ rpm} \cdot 161,9 \text{ Nm}}{60 \times 1000}$$

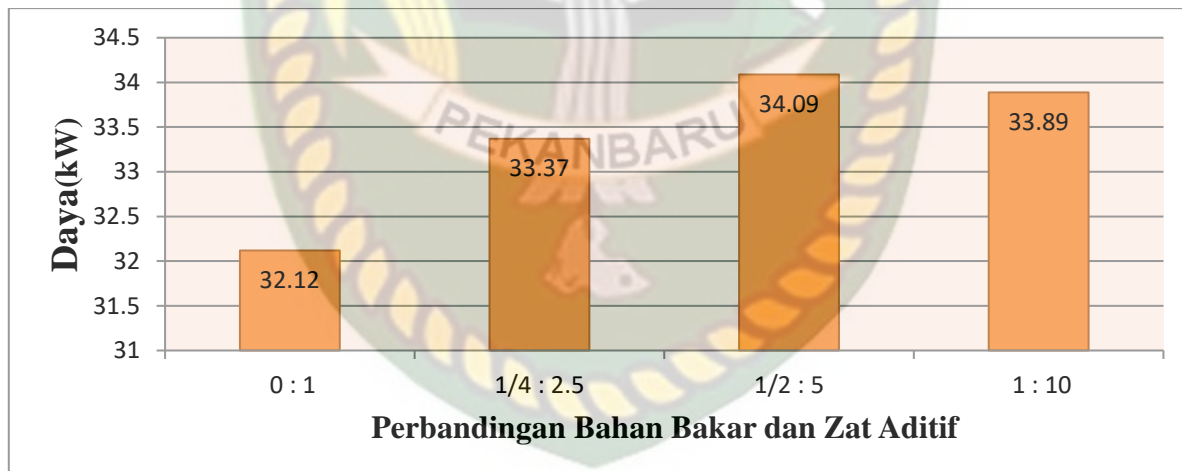
$$N_e = 33,89 \text{ kW}$$

Dari data hasil perhitungan daya pada bahan bakar CN 51 dengan penambahan zat aditif dan tanpa penambahan zat aditif diatas, maka dapat dimasukkan kedalam tabel 4.4 dibawah ini

Tabel 4.4 Hasil perhitungan daya tanpa campuran zat aditif dan dengan campuran zat aditif

No	Jenis	Rpm	Daya (kW)
1	0 : 1	2000	32,12
2	¼ : 2,5	2000	33,37
3	½ : 5	2000	34,09
4	1 : 10	2000	33,89

Dari tabel 4.4 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 pada gambar 4.2 dibawah ini



Gambar 4.2 grafik perbandingan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 terhadap daya.

Dari gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa daya tertinggi terjadi pada penambahan ½ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 yaitu sebesar 34,09 kW dan daya terendah terdapat

pada bahan bakar CN 51 murni (tanpa penambahan zat aditif) yaitu sebesar 32,12 kW. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar torsi maka dayanya juga semakin besar dan perubahan daya berbanding linear dengan torsi mesin.

4.2.3 Rumus Tekanan Efektif Rata-rata (P_e)

Tekanan efektif rata-rata didefinisikan sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap torak sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja persiklus.

Untuk menghitung tekanan efektif rata-rata digunakan rumus sebagai berikut

$$P_e = \frac{N_e}{V_L \cdot z \cdot n \cdot a} \text{ kPa}$$

Dimana :

P_e = Tekanan efektif rata-rata (kPa)

N_e = Daya poros efektif (kW)

Z = Jumlah selinder

n = Putaran poros (rpm)

a = Jumlah siklus per putaran

= 1 untuk motor 2 langkah

= ½ untuk motor 4 langkah

V_L = Volume langkah torak (m^3)

= luas permukaan torak x panjang langkah torak

= $0,785 \cdot D^2 \cdot S$

D = Diameter torak (mm)

S = Panjang langkah torak (*mm*)

4.2.3.1 Hasil Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata Pada Bahan Bakar CN 51

Murni

$$P_e = \frac{N_e}{V_L \times z \times n \times a}$$

$$P_e = \frac{32,12 \text{ kW}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 2000 \text{ rpm} \times \frac{1}{2}}$$

$$P_e = \frac{32.120 \text{ W}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 203,33 \text{ rad/s} \times \frac{1}{2}}$$

$$P_e = 113,98 \text{ kPa}$$

4.2.3.2 Hasil Perhitungan Tekanan Efektif Rata-rata Dengan Penambahan $\frac{1}{4}$

Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$P_e = \frac{N_e}{V_L \times z \times n \times a}$$

$$P_e = \frac{33,37 \text{ kW}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 2000 \text{ rpm} \times \frac{1}{2}}$$

$$P_e = \frac{33.370 \text{ W}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 203,33 \text{ rad/s} \times \frac{1}{2}}$$

$$P_e = 118,41 \text{ kPa}$$

4.2.3.3 Hasil Perhitungan Tekanan Efektif Rata-Rata Dengan Penambahan $\frac{1}{2}$

Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$Pe = \frac{Ne}{V_L \times z \times n \times a}$$

$$Pe = \frac{34,09 \text{ kW}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 2000 \text{ rpm} \times \frac{1}{2}}$$

$$Pe = \frac{34.090 \text{ W}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 203,33 \text{ rad/s} \times \frac{1}{2}}$$

$$Pe = 120,96 \text{ kPa}$$

4.2.3.4 Hasil Perhitungan Tekanan Efektif Rata-Rata Dengan Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51

$$Pe = \frac{Ne}{V_L \times z \times n \times a}$$

$$Pe = \frac{33,89 \text{ kW}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 2000 \text{ rpm} \times \frac{1}{2}}$$

$$Pe = \frac{33.890 \text{ W}}{0,000693 \text{ m}^3 \times 4 \times 203,33 \text{ rad/s} \times \frac{1}{2}}$$

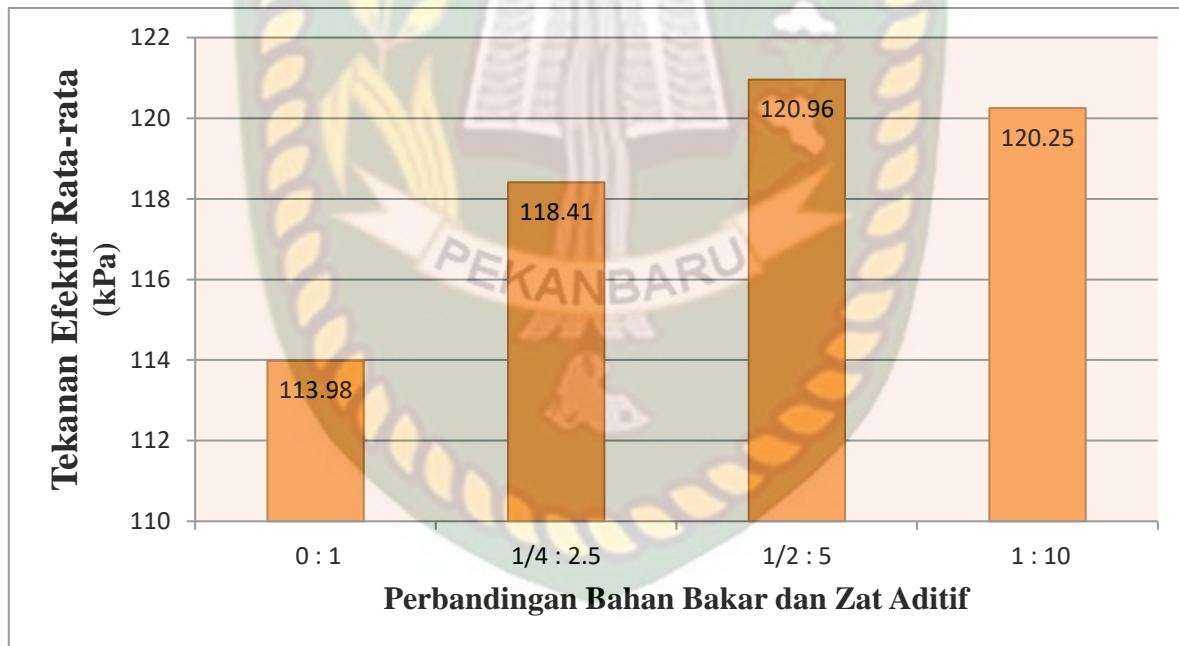
$$Pe = 120,25 \text{ kPa}$$

Dari data hasil perhitungan tekanan efektif rata-rata pada bahan bakar CN 51 dengan penambahan zat aditif dan tanpa penambahan zat aditif diatas, maka dapat dimasukkan kedalam tabel 4.5 dibawah ini

Tabel 4.5 Hasil perhitungan tekanan efektif rata-rata tanpa campuran zat aditif dan dengan campuran zat aditif

No	Jenis	Rpm	Tekanan Efektif Rata-rata (kPa)
1	0 : 1	2000	113,98
2	¼ : 2,5	2000	118,41
3	½ : 5	2000	120,96
4	1 : 10	2000	120,25

Dari tabel 4.5 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 pada gambar 4.3 dibawah ini



Gambar 4.3 grafik perbandingan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 terhadap tekanan efektif rata-rata

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa tekanan efektif rata-rata tertinggi terjadi pada penambahan ½ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 yaitu sebesar 120,96 kPa dan

tekanan efektif rata-rata terendah terdapat pada bahan bakar CN 51 murni (tanpa penambahan zat aditif) yaitu sebesar 113,98 kPa. Perubahan pada tekanan efektif rata-rata sebanding dengan perubahan yang terjadi pada daya. Jadi jika daya yang dihasilkan terjadi peningkatan pada penambahan jumlah zat aditif yang berbeda maka tekanan efektif rata-ratanya juga ikut meningkat. Penambahan zat aditif berpengaruh terhadap tekanan yang dihasilkan didalam ruang bakar.

4.2.4 Rumus Konsumsi Bahan Bakar (M_f)

Konsumsi bahan bakar dapat dihitung untuk menentukan waktu dibutuhkan oleh motor bakar untuk pemakaian bahan bakar dalam satuan volume yang dipengaruhi oleh massa jenis bahan bakar. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar digunakan rumus sebagai berikut

$$M_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times 3600(\text{kg/jam})$$

Dimana

M_f = Konsumsi bahan bakar yang di butuhkan (kg/jam)

V_{bb} = Volume bahan bakar (ml)

ρ_{bb} = Kerapatan bahan bakar (kg/m³)

t = Waktu untuk pemakaian bahan bakar (s)

4.2.4.1 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pada Bahan Bakar CN 51

Murni

$$\dot{m}_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{750 \text{ ml}}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{7,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = 3,8 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

4.2.4.2 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dengan Penambahan ¼ Zat

Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$\dot{m}_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{690 \text{ ml}}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{6,9 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = 3,5 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

4.2.4.3 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dengan Penambahan ½ Zat

Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$\dot{m}_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{640 \text{ ml}}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{6,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = 3,2 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

4.2.4.4 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dengan Penambahan 1 Pil

Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51

$$\dot{m}_f = \frac{V_{bb}}{t} \times \rho_{bb} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{660 \text{ ml}}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

$$\dot{m}_f = \frac{6,6 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{600 \text{ s}} \times 845,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3600$$

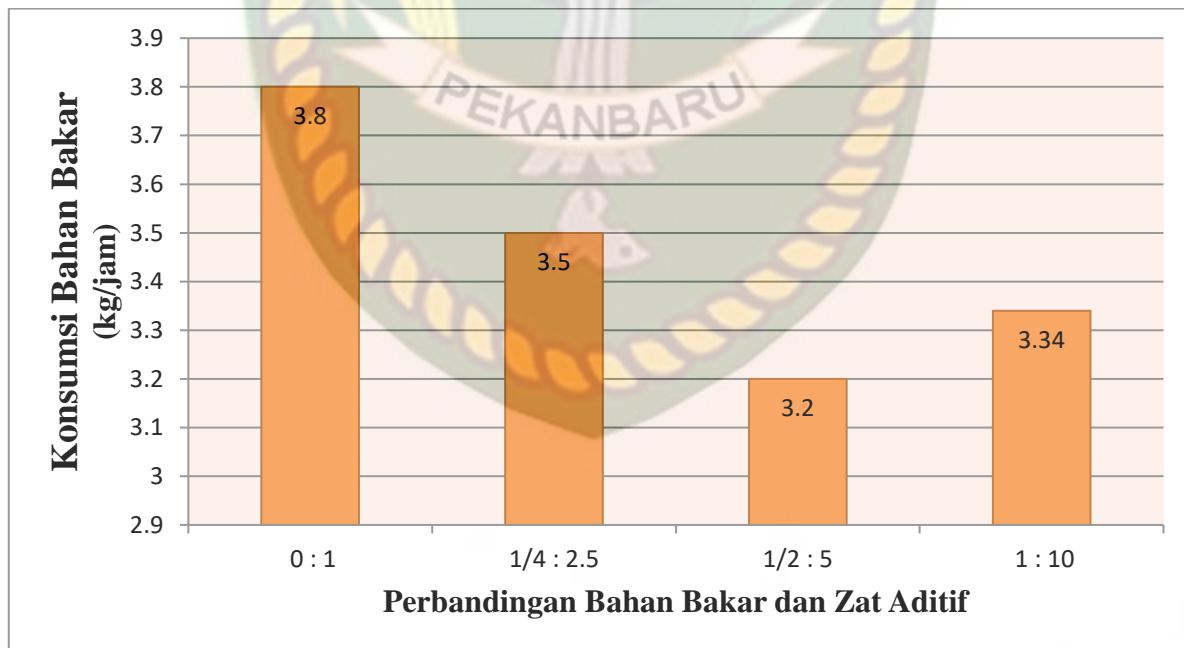
$$\dot{m}_f = 3,34 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

Dari data hasil perhitungan konsumsi bahan bakar pada bahan bakar CN 51 dengan penambahan zat aditif dan tanpa penambahan zat aditif diatas, maka dapat dimasukkan kedalam tabel 4.6 dibawah ini

Tabel 4.6 Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar tanpa campuran zat aditif dan dengan campuran zat aditif

No	Jenis	Rpm	Konsumsi Bahan Bakar (kg/jam)
1	0 : 1	2000	3,8
2	$\frac{1}{4}$: 2,5	2000	3,5
3	$\frac{1}{2}$: 5	2000	3,2
4	1 : 10	2000	3,34

Dari tabel 4.6 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 pada gambar 4.4 dibawah ini



Gambar 4.4 grafik perbandingan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 terhadap konsumsi bahan bakar.

Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa pemakaian bahan bakar terendah terjadi pada penambahan ½ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 yaitu sebesar 3,2 kg/jam dan pemakaian bahan bakar tertinggi terdapat pada bahan bakar CN 51 murni (tanpa penambahan zat aditif) yaitu sebesar 3,8 kg/jam. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa penambahan zat aditif berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, itu terjadi karena nilai kalor disetiap penambahan zat aditif berbeda, maka semakin tinggi nilai kalornya pembakaran didalam ruang bakar lebih sempurna dan salah satu manfaat dari zat aditif yaitu dapat meghemat konsumsi bahan bakar. Hal itulah yang menyebabkan konsumsi bahan bakar menurun.

4.2.5 Rumus Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Sfc)

Pemakaian bahan bakar spesifik (*SFC*) merupakan konsumsi bahan bakar sebuah motor dihitung dari jumlah pemakaian bahan bakar tiap jam dibagi daya efektif mesin. Maka untuk menghitung konsumsi bahan bakar spesifik digunakan rumus sebagai berikut

$$Sfc = \frac{M_f}{N_e} \left(\frac{kg}{jam} \cdot kW \right)$$

Dimana

Sfc = Konsumsi bahan bakar spesifik (kg/jam.kW)

M_f = Konsumsi bahan bakar yang di butuhkan (kg/jam)

N_e = Daya Poros Efektif (kW)

4.2.5.1 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Pada Bahan Bakar

CN 51 Murni

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_e} (kg/kW.jam)$$

$$Sfc = \frac{3,8 \text{ kg/jam}}{32,12 \text{ kW}}$$

$$Sfc = 0,118 \text{ kg/kW.jam}$$

4.2.5.2 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dengan

Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_e} (kg/kW.jam)$$

$$Sfc = \frac{3,5 \text{ kg/jam}}{33,37 \text{ kW}}$$

$$Sfc = 0,104 \text{ kg/kW.jam}$$

4.2.5.3 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dengan

Penambahan $\frac{1}{2}$ Zat Aditif : 5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_e} (kg/kW.jam)$$

$$Sfc = \frac{3,2 \text{ kg/jam}}{34,09 \text{ kW}}$$

$$Sfc = 0,093 \text{ kg/kW.jam}$$

4.2.5.4 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dengan

Penambahan 1 Pil Zat Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51

$$Sfc = \frac{\dot{m}_f}{Ne} (kg/kW.jam)$$

$$Sfc = \frac{3,34 kg/jam}{33,89 kW}$$

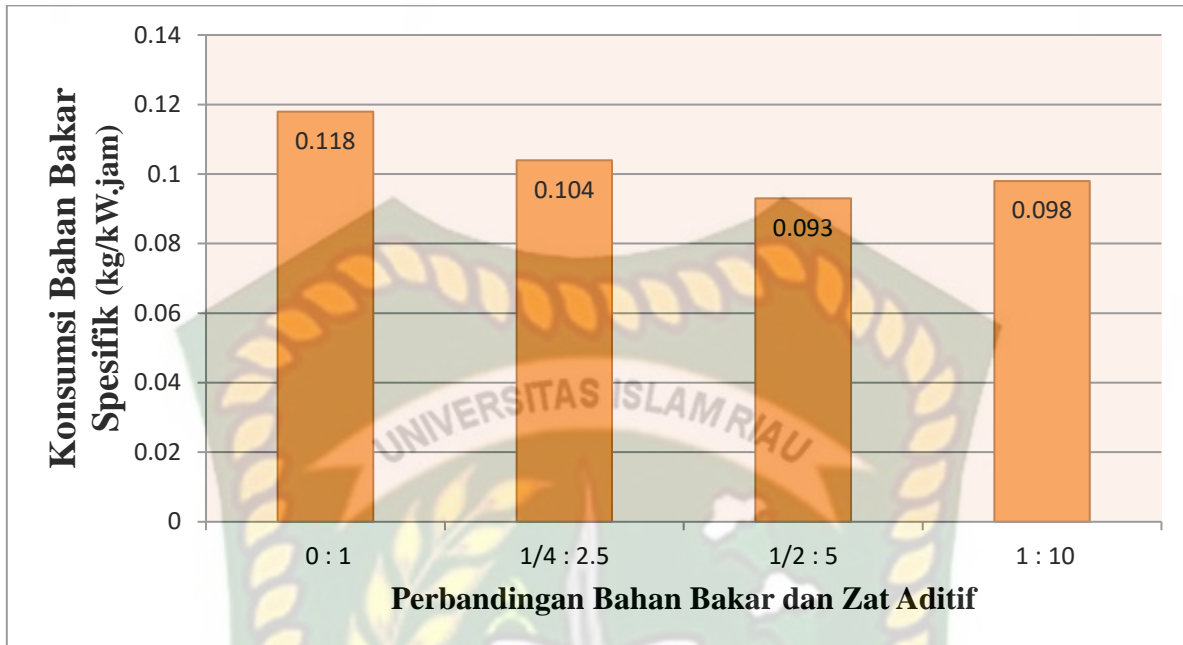
$$Sfc = 0,098 kg/kW.jam$$

Dari data hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik pada bahan bakar CN 51 dengan penambahan zat aditif dan tanpa penambahan zat aditif diatas, maka dapat dimasukkan kedalam tabel 4.7 dibawah ini

Tabel 4.7 Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik tanpa campuran zat aditif dan dengan campuran zat aditif

No	Jenis	Rpm	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/Kw.jam)
1	0 : 1	2000	0,118
2	¼ : 2,5	2000	0,104
3	½ : 5	2000	0,093
4	1 : 10	2000	0,098

Dari tabel 4.7 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 pada gambar 4.5 dibawah ini



Gambar 4.5 grafik perbandingan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 terhadap konsumsi bahan bakar spesifik

Dari gambar 4.5 diatas dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar spesifik terendah terjadi pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 yaitu sebesar 0,093 kg/Kw.jam dan konsumsi bahan bakar spesifik tertinggi terdapat pada bahan bakar CN 51 murni (tanpa penambahan zat aditif) yaitu sebesar 0,118 kg/Kw.jam. Dari grafik konsumsi bahan bakar spesifik diatas menunjukkan bahwa efek penambahan zat aditif dapat mengurangi konsumsi bahan bakar spesifik.

4.2.6 Rumus Efisiensi Termal

Untuk mencari efisiensi termal digunakan rumus sebagai berikut

$$\dot{\eta}_{th} = \frac{Ne}{mf \times LHV} \times 100\%$$

Dimana :

N_e = Daya poros efektif (kW)

M_f = Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan (kg/jam)

LHV = Panas pembakaran rendah dari bahan bakar (kJ/kg).

4.2.6.1 Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Pada Bahan Bakar CN 51 Murni

$$\begin{aligned}
 \dot{\eta}_{th} &= \frac{N_e}{m_f \times LHV} 100\% \\
 &= \frac{32,12 \text{ kW}}{3,8 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 41.285,48 \text{ kJ/kg}} 100\% \\
 &= \frac{32.120 \text{ W}}{1,055 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 41.285.480 \text{ kJ/kg}} 100\% \\
 &= 73,7\%
 \end{aligned}$$

4.2.6.2 Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Dengan Penambahan $\frac{1}{4}$ Zat Aditif : 2,5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$\begin{aligned}
 \dot{\eta}_{th} &= \frac{N_e}{m_f \times LHV} 100\% \\
 &= \frac{33,37 \text{ kW}}{3,5 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 41.697,95 \text{ kJ/kg}} 100\% \\
 &= \frac{33.370 \text{ W}}{9,722 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 41.697.950 \text{ kJ/kg}} 100\% \\
 &= 82,3\%
 \end{aligned}$$

4.2.6.3 Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Dengan Penambahan 1/2 Zat Aditif :

5 Liter Bahan Bakar CN 51

$$\begin{aligned}\dot{\eta}_{th} &= \frac{Ne}{m_f \times LHV} 100\% \\ &= \frac{34,09 \text{ kW}}{3,2 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 41.851,59 \text{ kJ/kg}} 100\% \\ &= \frac{34.090 \text{ W}}{8,88 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 41.851.590 \text{ kJ/kg}} 100\% \\ &= 91,7\%\end{aligned}$$

4.2.6.4 Hasil Perhitungan Efisiensi Termal Dengan Penambahan 1 Pil Zat

Aditif : 10 Liter Bahan Bakar CN 51

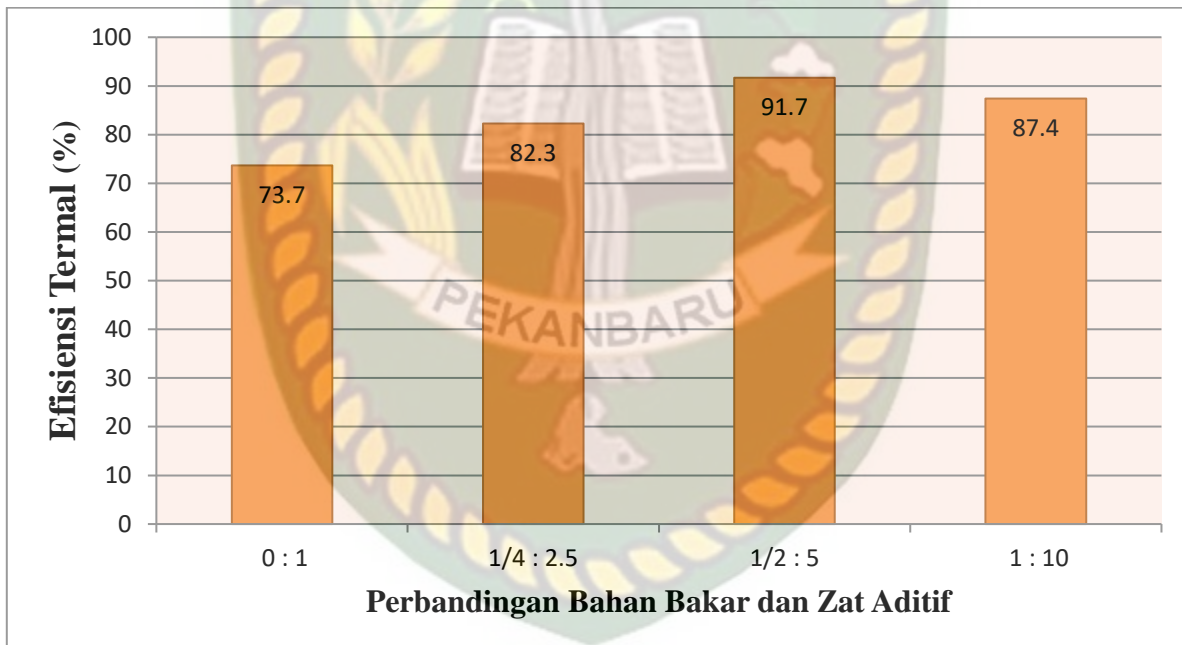
$$\begin{aligned}\dot{\eta}_{th} &= \frac{Ne}{m_f \times LHV} 100\% \\ &= \frac{33,89 \text{ kW}}{3,34 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 41.817,91 \text{ kJ/kg}} 100\% \\ &= \frac{33.890 \text{ W}}{9,27 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 41.817.910 \text{ kJ/kg}} 100\% \\ &= 87,4\%\end{aligned}$$

Dari data hasil perhitungan efisiensi termal pada bahan bakar CN 51 dengan penambahan zat aditif dan tanpa penambahan zat aditif diatas, maka dapat dimasukkan kedalam tabel 4.8 dibawah ini

Tabel 4.8 Hasil perhitungan efisiensi termal tanpa campuran zat aditif dan dengan campuran zat aditif

No	Jenis	Rpm	Efisiensi Termal (%)
1	0 : 1	2000	73,7
2	$\frac{1}{4}$: 2,5	2000	82,3
3	$\frac{1}{2}$: 5	2000	91,7
4	1 : 10	2000	87,4

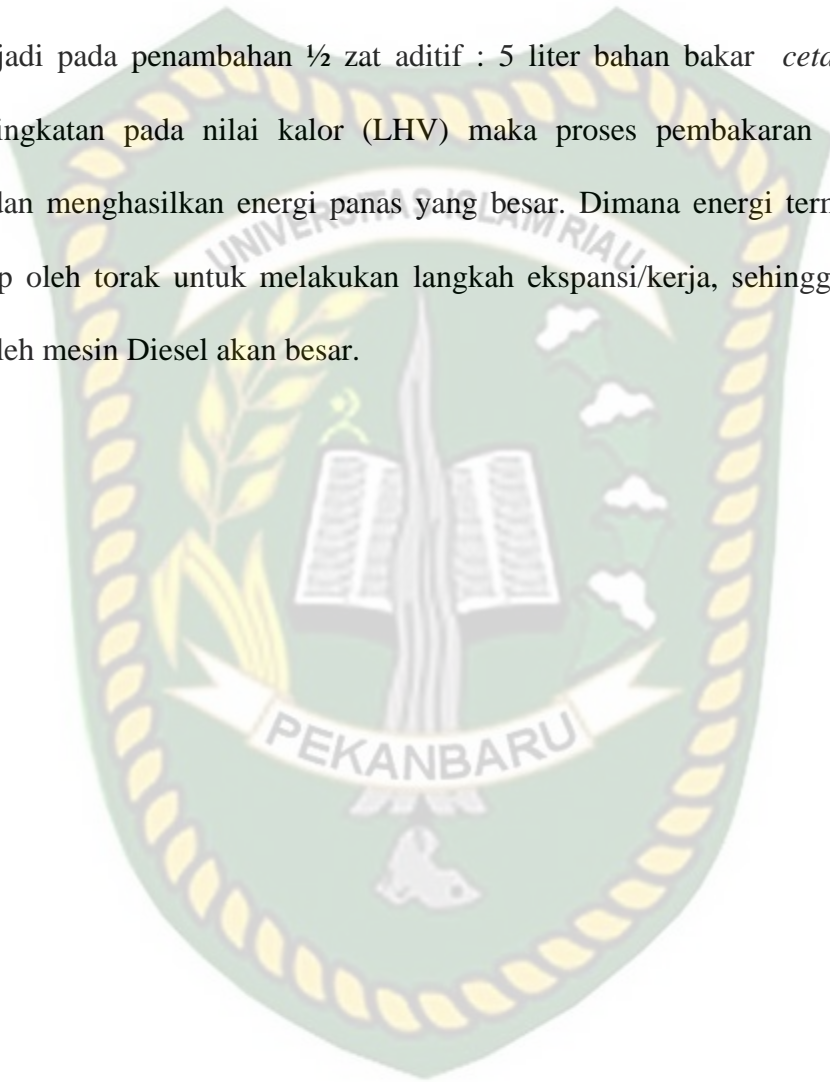
Dari tabel 4.8 diatas, maka dapat ditampilkan kedalam bentuk grafik perbandingan yang akan menjelaskan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 pada gambar 4.6 dibawah ini



Gambar 4.6 grafik perbandingan pengaruh penambahan zat aditif kedalam bahan bakar CN 51 terhadap efisiensi termal

Dari gambar 4.6 diatas dapat dilihat bahwa efisiensi termal tertinggi didapat pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif yaitu sebesar 91,7% dan efisiensi termal terendah didapat pada

bahan bakar CN 51 murni (tanpa zat aditif) yaitu sebesar 73,7%. Seperti diketahui bahwa efisiensi termal dari motor bakar dipengaruhi oleh daya, pemakaian bahan bakar dan nilai kalor dari bahan bakar. Dari pengujian yang dilakukan didapat nilai kalor bahan bakar tertinggi terjadi pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif : 5 liter bahan bakar *cetane* 51, karena adanya peningkatan pada nilai kalor (LHV) maka proses pembakaran diruang bakar meningkat dan menghasilkan energi panas yang besar. Dimana energi termal akan lebih besar diserap oleh torak untuk melakukan langkah ekspansi/kerja, sehingga tenaga yang dihasilkan oleh mesin Diesel akan besar.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan mengenai pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar *Cetane* 51 terhadap unjuk kerja pada motor Diesel Isuzu TLD 54, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 terjadi peningkatan tertinggi untuk nilai torsi, daya, tekanan efektif rata-rata dan efisiensi termalnya. Peningkatan nilai torsi berpengaruh terhadap daya, semakin besar nilai torsi maka dayanya juga semakin besar. Kemudian peningkatan daya juga berpengaruh terhadap tekanan efektif rata-rata, semakin besar daya maka semakin besar juga tekanan efektif rata-rata nya.
2. Untuk konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik terjadi penurunan tertinggi pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51 dibanding dari yang lainnya.
3. Maka unjuk kerja terbaik dari mesin Diesel Isuzu TLD 54 terjadi pada penambahan $\frac{1}{2}$ zat aditif : 5 liter bahan bakar CN 51.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diambil ketika pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk penelitian yang akan datang sebaiknya perlu ada penambahan bahan bakar Biosolar atau Pertamina Dex dengan variasi zat aditif yang berbeda beda
2. Untuk penelitian yang akan datang sebaiknya perlu dilakukan pengujian mengenai emisi gas buang



DAFTAR PUSTAKA

- [A] Arends dan Berenschot, 1980. Motor bakar torak, Erlangga Jakarta.
- [A] Arismunandar, Wiranto, 1998. Penggerak mula motor bakar torak. ITB Bandung.
- [A] Arismunandar, Wiranto dan Koichi Tsuda, 1975. Motor Diesel putaran tinggi, Jakarta.
- [A] Audri D. Cappenberg, 2017. Pengaruh pemberian zat aditif terhadap prestasi mesin Diesel OM 444 LA. Jurnal konversi energy dan manufaktur UNJ, edisi terbit 1 April 2017.
- [E] Eddy Elfiano, M. Natsir dan Ryan Hermawan, 2017. Jurnal analisa penggunaan bahan bakar Pertamina Dex, Dexlite dan campuran Pertamina Dex dengan Dexlite terhadap *performance* mesin Diesel 4 silinder. Jurusan Teknik Mesin UIR, Pekanbaru.
- [F] Fox R. W., McDonald A. T dan Pritchard P. J , 2003. *Introduction to heat transfer*, edisi ke 6, John Wiley and Sons, Denver.
- [K] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi.
- [M] Mathur M. I dan Sharma RP, 1980. *A Course in internal combustion engine*, edisi ke 3, *Dhanpai Rai and Sons, Nai Sarak, Delhi*.

- [P] PT. Bandung Sinergi Teknologi. Zat aditif *Eco Racing*.
- [Q] Qorry Angga Ramadhany, 2017. Studi eksperimen pengaruh variasi timing injeksi terhadap unjuk kerja dan emisi mesin Diesel 4 langkah silinder tunggal berbahan bakar campuran Dexlite dan Ethanol. Departemen teknik mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [R] Raharjo W. D dan Karnowo 2008. Mesin konversi energy. Semarang. Universitas Semarang.
- [S] Sulaeman dan Ferdiansyah. Pengaruh pemberian aditif pada bahan bakar Solar terhadap prestasi mesin. Jurusan teknik mesin Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [W] www.pertamina.com. Bahan bakar Diesel, spesifikasi Biosolar dan Pertamina Dex