

TUGAS AKHIR - TM184835

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF ECO DIESEL PADA BAHAN BAKAR BODIESEL B30 TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL

RYAN NUGRAHA ALFIANSYAH
NRP. 0211174000070

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2022



TUGAS AKHIR - TM184835

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENAMBAHAN
ZAT ADITIF ECO DIESEL PADA BAHAN BAKAR
BIODIESEL B30 TERHADAP PERFORMA DAN
EMISI MESIN DIESEL**

RYAN NUGRAHA ALFIANSYAH
NRP. 0211174000070

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2022



FINAL PROJECT - TM184835

**EXPERIMENTAL STUDY ON EFFECT OF
ADDITION OF ECO DIESEL ADDITIVES TO
BODIESEL B30 FUEL TO PERFORMANCE AND
EMISSION OF DIESEL ENGINE**

RYAN NUGRAHA ALFIANSYAH
NRP. 0211174000070

Academic Advisor
Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2022

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF ECO DIESEL PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B30 TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ryan Nugraha Alfiansyah

NRP. 0211174000070

Disetujui oleh

1. Dr. Ir. Atok Setiyawan, M. Eng. Sc. (Pembimbing)
NIP. 196604021989031002
2. Dr. Bambang Sudarmanfa, ST, MT. (Penguji I)
NIP. 197301161997021001
3. Ary Bachtiar K.P., ST, MT, PhD. (Penguji II)
NIP. 197105241997021001
4. Is Bunyamin Suryo, ST, MSc. (Penguji III)
NIP. 198208192012121003

SURABAYA
JANUARI, 2022

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF ECO DIESEL PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B30 TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL

Nama Mahasiswa : Ryan Nugraha Alfiansyah
NRP : 0211174000070
Departemen : Teknik Mesin FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.

ABSTRAK

Penggunaan mesin diesel yang diprediksi akan meningkat setiap tahunnya dapat menyebabkan kelangkaan pada bahan bakar fosil. EBT yang saat ini mulai banyak digunakan yaitu berasal dari minyak kelapa sawit (*crude palm oil*) seperti biodiesel. Namun penggunaan bahan bakar biodiesel memiliki performa mesin yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Penelitian ini menggunakan bahan bakar dexlite, biodiesel B30 dan biodiesel B30 yang sudah ditambahkan dengan zat aditif yaitu eco diesel. Eco diesel diklaim mampu meningkatkan performa serta mengurangi emisi pada mesin diesel. Pada setiap bahan bakar dilakukan tiga pengujian yaitu, uji properties bahan bakar, uji performa dan emisi mesin diesel. 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 hasil penelitian didapatkan hasil bahwa bahan bakar Dexlite memiliki performa yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar B30 dan B30 dengan penambahan zat aditif Eco Diesel. Penurunan nilai torsi pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 1,8% dan 0,57%. Namun terjadi peningkatan nilai torsi pada bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 1,25%. Penurunan nilai BMEP pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 1,87% dan 0,57%. Namun terjadi peningkatan nilai BMEP pada bahan bakar

B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 1,32%. Peningkatan nilai SFC pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 17,14% dan 5,7%. Namun terjadi penurunan nilai SFC pada bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 9,8%. Penurunan nilai efisiensi termal pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 13,7% dan 6,2%. Namun terjadi peningkatan nilai efisiensi termal pada bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 8,7%. Penurunan nilai smoke opacity pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 10,3% dan 17,3%. Jika dibandingkan dengan bahan bakar B30, nilai smoke opacity menurun sebesar 7,8% setelah penambahan Eco Diesel.

Kata Kunci : Biodiesel, Dexlite, Eco Diesel, Mesin Diesel

EXPERIMENTAL STUDY ON EFFECT OF ADDITION OF ECO DIESEL ADDITIVES TO BIODIESEL B30 FUEL TO PERFORMANCE AND EMISSION OF DIESEL ENGINE

Name : Ryan Nugraha Alfiansyah
NRP : 0211174000070
Department : Mechanical Engineering ITS
Advisor : Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc.

ABSTRACT

The use of diesel engines which is predicted to increase every year can cause a shortage of fossil fuels. EBT which is currently being widely used is derived from crude palm oil such as biodiesel. However, the use of biodiesel fuel has lower engine performance compared to fossil fuels.

This research uses dextrite fuel, biodiesel B30 and biodiesel B30 which has been added with additives, namely eco diesel. Eco diesel is claimed to be able to improve performance and reduce emissions in diesel engines. For each fuel, three tests were carried out, namely, fuel properties test, performance test and diesel engine emissions. Diesel engine performance tests were carried out with constant rotation at 2200 rpm and varying loads from 500 W to 4000 W at 500 W intervals.

The results showed that Dextrite fuel has a higher performance than B30 and B30 fuel with the addition of Eco Diesel additives. The decrease in torque values for B30 and B30+Eco Diesel fuels when compared to dextrite was 1.8% and 0.57%, respectively. However, there was an increase in the value of torque on B30 fuel after the addition of Eco Diesel, which was 1.25%. The decrease in BMEP value for B30 and B30+Eco Diesel fuel when compared to dextrite was 1.87% and 0.57%, respectively. However, there was an increase in the value of BMEP on B30 fuel after the addition of Eco Diesel, which was 1.32%. The increase in SFC value in B30 and B30+Eco Diesel fuels when compared to dextrite was 17.14% and 5.7%, respectively. However, there was a decrease

in the value of SFC in B30 fuel after the addition of Eco Diesel, which was 9.8%. The decrease in the value of thermal efficiency on B30 and B30+Eco Diesel fuels when compared to dexlite was 13.7% and 6.2%, respectively. However, there was an increase in the value of thermal efficiency in B30 fuel after the addition of Eco Diesel, which was 8.7%. The decrease in the value of smoke opacity in B30 and B30+Eco Diesel fuels when compared to dexlite was 10.3% and 17.3%, respectively. When compared to B30 fuel, the value of smoke opacity decreased by 7.8% after the addition of Eco Diesel.

Keywords : *Biodiesel*, *Dexlite*, *Diesel Engine*, *Eco Diesel*

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 Aries Bramono dan Ibu Luki Wahyuningsih yang selalu mendukung dan memotivasi penulis selama masa perkuliahan.
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 Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng., 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, yakni Emir Reza Arbita Ramadhan, Aqlyfine Arif H.E.J.S, dan Arief Rahman, serta Vernanda Sania yang telah lulus terlebih dahulu yang telah memberi banyak bantuan selama penyusunan Tugas Akhir mulai dari proses 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. Sahabat-sahabat penulis, yakni Rido, Thoriq, Alif, Furqon, Fidha, Fidhi, Firda, Roro, Wiwik, Mega, Elke, dan Shania atas dukungan dan motivasi selama masa perkuliahan.
8. Keluarga besar Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin ITS, khususnya Tublez Bengkelerz 2017 yang telah memberi penulis modal fundamental dalam menyusun Tugas Akhir ini dan penulis ucapkan terima kasih atas pengalaman bersama yang penuh memori selama penulis berkuliah.
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, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Bahan Bakar	7
2.1.1 Bahan Bakar Diesel.....	7
2.1.2 Bahan Bakar Dexlite	11
2.1.3 Bahan Bakar Biodiesel	12
2.2 Zat Aditif Bahan Bakar	14
2.2.1 Zat Aditif Eco Diesel.....	15
2.3 Dasar Teori Pembakaran	16
2.4 Dasar Teori Mesin Diesel.....	17

2.4.1	Tahapan Pembakaran Pada Mesin Diesel.....	18
2.4.2	Unjuk Kerja Mesin Diesel.....	20
2.5	Penelitian Terdahulu.....	24
2.5.1	Penelitian oleh Saksono, P., Gunawan., Fauzi, R., 2019. Analisis Penggunaan Biodiesel B-20 Dengan Penambahan Zat Aditif Terhadap Performansi Engine Mercedes-Benz OM 501 LA.	24
2.5.2	Penelitian oleh Imtenan, S., Masjuki, H.H., Varman, M., Arbaba, M.I., Sajjada, H., Fattaha, I.M. Rizwanul, Abedina, M.J., dan Md. Hasibb, Abu Saeed., 2013. Emission and performance improvement analysis of biodiesel-diesel blends with additives.	25
2.5.3	Penelitian oleh Reddy, S.N.K., dan Wani, M.M., 2020. Engine performance and emission studies by application of nanoparticles as additive in biodiesel diesel blends. 29	29
BAB III.....		31
METODE PENELITIAN		31
3.1	Metode Penelitian.....	31
3.2	Pengujian Properties Bahan Bakar	31
3.3	Peralatan Eksperimen	31
3.3.1	Alat Uji.....	31
3.3.2	Alat Ukur.....	33
3.4	Tahap-Tahap Penelitian.....	36
3.5	Tahap-Tahap Persiapan Bahan Bakar	37
3.6	Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi	37
3.6.1	Skema Alat	38
3.6.2	Parameter Eksperimen.....	38

3.7	Flowchart Penelitian.....	40
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Pengujian Properties	42
4.1.1	Densitas	42
4.1.2	Viskositas	44
4.1.3	Nilai Kalor (LHV)	45
4.1.4	Angka Cetane	46
4.2	Contoh Perhitungan Unjuk Kerja	47
4.2.1	Daya.....	47
4.2.2	Torsi	48
4.2.3	<i>Brake Mean Effective Pressure</i> (BMEP).....	49
4.2.4	<i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC)	49
4.2.5	Efisiensi Thermal (η_{th}).....	50
4.3	Hasil dan Analisis Grafik Pengujian Unjuk Kerja Mesin dan Emisi Gas Buang	51
4.3.1	Torsi	51
4.3.2	<i>Brake Mean Effective Pressure</i> (BMEP).....	53
4.3.3	<i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC)	55
4.3.4	Efisiensi Termal	57
4.3.5	Temperatur Mesin dan Gas Buang	59
4.3.6	<i>Smoke Opacity</i>	63
BAB V	67
KESIMPULAN	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	73
BIODATA PENULIS.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tablet Eco Diesel	16
Gambar 2. 2 Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel	16
Gambar 2. 3 Mesin Diesel Empat Langkah.....	17
Gambar 2. 4 Tahap Pembakaran	19
Gambar 2. 5 Efek Penambahan Zat Aditif Eco Diesel pada Bahan Bakar B20 terhadap (a) torsi engine, (b) daya engine	25
Gambar 2. 6 Efek Campuran Bahan Bakar dengan 3 Jenis Aditif terhadap (a) fuel consumption, (b) engine power, (c) thermal efficiency, (d) emisi HC, (e) emisi CO dan (f) emisi NO	28
Gambar 2. 7 Efek Campuran Bahan Bakar dengan 2 Jenis Aditif terhadap (a) fuel consumption dan (b) brake thermal efficiency.	30
Gambar 3. 1 Mesin Diesel Diamond DI 800	32
Gambar 3. 2 Generator Electrical Dynamometer Daiho ST-6	32
Gambar 3. 3 Lampu Pembebanan	33
Gambar 3. 4 Stopwatch	33
Gambar 3. 5 Pipet Volumetrik	34
Gambar 3. 6 Amperemeter dan Voltmeter	34
Gambar 3. 7 Tachometer Digital	35
Gambar 3. 8 Skema Peralatan Pengujian	38
Gambar 3. 9 Flowchart Penelitian	40
Gambar 4.1 Grafik densitas bahan bakar yang diuji	42
Gambar 4.2 Grafik viskositas bahan bakar yang diuji	44
Gambar 4.3 Grafik nilai kalor bahan bakar yang diuji.....	45
Gambar 4.4 Grafik angka cetane bahan bakar yang diuji.....	46
Gambar 4.5 Grafik torsi terhadap beban untuk setiap bahan bakar	51
Gambar 4.6 Grafik rata-rata torsi terhadap beban untuk setiap bahan bakar	52
Gambar 4.7 Grafik brake mean effective pressure terhadap beban untuk setiap bahan bakar	53
Gambar 4.8 Grafik rata-rata brake mean effective pressure terhadap beban untuk setiap bahan bakar	54

Gambar 4.9 Grafik specific fuel consumption terhadap beban untuk setiap bahan bakar	55
Gambar 4.10 Grafik rata-rata specific fuel consumption terhadap beban untuk setiap bahan bakar.....	56
Gambar 4.11 Grafik efisiensi termal terhadap beban untuk setiap bahan bakar	57
Gambar 4.12 Grafik rata-rata efisiensi termal terhadap beban untuk setiap bahan bakar	58
Gambar 4.13 Grafik temperatur mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar	59
Gambar 4.14 Grafik temperatur gas buang terhadap beban untuk setiap bahan bakar	60
Gambar 4.15 Grafik rata-rata temperatur mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar	61
Gambar 4.16 Grafik rata-rata temperatur gas buang terhadap beban untuk setiap bahan bakar	61
Gambar 4.17 Grafik smoke opacity terhadap beban untuk setiap bahan bakar	63
Gambar 4.18 Grafik rata-rata smoke opacity terhadap beban untuk setiap bahan bakar	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Bakar Diesel	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Bakar Dexlite	11
Tabel 2.3 Spesifikasi Bahan Bakar Biodiesel.....	12
Tabel 3.1 Tabel Matriks Pengujian	38
Tabel 4.1 Data hasil pengujian properties pil Eco Diesel.....	41
Tabel 4.2 Data hasil pengujian properties bahan bakar.....	42
Tabel 4.3 Data contoh perhitungan	47

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. Jika konsumsi bahan bakar fosil terus meningkat, maka lama-kelamaan akan mengakibatkan kelangkaan. 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. Dilihat dari prediksi tersebut, mesin diesel akan mengalami krisis suplai bahan bakar jika tidak adanya bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan peran dan fungsi dari bahan bakar fosil tersebut. Penggunaan bahan bakar fosil juga berdampak buruk bagi lingkungan. Pembakaran dari bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas buang seperti CO, CO₂, dan UHC.

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Biodiesel merupakan bahan bakar yang berasal dari pencampuran bahan bakar minyak dan minyak nabati. Minyak kelapa sawit merupakan salah satu sumber untuk pembuatan biodiesel, yang berasal dari tumbuhan kelapa yang dikembangkan sejak tahun 1992, dimana memiliki kapasitas yang besar yaitu 1 ton/jam atau 20 ton/hari. Biodiesel minyak kelapa sawit tersebut memiliki sifat yang cukup baik untuk dijadikan bahan bakar alternatif seperti nilai kalor, viskositas dan bilangan *cetane* yang mendekati sifat bahan

bakar solar. Namun di sisi lain, permasalahan besar dalam penggunaan biodiesel antara lain tenaga mesin yang lebih rendah, nilai BSFC yang lebih tinggi, serta nilai densitas dan viskositas yang lebih besar [4].

Di Indonesia, riset mengenai biodiesel berkembang sejak tahun 1990-an dan di-*launching* pada tahun 2006. Semenjak di-*launching*, pemanfaatan biodiesel secara nasional terus berkembang baik dari segi kualitas, volume, campuran, ataupun jumlah perusahaan yang terlibat dalam bidang ini [5]. Pada Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2005, telah menetapkan penggunaan campuran biodiesel sebesar 30% (B30) sebagai bahan bakar mesin diesel yang telah diimplementasikan mulai 1 Januari 2020 [6].

Salah satu cara untuk meningkatkan performansi mesin diesel yang menggunakan bahan bakar biodiesel yaitu dengan penambahan zat aditif. Eco diesel merupakan salah satu zat aditif yang dapat meningkatkan performansi pada mesin diesel. Hal tersebut diungkapkan secara langsung oleh *founder* eco diesel yang dikutip dalam salah satu artikel otomotif. Selain dapat meningkatkan performansi, eco diesel juga diklaim dapat mengurangi emisi dari gas hasil pembakaran serta dapat menghemat bahan bakar pada mesin diesel [7].

Penelitian mengenai penggunaan aditif pada biodiesel minyak kelapa sawit telah banyak dilakukan. Namun untuk penelitian mengenai penggunaan eco diesel sendiri baru sedikit dilakukan. Puji Saksono dkk. meneliti tentang pengaruh penambahan zat aditif eco diesel pada bahan bakar biodiesel B-20 terhadap performansi engine. Pengujian performa mesin diesel diteliti secara eksperimental dengan menggunakan engine dynamometer dan menggunakan variasi putaran mesin. Performa yang dihasilkan oleh bahan bakar biodiesel B-20 dengan penambahan eco diesel memiliki hasil yang meningkat dilihat dari torsi dan daya pada setiap putaran mesin. Secara detail, penggunaan biodiesel B-20 dengan penambahan eco diesel mengalami peningkatan nilai torsi engine maksimum sebesar

4,37% dan peningkatan nilai daya engine maksimum sebesar 3,74% [8]. Imtenan dkk. melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan zat aditif pada bahan bakar biodiesel terhadap performa dan emisi yang dihasilkan. Penelitian tersebut menggunakan 3 jenis aditif yaitu ethanol, n-butanol dan diethyl ether. Pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan zat aditif pada bahan bakar dapat menurunkan nilai viskositas dan densitas pada bahan bakar, dimana kedua sifat tersebut dapat meningkatkan atomisasi pada proses pembakaran [9].

Penelitian tentang pengaruh penambahan eco diesel yang ada saat ini hanya sebatas menguraikan hasil peningkatan performa yang dibandingkan dengan bahan bakar diesel tanpa penambahan aditif. Melalui penelitian ini diharapkan mampu mendapatkan korelasi antara pengaruh penambahan eco diesel terhadap perubahan sifat atau properties pada bahan bakar diesel.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif eco diesel terhadap unjuk kerja mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel B30?
2. Bagaimana pengaruh penambahan zat aditif eco diesel terhadap emisi mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel B30?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa batasan masalah agar dapat mencapai tujuan. Adapun batasan permasalahannya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian menggunakan mesin diesel satu silinder empat langkah, Diesel Diamond DI 800.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah Dextrite produksi PT. Pertamina (Persero) dan Biodiesel CPO (B100) produksi PT. Wilmar.

3. Pengujian *properties* bahan bakar meliputi densitas, viskositas kinematik, nilai kalor, dan *cetane number*.
4. Penelitian tidak membahas mengenai reaksi kimia yang terjadi antara campuran bahan bakar dengan zat aditif Eco Diesel.
5. Penambahan zat aditif Eco Diesel sesuai dengan anjuran pabrik yang tertera pada kemasan atau petunjuk penggunaan yaitu 1 pil eco diesel untuk setiap 12-14 liter bahan bakar diesel.
6. Penelitian tidak membahas tentang pengaruh penyimpanan bahan bakar.
7. Penelitian tidak mengukur rasio udara dan bahan bakar (AFR).

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui hasil unjuk kerja yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B30 dengan tambahan zat aditif eco diesel pada mesin diesel.
2. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan emisi biodiesel B30 dengan tambahan zat aditif eco diesel pada mesin diesel.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

:

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh yang dapat ditimbulkan akibat penambahan zat aditif eco diesel pada bahan bakar biodiesel terhadap unjuk kerja mesin diesel.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh yang dapat ditimbulkan akibat penambahan zat aditif eco diesel pada bahan bakar biodiesel terhadap emisi yang dihasilkan oleh mesin diesel.
3. Membuktikan klaim suatu perusahaan tentang manfaat produk zat aditif Eco Diesel yang berguna untuk menaikkan kualitas bahan

bakar terhadap performa dan penghematan bahan bakar pada satu mesin diesel.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini diuraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini diuraikan landasan teori penelitian ini dan juga dipaparkan hasil-hasil dari penelitian sebelumnya.

c. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan diuraikan metode penelitian, spesifikasi peralatan yang digunakan, cara pengujian dan data yang diambil.

d. BAB IV PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas mengenai perhitungan dan analisa data yang telah didapat.

e. BAB V PENUTUP

Bab ini memaparkan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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 [10].

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 [11].

**Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Bakar Diesel
(PT. Pertamina Persero)**

No	<i>Properties</i>	<i>Limit</i>	
		Min	Max
1	<i>Sulphur content</i> % wt	-	0,5
2	<i>Specific Gravity</i> pada 60/60°F	0,82	0.87
3	<i>Cetane Number</i>	45	-
4	<i>Viscosity Kinematic</i> pada 40°C cSt	1,6	5,8
5	<i>Sulphur Content</i> % wt	-	0,5
6	<i>Residu Carbon</i> % wt (on 10% volume bottom)	-	0,1
7	<i>Water content</i> % vol	-	0,05
8	<i>Ash content</i> % wt	-	0,01
9	<i>Flash point</i>	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:

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

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

$$\text{API Gravity} = \frac{141,5}{SG} - 131,5$$

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 memengaruhi 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 tidak optimal.

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.

d) *Pour Point*

Pour point atau titik tuang adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. *Pour point* merupakan ukuran daya atau kemampuan bahan bakar pada temperatur rendah, yang berarti bahwa kendaraan dapat menyala pada temperatur rendah karena bahan bakar masih dapat mengalir. Selain itu terkait dengan proses penyimpanan dalam tangki dan pengaliran pada suatu pipa.

e) *Sulphur Content*

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.

f) *Distillation*

Karakteristik distilasi dari bahan bakar menunjukkan kemampuan bahan bakar berubah menjadi uap (*volatility*) pada temperatur tertentu. Nilai dari *mid boiling* atau *50% recovery* dapat digunakan untuk menghitung nilai *cetane index*.

g) *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* ($C_{16}H_{34}$) dan *α -methyl-naphthalene* ($C_{10}H_7CH_3$) yang diuji pada CFR engine pada kondisi yang sama. *Cetane* mempunyai nilai 100 dan *α -methyl-naphthalene* mempunyai nilai 0, tetapi referensi yang digunakan sekarang adalah *heptamethyl-nonane* 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.

h) *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:

$$NKB = NKA - \left(\frac{m_{\text{air}}}{m_{\text{sample}}} \times LH \right)$$

i) *Carbon Residue*

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

2.1.2 Bahan Bakar Dextrite

Dextrite merupakan bahan bakar jenis diesel yang berhasil diproduksi oleh Pertamina Refinery Unit IV Cilacap, Jawa Tengah dan pertama kali diluncurkan pada tanggal 15 April 2016. Dextrite memiliki angka cetane minimal 51 dan mengandung sulfur maksimal 1200 ppm. Keunggulan dextrite diantaranya memiliki kemampuan pembakaran yang lebih baik sehingga membuat penggunaan bahan bakar lebih efisien, serta membuat performa kendaraan menjadi lebih baik, bertenaga, dan menjaga mesin [12].

Tabel 2.2 Spesifikasi Bahan Bakar Dextrite

No	Karakteristik	Unit	Batasan		Metode Uji	
			Min	Max	ASTM	Lain
1	Angka Setana	-	51	-	D 613-95	
2	Indeks Setana	-	48	-	D 4737-96a	
3	Berat Jenis (Pada Suhu 15 °C)	kg/m ³	820	860	D 4052-96	

4	Viskositas (Pada Suhu 40 °C)	mm ² /s	2.0	4.5	D 445-97	
5	Kandungan FAME	% v/v	-	10		
6	Bilangan Asam Total	mgK OH/ g		0.3	D 664	
7	Partikulat	mg/ L		10	D 2276- 99	

2.1.3 Bahan Bakar Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar nabati untuk aplikasi mesin/motor diesel berupa ester metil asam lemak (fatty acid methyl ester/FAME) yang terbuat dari minyak nabati atau lemak hewani melalui proses esterifikasi/transesterifikasi. Proses transesterifikasi tersebut pada dasarnya dimaksudkan untuk mengeluarkan gliserin dari minyak dan mereaksikan asam lemak dengan alcohol menjadi alkohol ester (Fatty Acid Methyl Ester/FAME).

Bahan bakar biodiesel memiliki sifat pelumas yang lebih baik dari minyak solar. Kandungan oksigennya dapat meningkatkan proses pembakaran, sehingga menurunkan emisi. Biodiesel dapat dicampur dengan minyak solar (diesel fuel) dalam berbagai rasio, serta memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan minyak solar di sebagian besar aspek teknis, salah satunya yaitu dapat mereduksi emisi gas buang kecuali NO_x, bersifat biodegradeable, memiliki titik nyala lebih tinggi, kandungan sulfur yang lebih rendah, dan merupakan sumber energi terbarukan.

Tabel 2.3 Spesifikasi Bahan Bakar Biodiesel

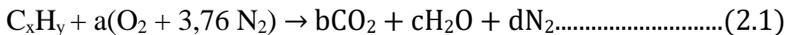
No	Parameter uji	Satuan, Min/maks	Persyaratan	Metode uji
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 -890	ASTM D 1298

2	Viskositas Kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 - 6,0	ASTM D 445
3	Angka setana	min	51	ASTM D 613
4	Titik nyala	°C, min	100	ASTM D 93
5	Titik kabut	C, maks	18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		nomor 1	ASTM D 130
7	Residu karbon	%-massa, maks	0,05	ASTM D 4530
8	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
11	Belerang	mg/kg, maks	100	ASTM D 5453
12	Fosfor	mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5	AOCS Cd 3d-63
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	AOCS Ca 14-56
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56

16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5	-
17	Stabilitas oksidasi Metode Racimant	menit	360	EN 15751

2.1.4 Pembakaran Stoikiometri

Jika ketersediaan oksigen untuk reaksi oksidasi mencukupi, maka bahan bakar hidrokarbon akan dioksidasi secara menyeluruh, yaitu karbon dioksidasi menjadi karbon dioksida (CO_2) dan hidrokarbon dioksidasi menjadi uap air (H_2O). Pembakaran stoikiometri dan selengkapnya persamaan reaksi kimia untuk pembakaran stoikiometri dari suatu bahan bakar hidrokarbon (C_xH_y) dengan udara dituliskan sebagai berikut:



Dari persamaan di atas dapat dicari kesetimbangannya:

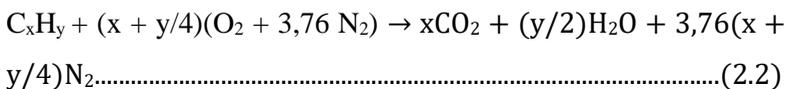
Kesetimbangan C: $x = b$

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_xH_y menghasilkan persamaan sebagai berikut:



2.2 Zat Aditif Bahan Bakar

Zat aditif bahan bakar merupakan suatu bahan kimia yang ditambahkan pada bahan bakar gasoline ataupun diesel yang digunakan untuk memberikan peningkatan sifat dasar tertentu yang

telah dimiliki seperti zat aditif untuk meningkatkan angka oktan yang berfungsi sebagai zat anti knocking pada bahan bakar gasoline [14]. Penambahan zat aditif pada bahan bakar juga dapat menurunkan nilai densitas dan viskositas sehingga dapat meningkatkan atomisasi pada proses pembakaran [9].

2.2.1 Zat Aditif Eco Diesel

Penghemat Bahan Bakar Minyak (BBM) Eco Diesel adalah sebuah produk yang berbentuk tablet/pil yang memiliki zat aditif yang berfungsi untuk melindungi mesin kendaraan bermotor dengan meningkatkan angka oktan atau cetane Bahan Bakar Minyak, sehingga dapat menghemat penggunaan bahan bakar (BBM) serta menghilangkan polusi CO hingga 100%. Disamping digunakan untuk kendaraan motor, mobil, truk, bus dan genset bisa juga digunakan untuk semua jenis mesin yang memakai bahan bakar bensin ataupun solar [13]. Beberapa kandungan yang terdapat pada *Eco Diesel* yaitu :

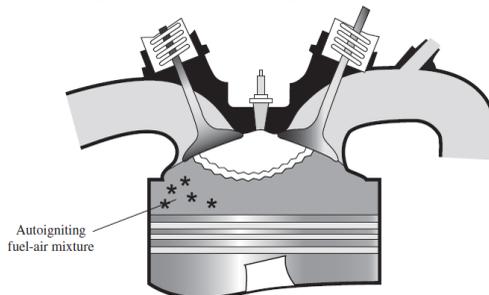
1. Detergent Chemical Organic Function yg berfungsi menyempurnakan pembakaran dan mempertahankan mesin tetap prima
2. Corrosion Inhibitor. Mencegah korosi/karat pada saluran bensin dan mesin pembakaran, serta membuang sisa karat karena penggunaan bbm yang salah seperti premium pada motor dengan kompresi diatas 9.1 (jenis injection dan matic)
3. De Emulsion. Memisahkan zat murni bahan bakar dengan emulsi pengotor seperti air hujan dll. Sehingga tak berpengaruh pada proses pembakaran, Dengan Eco Diesel, pembakaran akan lebih sempurna hingga emisi gas buang 90–100% [15].



Gambar 2. 1 Tablet Eco Diesel

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.



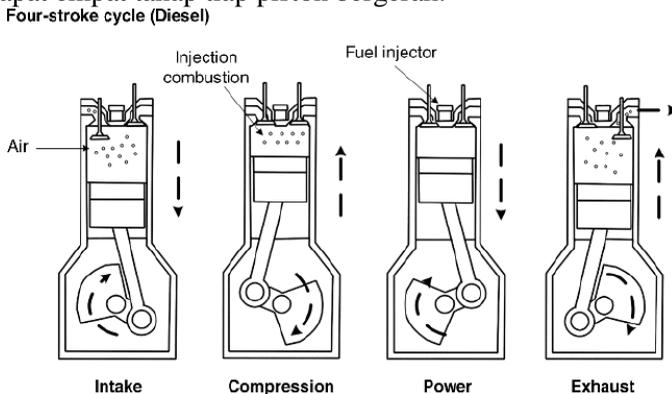
Gambar 2. 2 Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel
(*An Introduction to Combustion Concepts and Applications*, 2012)

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 tahap tiap piston bergerak:



Gambar 2. 3 Mesin Diesel Empat Langkah

(Electric and Hybrid Vehicles: Technologies, Modeling and Control: A Mechatronic Approach, 2014)

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. 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.

3. Langkah Ekspansi

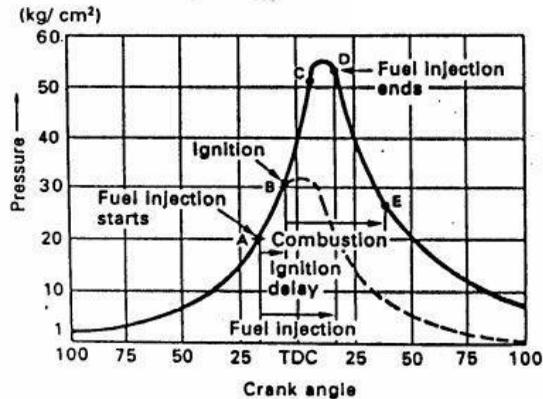
Proses pembakaran ini menghasilkan tenaga dari proses ekspansi gas yang menekan piston hingga mencapai titik mati bawah. Pada saat ini, kedua katup tertutup.

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.

2.4.1 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. 4 Tahap Pembakaran
(Mesin Konversi Energi, 2013)**

a. 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.

b. 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.

c. 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.

d. 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*).

2.4.2 Unjuk Kerja Mesin Diesel

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

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:

$$Ne = \frac{V \times I \times \cos \theta}{\eta_{generator}} (\text{Watt}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

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

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:

$$Mt = \frac{60 \times Ne}{2\pi n} (\text{N.m}) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Mt : Torsi (N.m)
 Ne : Daya Mesin (Watt)
 n : Putaran Mesin (rev/min)

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.

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:

$$bmep = \frac{Ne \times Z \times 60}{A \times l \times n \times i} (N/m^2) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

- Ne : Daya Mesin (Watt)
- A : Luas Penampang Piston (m^2)
- l : Panjang Langkah Piston (m)
- i : Jumlah Silinder
- n : Putaran Mesin (rev/min)
- z : 1 (2 langkah) atau 2 (4 langkah)

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 (Ne) atau *brake horse power* (hp) sehingga dapat dibuat persamaan pemakaian bahan bakar (*m_{bb}*) dan *sfc* sebagai berikut:

$$m_{bb} = \frac{\dot{m}_{bb}}{s} (kg/s) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$sfc = 3600 \frac{\dot{m}_{bb}}{Ne} \left(\frac{kg}{kW \cdot jam} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

5. Efisiensi Thermal (η_{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:

$$\eta_{th} = \frac{\text{Daya efektif yang dihasilkan}}{\dot{m} \text{ bahan bakar} \times \text{LHV bahan bakar}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

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:

$$LHV = [16280 + 60(API)] \text{ Btu/lb} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

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

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

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

$$API = \frac{141,5}{\text{Specific Gravity pada } 60^\circ F - 131,5} \dots \dots \dots (2.10)$$

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

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.

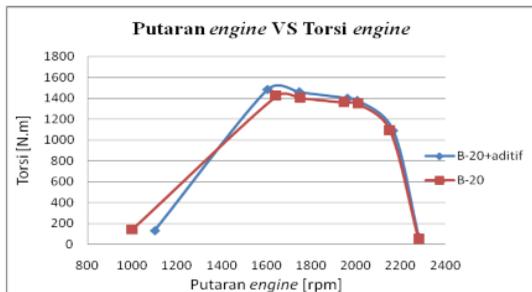
7. Suhu Gas Buang

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.

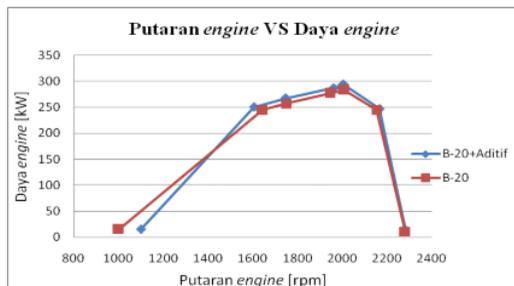
2.5 Penelitian Terdahulu

2.5.1 Penelitian oleh Saksono, P., Gunawan., Fauzi, R., 2019. Analisis Penggunaan Biodiesel B-20 Dengan Penambahan Zat Aditif Terhadap Performansi Engine Mercedes-Benz OM 501 LA.

Studi eksperimental dilakukan untuk meneliti penggunaan biodiesel B20 dengan penambahan zat aditif terhadap performansi engine. Unjuk kerja mesin diesel diteliti secara eksperimental dengan jenis mesin 6 silinder 4 langkah dengan variasi putaran mesin 1000 rpm hingga 2282 rpm. Bahan bakar biodiesel B20 dengan penambahan zat aditif eco diesel menghasilkan torsi dan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B20. Nilai torsi mengalami peningkatan sebesar 4,37% dengan nilai torsi maksimum sebesar 1421 Nm pada putaran mesin 1644 rpm. Nilai daya mengalami peningkatan sebesar 3,74% dengan nilai daya maksimum sebesar 294 kW pada putaran mesin 2006 rpm.



(a)



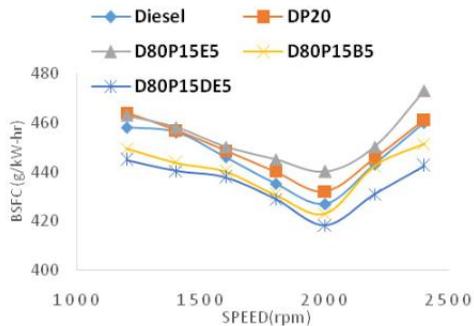
(b)

Gambar 2. 5 Efek Penambahan Zat Aditif Eco Diesel pada Bahan Bakar B20 terhadap (a) torsi engine, (b) daya engine

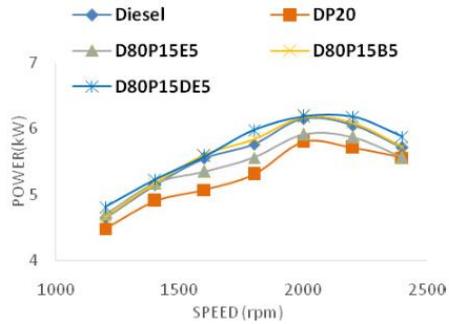
2.5.2 Penelitian oleh Imtenan, S., Masjuki, H.H., Varman, M., Arbaba, M.I., Sajjada, H., Fattaha, I.M. Rizwanul, Abedina, M.J., dan Md. Hasibb, Abu Saeed., 2013. Emission and performance improvement analysis of biodiesel-diesel blends with additives.

Studi eksperimental dilakukan untuk membandingkan 3 jenis zat aditif yaitu ethanol, n-butanol dan diethyl ether pada campuran bahan bakar 80% diesel, 15% palm biodiesel dan 5% aditif dari kecepatan 1200 hingga 2400 rpm dengan kenaikan tiap 200 rpm dan dilakukan pembebanan 100%. Bahan bakar campuran

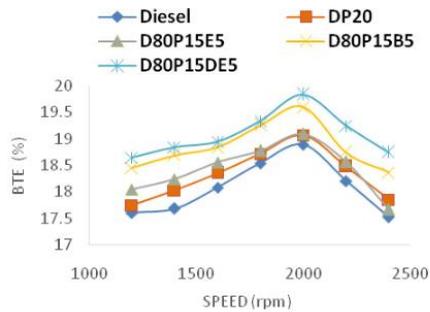
D80P15DE5 memiliki konsumsi bahan bakar yang paling sedikit dibandingkan campuran bahan bakar lainnya pada setiap putaran mesin. Hasil unjuk kerja mesin lainnya berupa engine power dan thermal efficiency dimana engine power dan thermal efficiency yang dihasilkan oleh bahan bakar campuran D80P15DE5 paling tinggi dibandingkan campuran lainnya pada setiap putaran mesin. Selanjutnya, grafik engine power dan thermal efficiency terlihat menurun setelah 2000 rpm dikarenakan semakin tingginya gaya gesek yang terjadi seiring bertambahnya kecepatan sehingga mengakibatkan flow rate bahan bakar semakin rendah. Hasil dari emisi gas buang yang dihasilkan menunjukkan bahwa emisi HC paling rendah adalah pada bahan bakar campuran DP20 pada putaran mesin 1400 hingga 2400 rpm. Emisi CO paling rendah dihasilkan oleh bahan bakar campuran D80P15E5 pada setiap putaran mesin. Emisi NO paling rendah dihasilkan oleh bahan bakar campuran D80P15DE5 pada setiap putaran mesin.



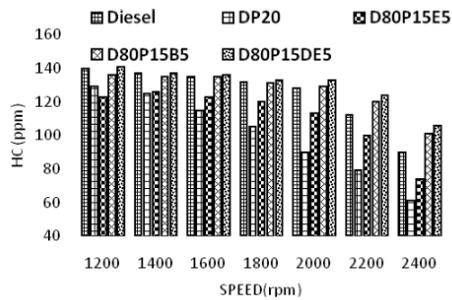
(a)



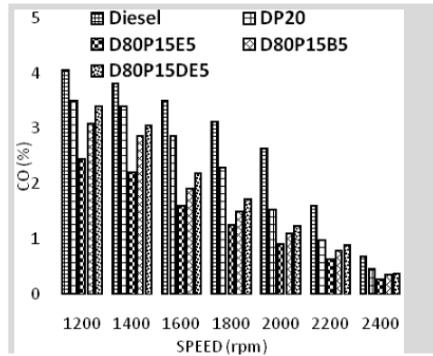
(b)



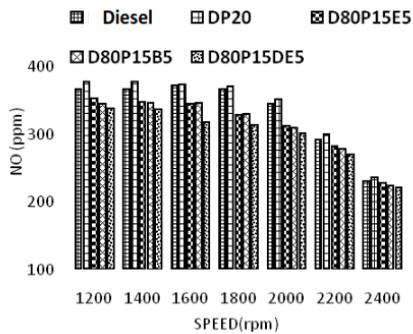
(c)



(d)



(e)

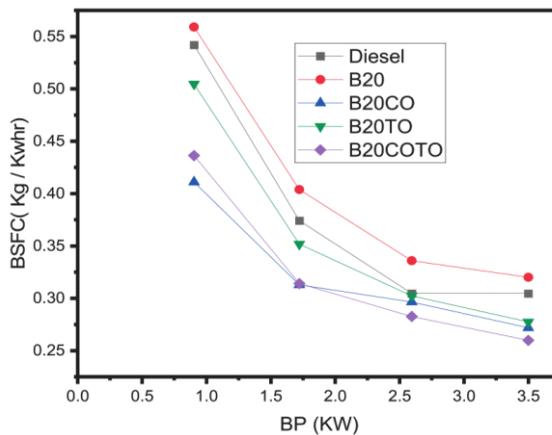


(f)

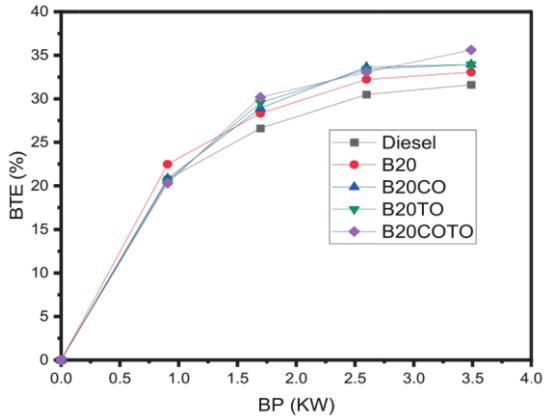
Gambar 2. 6 Efek Campuran Bahan Bakar dengan 3 Jenis Aditif terhadap (a) fuel consumption, (b) engine power, (c) thermal efficiency, (d) emisi HC, (e) emisi CO dan (f) emisi NO

2.5.3 Penelitian oleh Reddy, S.N.K., dan Wani, M.M., 2020. Engine performance and emission studies by application of nanoparticles as additive in biodiesel diesel blends.

Studi eksperimental dilakukan untuk membandingkan campuran bahan bakar biodiesel dengan 2 jenis zat aditif yaitu titanium oxide (TiO_2) dan cerium oxide (CeO_2) pada kecepatan konstan sebesar 1500 rpm dan menggunakan variasi *brake power* dari 0 hingga 4 kW. Bahan bakar campuran B20CO memiliki konsumsi bahan bakar yang paling rendah pada saat *brake power* 0 kW hingga 1,75 kW, namun setelah itu grafik bahan bakar B20COTO berada di bawah grafik bahan bakar B20CO dimana hal tersebut menandakan bahwa bahan bakar B20COTO memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibanding bahan bakar B20CO atau yang paling rendah diantara semua jenis campuran bahan bakar pada saat *brake power* 1,75 kW hingga 4 kW. Hasil unjuk kerja mesin lainnya berupa *brake thermal efficiency* dimana pada awalnya bahan bakar B20 memiliki nilai BTE yang paling tinggi pada saat *brake power* 1 kW. Namun secara keseluruhan, bahan bakar B20COTO memiliki nilai BTE yang paling tinggi hingga saat *brake power* 4 kW.



(a)



(b)

Gambar 2. 7 Efek Campuran Bahan Bakar dengan 2 Jenis Aditif terhadap (a) fuel consumption dan (b) brake thermal efficiency

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* : Diesel Diamond
 - *Type* : DI 800
 - *Model* : 1 Silinder Diesel 4 langkah
 - *Bore x Stroke* : 82 mm x 78 mm
 - *Displacement* : 411 cc
 - *Max. Power* : 8 HP (6 kW) / 2400 rpm
 - *Continuous Power* : 7 HP (5.22 kW) / 2200 rpm
 - *Compression Ratio* : 18:1
 - *Cooling system* : Hopper/ Condenser
 - *Lube capacity* : 1,8 liter



Gambar 3. 1 Mesin Diesel Diamond DI 800

2. Generator Electrical Dynamometer, dengan spesifikasi:
- *Merk* : Daiho
 - *Type* : ST-6
 - *Voltage – Ampere* : 230 V – 26,1 A (AC)
 - *Max AC Output* : 6 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



Gambar 3. 5 Pipet Volumetrik

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

3. Amperemeter dan Voltmeter



Gambar 3. 6 Amperemeter dan Voltmeter

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

4. Tachometer Digital

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

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.

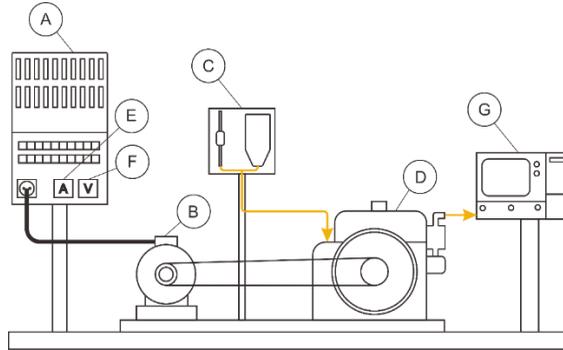
3.5 Tahap-Tahap Persiapan Bahan Bakar

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 jriger plastik untuk wadah bahan bakar.
2. Mempersiapkan bahan bakar dasar yaitu dexlite dan biodiesel B100.
3. Membuat campuran bahan bakar biodiesel B30 sebanyak 6 liter dimana terdiri dari 30% biodiesel B100 dan 70% dexlite.
4. Ulangi langkah ke-3 untuk membuat campuran bahan bakar biodiesel B30 yang diberi tambahan zat aditif.
5. Zat aditif yang digunakan yaitu eco diesel yang merupakan produk dari PT BEST dan takaran yang digunakan sesuai dengan anjuran pabrik yaitu sebanyak 1 tablet untuk 12-14 liter bahan bakar diesel.
6. Metode pencampuran bahan bakar B30 dengan zat aditif eco diesel cukup dengan mengaduk menggunakan pipa pengaduk selama beberapa menit.

3.6 Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi

3.6.1 Skema Alat



Gambar 3. 8 Skema Peralatan Pengujian

Keterangan:

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

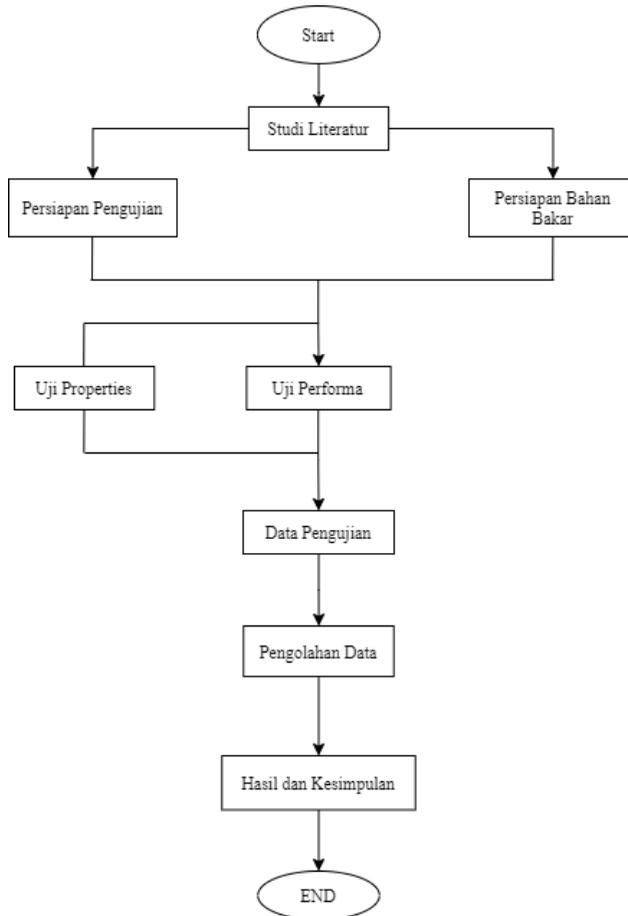
3.6.2 Parameter Eksperimen

Tabel 3.1 Tabel Matriks Pengujian

Parameter Input		Parameter Output		
Konstan	Variasi		Diukur	Diolah
1. Putaran mesin diesel 2200 rpm	Bahan Bakar	Beban Listrik	1. Arus Listrik (ampere) 2. Tegangan (volt)	1. Daya 2. Torsi 3. SFC 4. Efisiensi
	Dexlit e	500 W hingga 4000 W		

2. Tipe generator set mesin diesel		(interval 500 W)	3. Waktu konsumsi bahan bakar 25 ml (s) 4. Temperatur Mesin 5. Temperatur Gas Buang 6. Smoke Opacity (%)	i Thermal
	B30	500 W hingga 4000 W (interval 500 W)		
	B30 + Eco Diesel	500 W hingga 4000 W (interval 500 W)		

3.7 Flowchart Penelitian



Gambar 3.9 *Flowchart* Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Hasil Pengujian Bahan Bakar

Didapatkan data sifat bahan bakar dari pengujian properties bahan bakar yang disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian properties pil Eco Diesel

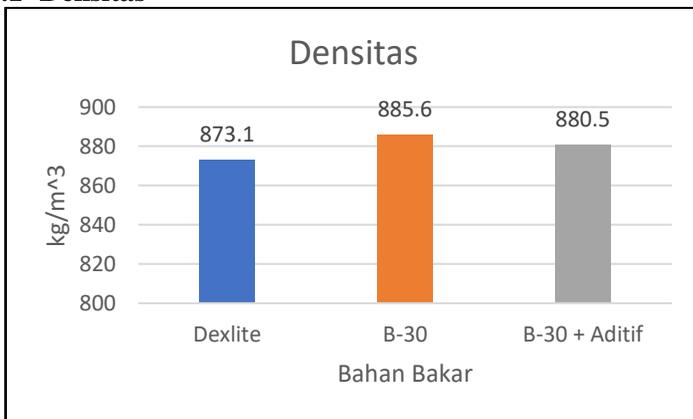
Properties	Satuan	Eco Diesel
Density	kg/m ³	896
Nilai Kalor	kJ/kg	2116,66
Cetane Number		81,05
Radikal Oksigen	mg/kg	65,8
Radikal Metil	mg/kg	762,1

Tabel 4.2 Data hasil pengujian properties bahan bakar

Properties	Satuan	Dexlite	B-30	B-30 + Aditif
Density	kg/m ³	873,10	885,60	880,50
Viscosity	cSt	2,82	2,95	2,85
Nilai Kalor	kJ/kg	47.497,71	46.780,02	47.084,26
Cetane Number		56,80	53,10	56,30
Oxygen Content	mg/kg	21,80	36,10	41,03

4.1 Hasil Pengujian Properties

4.1.1 Densitas



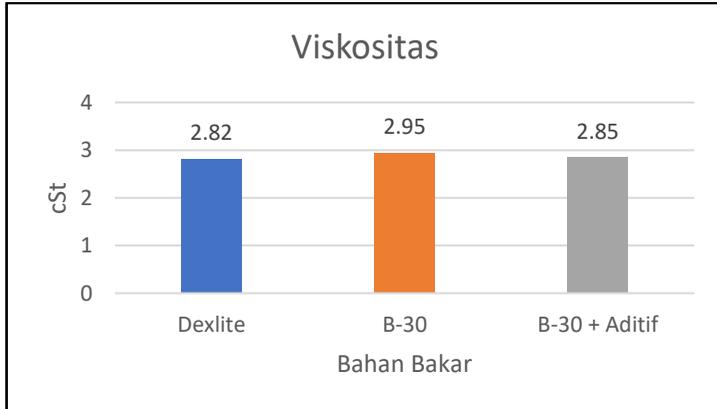
Gambar 4.1 Grafik densitas bahan bakar yang diuji

Densitas suatu bahan bakar dapat mempengaruhi aliran dan proses injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar, sehingga akan mempengaruhi kualitas pembakaran yang terjadi. Berdasarkan hasil pengujian densitas bahan bakar pada gambar 4.1

dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar dexlite. Namun setelah penambahan aditif Eco Diesel, nilai densitas bahan bakar B30 menjadi lebih rendah. Densitas dexlite memiliki nilai 873,1 kg/m³, B30 memiliki nilai 885,6 kg/m³ atau mengalami kenaikan sebesar 1,43% dibandingkan dexlite, kemudian nilai densitas B30 yang ditambah Eco Diesel memiliki nilai 880,5 kg/m³. Penurunan nilai densitas B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu sebesar 0,58%. Jika dibandingkan dengan dexlite, nilai densitas B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu 0,84% lebih tinggi.

Berdasarkan teori, nilai densitas bahan bakar yang telah ditambahkan suatu zat seharusnya memiliki nilai densitas yang berada di antara bahan bakar murni dan zat aditif. Namun pada penelitian ini yang ditunjukkan oleh tabel 4.1 dan 4.2, nilai densitas bahan bakar yang telah ditambah Eco Diesel memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan densitas bahan bakar murni dan zat aditif Eco Diesel. Jika ditinjau melalui zat yang terkandung di dalam aditif Eco Diesel, penurunan nilai densitas bahan bakar kemungkinan besar terjadi dikarenakan oleh kandungan radikal oksigen dan gugus radikal metil ringan dimana saat dimasukkan ke dalam bahan bakar murni, 2 kandungan tersebut bereaksi dengan bahan bakar murni yang kemudian membentuk rongga di antara molekul senyawa bahan bakar murni sehingga menyebabkan volume senyawa bahan bakar campuran Eco Diesel menjadi lebih besar dan membuat densitasnya menjadi lebih kecil dibandingkan dengan bahan bakar murni.

4.1.2 Viskositas



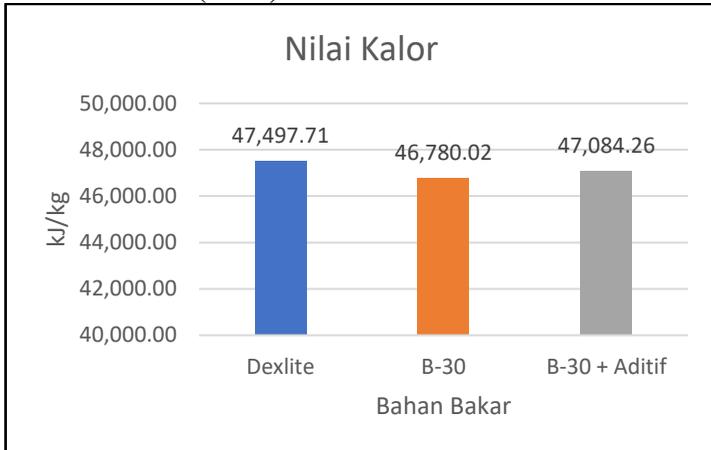
Gambar 4.2 Grafik viskositas bahan bakar yang diuji

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 gambar 4.2 dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar dexlite. Namun setelah penambahan aditif Eco Diesel, nilai viskositas bahan bakar B30 menjadi lebih rendah. Viskositas dexlite memiliki nilai 2,82 cSt, B30 memiliki nilai 2,95 cSt atau mengalami kenaikan sebesar 4,6% dibandingkan dexlite, kemudian viskositas B30 yang ditambah Eco Diesel memiliki nilai 2,85 cSt. Penurunan nilai viskositas B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu sebesar 3,4%. Jika dibandingkan dengan dexlite, nilai viskositas B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu 1,06% lebih tinggi.

Penurunan nilai viskositas bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel tersebut dapat terjadi dikarenakan Eco Diesel mengandung suatu zat yang disebut *de emulsion* yang berfungsi sebagai pemisah antara zat murni dari bahan bakar dasar dengan zat pengotor. Akan tetapi pada penelitian ini tidak meneliti

lebih lanjut mengenai separasi antara zat murni bahan bakar dengan endapan zat pengotor yang berhasil dipisahkan oleh zat aditif Eco Diesel baik secara tampilan fisik maupun secara reaksi kimia.

4.1.3 Nilai Kalor (LHV)

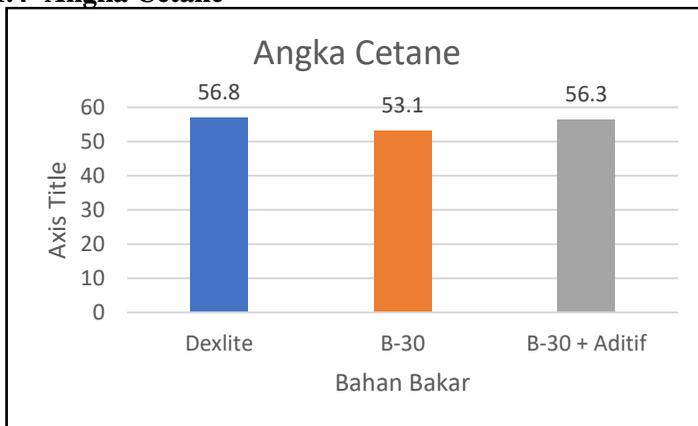


Gambar 4.3 Grafik nilai kalor bahan bakar yang diuji

Nilai kalor dari suatu bahan bakar didefinisikan sebagai jumlah panas yang dihasilkan ketika sejumlah zat terbakar sempurna dan ditentukan dengan menggunakan bomb calorimeter. Berdasarkan hasil pengujian nilai kalor bahan bakar pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar dexlite. Namun setelah penambahan aditif Eco Diesel, nilai kalor bahan bakar B30 menjadi lebih tinggi. Dexlite memiliki nilai kalor sebesar 47497,71 kJ/kg, B30 memiliki nilai 46780,02 kJ/kg atau mengalami penurunan sebesar 1,5% dibandingkan dexlite, kemudian nilai kalor B30 yang ditambah Eco Diesel memiliki nilai 47084,26 kJ/kg. Peningkatan nilai kalor B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu sebesar 0,65%. Jika dibandingkan dengan dexlite, nilai kalor B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu 0,87% lebih rendah.

Berdasarkan teori yang ada, nilai kalor bahan bakar seharusnya memiliki nilai yang berada pada rentang nilai kalor bahan bakar murni dan zat aditif. Namun pada penelitian ini jika ditinjau pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, nilai kalor zat aditif Eco Diesel memiliki nilai yang lebih rendah daripada nilai kalor bahan bakar B30 yang telah ditambah dengan Eco Diesel. Peningkatan nilai kalor bahan bakar B30 setelah penambahan zat aditif Eco Diesel besar kemungkinan disebabkan oleh reaksi secara kimiawi yang perlu diteliti lebih lanjut. Nilai kalor jika ditinjau melalui konsep standar API (*American Petroleum Institute*) *Gravity* yang dipengaruhi oleh *Specific Gravity* (SG) atau perbandingan densitas bahan bakar dengan air, nilai kalor bahan bakar akan semakin besar apabila densitas bahan bakar semakin kecil. Maka nilai kalor pada tabel 4.2 sudah sesuai dengan teori dan persamaan konsep API *Gravity*.

4.1.4 Angka Cetane



Gambar 4.4 Grafik angka cetane bahan bakar yang diuji

Angka cetane merupakan ukuran kualitas dari bahan bakar mesin diesel selama terjadinya kompresi pengapian. Sama halnya dengan angka oktan, angka cetane menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menahan terjadinya knocking. Angka cetane

juga menunjukkan besarnya ignition delay pada bahan bakar. Semakin besar angka cetane suatu bahan bakar, maka ignition delay akan semakin pendek sehingga bahan bakar akan semakin mudah terbakar dengan nilai kompresi yang tinggi. Berdasarkan hasil pengujian angka cetane bahan bakar pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki angka cetane yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar dexlite. Namun setelah penambahan aditif Eco Diesel, angka cetane bahan bakar B30 menjadi lebih tinggi. Dexlite memiliki angka cetane sebesar 56,8, B30 memiliki nilai 53,1 atau mengalami penurunan sebesar 6,5% dibandingkan dexlite, kemudian angka cetane B30 yang ditambah Eco Diesel memiliki nilai 56,3. Peningkatan angka cetane B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu sebesar 6,03%. Jika dibandingkan dengan dexlite, nilai angka cetane B30 setelah ditambah Eco Diesel yaitu 0,88% lebih rendah.

Sesuai dengan properties zat aditif Eco Diesel pada tabel 4.1, peningkatan angka cetane bahan bakar dapat terjadi karena angka cetane Eco Diesel memiliki nilai yang jauh lebih tinggi yaitu sebesar 81,05 sedangkan bahan bakar B30 murni memiliki angka cetane yang lebih kecil yaitu sebesar 53,1.

4.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja

Berikut ini adalah perhitungan untuk bahan bakar Dexlite. Perhitungan dilakukan pada pembebanan lampu 1000 Watt dengan putaran mesin sebesar 2200 rpm sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data contoh perhitungan

Beban (Watt)	RPM	Generator		Bahan Bakar	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Volume (mL)	Waktu Konsumsi (s)
1000	2200	220	4.5	25	171

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:

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

Dimana:

$$\begin{array}{ll} V & : 220 \text{ V} \\ I & : 4.5 \text{ A} \\ \eta_{generator} & : 0.9 \\ \cos \theta & : 1 \end{array}$$

Maka:

$$N_e = \frac{220 \times 4.5 \times 1}{0.9}$$

$$N_e = 1100 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan didapatkan daya yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Dexlite dengan pembebanan 1000 Watt adalah 1100 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 terperosok. Momen torsi dihitung dengan persamaan seperti berikut:

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

Dimana:

$$\begin{array}{ll} N_e & : 1100 \text{ Watt} \\ n & : 2200 \end{array}$$

Maka:

$$Mt = \frac{60 \times 1100}{2\pi(2200)}$$

$$Mt = 4.78 \text{ Nm}$$

Dari perhitungan didapatkan torsi yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Dexlite dengan pembebanan 1000 Watt adalah 4.78 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 bmep adalah :

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

Dimana:

Ne	: 1100 Watt
A	: 0.0053 m ²
l	: 0.078 m
i	: 1
n	: 2200 rpm
z	: 2 (mesin 4 langkah)

Maka:

$$bmep = \frac{1100 \times 2 \times 60}{0.0053 \times 0.078 \times 2200 \times 1} (N/m^2)$$

$$bmep = 145137.88 \text{ N/m}^2$$

Dari perhitungan didapatkan bmep yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Dexlite dengan pembebanan 1000 Watt adalah 145137.88 N/m².

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.

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

$$m_{bb} = \rho_{bb} \times v_{bb} (g)$$

$$sfc = 3600 \frac{\dot{m}_{bb}}{Ne} \left(\frac{kg}{kW \cdot jam} \right)$$

Dimana:

$$\rho_{bb} : 0.873 \text{ g/cm}^3$$

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

$$s : 171 \text{ s}$$

$$Ne : 1100 \text{ Watt}$$

Maka:

$$\dot{m}_{bb} = \frac{0.8731 \times 25}{171}$$

$$\dot{m}_{bb} = 0.1276 \text{ g/s}$$

$$sfc = 3600 \frac{0.1276}{1100}$$

$$sfc = 0.4178 \frac{kg}{kW \cdot jam}$$

Dari perhitungan didapatkan sfc yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Dexlite dengan pembebanan 1000 Watt adalah 0.4178 kg/kW.jam.

4.2.5 Efisiensi Thermal (η_{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.

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

Dimana:

$$Ne : 1100 \text{ Watt}$$

$$\dot{m}_{bb} : 0.1276 \text{ g/s}$$

$$LHV_{bb} : 47497.71 \text{ kJ/kg}$$

Maka:

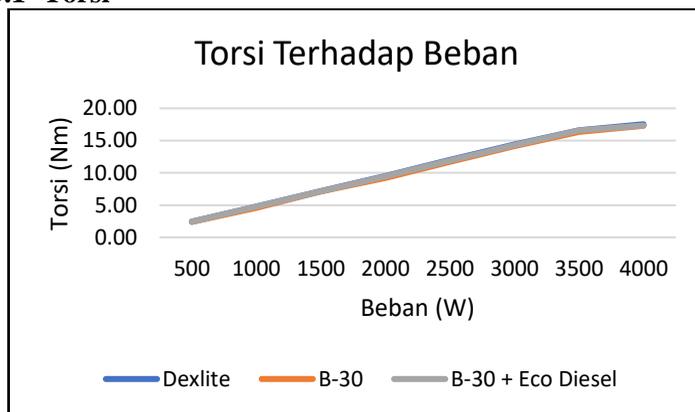
$$\eta_{th} = \frac{1100}{0.1276 \times 47497.71} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 18.14\%$$

Dari perhitungan didapatkan efisiensi termal yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Dexlite dengan pembebanan 1000 Watt adalah 18.14%.

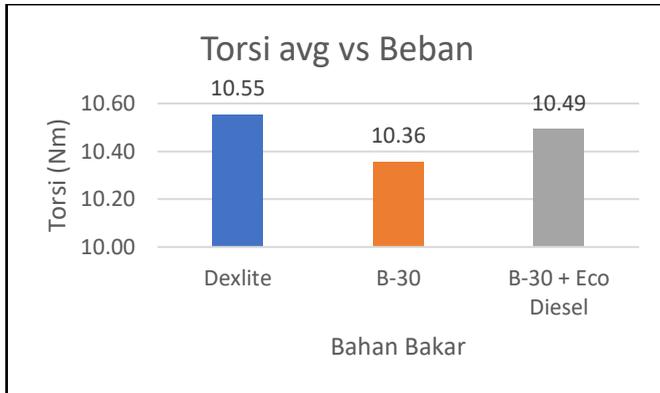
4.3 Hasil dan Analisis Grafik Pengujian Unjuk Kerja Mesin dan Emisi Gas Buang

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 Dexlite, B30, dan B30 + Eco diesel cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan. Torsi merupakan kemampuan engine dalam menghasilkan kerja dimana nilainya dipengaruhi oleh daya dan putaran mesin.



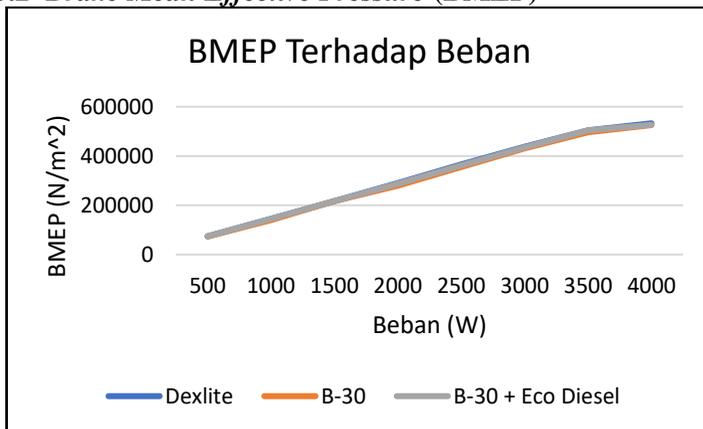
Gambar 4.6 Grafik rata-rata torsi terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Grafik rata-rata torsi terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.6 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai torsi rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar Dexlite. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki rata-rata nilai torsi sebesar 10,55 Nm dan B30 sebesar 10,36 Nm atau mengalami penurunan sebesar 1,8% dibandingkan bahan bakar dexlite. Namun setelah bahan bakar B30 ditambah dengan aditif Eco Diesel, nilai torsi rata-rata meningkat menjadi 10,49 Nm atau mengalami peningkatan sebesar 1,25%. Jika dibandingkan dengan Dexlite, rata-rata nilai torsi bahan bakar B30 + Eco Diesel yaitu 0,57% lebih rendah.

Peningkatan nilai rata-rata torsi pada bahan bakar B30 setelah penambahan zat aditif Eco Diesel berkaitan dengan nilai viskositas bahan bakar yang menurun setelah penambahan aditif 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

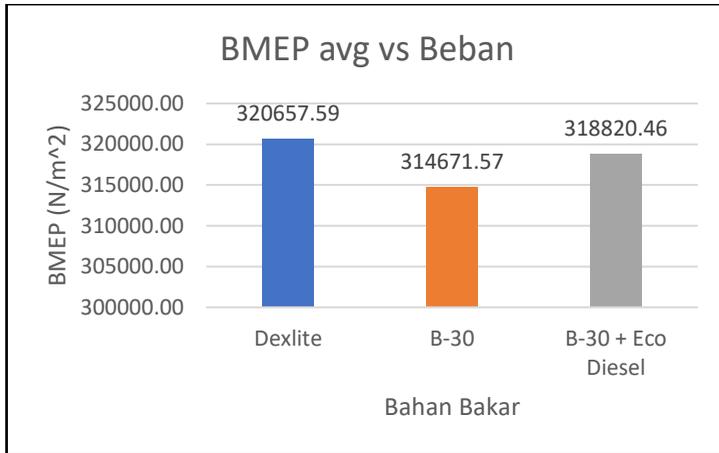
menjadi lebih sempurna sehingga torsi yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Pada penelitian oleh imtenan dkk yang meneliti tentang campuran bahan bakar Diesel, Biodiesel, dan Etanol menyebutkan bahwa torsi yang rendah dikarenakan viskositas yang tinggi. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai viskositas berbanding terbalik dengan nilai torsi. Semakin rendah nilai viskositas, maka nilai torsi akan menjadi semakin tinggi.

4.3.2 Brake Mean Effective Pressure (BMEP)



Gambar 4.7 Grafik *brake mean effective pressure* terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Pada gambar 4.7 terlihat grafik bmeq pada setiap bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan dari range 500-4000 watt. Trendline dari masing-masing grafik bmeq bahan bakar Dexlite, B30, dan B30 + Eco diesel cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan. Definisi dari bmeq adalah tekanan efektif rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif.



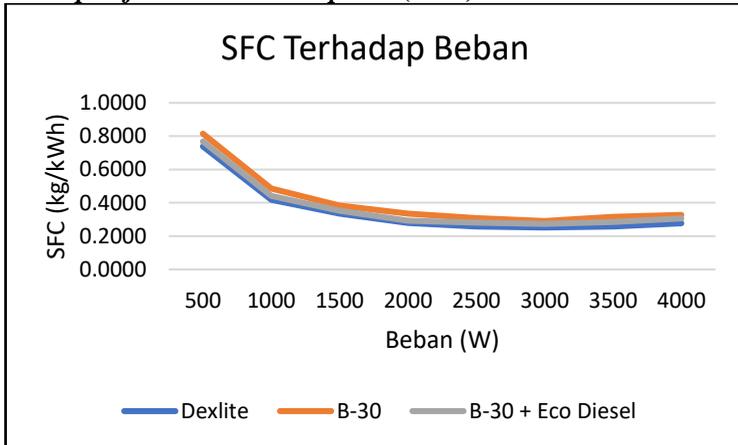
Gambar 4.8 Grafik rata-rata *brake mean effective pressure* terhadap beban untuk setiap bahan bakar

Grafik rata-rata BMEP terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.8 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai BMEP rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar Dexlite. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki rata-rata nilai BMEP sebesar 320657,59 N/m² dan B30 sebesar 314671,57 N/m² atau mengalami penurunan sebesar 1,87% dibandingkan bahan bakar dexlite. Namun setelah bahan bakar B30 ditambah dengan aditif Eco Diesel, nilai BMEP rata-rata meningkat menjadi 318820,46 N/m² atau mengalami peningkatan sebesar 1,32%. Jika dibandingkan dengan Dexlite, rata-rata nilai BMEP bahan bakar B30 + Eco Diesel yaitu 0,57% lebih rendah.

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*. Peningkatan nilai BMEP pada bahan bakar B30 setelah penambahan aditif Eco Diesel diakibatkan oleh viskositas bahan bakar yang menjadi lebih rendah. Hal tersebut menyebabkan

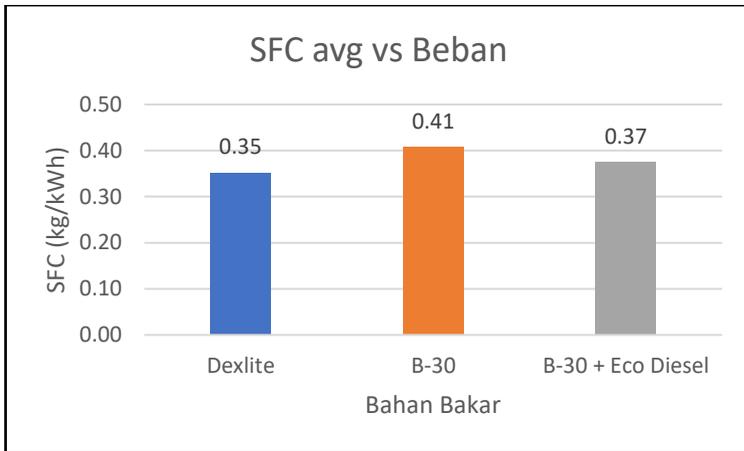
pembakaran menjadi lebih sempurna dimana proses pembakaran ini meningkatkan tekanan dan temperatur pada ruang bakar yang bergantung pada *properties* dari bahan bakar yang masuk. Akibatnya tekanan yang dihasilkan untuk memutar poros menjadi bertambah.

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 Dexlite, B30, dan B30 + Eco 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

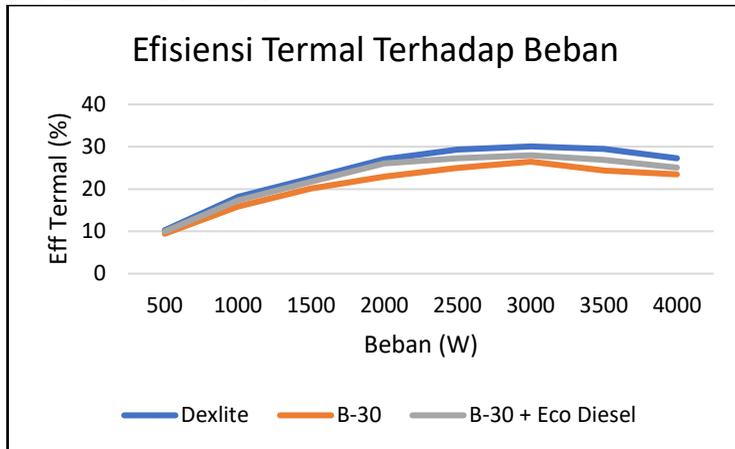
Grafik rata-rata SFC terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.10 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai SFC rata-rata yang lebih tinggi daripada bahan bakar Dexlite. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki rata-rata nilai SFC sebesar 0,35 kg/kWh dan B30 sebesar 0,41 kg/kWh atau mengalami peningkatan sebesar 17,14% dibandingkan bahan bakar dexlite. Namun setelah bahan bakar B30 ditambah dengan aditif Eco Diesel, nilai SFC rata-rata menurun menjadi 0,37 kg/kWh atau mengalami penurunan sebesar 9,8%. Jika dibandingkan dengan Dexlite, rata-rata nilai SFC bahan bakar B30 + Eco Diesel yaitu 5,7% lebih tinggi.

Penurunan rata-rata nilai SFC pada bahan bakar B30 setelah penambahan zat aditif Eco 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 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.

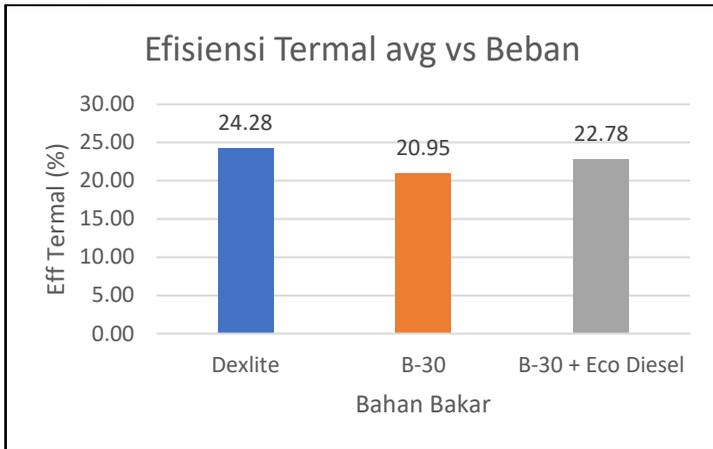
4.3.4 Efisiensi Termal



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 Dexlite, B30, dan B30 + Eco diesel 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

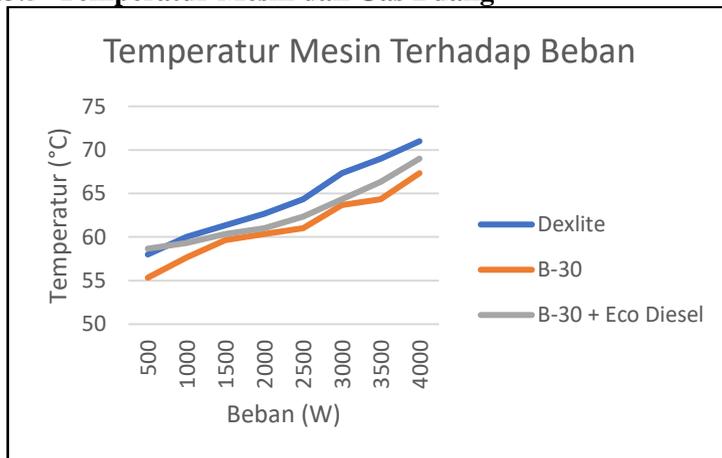
Grafik rata-rata efisiensi termal terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.12 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai efisiensi termal rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar Dexlite. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki rata-rata nilai efisiensi termal sebesar 24,28% dan B30 sebesar 20,95% atau mengalami penurunan sebesar 13,7% dibandingkan bahan bakar dexlite. Namun setelah bahan bakar B30 ditambah dengan aditif Eco Diesel, nilai efisiensi termal rata-rata meningkat menjadi 22,78% atau mengalami peningkatan sebesar 8,7% atau mengalami peningkatan sebesar 13,7%. Jika dibandingkan dengan Dexlite, rata-rata nilai efisiensi termal bahan bakar B30 + Eco Diesel yaitu 6,2% lebih rendah.

Peningkatan rata-rata efisiensi termal ini dipengaruhi oleh nilai kalor, densitas serta viskositas bahan bakar. Diketahui dari tabel 4.2 bahwa densitas dan viskositas bahan bakar B30 setelah penambahan zat aditif eco diesel mengalami penurunan. Kedua sifat ini sangat memengaruhi pembakaran dalam proses atomisasi.

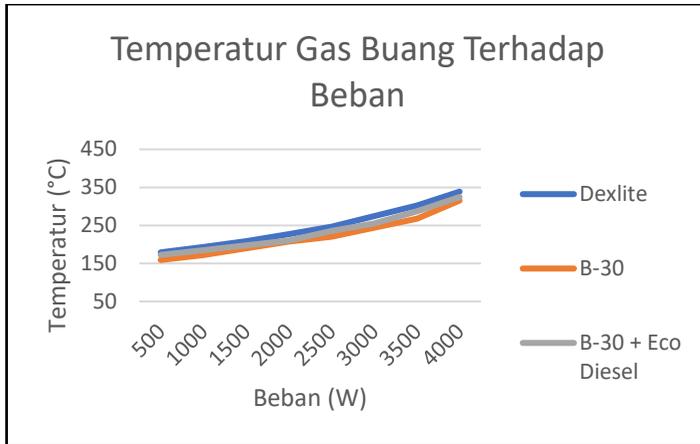
Hal ini mengakibatkan proses atomisasi bahan bakar menjadi lebih baik dan efisiensi meningkat. Kemudian dengan meningkatnya nilai kalor menyebabkan energi panas yang terkandung di dalam bahan bakar dalam jumlah yang sama menjadi meningkat. Sehingga konversi energi dari bahan bakar menjadi lebih besar.

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



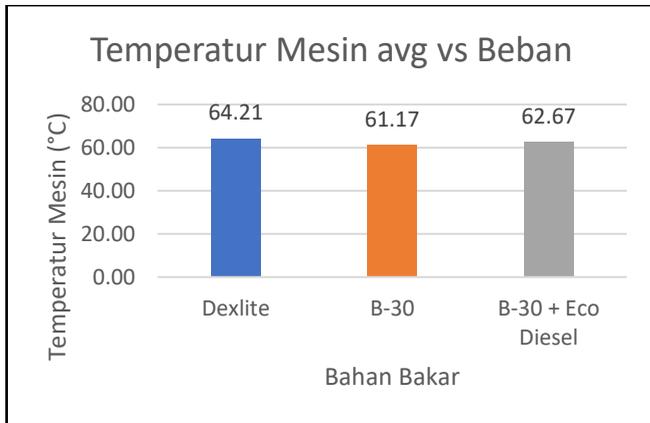
Gambar 4.13 Grafik temperatur mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar



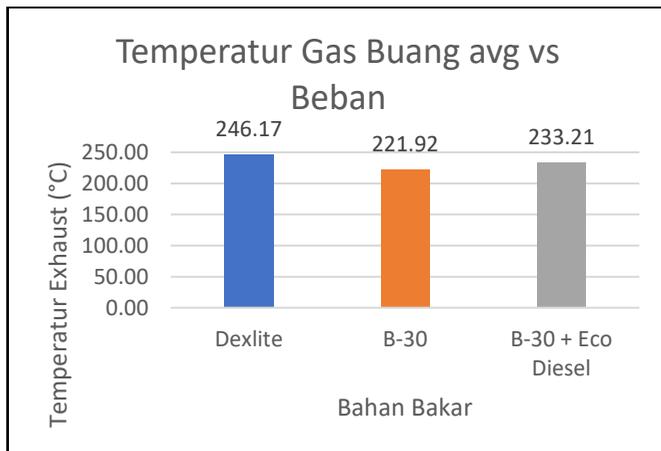
Gambar 4.14 Grafik temperatur gas buang terhadap beban untuk setiap bahan bakar

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 Dexlite, B30, dan B30 + Eco 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 temperatur mesin terhadap beban untuk setiap bahan bakar



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

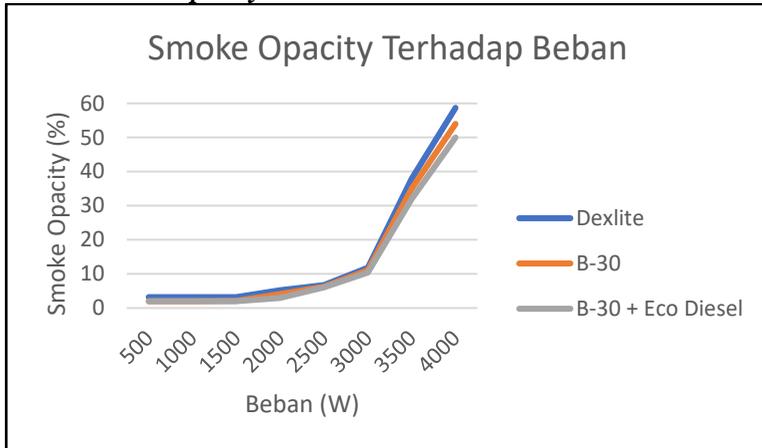
Grafik rata-rata temperatur mesin terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.15 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai temperatur mesin rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar

Dexlite. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki rata-rata nilai temperatur mesin sebesar $64,21^{\circ}\text{C}$ dan B30 sebesar $61,17^{\circ}\text{C}$ atau mengalami penurunan sebesar 4,7% dibandingkan bahan bakar dexlite. Namun setelah bahan bakar B30 ditambah dengan aditif Eco Diesel, nilai temperatur mesin rata-rata meningkat menjadi $62,67^{\circ}\text{C}$ atau mengalami peningkatan sebesar 2,45%. Jika dibandingkan dengan Dexlite, rata-rata nilai temperatur mesin bahan bakar B30 + Eco Diesel yaitu 2,4% lebih rendah.

Grafik rata-rata temperatur gas buang terhadap beban ditunjukkan pada gambar 4.16 untuk setiap bahan bakar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa bahan bakar B30 memiliki nilai temperatur gas buang rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar Dexlite. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki rata-rata nilai temperatur gas buang sebesar $246,17^{\circ}\text{C}$ dan B30 sebesar $221,92^{\circ}\text{C}$ atau mengalami penurunan sebesar 9,9% dibandingkan bahan bakar dexlite. Namun setelah bahan bakar B30 ditambah dengan aditif Eco Diesel, nilai temperatur gas buang rata-rata meningkat menjadi $233,21^{\circ}\text{C}$ atau mengalami peningkatan sebesar 5,1%. Jika dibandingkan dengan Dexlite, rata-rata nilai temperatur gas buang bahan bakar B30 + Eco Diesel yaitu 5,3% lebih rendah.

Pada grafik di atas terlihat bahwa temperatur mesin dan gas buang yang dihasilkan oleh bahan bakar B30 setelah penambahan zat aditif Eco Diesel lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar B30 murni. Hal tersebut mengindikasikan *indicated power* dan *mean effective pressure* yang dihasilkan bahan bakar B30+Eco Diesel lebih tinggi sehingga panas yang dikonduksikan juga menjadi lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan grafik dari torsi dan BMEP yang telah dibahas sebelumnya. Hal lain yang menjadi penyebab tingginya temperatur bahan bakar B30 setelah penambahan zat aditif Eco 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.

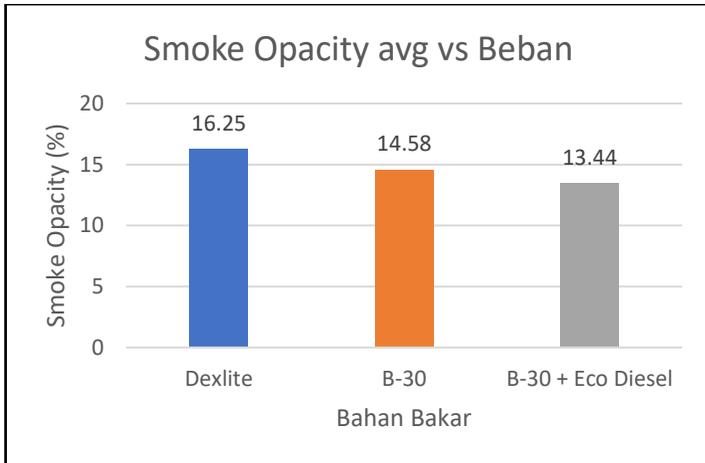
4.3.6 *Smoke Opacity*



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 B30 memiliki nilai *smoke opacity* rata-rata yang lebih rendah daripada bahan bakar Dexlite. Untuk bahan bakar Dexlite memiliki rata-rata nilai *smoke opacity* sebesar 16,25% dan B30 sebesar 14,58% atau mengalami penurunan sebesar 10,3% dibandingkan bahan bakar dexlite. Setelah bahan bakar B30 ditambah dengan aditif Eco Diesel, nilai *smoke opacity* rata-rata menurun menjadi 13,44% atau mengalami penurunan sebesar 7,8%. Jika dibandingkan dengan Dexlite, rata-rata nilai *smoke opacity* bahan bakar B30 + Eco Diesel yaitu 17,3% lebih rendah.

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 B30+Eco Diesel lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar B30 murni. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar B30+Eco Diesel memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan bahan

bakar B30 murni, dimana kandungan oksigen tersebut menyebabkan pembentukan *soot* pada kondisi defisiensi oksigen pada akhir pembakaran dapat dikurangi sehingga jumlah *smoke opacity* yang dihasilkan juga berkurang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penurunan nilai torsi pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 1,8% dan 0,57%. Namun terjadi peningkatan nilai torsi pada bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 1,25%.
2. Penurunan nilai BMEP pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 1,87% dan 0,57%. Namun terjadi peningkatan nilai BMEP pada bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 1,32%.
3. Peningkatan nilai SFC pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 17,14% dan 5,7%. Namun terjadi penurunan nilai SFC pada bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 9,8%.
4. Penurunan nilai efisiensi termal pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 13,7% dan 6,2%. Namun terjadi peningkatan nilai efisiensi termal pada bahan bakar B30 setelah penambahan Eco Diesel yaitu sebesar 8,7%.
5. Penurunan nilai *smoke opacity* pada bahan bakar B30 dan B30+Eco Diesel jika dibandingkan dengan dexlite berturut-turut sebesar 10,3% dan 17,3%. Jika dibandingkan dengan bahan bakar B30, nilai *smoke opacity* menurun sebesar 7,8% setelah penambahan Eco Diesel.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perlunya peremajaan mesin diesel agar meminimalisir faktor yang dapat memengaruhi validitas hasil pengujian.
2. Pengadaan alat uji *properties* bahan bakar dikarenakan dibutuhkan biaya yang cukup besar untuk melakukan uji *properties* di Laboratorium.
3. Lebih memerhatikan SOP dalam melakukan penelitian agar mendapat hasil yang akurat.
4. Perlu dilanjutkannya penelitian lebih mendalam mengenai pengaruh zat aditif Eco Diesel terhadap *properties* bahan bakar secara reaksi kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2020. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2017-2019*.
- [2] BP Statistical Review of World Energy. BP PLC Publication. 1st. James Square, London. 2020.
- [3] Gadonneix, M. (2011). *Global Transport Scenarios 2050*. London: *World Energy Council*.
- [4] Hanif., 2004. “Uji Presentasi Motor Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif”. Jurusan Teknik Mesin.
- [5] Faridha, dkk. 2021. “Biodiesel, Jejak Panjang Sebuah Perjuangan”. Jakarta Selatan: Badan Litbang ESDM.
- [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.biodiesel.b30>
- [7] Hendra, Januari 2020. GridOto.com. <URL: <https://www.gridoto.com/read/221993283/blak-blakan-febrian-agung-produk-eco-racing-telah-diuji-hasilnya-bisa-dipertanggungjawabkan>>.
- [8] Saksono, P., Gunawan., Fauzi, R. 2019. Analisis Penggunaan Biodiesel B-20 Dengan Penambahan Zat Aditif Terhadap Performansi Engine Mercedes- Benz OM 501 LA. Prosiding SNST ke-10 Tahun 2019.
- [9] Imtenan, S., Masjuki, H.H., Varman, M., Arbaba, M.I., Sajjada, H., Fattaha, I.M. Rizwanul, Abedina, M.J., dan Md.

- Hasibb, Abu Saeed. 2013. "Emission and performance improvement analysis of biodiesel-diesel blends with additives". *Procedia Engineering* 90: 472 – 477.
- [10] Wolfson, Richard, 2011. *Energy, Environment, and Climate 2nd Edition*. London: W.W. Norton.
- [11] Pertamina Industrial Fuel. Spesifikasi Bahan Bakar Solar.<URL:<https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/6796/biosolar.pdf>>.
- [12] Zakaria, Idhad, Oktober 2017. Antara News. <URL: <https://www.antaranews.com/berita/661959/pertamina-ruiv-cilacap-berhasil-memproduksi-dexlite#mobile-src>>.
- [13] Berlian, R. 2019. Pemakaian Sinergy Eco Racing Terhadap Penghematan Bahan Bakar Minyak.
- [14] Najamudin. 2018. Analisa Pengaruh Penambahan Zat Aditif Alami Pada Bensin Terhadap Emisi Gas Buang Untuk Sepeda Motor 4 Langkah. *Jurnal Machine Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung* 4(1): 6-13.
- [15] Sukandar, J. 2018. Karya Anak Bangsa *Eco Racing*. <https://medium.com/@jhonsukandar/karya-anak-bangsa-eco-racing-582a6a735d36>. 19 September 2021 (00:04).
- [16] Turns, Stephen R. 2012. *An Introduction To Combustion: Concepts and Applications*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [17] Khajepour, Amir., dkk. 2014. "Electric and Hybrid Vehicles: Technologies, Modelling and Control: A Mechatronics

Approach”. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.

- [18] Pudjanarsa, Astu., Nursuhud, Jati. 2013. “Mesin Konversi Energi Edisi 3”. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- [19] 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.
- [20] Reddy, S.N.K., dan Wani, M.M., 2020. “Engine performance and emission studies by application of nanoparticles as additive in biodiesel diesel blends”. *Proceedings* 43: 3631 – 3634.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

1. Perhitungan Performa dan Emisi

Beban (W)	RPM	Voltage (V)	Arus (A)	T Mesin	T Exhaust	Waktu konsumsi 25 mL (s)	m (g/s)	Performance				Smoke Opacity (%)	
								Daya (W)	Torsi (Nm)	sfc (kg/kWh)	Efisiensi Termal (N/m ²)		BMEP (N/m ²)
500	2200	220	2.29	58	180	190	0.1149	559.78	2.43	0.7388	10.25871	7.3859.05	3.2
1000		220	4.5	60	194	171	0.1276	1100.00	4.78	0.4178	18.14313	145137.9	3.2
1500		220	6.74	61.3	210	142	0.1537	1647.56	7.15	0.3359	22.56583	217384.3	3.2
2000		220	8.97	62.7	228	128	0.1705	2192.67	9.52	0.2800	27.0711	289308.2	5.2
2500		220	11.32	64.3	247	110	0.1984	2767.11	12.02	0.2582	29.35909	365102.4	6.7
3000		220	13.57	67.3	275	94	0.2322	3317.11	14.41	0.2520	30.07539	437671.3	11.8
3500	220	15.63	69	303	80	0.2728	3820.67	16.59	0.2571	29.4817	504112.2	38	
4000	215	16.9	71	339	70	0.3118	4037.22	17.53	0.2781	27.25863	532685.3	58.7	

Beban (W)	RPM	Vollase (V)	Arus (A)	T Mesin	T Exhausti	Waktu konsumsi 25 mL (s)	m (g/s)	Performance				Smoke Opacity (%)	
								Daya (W)	Torsi (Nm)	sfc (Kg/kWh)	Efisiensi Termal		BMEP (N/m ²)
500	2200	220	2.26	55.3	160	177	0.1251	552.44	2.40	0.8151	9.441127	72891.47	2
1000		220	4.33	57.7	174	155	0.1428	1058.44	4.60	0.4858	15.84024	139654.9	2
1500		220	6.71	59.7	192	127	0.1743	1640.22	7.12	0.3826	20.11261	216416.7	2.1
2000		220	8.68	60.3	211	112	0.1977	2121.78	9.21	0.3354	22.94457	279954.8	4.1
2500		220	11.03	61	236	96	0.2306	2696.22	11.71	0.3079	24.9913	355749.1	6.3
3000		220	13.35	63.7	255	84	0.2636	3263.33	14.17	0.2908	26.46688	430575.7	11.1
3500		220	15.4	64.3	288	67	0.3304	3764.44	16.35	0.3160	24.35217	496694.1	35
4000		215	16.67	67.3	317	61	0.3630	3982.28	17.29	0.3281	23.45435	525435.8	54

B-30

Beban (W)		RPM	Voltase (V)	Arus (A)	T Mesin	T Exhaust	Waktu konsumsi 25 mL (s)	m (g/s)	Performance				Smoke Opacity (%)	
									Daya (W)	Torsi (Nm)	sic (Kg/kWh)	Efisiensi Termal		BMEP (N/m ²)
500			220	2.28	58.7	173	185	0.1190	557.33	2.42	0.7686	9.948134	73536.53	2
1000			220	4.5	59.3	185	163	0.1350	1100.00	4.78	0.4420	17.29956	145137.9	2
1500			220	6.73	60.3	198	137	0.1607	1645.11	7.14	0.3516	21.74556	217061.8	2
2000			220	8.91	61	208	124	0.1775	2178.00	9.46	0.2934	26.0576	287373	3
2500		2200	220	11.22	62.3	222	103	0.2137	2742.67	11.91	0.2805	27.25619	361877.1	6.1
3000			220	13.48	64.3	246	88	0.2501	3295.11	14.31	0.2733	27.97742	434768.6	10.4
3500			220	15.63	66.3	270	73	0.3015	3820.67	16.59	0.2841	26.9102	504112.2	32
4000			215	16.71	69	326	65	0.3387	3991.83	17.34	0.3054	25.0346	526696.6	50

B-30 + Eco Diesel

2. Pengujian *Properties* Bahan Bakar

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI


LABORATORIUM
PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI

SURABAYA – JAWA TIMUR

REPORT

Certificate of Analysis

No. : 08773/KI/XI-2021
 Code : Penelitian
 Sample Sender : Mns. T Mesin ITS Sby
 Sample Name : Bio Diesel
 Test : Lengkap
 Sample Brand :
 Sample Identity : Cairan kekuningan
 Sample Accepted : 3 Nop.2021

Chemical laboratory test result is :

Parameter	Dexlite	B-30	B-30+Aditif
1. Density, kg/m ³ :	873,10	885,60	880,50
2. Viscosity, Cst :	2,82	2,95	2,85
3. Nilai Kalor, Kkal/l:	9905	9895	9902
4. Cetane N :	56,80	53,10	56,30

Surabaya, ... 8. Nop. 2021.....
 Head of Chemical Laboratory Researcher

MUNADJIM

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

3. Pengujian *Properties* Pil Eco Diesel

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI



LABORATORIUM
PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
SURABAYA – JAWA TIMUR

REPORT

Certificate of Analysis

No. : 08814/KI/I-2022
Code : Penelitian
Sample Sender : Mhs.T Mesin ITS Sby
Sample Name : Eco Diesel
Test : Lengkap
Sample Brand :
Sample Identity : Padatan tablet kekuningan
Sample Accepted : 7 Jan.2022

Chemical laboratory test result is :

Radikal Oksigen ,ppm : 65,30
Radikal Metil ,ppm : 762,10
Density , kg/m³ : 896
Kalori , kkal/kg: 504,60
Angka Cetane : 81,05

Surabaya, 10 Jan.2022
Head of Chemical Laboratory Researcher

MUNADJIM

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Ryan Nugraha Alfiansyah, dilahirkan di Probolinggo pada 16 April 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Islam An-Nur Kota Probolinggo, SDN Sukabumi 2 Kota Probolinggo, SMP Taruna Dra. Zulaeha Kab. Probolinggo, dan SMA Taruna Dra. Zulaeha Kab. Probolinggo. Setelah lulus SMA pada tahun 2017, melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN), 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 Divisi Roda 4 (2018-2019), dan Ketua Biro Inventaris Roda 4 (2019-2020) di organisasi mahasiswa Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin ITS yang bergerak dibidang pengembangan minat dan bakat otomotif. Penulis juga aktif sebagai tim *Technical* Mesin ITS Karting Club pada tahun 2018 hingga 2020.