



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – TM141585

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH LAMA
PENYIMPANAN B20 DENGAN PENAMBAHAN
ADITIF TERHADAP SIFAT BAHAN BAKAR,
PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL 4-LANGKAH
SILINDER TUNGGAL**

PRABOWO
02111440000050

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Atok Setiawan, M.Eng.Sc

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRY DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM184835

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH LAMA
PENYIMPANAN B20 DENGAN PENAMBAHAN
ADITIF TERHADAP SIFAT BAHAN BAKAR,
PERFORMA DAN EMISI MESIN DIESEL 4-
LANGKAH SILINDER TUNGGAL**

Prabowo
NRP. 02111440000050

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

PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TM184835

**EXPERIMENTAL STUDY B20 WITH
ADITIVE ADDITION STORAGE TO FUEL
PROPERTIES AND PERFORMANCE OF A
SINGLE 4-STEP CYLINDER DIESEL
MACHINE**

Prabowo
NRP. 0211144000050

Advising Lecturer
Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc

BACHELOR PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEM
ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH LAMA
PENYIMPANAN B20 DENGAN PENAMBAHAN
ADDITIF TERHADAP PROPERTIES BAHAN BAKAR
DAN PERFORMA MESIN DIESEL 4-LANGKAH
SILINDER TUNGGAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan ntuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PRABOWO

NRP. 02111440000050

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc (Pembimbing)
NIP. 196604021989031002
2. Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT (Penguji I)
NIP. 19730116199702100
3. Ary Bachtiar K.P., S.T., M.T., PhD (Penguji II)
NIP. 197105241997021001
4. Is Bunyamin Suryo, S.T., M.Sc (Penguji III)
NIP. 198208192012121003



**SURABAYA
JANUARI, 2020**

Studi Eksperimental Pengaruh Lama Penyimpanan B20 Dengan Penambahan Aditif Terhadap Properties Bahan Bakar Dan Performa Mesin Diesel 4-Langkah Silinder Tunggal

Nama Mahasiswa : Prabowo
NRP : 0211144000050
Departemen : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc

ABSTRAK

Biodiesel sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil memiliki sifat yang higroskopis, yakni kecenderungan untuk menyerap air dari lingkungan. Hal tersebut dapat menyebabkan tumbuhnya kontaminan mikroba serta perubahan sifat fisik dan kimia dari bahan bakar. Penambahan aditif kedalam campuran bahan bakar B20 diharapkan dapat meminimalkan perubahan properties fisik, kimia, performa mesin serta mampu memperbaiki emisi campuran bahan bakar B20. Maka dari itu kami melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan aditif pada campuran bahan bakar B20 terhadap sifat fisik, kimia, kontaminan mikroba, dan dampak perubahan properties tersebut terhadap performa serta emisi mesin diesel.

Penelitian ini dimulai dengan mencampur bahan bakar Dexlite B20. Kemudian campuran bahan bakar Dexlite B20 tersebut ditambahkan zat aditif dan disimpan pada tangki logam berkapasitas 40 liter. Penyimpanan dilakukan selama 12 minggu dan dilakukan pengujian terhadap properties bahan bakar, pertumbuhan kontaminan mikroba, performa dan emisi mesin diesel setiap 4 minggunya. Kemudian hasil yang didapatkan akan dibandingkan dengan bahan bakar bakar B20 dan B0.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa penambahan aditif pada B20 setelah masa penyimpanan selama 12 minggu menyebabkan laju pertumbuhan kontaminan mikroba sebesar 53,64% lebih lambat jika dibandingkan dengan B20. Demikian

juga properties viskositas, densitas, dan bilangan asam pada B20+Aditif menunjukkan laju peningkatan yang lebih rendah dibandingkan B20, yakni masing-masing sebesar 70,16%, 12,92%, dan 55,67%. Penambahan aditive pada B20 juga menyebabkan laju penurunan efisiensi termal dan BSFC yang lebih rendah dibandingkan B20, sedangkan untuk emisi CO dan UHC menunjukkan laju penurunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan B20.

Kata Kunci: Biodiesel, B20, Lama Penyimpanan, Aditif, Performa Mesin Diesel

Experimental Study B20 With Aditive Addition Storage To Fuel Properties And Performance Of A Single 4-Step Cylinder Diesel Machine

Name : Prabowo

NRP : 02111440000050

Department : Mechanical Engineering

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

ABSTRACT

Fossil fuels is now increasing, but fossil fuels are non-renewable fuels. According to the Oil and Gas Downstream Regulatory Agency Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH MIGAS), fuel consumption in 2017 was 75 million kilo liters, divided into 16.2 million kilo liters of diesel fuel and 51.3 million kilo liters of gasoline fuel. It is feared that due to the use of fuel which is increasingly large will cause fossil fuel reserves in Indonesia quickly run out. Therefore the need for research and engineering related to alternative fuels. There are several engineering types of fuels that have been developed at this time, one of which is B20 fuel, which is a mixture of 20% biodiesel with 80% diesel. In accordance with the mandatory of ESDM ministry regarding B20, we therefore conducted research on Dexlite B20.

This research began by mixing Dexlite B20 fuel. Then the Dexlite B20 fuel mixture is aded to the aditive and stored in a 50 liter metal tank. Storage is carried out for 12 weeks and tested on fuel properties, microbial contaminant growth, and diesel engine performance every 4 weeks. Then the results obtained will be compared with B0 and B20 fuel.

After a storage period of 12 weeks, the results obtained on the B20 + Aditive fuel have a microbial contaminant growth rate of 53.64% slower than B20. Then, for the properties of B20 + Aditive shows the difference increase in the value on vikosity

properties of 70.16% and a density of 12.92%, changes in these properties then have an impact on the decline in diesel engine performance.

Keywords: Biodiesel, B20, Storage Duration, Aditives, Diesel Engine Performance

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul **Studi Eksperimental Pengaruh Lama Penyimpanan B20 Dengan Penambahan Aditif Terhadap Properties Bahan Bakar Dan Performa Mesin Diesel 4-Langkah Silinder Tunggal**. Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua penulis, Ibu **Sri Widiastuti**, serta kakak dan adik laki-laki penulis, **Pribadi Sejati** dan **Hermanto** yang telah memberikan dukungan dalam segala bentuk, dan doa yang tak henti-hentinya agar segala urusan penulis dimudahkan dan dilancarkan oleh Allah SWT.
2. Bapak **Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc** selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, petunjuk, nasihat, serta motivasi.
3. **Dr. Bambang Sudarmanta, S.T, M.T., Ary Bachtiar K.P, S.T, M.T, PhD.,** dan **Is Bunyamin Suryo, S.T, M.Sc** selaku dosen penguji dalam sidang Tugas Akhir penulis yang telah memberikan masukan dan saran untuk Tugas Akhir ini.
4. **Dr.Eng. Harus Laksana Guntur, S.T, M.Eng** selaku dosen wali yang telah membimbing selama perkuliahan.
5. Seluruh teman Tugas Akhir (Gilang, Bureng, Ibra, Cina, Uyab, Danar, Sendok, Bagong dkk), terima kasih untuk semuanya.
6. Seluruh teman-teman satu angkatan M57 yang telah menemani selama menempuh pendidikan di Teknik Mesin.
7. Teman satu Daerah Purworejo yang menemani dan memberi dukungan penulis selama berada di Surabaya.

8. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Mesin FTI-ITS, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Mesin khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan Tugas Akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 24 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	3
1. 3 Batasan Masalah	3
1. 4 Tujuan Penelitian.....	3
1. 5 Manfaat Penelitian	4
1. 6 Sistematika Laporan	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bahan Bakar	5
2.1.1 Bahan Bakar Diesel	5
2.1.2 Properti Umum Bahan Bakar Mesin Diesel	5
2.2 Bahan Bakar Dexlite.....	8
2.3 Aditif	Error! Bookmark not defined.
2.4 Teori Dasar-Dasar Pembakaran	10
2.4.1 Tahap-tahap Proses Pembakaran.....	12

2.4.2	Parameter Unjuk Kerja Motor Pembakaran Dalam	14
2.5	Pertumbuhan Mikroba Dalam Penyimpanan Bahan Bakar	18
2.6	Penelitian Terdahulu.....	20
2.6.1	Penelitian silvyana dan luqman(2015).	20
2.6.2	Penelitian oleh Obed M.Ali tahun 2015	21
2.6.3	Penelitian oleh Eduardo, dkk.....	22
2.6.4	Penelitian oleh Abed dkk.....	24
	BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1	Diagram Alir Penelitian	25
3.2	Bahan Uji.....	25
3.3	Penyimpanan Bahan Bakar	25
3.4	Pengujian Penelitian	27
3.4.1	Kandungan Mikroba	27
3.4.2	Pengujian Properties Bahan Bakar	28
3.5	Pengujian Unjuk Kerja.....	29
3.6	Flowchart Penelitian	34
3.6.1	Flowchart Pengujian mikroba dengan metode Total Plate Count (TPC)	34
3.6.2	Flowchart Penelitian Pengaruh perubahan properties terhadap performa engine.....	35
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1	Hasil Pengamatan Bahan Bakar	37

4.1.1	Pengamatan Kandungan Mikroba	37
4.1.2	Pengamatan Kandungan Properties	41
4.2	Contoh Perhitungan Uji Unjuk Kerja Mesin	48
4.2.1	Specific Fuel Consumption (SFC)	49
4.2.2	Efisiensi Thermal (η_{th})	50
4.3	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Biodiesel (B20+Aditif)	51
4.3.1	Efisiensi Thermal (η_{th})	51
4.3.2	Specific Fuel Consumption (SFC)	53
4.3.3	Temperatur Engine dan Exhaust Gas	54
4.3.4	Smoke Opacity	56
4.3.5	Unburnt Hydrocarbon (UHC)	57
4.3.6	Kadar CO	58
4.4	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Campuran (B20)	59
4.4.2	Specific Fuel Consumption (SFC)	60
4.4.3	Temperatur Engine dan Exhaust Gas	61
4.4.4	Smoke Opacity	64
4.4.5	Unburnt Hydrocarbon (UHC)	65
4.4.6	Kadar CO	66
4.5	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Dexlite (B0)	67
4.5.1	Efisiensi Thermal (η_{th})	67
4.5.2	Specific Fuel Consumption (SFC)	68

4.5.3	Temperatur Engine dan Exhaust Gas.....	70
4.5.4	Smoke Opacity	72
4.5.5	Unburnt Hydrocarbon (UHC).....	73
4.5.6	Kadar CO	74
4.6	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Biodiesel (B20+Aditif), B20, dan Dexlite (B0) pada Penyimpanan Bahan Bakar Minggu ke-12 .	75
4.6.1	Efisiensi Thermal (η_{th}).....	75
4.6.2	Specific Fuel Consumption (SFC)	76
4.6.3	Temperatur Engine dan Exhaust Gas.....	78
4.6.4	Smoke Opacity	80
4.6.5	Unburnt Hydrocarbon (UHC).....	82
4.6.6	Kadar CO	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus kerja motor diesel 4 langkah.....	11
Gambar 2. 2 Tahap pembakaran mesin diesel 4 langkah	13
Gambar 2. 3 Grafik bilangan keasaman vs waktu	21
Gambar 2. 4 Grafik Viskositas vs Waktu	22
Gambar 2. 5 Water konten dan bilangan asam vs lama penyimpanan	23
Gambar 2. 6 grafik performance vs engine load	24
Gambar 3. 1 Tangki Penyimpanan Kapasitas 50L	26
Gambar 3. 2 Metode TPC.....	28
Gambar 3. 3 Skema peralatan generator set	29
Gambar 4. 1 Specimen bahan bakar B0,B20 dan B20 dengan penambahan Aditif untuk penghitungan jumlah mikroba pada colony counter	40
Gambar 4. 2 Pertumbuhan mikroba selama masa penyimpanan 12 minggu, pada bahan bakar B0, B20 dan B20 + Aditif	40
Gambar 4. 3 Hubungan antara watercontent dengan waktu penyimpanan	42
Gambar 4. 4 Pengujian Acid Value.....	44
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Densitas	46
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Viskositas	47
Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Termal B20+Aditif.....	52
Gambar 4. 8 Grafik SFC B20+Aditif	53
Gambar 4. 9 Grafik Temperatur Engine B20+Aditif	54
Gambar 4. 10 Grafik Temperatur Exhaust B20+Aditif.....	55
Gambar 4. 11 Grafik Prosentase Smoke B20+Aditif	56
Gambar 4. 12 Grafik UHC B20+Aditif.....	57
Gambar 4. 13 Grafik Emisi CO B20+Aditif	58
Gambar 4. 14 Grafik Efisiensi Termal B20.....	59
Gambar 4. 15 Grafik SFC B20.....	61
Gambar 4. 16 Grafik Temperatur Engine B20	62
Gambar 4. 17 Temperatur Exhaust B20	63

Gambar 4. 18 Grafik Prosentase Smoke B20	64
Gambar 4. 19 Grafik UHC B20.....	65
Gambar 4. 20 Grafik Emisi CO B20	66
Gambar 4. 21 Grafik Efisiensi Termal B0.....	67
Gambar 4. 22 Grafik SFC B0	69
Gambar 4. 23 Grafik Temperatur Engine B0	70
Gambar 4. 24 Grafik Temperatur Exhaust B0.....	71
Gambar 4. 25 Grafik Prosentase Smoke B0	72
Gambar 4. 26 Grafik UHC B0.....	73
Gambar 4. 27 Grafik Emisi CO B0	74
Gambar 4. 28 Grafik Efisiensi Thermal	75
Gambar 4. 29 Grafik SFC.....	76
Gambar 4. 30 Grafik Temperatur Engine	78
Gambar 4. 31 Grafik Temperatur Exhaust	79
Gambar 4. 32 Grafik Prosentase Smoke.....	80
Gambar 4. 33 Grafik UHC	82
Gambar 4. 34 Grafik Emisi CO	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Properties Dexlite	8
Tabel 4.1 Data Contoh Perhitungan	48

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Menurut Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas) memperkirakan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) sepanjang tahun 2018 sebesar 75 juta kilo liter (KL)(Jakarta, CNBC Indonesia). Jumlah itu dibagi menjadi jenis BBM tertentu (JBT), sekitar 16,2 juta KL untuk jenis BBM khusus penugasan (JBKP) yakni solar dan minyak tanah kemudian jenis BBM umum (premium, pertalite, pertamax) sekitar 51,3 juta KL. Dengan konsumsi bahan bakar yang terus meningkat maka diperlukan pengembangan energi alternatif , salah satunya adalah biodiesel. Menurut peraturan dari Menteri ESDM no 26 tahun 2016 yang isinya bahwa seluruh Badan Usaha BBM wajib melakukan pencampuran Bahan Bakar Nabati (BBN) Jenis Biodiesel dengan BBM jenis Minyak Solar sesuai dengan penahapan kewajiban minimal pemanfaatan BBN Jenis Biodiesel yang ditetapkan oleh Menteri.

Indonesia merupakan negara penghasil minyak nabati terbesar dunia mempunyai peluang untuk menghasilkan dan memainkan peranan penting dalam produksi bahan bakar biodiesel. Biodiesel adalah ester asam lemak yang berasal dari minyak nabati atau hewani yang terbuat melalui reaksi transesterifikasi atau esterifikasi dan digunakan sebagai bahan bakar diesel (Darnoko dan Cheryan, 2000).

Biodiesel B20 adalah bahan bakar diesel campuran minyak nabati 20% dan minyak bumi (petroleum diesel) 80%. Biodiesel B20 adalah bahan bakar diesel yang ditambahkan Fatty Acid Methyl Ester (FAME) sebesar 20%. FAME atau metil ester ini diproduksi melalui reaksi transesterifikasi (transesterification) antara trigliserida (penyusun utama minyak nabati) dan methanol dengan bantuan aditif basa. Reaksi tersebut menghasilkan metil ester dan gliserol. Metil ester inilah yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Kajian penelitian tentang biodiesel selama ini telah banyak dilakukan peneliti diantaranya adalah (Salvi dan Panwar, 2012). Biodiesel diproduksi dari reaksi esterifikasi asam lemak bebas, transesterifikasi (Jackson dan King, 1996), perengkahan beraditif terhadap minyak nabati tropis (minyak kopra dan minyak kelapa sawit (Manickam dkk., 2014). Namun, kajian penelitian mengenai degradasi biodiesel selama penyimpanan belum banyak dilakukan. Saat pengkajian biodiesel masih sebatas pengaruh emisi biodiesel dan dampaknya terhadap performa engine saja (Wu dkk., 2011).

Biodiesel termasuk senyawa organik yang mudah terdegradasi. Hal ini diperkirakan lebih dari 98% terdegradasi selama tiga minggu masa penyimpanan dan dalam waktu yang sama, bahan bakar solar hanya terdegradasi sekitar 50% (Williamson dan Badr, 1998). Beberapa faktor yang mempengaruhi degradasi biodiesel antara lain adalah keberadaan asam lemak tak jenuh, aktivitas mikroorganisme, kondisi penyimpanan tertutup/terbuka, dan temperature selama masa penyimpanan. Selain itu keberadaan air (yang terpisah dari biodiesel) juga dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan apabila pertumbuhan mikroorganisme ini tidak terkontrol maka diperkirakan akan mempengaruhi properties dari bahan bakar itu sendiri

Maka dari itu diperlukan adanya penelitian untuk mengatasi degradasi dari bahan bakar B20 selama masa penyimpanan. Dan untuk melihat seberapa besar pengaruh dari aditif Aditif yang telah ditambahkan terhadap properties dari bahan bakar B20. Dari penelitian ini diharapkan produsen minyak dapat mengatur kondisi penyimpanan untuk mengurangi tingkat degradasi pada bahan bakar B20.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan aditif Aditif terhadap properties bahan bakar B20?
2. Bagaimana pengaruh pertumbuhan mikroba terhadap properties bahan bakar B20+Aditif?
3. Bagaimana pengaruh lama penyimpanan B20+aditif terhadap performa mesin diesel 4-langkah silinder tunggal?

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan bakar yang dianalisa ialah biodiesel B20 + Aditif.
2. Kondisi pada tangki penyimpanan dibatasi dengan tangki 50L pertamina dan disimpan pada suhu ruangan.
3. Aditif yang digunakan ialah aditif jenis Aditif.
4. Penambahan Aditif Aditif dengan perbandingan 1L Aditif : 5000L bahan bakar.
5. Metode pengujian mikroba hanya sebatas jumlahnya saja (TPC atau Total plate Count).
6. Properties bahan bakar B20 yang diamati yakni viskositas kinematic, densitas, nilai kalor, bilangan asam dan *water content*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan terhadap properties B20+Aditif.
2. Untuk mengetahui pengaruh pertumbuhan mikroba terhadap properties bahan bakar B20 + Aditif.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan zat aditif Aditif terhadap properties bahan bakar B20.

4. Untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan bahan bakar B20 + Aditif terhadap performa mesin diesel 4-langkah silinder tunggal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penambahan aditif dari Aditif dapat mengatasi degradasi properties bahan bakar B20 sehingga kualitas dan mutu bahan bakar tetap terjaga sesuai standar.
2. Mampu melakukan pengkondisian yang tepat pada mikroorganisme dengan melakukan kontrol untuk menjaga kualitas bahan bakar B20.
3. Mampu mengembangkan pemikiran dalam penemuan teknologi bahan bakar yang dapat diperbaharui untuk meningkatkan kehidupan masyarakat.

BAB

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar

Bahan Bakar yaitu suatu materi apa pun yang dapat diubah menjadi energi. Umumnya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan serta dimanipulasi. Biasanya bahan bakar dipakai melalui sistem pembakaran (reaksi redoks) dimana bahan bakar itu akan melepaskan panas (kalor) sesudah direaksikan dengan oksigen. Bahan bakar memiliki 3 jenis bentuk fisik, yaitu berupa cair, padat, dan gas. Namun dalam motor pembakaran dalam khususnya mesin diesel, bahan bakar yang dapat digunakan ialah bahan bakar jenis cair dan gas.

2.1.1 Bahan Bakar Diesel

Bahan bakar diesel adalah produk utama dari petroleum dan hanya untuk bahan bakar *compression engine*. Bahan bakar mesin diesel sebagian besar terdiri dari senyawa hidrokarbon dan senyawa non-hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang dapat ditemukan dalam bahan bakar diesel antara lain *parafinik*, *naftenik*, *olefin* dan *aromatic*. Sedangkan untuk senyawa non-hidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur non logam, yaitu S, N, O dan unsur logam seperti vanadium, nikel dan besi.

2.1.2 Properti Umum Bahan Bakar Mesin Diesel

A. Density, Specific Gravity dan API Gravity

Density didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar pada suhu acuan 15oC. 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:

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

Sementara hubungan nilai *Spesific Gravity* dengan *API Gravity* adalah sebagai berikut :

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

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 mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk *handling*, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan dan jika viskositas terlalu tinggi maka akan menyulitkan dalam pemompaan dan sulit untuk diinjeksi sehingga atomisasi bahan bakar menjadi tidak sempurna.

C. Titik nyala bahan bakar

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 suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. Ini merupakan indikasi yang sangat kasar untuk suhu terendah dimana bahan bakar minyak siap untuk dipompakan.

E. *Shulpur Content*

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

F. *Distillation* atau Destilasi

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

G. *Cetane Number*

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

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 fase cair) dan nilai kalor bawah, NKB (jika air hasil pembakaran dalam fase 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 ikut terbakar sehingga meningkatkan suhu dalam ruang bakar.

J. Bilangan Asam (*Acid value*)

Bilangan asam digunakan untuk menentukan jumlah asam yang ada, misalnya dalam sampel biodiesel. Bilangan asam adalah kadar basa, yang dinyatakan dalam milligram kalium hidroksida, yang dibutuhkan untuk menetralkan konstituen asam dalam 1 gr sampel, semakin tinggi angka asam dapat menyebabkan korosi bagian mesin otomotif dan batasan tersebut melindungi mesin kendaraan dan tangki bahan bakar.

2.2 Bahan Bakar Dexlite

Dexlite adalah bahan bakar minyak terbaru dari P.T Pertamina Tbk untuk kendaraan bermesin diesel di Indonesia. Dexlite diluncurkan pada April 2016 sebagai varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas diatas solar, tetapi dengan harga yang lebih murah daripada Pertamina Dex. Peluncuran dexlite ini diharapkan dapat mengurangi subsidi solar yang saat ini mencapai sebesar Rp 16 triliun. Berikut merupakan spesifikasi bahan bakar dexlite :

Tabel 2. 1 Properties Dexlite

No	Parameter Uji	Unit	Hasil Uji	Batasan SNI M.Solar 48	
			Dexlite	Min	Max
1	Angka Cetane	-	56,7	48	-
2	Index Cetane	-	51,1	45	-
3	Berat jenis pada 15 C	Kg/m ³	845,7	815	670
4	Viskositas pada 40 C	Mm ² /s	2,92	2	4,5
5	Kandungan Sulfur	%m/m	0,078	-	0.3

6	Destilasi T90	C	344,0		370
7	Titik Nyala	C	65	52	-
8	Titik Tuang	C	-3	-	18
9	Residu Karbon	%m/m	Nihil	-	0,1
10	Kandungan Air	Mm/kg	159,63	-	500
11	Kandungan FAME	%v/v	20	-	20
12	Korosi Bilah Tembaga	Merit	1a	Kelas 1	
13	Kandungan Abu	%m/m	0,001%	-	0,01
14	Kandungan Sedimen	%m/m	Nihil	-	0,01
15	Bilangan Asam Kuat	MgKOH/g	0	-	0
16	Bilangan Asam Total	MgKOH/g	0,1	-	0,6
17	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang	Jernih dan Terang	
18	Warna	No.ASTM	1,1	-	3.0
19	Lubrisifikasi(HFFR)	Micron	236	-	460
20	Stabilitas Oksidasi - Metode Rancimant	Jam	>48	35	-

2.3 Aditif

Aditif adalah suatu larutan yang ditambahkan ke dalam larutan lain (dalam hal ini BBM diesel fuel/B20) untuk menjalankan suatu fungsi spesifik, misalnya aditif pelarut endapan, aditif anti kerak/korosi, aditif peningkat angka oktana/setana, aditif peningkat kalori, dll. Pada penelitian kali ini zat aditive yang digunakan ialah zat aditive Aditif yang nantinya akan ditambahkan ke dalam campuran bahan bakar dexlite B20, Aditif menyatakan bahwa penambahan aditif ke dalam campuran bahan bakar diesel mampu memberikan pengaruh positif dalam berbagai aspek, yakni :

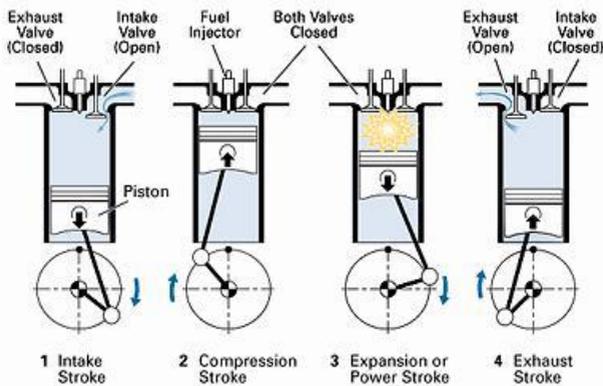
- Efisiensi : Dapat meningkatkan kualitas pembakaran, yang berarti akan menghasilkan efisiensi yang lebih baik dengan konsumsi bahan bakar yang lebih hemat.
- Ekonomi : Karena pembakaran yang lebih baik, maka akan terjadi penghematan biaya saat perawatan, down-time, dan untuk konsumsi bahan bakar.
- Lingkungan: Aditif mengklaim bahwa penambahan aditif mampu mengurangi kebisingan mesin, dan polusi akibat pembakaran (asap dan gas partikel).

Aditif sendiri memiliki banyak jenis, namun pada percobaan ini aditif yang digunakan yakni aditif 5000 yang merupakan aditif dengan bahan bakar organik 100%. Aditif jenis ini dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan mengurangi bahaya efek kotoran dalam bahan bakar serta meningkatkan kualitas pembakaran. Perawatan bahan bakar dengan penambahan Aditif ini akan memiliki sifat detergensi yang kuat dan dapat mengurangi polimerisasi yang dapat merusak mesin.

2.4 Teori Dasar-Dasar Pembakaran

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai kombinasi secara kimiawi dari unsur oksigen dengan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar (reaksi oksidasi) yang berlangsung secara cepat maupun lambat pada suhu dan tekanan tertentu. Pada semua jenis pembakaran, kondisi campuran udara dan bahan bakar merupakan faktor utama yang harus diperhatikan untuk mendapatkan campuran yang sempurna, pada reaksi pembakaran unsur – unsur yang terkandung dalam bahan bakar akan menghasilkan pelepasan energi yang bergantung pada produk pembakaran yang terbentuk. Tiga unsur utama yang dapat terbakar pada sebagian besar bahan bakar adalah karbon, hidrogen dan belerang. Siklus kerja Motor Diesel.

Siklus dari motor diesel yang digunakan dalam penelitian adalah siklus motor diesel 4 (empat) langkah, dengan penjelasan sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Siklus kerja motor diesel 4 langkah

Adapun penjelasan untuk tiap tahap siklusnya adalah sebagai berikut :

1. Langkah Pemasukan (*Intake Stroke*)
Piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) dengan posisi *intake valve* terbuka dan *exhaust valve* tertutup. Gerakan piston menyebabkan tekanan di dalam piston menjadi rendah sehingga udara akan masuk ke dalam silinder.
2. Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

Piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan posisi *intake* dan *exhaust valve* tertutup. Udara di ruang bakar dikompresi, sehingga terjadi kenaikan temperatur dan tekanan. Pada saat piston mencapai TMA, bahan bakar akan diinjeksikan ke dalam ruang bakar sehingga terbentuk campuran bahan bakar dan udara.

3. Langkah Kerja (*Expansion or Power Stroke*)

Piston bergerak dari TMA menuju TMB dengan posisi *intake* dan *exhaust valve* tertutup. Piston dapat bergerak akibat dari tekanan yang meningkat yang dihasilkan dari energi bahan bakar yang terbakar di ruang bakar.

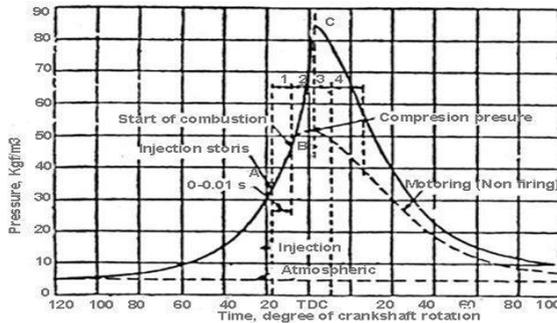
4. Langkah Buang (*Exhaust Stroke*)

Piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan posisi *exhaust valve* terbuka dan *intake valve* tertutup. Pada tahap ini gas hasil pembakaran akan terdorong keluar oleh piston melalui *exhaust valve*.

2.4.1 Tahap-tahap Proses Pembakaran

Pembakaran pada motor diesel terjadi karena adanya bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder yang berisi udara dengan temperatur dan tekanan tinggi akibat langkah kompresi dan membentuk kabut bahan bakar. Akibat kontak udara dengan bahan bakar maka temperatur bahan bakar meningkat sehingga mulai terjadi penyalaan bahan bakar di bagian yang telah mencapai temperatur penyalanya dan segera menyebabkan kenaikan temperatur dan tekanan yang cepat dalam silinder.

Menurut penelitian, proses pembakaran pada motor diesel dibagi atas 4 tahapan :



Gambar 2. 2 Tahap pembakaran mesin diesel 4 langkah

1. Tahapan Pertama

Ignition delay period adalah waktu dimana bahan bakar siap terbakar namun belum dinyalakan. Periode ini dimulai dari titik A ketika bahan bakar mulai diinjeksikan ke dalam silinder dan berakhir sampai titik B dan selama periode tersebut belum terjadi pembakaran.

2. Tahapan Kedua

Rapid or uncontrolled combustion adalah periode awal dari pembakaran hingga *flame* mulai berkembang yaitu dari titik B hingga titik C. Selama periode ini, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar berupa *droplet-droplet* yang diselubungi oleh udara bertemperatur tinggi, akibatnya droplet-droplet tersebut mulai terbakar dengan cepat secara tidak beraturan. Pembakaran tadi menyebabkan kenaikan tekanan yang cukup besar.

3. Tahapan Ketiga

Controlled combustion adalah periode *flame* berkembang hingga akhir langkah penginjeksian bahan bakar. Setelah titik C, bahan bakar masih tetap diinjeksikan. Droplet-droplet yang sudah mulai terbakar pada tingkat kedua merambatkan pembakaran pada

droplet lain, sehingga *flame* bergerak secara bersama menuju droplet-droplet yang baru diinjeksikan oleh injektor.

4. Tahapan keempat

After burning merupakan proses pembakaran lanjut. Secara teori, setelah tingkat ketiga atau sudah berakhirnya bahan bakar diinjeksikan, pembakaran sudah berakhir. Tetapi dikarenakan masih terdapatnya sisa-sisa bahan bakar yang belum terbakar pada tingkat ketiga, maka pembakaran terus berlanjut. Bila sisa bahan bakar belum habis, sedangkan piston sudah melakukan langkah buang maka bahan bakar tadi menjadi *unburn fuel*.

2.4.2 Parameter Unjuk Kerja Motor Pembakaran Dalam

Pada penelitian ini, ada beberapa parameter unjuk kerja dan emisi gas buang yang dapat digunakan sebagai pembandingan antara mesin diesel berbahan bakar solar dan mesin diesel berbahan bakar minyak nabati murni dari bunga matahari, kedelai, canola dan jagung. Beberapa parameter tersebut adalah :

- a. Daya Motor (Ne)
- b. Tekanan efektif rata-rata (bmep)
- c. Torsi (T)
- d. Konsumsi bahan bakar (sfc)
- e. Efisiensi thermal (η_{th})
- f. Emisi gas buang (m-1)
- g. Air Fuel Ratio (AFR)
- h. Suhu gas buang (oC).

1. Daya

Daya mesin merupakan daya yang diberikan untuk mengatasi beban yang diberikan. Untuk pengukuran diberikan beban lampu dengan daya 200 watt – 2000 watt. Daya yang dihasilkan pada mesin diesel yang dikopel dengan generator

listrik dapat dihitung berdasarkan beban pada generator listrik dan dinyatakan sebagai daya efektif pada generator (Ne). Hubungan tersebut dinyatakan dengan rumus:

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

Dimana :

- Ne : Daya mesin (W)
- V : Tegangan listrik (Volt)
- I : Arus listrik (Ampere)
- η_{gen} : Efisiensi mekanisme generator (0,9)[9]
- η_{transm} : Efisiensi transmisi (0,95)[9]
- $\cos \theta$: Faktor daya listrik ($\cos \varphi$) = 1

2. Torsi

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

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

Dimana:

- Mt : Torsi (N.m)
- Ne : Daya (W)
- n : Putaran mesin (rev/min)

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

mempunyai kecenderungan untuk semakin besar. Semakin besar putaran mesin, maka torsi yang dihasilkan akan semakin kecil.

3. Brake Tekanan Efektif Rata-Rata (*b MEP*)

Proses pembakaran campuran udara-bahan bakar menghasilkan tekanan yang bekerja pada piston sehingga melakukan langkah kerja. Besarnya tekanan ini berubah-ubah sepanjang langkah piston tersebut. Bila diambil tekanan yang berharga konstan yang bekerja pada piston dan menghasilkan kerja yang sama, maka 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 *b MEP* adalah :

$$b_{MEP} = \frac{N_e z x 60}{A x l x n x i} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Dimana:

<i>N_e</i>	: Daya poros mesin (Watt)
<i>A</i>	: Luas penampang piston (m ²)
<i>L</i>	: Panjang langkah piston (m)
<i>i</i>	: Jumlah silinder
<i>n</i>	: putaran mesin diesel (rpm)
<i>z</i>	: 1 (mesin 2 langkah) atau 2 (mesin 4 langkah)

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. Apabila dalam pengujian diperoleh data mengenai penggunaan bahan bakar *m* (kg) dalam waktu *s* (detik) dan daya yang dihasilkan sebesar *bhp* (*HP*) maka pemakaian bahan bakar perjam *m_{bb}* adalah :

$$\dot{m}_{bb} = \frac{m_{bb}}{s} \text{ (kg)}$$

Sedangkan besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah :

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

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. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan :

$$\eta_{th} = \frac{\text{Daya efektif yang dihasilkan}}{\text{Mass flow rate bahan bakar} \times \text{Nilai kalor bawah bahan bakar}} \times 100\%$$

Untuk sistem *single fuel* dapat ditulis :

$$\eta_{th \text{ single fuel}} = \left(\frac{Ne}{(m_{biodiesel} Q_{biodiesel})} \right) \times 100\%$$

Dimana Q adalah nilai kalor bawah (*Lower Heating Value, LHV*) atau panas pembakaran bawah bahan bakar [Kcal/kg bahan bakar]. Nilai kalor adalah jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna per satuan massa atau volume bahan bakar. LHV dapat dinyatakan dengan rumus empiris (bahan bakar solar) sebagai berikut:

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

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. *API Gravity* diukur pada temperatur

minyak bumi 60°F. Harga *API Gravity* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$API = \frac{141,5}{\text{Spesific Gravity pada } 60^{\circ}\text{F}} - 131,5$$

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 vegetable oil terhadap pembakaran yang terjadi ruang bakar dibandingkan dengan penggunaan minyak solar. Nilai dari suhu diterjemahkan dalam satuan °C

2.5 Pertumbuhan Mikroba Dalam Penyimpanan Bahan Bakar

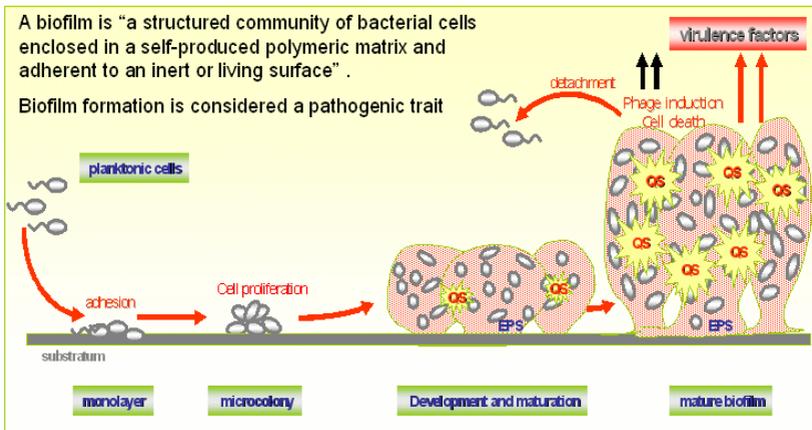
Dalam proses penyimpanan bahan bakar khususnya biodiesel, proses pendegradasian bahan bakar biodiesel dapat disebabkan oleh banyak faktor salah satunya ialah akibat dari pendegradasian secara kimiawi dan biologis. Pendegradasian secara kimiawai terjadi akibat dari pembentukan bahan dasar biodiesel dengan menggunakan bahan hewani, yakni muncul akibat lemak yang terkandung dalam sumber hewani tersebut,

sedangkan pendegradasian secara biological terjadi akibat dari penggunaan bahan baku minyak nabati yang berasal dari sumber organik yang cenderung dapat membawa atau menjadi tempat tumbuh berkembangnya mikroba baik itu bakteri ataupun jamur (*fungi*). Eduardo,dkk[1] mengatakan bahwa degradasi biodiesel oleh aktivitas mikroba terkait sangat erat dengan adanya air dalam bahan bakar. Kandungan air dalam bahan bakar mampu membuat biofilm yang nantinya akan menjadi tempat berkembangnya mikroba, Biofilm merupakan kumpulan dari sel-sel mikrobial yang melekat secara ireversibel pada suatu permukaan dan terbungkus dalam matriks *Extracellular Polymeric Substances* (EPS) yang dihasilkannya sendiri serta memperlihatkan adanya perubahan fenotip seperti perubahan tingkat pertumbuhan dan perubahan transkripsi gen dari sel planktonik atau sel bebasnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi perlekatan sel-sel bakteri dalam pembentukan biofilm adalah efek substratum (permukaan tempat melekatnya), *conditioning film*, hidrodinamik dari aliran yang melewatinya, karakteristik media cairan, dan keadaan permukaan sel bakteri yang akan melekat.

Pembentukan biofilm dimulai dari beberapa bakteri yang hidup bebas (sel planktonik) melekat pada suatu permukaan, kemudian memperbanyak diri dan membentuk satu lapisan tipis (*monolayer*) biofilm. Pada saat ini, pembelahan akan berhenti selama beberapa jam dan pada masa ini terjadi banyak sekali perubahan pada sel planktonik, yang akan menghasilkan transisi sel planktonik menjadi seldengan fenotip biofilm. Sel biofilm berbeda secara metabolik dan fisiologik dari sel planktoniknya. Sejalan dengan pertumbuhannya, sel biofilm ini akan menghasilkan EPS yang akan melekatkan mereka pada suatu permukaan dan melekatkan satu sama lain untuk membentuk suatu mikrokoloni. Monolayer ini dikenal juga sebagai linking film yaitu suatu substrat yang menjadi tempat sel bakteri melekat dan membentuk mikrokoloni. Jika sel-sel terus melanjutkan pertumbuhannya dan membentuk lapisan yang makin menebal, maka mikroba yang melekat pada lapisan terdalam permukaan

akan kekurangan zat-zat nutrisi dan terjadi akumulasi produk buangan yang bersifat toksik. Untuk mengatasi masalah ini, mikrokoloni akan berkembang menjadi bentuk jamur yang mempunyai saluran atau pori-pori yang dapat dilewati oleh nutrisi dan produk metabolit dari semua sel.

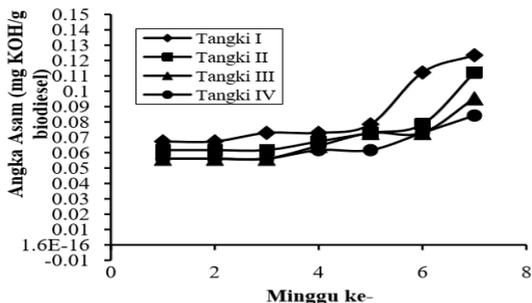
Gambar 2.3 Pembentukan biofilm



2.6 Penelitian Terdahulu

2.6.1 Penelitian silvana dan luqman(2015).

Silvana dan Luqman [2] melakukan penelitian tentang efek lama penyimpanan biodiesel terhadap bilangan asam, menggunakan bahan bakar biodiesel dari minyak sawit yang disimpan selama 63 hari dan diuji secara berkala tiap 2 minggu dengan menggunakan material tangki PVC dan Galvanis yang divariasikan menjadi 4 cara penyimpanan, kemudian didapatkan hasil sebagai berikut :



Keterangan

- Tangki 1: PVC terbuka
- Tangki 2: PVC tertutup
- Tangki 3: Galvanis terbuka
- Tangki 4: Galvanis tertutup

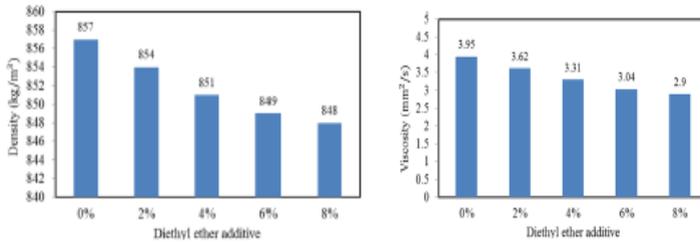
Gambar 2.3 Grafik bilangan keasaman vs waktu

Dari gambar 2.3 dapat disimpulkan bahwa semakin lama penyimpanan biodiesel maka akan membuat angka keasamaan juga bertambah. Peningkatan angka keasaman mulai terlihat pada minggu ke 4 dan perubahan angka keasaman paling tinggi terjadi pada tangki 1, yakni variasi penyimpanan yang menggunakan PVC dan dibiarkan terbuka terkena cahaya matahari secara langsung, dengan meningkatnya nilai keasaman dari 0.05 menjadi 0,12 mgKO/.

2.6.2 Penelitian oleh Obed M.Ali (2015)

Obed melakukan penelitian tentang Optimasi performa mesin dengan menggunakan campuran bahan bakar biodiesel dan diesel dengan penambahan zat aditive ether. kemudian didapatkan hasil data berupa grafik viskositas dan densitas berbanding

prosentase penambahan aditif sebagai berikut :

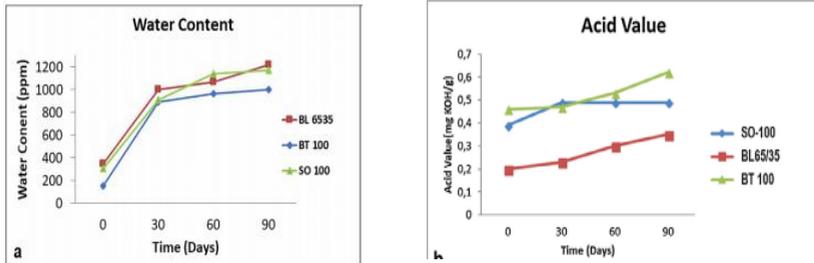


Gambar 2. 4 Grafik Viskositas, Densitas vs %penambahan Aditif

Dari gambar 2.4 dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya prosentase penambahan aditive akan semakin menurunkan nilai viskositas dan densitas dari campuran bahan bakar.

2.6.3 Penelitian oleh Eduardo (2016)

Eduardo,dkk melakukan penelitian mengenai studi umur simpan biodiesel dan pengaruhnya terhadap perubahan properties secara kimia dan biologis. Penelitian ini dilakukan pada biodiesel komersial yang dipasarkan di brasil, dengan menggunakan metode penyimpanan dalam wadah baja karbon pada keadaan subtropik selama waktu 90 hari. Selama selang waktu 90 hari dilakukan pengujian uji stabilitas oksidatif dan kadar air pada bahan bakar, ternyata didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa penurunan kualitas bahan bakar selama masa penyimpanan 90 hari.. Berikut grafik hasil penelitian :



Gambar 2. 5 Water konten dan bilangan asam vs lama penyimpanan

Dimana :

SO-100 = biodiesel kedelai 100%.

BT-100 = Biodiesel lemak daging sapi 100%.

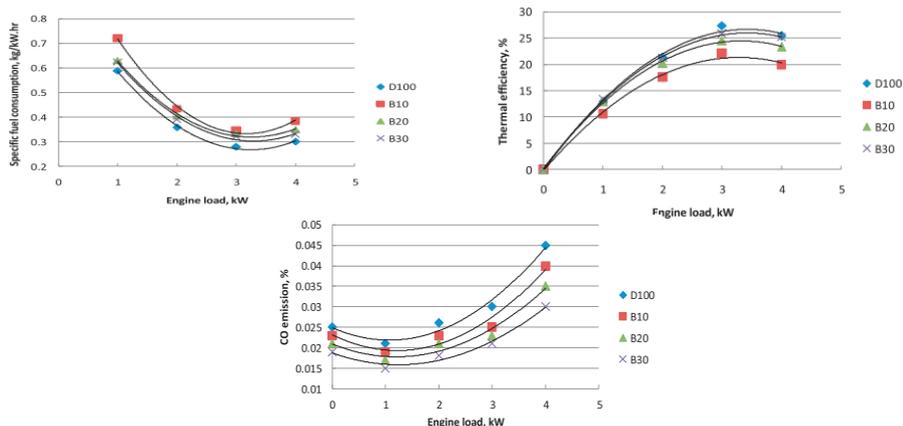
BL65/35 = Biodiesel 65% kedelai dicampur 35% lemak daging sapi.

Kandungan air biodiesel kedelai selama 30 hari pertama, selalu menunjukkan peningkatan yang signifikan, melebihi batas yang ditentukan oleh resolusi ANP (350ppm), yakni hampir 3x lipat dari batas yang telah ditentukan. Dan setelah 90 hari menjadi 1170 ppm. Biodiesel memiliki sifat sangat higroskopis sehingga menyerap air dari lingkungan hidup, bisa dari mikrobia bakteri ataupun jamur (*fungi*). Selain peningkatan kandungan air, pada bilangan asam pun terjadi peningkatan, untuk SO-100 dan BL65/35 masih dalam batas spesifikasi yakni 0,5 mgKOH/g. Sedangkan untuk BT-100 pada hari ke 90 menunjukkan angka keasaman yang tinggi hal ini dikarenakan BT-100 berbahan dasar lemak daging sapi yang apabila terjadi proses hidrolisis maka

lemak yang bercampur dengan air akan terlepas bebas dan menyebabkan nilai keasaman biodiesel BT-100 meningkat.

2.6.4 Penelitian oleh Abed (2016)

Abed dkk melakukan penelitian terhadap performa dan emisi gas buang mesin diesel dengan menggunakan campuran bahan bakar diesel-biodiesel (B0, B10, B20, dan B30).



Gambar 2. 6 grafik performance vs engine load

Dari gambar 2.6 dapat disimpulkan bahwa *Thermal efficiency* dan *Specific Fuel Consumption (SFC)* biodiesel dari limbah minyak goreng lebih tinggi daripada bahan bakar diesel, selanjutnya mengalami penurunan secara signifikan terhadap emisi *Carbon monoxide (CO)* dan *Hydrocarbon (HC)*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang akan digunakan pada penelitian. Langkah pertama adalah studi literatur mengenai topik terkait. Dilanjutkan dengan proses perancangan yang meliputi pencarian data-data pendukung pengaruh lama penyimpanan terhadap properties bahan bakar yang akan diteliti dan metode pengujian terkait. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap properties bahan bakar B20+aditif tahap awal. Yakni meliputi pengujian kandungan bakteri pada bahan bakar B20+aditif dengan metode TPC (*Total Plate Count*) serta properties secara fisis dan kemis. Kemudian dilanjutkan dengan penyimpanan bahan bakar B20+Aditif dalam tangki plat pada suhu ruangan. Setelah itu dilakukan pengamatan secara berkala terhadap properties bahan bakar B20+Aditif baik secara fisis, kemis maupun biologis. Pengujian berkala ini dilakukan dalam selang waktu 4 minggu dan selama pengujian properties secara berkala ini juga dilakukan pengujian bahan bakar terhadap performa mesin diesel. Setelah didapatkan hasil studi dari eksperimen yang dilakukan, kemudian data diolah dan dibandingkan terhadap performa dari B0 dan B20. Setelah itu langkah terakhir adalah membuat kesimpulan serta saran dari hasil penelitian tugas akhir ini.

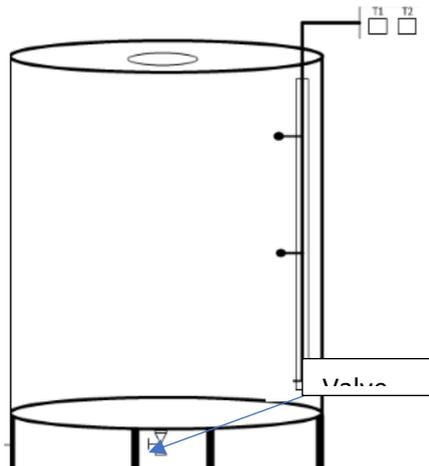
3.2 Bahan Uji

Bahan yang dipakai ialah bahan bakar B20 dengan penambahan aditif aditif, dengan pembanding yang digunakan yakni B0 dan B20.

3.3 Penyimpanan Bahan Bakar

Pada tahap penyimpanan bahan bakar B20+Aditif dilakukan pada tangki plat dengan kapasitas 50 liter. Peralatan

utama adalah tangki penyimpanan produk yang dilengkapi dengan tempat pengambilan sampel atau kran.



Gambar 3. 1 Tangki Penyimpanan Kapasitas 50L

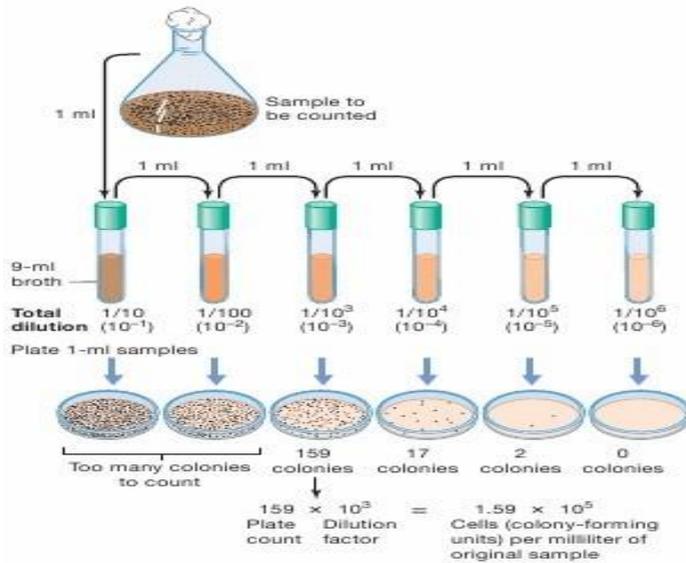
Selama proses penyimpanan bahan bakar B20+Aditif ini terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan untuk menjaga kondisi tangki dan sampel bahan bakar tetap sesuai dengan batasan eksperimen yang diberikan, yakni :

1. Menjaga tangki agar tetap bersih dari kotoran
2. Melakukan pemeriksaan suhu sesuai dengan batasan masalah secara berkala

3.4 Pengujian Penelitian

3.4.1 Kandungan Mikroba

Pengujian kandungan mikroba dalam bahan bakar B20+Aditif, menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*), pada metode ini dianggap bahwa setiap sel yang dapat hidup akan berkembang biak menjadi satu koloni. Jadi jumlah koloni yang muncul pada cawan mengandung indeks bagi jumlah mikroorganisme. Metode ini memanfaatkan pengenceran pada sampel, pengenceran yang dilakukan dimulai dengan 10^{-2} , 10^{-3} , dan 10^{-4} . Kemudian setelah dilakukan pengenceran, bahan bakar diisolasi selama 1 X 24 jam, kemudian dilakukan perhitungan koloni mikroorganisme dengan menggunakan alat *colony counter*.



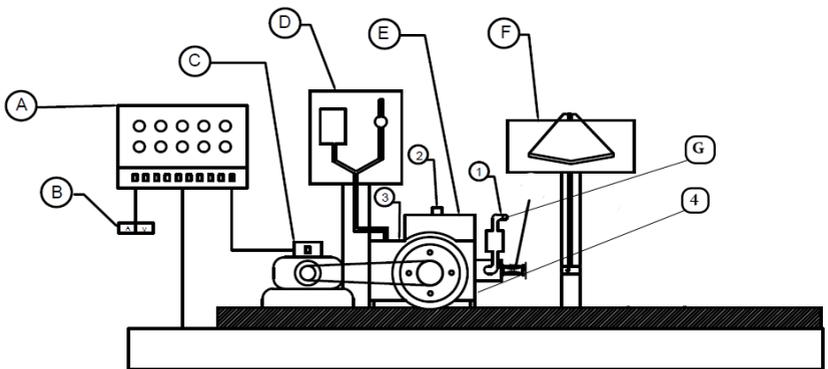
Gambar 3. 2 Metode TPC

3.4.2 Pengujian Properties Bahan Bakar

Pengujian properties bahan bakar yang terdiri dari :Viskositas Kinematis, densitas, bilangan asam dan water content dilakukan di Laboratorium PSI serta bekerja sama dengan Laboratorium Teknik Kimia ITS dan Laboratorium PT. Pertamina.

3.5 Pengujian Unjuk Kerja

a. Skema Peralatan Uji



Gambar 3.3 Skema peralatan generator set

Keterangan :

- | | |
|---------------------|-------------------|
| A. Lampu Pembebanan | 1. Suhu Gas Buang |
| B. Avometer | 2. Suhu Radiator |
| C. Generator | 3. Suhu oli |
| D. Gelas Ukur | |
| E. Radiator | |
| F. Manometer V | |
| G. Omega meter | |

b. Peralatan Uji

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

1. Mesin diesel dengan spesifikasi:

- Merk : Yanmar
- Model : TF 55 R
- Kerja mesin : 4 langkah,
pendingin air
- Sistem pembakaran : *direct injection*
- Jumlah silinder : 1 silinder
- Saat pengabutan : 17°sebelum
TMA
- Diameter x panjang langkah : 75 x 80 (mm)
- Volume silinder : 353 (cc)
- Daya kontinu : 4,5/2200
(hp/rpm)
- Daya maksimum : 5,5/2200
(hp/rpm)
- Perbandingan kompresi : 17,9 : 1
- Pompa bahan bakar : Tipe Bosch
- Tekanan injektor : 200 kg/cm²
- Sistem pelumasan : pelumas paksa
- Kapasitas minyak pelumas : 1,8 liter
- Kapasitas tangki bahan bakar : 7,1 liter
- Jenis minyak pelumas : SAE 40 kelas
CC atau CD
- Sistem pendingin : Radiator

Dimensi mesin

- Panjang : 607,5 (mm)
- Lebar : 311,5 (mm)
- Tinggi : 469,0 (mm)

2. Generator listrik/*electrical dynamometer* dengan spesifikasi:

- Merk : Noqiwa
- Model : ST-3
- Frekuensi (Hz) : 50
- RPM : 1500
- *Voltage* (V) : 220
- *Phase* : 1
- Base (kW) : 3
- Ev Volt (V) : 42
- Ex Curr (A) : 2

3. Beban Listrik.

Pembebanan dilakukan dengan menggunakan lampu pijar sebesar 300-3000 watt dengan interval kenaikan sebesar 300 watt. Lampu pijar yang digunakan disusun secara parallel dengan masing-masing dipasang tombol kontak on/off untuk pengaturan beban sesuai dengan pengujian.

c. Alat Ukur

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

a. Pipet volumetrik

Alat ini digunakan untuk mengukur jumlah bahan bakar B20+Aditif yang dikonsumsi oleh mesin diesel.

b. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan mesin diesel untuk mengkonsumsi 10mL bahan bakar B20+Aditif.

c. Amperemeter dan Voltmeter

Alat ini digunakan untuk mengukur arus listrik (I) dan tegangan listrik (V) yang terjadi akibat pemberian beban pada generator listrik.

d. Tachometer digital

Alat ini digunakan untuk mengukur putaran *engine*. Putaran engine dijaga konstan sebesar 2000rpm.

e. Gas *Analyzer*

Alat ini digunakan untuk mengetahui kadar gas emisi yang dihasilkan oleh Mesin Diesel dari pembakaran bahan bakar B20+Aditif. Gas *Analyzer* yang digunakan adalah STAR GAS 898.

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

Thermocouple terpasang langsung pada *engine* sebagai sensor thermal, lalu pembacaan suhunya ditampilkan melalui *thermo selector* dan *display*.

D. Prosedur Uji

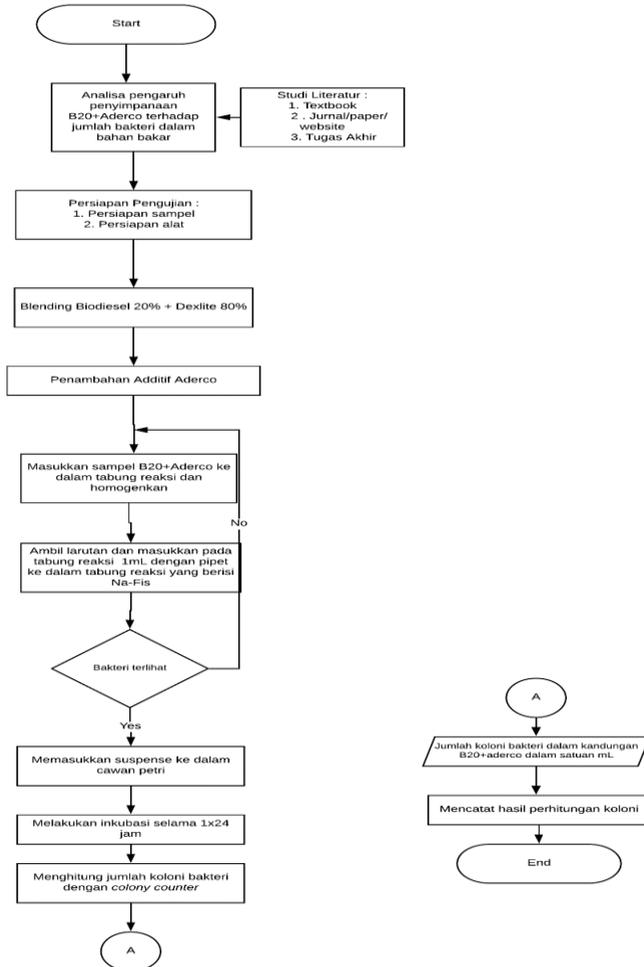
Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan perumusan masalah.
2. Studi literature, yang bertujuan untuk mendapatkan berbagai informasi dan data yang berkaitan dengan objek penelitian.
3. Mempersiapkan alat uji, meliputi;
 - a. Menyusun kerangka dudukan *engine* dan generator.
 - b. Memasang *engine* dan generator pada kerangka dudukan.
 - c. Memasang *belt* penghubung *engine* dan generator.

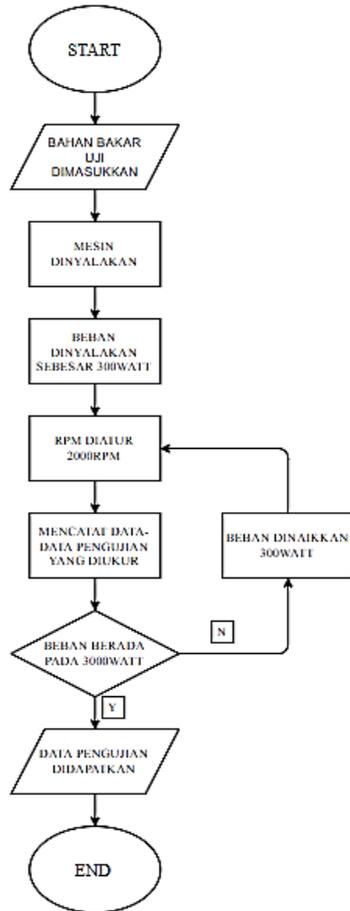
- d. Melakukan *Tune-Up* pada *Engine*, seperti pemeriksaan baut, sistem pemasukan bahan bakar, air pendingin, oli mesin, saringan udara, dan saluran *exhaust*.
 - e. Menghubungkan generator ke *electric dynamometer*.
 - f. Mengoperasikan *engine* untuk mengetahui *engine* berfungsi dengan baik dan normal.
4. Mempersiapkan alat ukur, meliputi;
 - a. Memastikan setiap peralatan (*voltmeter*, *tachometer*, *thermocouple*, dan *stopwatch*) memiliki *power supply* (baterai kering) yang cukup.
 - b. Mengatur skala alat ukur sesuai kebutuhan.
 - c. Memasang kabel-kabel *thermocouple* pada bagian yang akan diukur suhunya, lalu diinstalasi pada *thermo selector* dan *display*.
 - d. Memasang *clampmeter* (*voltmeter*) pada bagian *input electric dynamometer*.
 5. Mempersiapkan bahan bakar.
 6. Pengambilan sampel bahan bakar yang nantinya akan diuji propertiesnya.
 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.

3.6 Flowchart Penelitian

3.6.1 Flowchart Pengujian mikroba dengan metode Total Plate Count (TPC)



3.6.2 Flowchart Penelitian Pengaruh perubahan properties terhadap performa engine



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

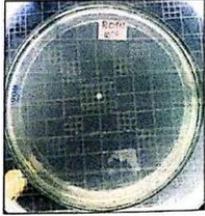
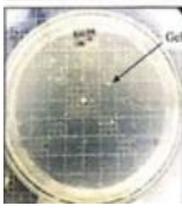
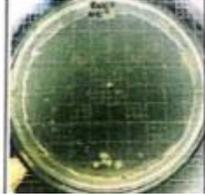
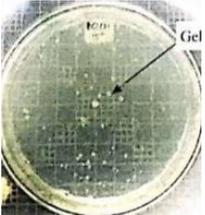
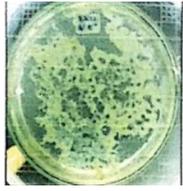
Pada bab ini membahas tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan meliputi pengamatan, perhitungan dan analisa. Adapun pengamatan yang dilakukan adalah terhadap kandungan mikroba, sifat fisis dan kimia dari bahan bakar B0, B20, serta B20+Aditif selama kurun waktu penyimpanan yaitu pada minggu ke-0, 4, 8 dan 12. Kemudian perhitungan yang dilakukan adalah terhadap unjuk kerja mesin berupa daya, torsi, sfc, dan efisiensi termal. Selanjutnya akan dilakukan analisa terkait pengaruh keberadaan mikroba yang akan mempengaruhi *properties* bahan bakar dan juga unjuk kerja mesin. Adapun untuk data penelitian yang ditampilkan dalam bab ini yaitu data yang digunakan sebagai contoh perhitungan unjuk kerja. Sedangkan data hasil penelitian dan pengamatan dapat dilihat pada lampiran.

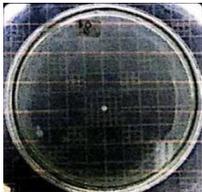
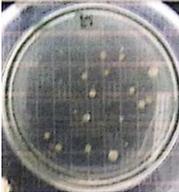
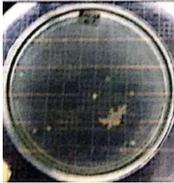
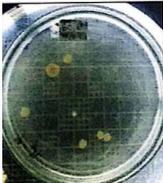
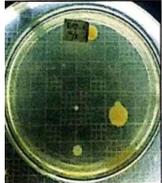
4.1 Hasil Pengamatan Bahan Bakar

Proses pengamatan bahan bakar meliputi pengamatan terhadap kandungan mikroba yang dianalisa mulai dari awal sampai akhir penyimpanan bahan bakar dengan interval setiap 4 minggu. Pengamatan tersebut dilakukan bersamaan dengan *properties* bahan bakar yang meliputi water content, densitas, viskositas dan angka CCI.

4.1.1 Pengamatan Kandungan Mikroba

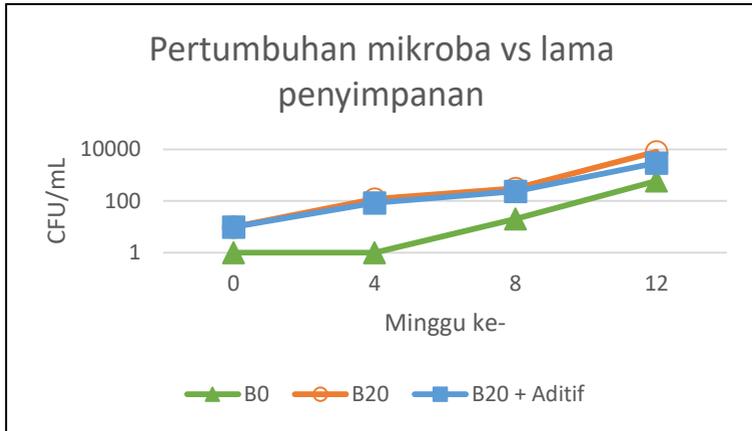
Dari proses penyimpanan bahan bakar selama 12 minggu dan dilakukan penghitungan jumlah mikroba (cfu/ml) di laboratorium maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Minggu ke-	B0	B20	B20 + ADITIF
0			
	Tidak ditemukan bakteri pada pengenceran 10^0	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $1,00 \times 10^1$ CFU/mL pada pengenceran 10^0	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $1,00 \times 10^1$ CFU/mL pada pengenceran 10^0
4			
	Tidak ditemukan bakteri pada pengenceran 10^0	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $1,20 \times 10^3$ CFU/mL pada	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $8,5 \times 10^2$ CFU/mL pada

		pengenceran 10^{-0}	pengenceran 10^{-0}
8			
	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $2,00 \times 10^1$ CFU/mL pada pengenceran 10^{-0}	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $3,1 \times 10^3$ CFU/mL pada pengenceran 10^{-0}	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $2,4 \times 10^3$ CFU/mL pada pengenceran 10^{-0}
12			
	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $6,00 \times 10^2$ CFU/mL pada	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $8,00 \times 10^4$ CFU/mL pada	Terdapat kelimpahan bakteri sebanyak $3,00 \times 10^4$ CFU/mL pada

	pengenceran 10^{-0}	pengenceran 10^{-0}	pengenceran 10^{-0}
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Gambar 4. 1 Specimen bahan bakar B0, B20 dan B20 dengan penambahan Aditif untuk penghitungan jumlah mikroba pada colony counter



Gambar 4. 2 Pertumbuhan kontaminan mikroba, pada bahan bakar B0, B20 dan B20 + Aditif vs lama penyimpanan

Hasil pengujian jumlah mikroba pada penyimpanan sejak minggu ke-0 hingga minggu ke-12 adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Sehingga didapatkan grafik seperti pada Gambar 4.2. Pada Gambar 4.2 diketahui bahwa ketiga bahan bakar menunjukkan *trend* yang meningkat. Pada awal penyimpanan, dapat dilihat bahwa tidak terdapat kontaminan mikroba yang terdeteksi pada bahan bakar B0. Sedangkan, pada B20 dan B20 + Aditif terdapat kontaminan mikroba sebanyak 10 CFU/ml. Terlihat pada minggu keempat, untuk bahan bakar B0 masih tidak terdeteksi keberadaan kontaminan mikroba yang terkandung di dalamnya. Sedangkan, pada B20 dan B20+Aditif terjadi peningkatan jumlah mikroba sebesar 11.900% dan 8.400%

secara berurutan dari kondisi awalnya. Pada minggu ke-8 dan ke-12, terjadi peningkatan pada ketiga jenis bahan bakar. Peningkatan paling rendah selama masa penyimpanan 12 minggu terjadi pada bahan bakar B0, yakni sebesar 59.900%, sedangkan untuk B20 dan B20+ Aditif sebesar 799.900% dan 299.900%. Jika kita lihat nilai kontaminasi mikroba pada bahan bakar B20+Aditif mengalami penghambatan peningkatan jika dibandingkan dengan B20. Hal ini ditunjukkan dengan adanya selisih peningkatan pertumbuhan kontaminan mikroba bahan bakar B20+Aditif yakni sebesar 62,5% lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar B20.

Kandungan air dalam bahan bakar memiliki peran penting yang untuk pertumbuhan dan perkembang-biakan mikroba. Aktivitas mikroba yang terjadi terutama berada pada lapisan antara bahan bakar dan air di mana ketersediaan nutrisi dan air optimal. Sebagai hasilnya, terbentuklah lapisan tipis yang disebut biofilm [11].

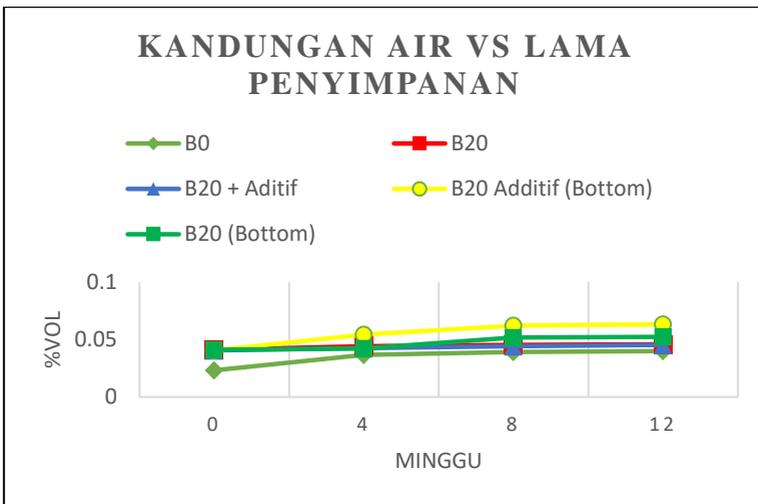
Sesuai pada gambar 4.3, didapatkan bahwa kandungan air pada tiap sampel bahan bakar meningkat seiring bertambahnya waktu penyimpanan bahan bakar. Hal ini dimungkinkan karena kondisi penyimpanan yang tidak kedap udara (hanis). Di sisi lain, didapatkan pula bahwa kandungan air lebih tinggi pada bahan bakar dengan kandungan biodiesel yang lebih tinggi. Fenomena ini terjadi karena biodiesel bersifat higroskopis yakni cenderung lebih menyerap air dibanding minyak solar [14].

4.1.2 Pengamatan Kandungan Properties

Untuk mengetahui hubungan antara pertumbuhan kontaminan mikroba dalam bahan bakar B0, B20, dan B20 + Aditif terhadap properties maka dilakukan juga pengujian terhadap beberapa *properties* yang diduga berkaitan, yakni meliputi :

A. Kandungan Air (*Water Content*)

Kandungan air yang terdapat dalam bahan bakar diduga sebagai pemicu utama penyebab kemunculan kontaminan mikroba. Selain itu keberadaan kandungan air dalam bahan bakar juga akan berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin. Lama penyimpanan bahan bakar dapat mempengaruhi jumlah kadar air yang terkandung dalam bahan bakar, ditunjukkan pada grafik 4.3 dibawah ini :



Gambar 4. 3 Kandungan air vs lama penyimpanan

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pada minggu ke-0 semua sampel bahan bakar sudah memiliki kandungan air, dan meningkat seiring lamanya waktu penyimpanan. Untuk pengambilan sampel *water content* pada bahan bakar B20 dan B20+Aditif diambil pula sampel pada bagian dasar tangki penyimpanan bahan bakar, ini bertujuan untuk melihat apakah terdapat separasi air akibat penambahan zat aditif Aditif.

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa B0 memiliki tingkat stabilitas yang lebih tinggi terhadap kontaminasi mikroba

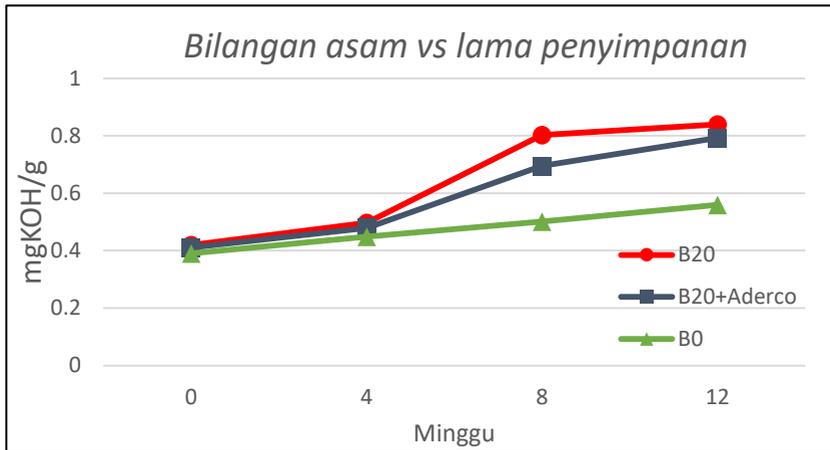
dibandingkan dengan bahan bakar campuran B20 dan B20+Aditif, hal ini ditunjukkan dengan kurva pertumbuhan mikroba pada bahan bakar B0 yang linear dari minggu ke 4 hingga ke 12. Sedangkan untuk bahan bakar B20 dan B20+Aditif memiliki kurva peningkatan yang cukup signifikan pada minggu ke 4 hingga minggu ke-12. Hal ini dikarenakan bahan bakar yakni B20 dan B20+Aditif memiliki sifat yang lebih higroskopis dibandingkan dengan B0. Ini sesuai dengan hasil pengujian kandungan air pada gambar 4.3 yang menunjukkan bahwa pada minggu ke 4 hingga ke 12, B0 memiliki kandungan air yang lebih sedikit dibandingkan dengan B20 dan B20+Aditif.

Banyak literatur telah menyebutkan bahwa keberadaan air dalam kandungan bahan bakar dapat memicu terbentuknya lapisan antara bahan bakar dan air, dimana merupakan tempat yang sangat baik bagi mikroba untuk tumbuh dan berkembang. Hal tersebut lah yang mengakibatkan kandungan kontaminan mikroba pada B20 dan B20 + Aditif lebih banyak dibandingkan dengan B0[11].

Untuk pengambilan sampel di bagian tengah tangki penyimpanan terlihat bahwa pada minggu ke-0 bahan bakar B0 memiliki kandungan air yang lebih sedikit dibandingkan dengan B20 maupun B20+Aditif, dengan nilai sebesar 0,0233, sedangkan untuk B20 dan B20+Aditif sebesar 0,041 dan 0,04. Namun peningkatan kandungan air yang paling tinggi selama masa penyimpanan terjadi pada bahan bakar B0 yakni sebesar 71,24%, kemudian B20 sebesar 11,59%, dan peningkatan terendah pada B20 +Aditif sebesar 11,35%. Kemudian diambil pula sampel pada bagian bawah tangki yakni B20+Aditif (*Bottom*) dan B20 (*Bottom*), pada pengambilan sampel didasar tangki didapatkan perbedaan peningkatan kandungan *water content* yang cukup tinggi antara B20+Aditif(*Bottom*) dan B20(*Bottom*) selama 12 minggu masa penyimpanan, yakni sebesar 55,77% dan 27,1% secara berurutan. Kandungan air pada bagian bawah tangki penyimpanan B20+Aditif memiliki peningkatan yang lebih besar dibandingkan B20, hal ini dikarenakan adanya reaksi separasi oleh zat surfaktan pada aditif aditif yang bekerja dan menseparasi

kandungan air dan minyak pada bahan bakar B20+Aditif. Surfaktan (*surface active agent*) merupakan molekul-molekul yang mengandung gugus *hidrofilik* (suka air) dan gugus *lipofilik* (suka minyak/lemak) pada molekul yang sama (*Sheat dan Foster*).

B. Acid Value



Gambar 4. 4 Pengujian Acid Value

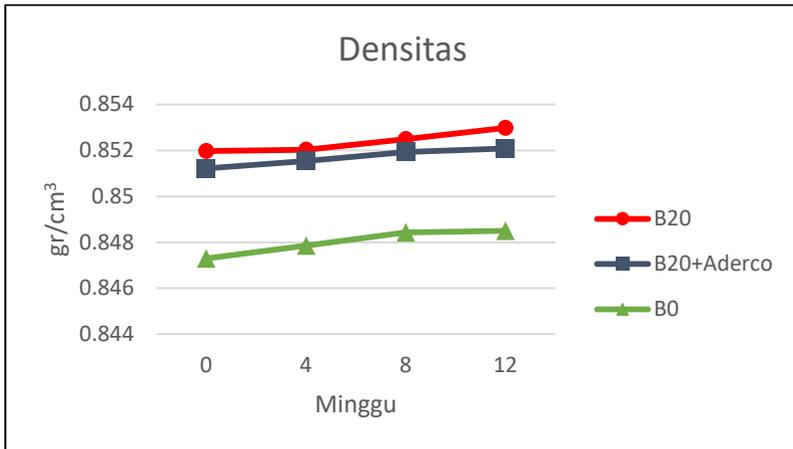
Hasil pengujian bilangan asam bahan bakar pada penyimpanan selama 12 minggu masa penyimpanan ditunjukkan pada Gambar 4.4. Terlihat bahwa bilangan keasaman bahan bakar meningkat seiring bertambahnya durasi penyimpanan pada semua variasi bahan bakar. Di kondisi awal pada minggu ke-0, B20 memiliki nilai keasaman yang tertinggi, yakni 0,42 mg KOH/g, diikuti B20+Aditif dan B0 masing-masing sebesar 0,41 dan 0,39 mg KOH/g secara berurutan. Nilai keasaman pada B20+Aditif diawal lebih rendah sebesar 2,15% dibandingkan B20, ini diakibatkan oleh adanya penambahan aditif yang membuat nilai keasaman dari campuran B20+Aditif turun diawal masa penyimpanan, seiring penambahan jumlah aditif ke dalam

campuran bahan bakar biodiesel akan menurunkan nilai keasaman dari campuran bahan bakar biodiesel [19].

Selanjutnya, pengujian bilangan keasaman dilakukan kembali pada minggu ke-4, ke-8, dan ke-12. Hasil pengujian menunjukkan bahwa B20 mengalami peningkatan tertinggi, yaitu sebesar 100,12% setelah disimpan selama 12 minggu. Sedangkan B20 + Aditif dan B0 masing-masing meningkat sebesar 93,02% dan 43,51%.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi peningkatan bilangan keasaman pada bahan bakar, salah satunya ialah adanya aktivitas mikroba. Keberadaan mikroba merupakan salah satu faktor penting yang menyebabkan peningkatan bilangan keasaman pada bahan bakar. Mikroba yang tumbuh pada bahan bakar dapat memetabolisme hidrokarbon yang terkandung dalam bahan bakar. Selanjutnya, faktor lainnya adalah reaksi *oxidative* dan *hydrolytic*. Paparan udara mendorong terjadinya *oxidative degradation* yang akan menghasilkan hidroperoksida. Hidroperoksida kemudian mengalami reaksi sekunder yang kompleks termasuk pemecahan menjadi aldehida yang lebih reaktif dan kemudian beroksidasi menjadi asam, yang menyebabkan bilangan asam dalam bahan bakar meningkat.

C. Densitas



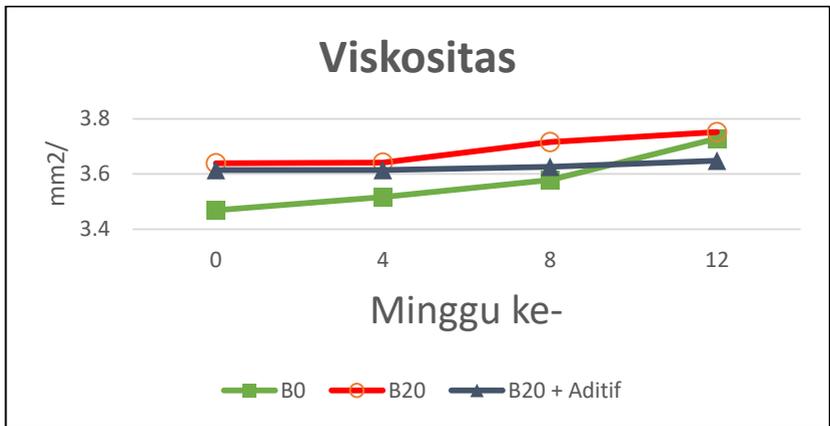
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Densitas

Gambar 4.5 menunjukkan grafik hasil pengujian nilai densitas bahan bakar selama 12 minggu masa penyimpanan. Terlihat bahwa densitas meningkat seiring bertambahnya durasi penyimpanan untuk semua variasi bahan bakar. Pada kondisi awal (minggu ke-0), terlihat bahwa B20 memiliki densitas yang paling tinggi yakni sebesar 0,852 gr/cm³. Sedangkan B20+Aditif dan B0 memiliki densitas sebesar 0,8512 dan 0.8473 gr/cm³. Peningkatan nilai densitas yang terjadi pada semua jenis bahan bakar cenderung sama, dengan rata-rata peningkatan untuk B20+Aditif, B20, dan B0 masing-masing sebesar 0,34%, 0,39%, dan 0,047% setiap bulan.

B20+Aditif memiliki nilai densitas yang lebih rendah pada awal masa penyimpanan, yakni sebesar 0,09% lebih rendah dibandingkan dengan B20, hal ini sesuai dengan penelitian *obed* yang menyatakan bahwa penambahan aditif pada campuran bahan bakar biodiesel akan dapat menurunkan nilai densitas pada campuran bahan bakar, penurunan nilai densitas berbanding lurus dengan prosentase penambahan aditif[19].

Peningkatan nilai densitas disebabkan karena bertambahnya interaksi antar molekul dalam rangka pembentukan produk oksidasi. Bahan bakar yang memiliki rantai hidrokarbon lebih pendek dan lebih banyak asam lemak jenuh cenderung lebih rentan untuk dikristalisasi, sehingga menyebabkan penurunan volume dan dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai densitas. Secara bersamaan, massa bahan bakar meningkat pula sebagai akibat dari produk oksidasi.

D. Viskositas



Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Viskositas

Gambar 4.6 menunjukkan grafik pengujian nilai viskositas bahan bakar pada minggu ke-0 hingga minggu ke-12 masa penyimpanan. Terlihat bahwa viskositas meningkat seiring bertambahnya durasi penyimpanan untuk semua variasi bahan bakar. Pada kondisi awal (minggu ke-0), terlihat bahwa biodiesel baik B20, maupun B20+Aditif memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi dibanding bahan bakar B0. Hal ini dibuktikan dengan nilai viskositas bahan bakar campuran (B20+Aditif) berada di antara

B20 dan B0, 3,61 mm²/s sedangkan untuk B20 dan B0 ialah sebesar 3,64 dan 3,47 mm²/s secara berurutan.

Terlihat pada gambar 4.6 bahwa pada awal masa penyimpanan, B20+Aditif memiliki nilai viskositas yang lebih rendah dibandingkan dengan B20, hal ini disebabkan karena adanya penambahan aditif dalam B20+Aditif yang mampu menurunkan nilai viskositas dari bahan bakar B20. Sesuai dengan penelitian obedi bahwa viskositas akan menurun seiring penambahan aditif [19].

Hingga minggu ke-12, tercatat tingkat peningkatan viskositas B0, B20, dan B20 + Aditif secara berurutan adalah 7,5%, 2%, dan 0,93 %. Peningkatan viskositas disebabkan oleh terjadinya proses oksidasi. Proses oksidasi mengarah pada pembentukan asam lemak, isomerisasi ikatan rangkap, saturasi dan produksi molekul yang lebih berat. Oleh sebab itu, viskositas meningkat dengan meningkatnya oksidasi seiring periode penyimpanan.

4.2 Contoh Perhitungan Uji Unjuk Kerja Mesin

Perhitungan yang dihitung di bawah ini adalah untuk bahan bakar biodiesel (B20+Aditif) penyimpanan minggu ke-0. Perhitungan dilakukan pada pembebanan lampu 1500 Watt dengan data-data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Contoh Perhitungan

Beban (watt)	RPM	Generator		Bahan Bakar	
		Arus (A)	Tegangan (V)	Volume (ml)	Waktu (s)
1500	2000	6	220	10	45

4.2.1 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:

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

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

Sedangkan besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah:

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

Dimana:

$$\rho_{bb} : 876,63 \text{ Kg/m}^3$$

$$v_{bb} : 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$s: 45 \text{ s}$$

$$Ne : 1,466667 \text{ KW}$$

Maka:

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

$$m_{bb} = 876,63 \times 0,000010 (kg)$$

$$m_{bb} = 0,008766 \text{ kg}$$

$$\dot{m}_{bb} = \frac{0,008766}{45} (kg/s)$$

$$\dot{m}_{bb} = 0,0001948 \left(\frac{kg}{s} \right)$$

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

$$sfc = 3600 \frac{0,0001948}{1,466667} \left(\frac{kg}{kW.jam} \right)$$

$$sfc = 0,4781 \left(\frac{kg}{kW.jam} \right)$$

Dari perhitungan didapatkan *Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan *engine* diesel dengan bahan bakar Biodiesel pada penyimpanan minggu ke-0 dengan pembebanan 1500 W adalah 0,4781 kg/kW.jam.

4.2.2 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. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{Ne}{\dot{m} \text{ bahan bakar} \times LHV \text{ bahan bakar}} \times 100\%$$

Dimana:

$$Ne = 1,46667 \text{ KW}$$

$$\dot{m} \text{ bb} = 0,0001948 \left[\frac{Kg}{s} \right]$$

$$LHV \text{ bb} = \left[\frac{KJ}{Kg} \right]$$

$$LHV \text{ bb} = (16280 + 60 \times API) \times 2,326$$

$$API = (141,5 / SG) - 131,5$$

$$SG = 0,87742$$

Maka:

$$API = (141,5 / 0,87742) - 131,5$$

$$API = 28,77$$

$$LHV \text{ bb} = (16280 + 60 \times 28,77) \times 2,326$$

$$\text{LHV bb} = 42021 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$\eta_{th} = \frac{Ne}{\dot{m} \text{ bahan bakar} \times \text{LHV bahan bakar}} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = \frac{1,46667}{0,0001948 \times 42021,74} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 17,91 \%$$

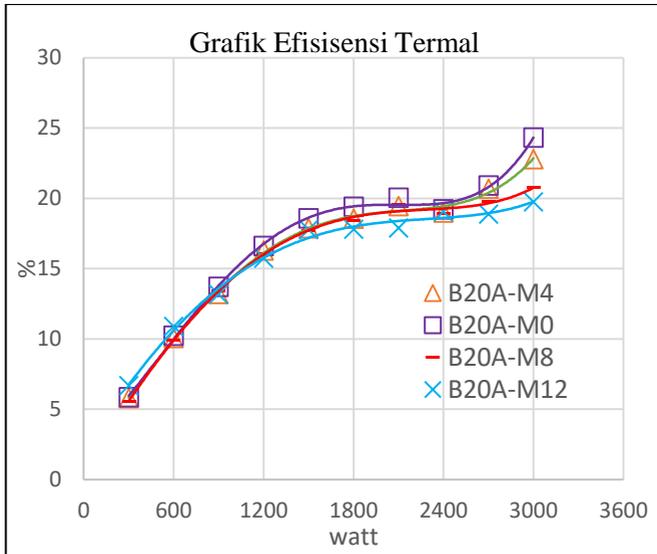
Dari perhitungan didapatkan *Efisiensi Thermal* yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar Biodiesel pada penyimpanan minggu ke-0 dengan pembebanan 1500 W adalah 17,91 %.

4.3 Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Biodiesel (B20+Aditif)

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan bahan bakar B20+Aditif dengan variasi durasi penyimpanan selama 0, 4, 8, dan 12 pekan dalam bentuk grafik.

4.3.1 Efisiensi Thermal (η_{th})

Dari gambar 4.7, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Thermal Efficiency* yang dihasilkan oleh *engine* terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*.



Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Termal B20+Aditif

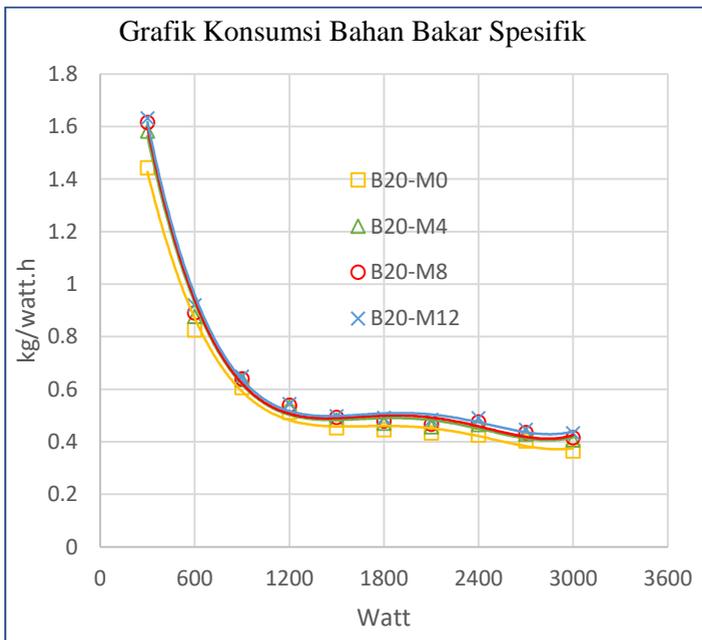
Trendline dari masing-masing grafik terlihat hampir sama, yaitu meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Selain itu, terlihat pula bahwa terjadi penurunan efisiensi seiring bertambahnya durasi *storage* bahan bakar. Hasil tersebut sesuai dengan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh pattamaprom gad[16.17], bahwa semakin bertambahnya waktu penyimpanan, maka efisiensi thermal bahan bakar akan semakin menurun. Rata-rata penurunan efisiensi mesin (beban 300-3000 watt) setelah dilakukan penyimpanan selama 12 minggu adalah sebesar 3,63%.

Fenomena di atas dapat terjadi karena terdapatnya peningkatan nilai densitas dan viskositas bahan bakar seperti yang telah dijelaskan pada bagian 4.1.2 poin C dan D. Peningkatan densitas akan meningkatkan nilai *mass flow rate* bahan bakar yang berbanding terbalik dengan nilai efisiensi termal. Sedangkan peningkatan nilai viskositas dapat menurunkan kualitas

penyemprotan injektor, sehingga dapat mengganggu kualitas pembakaran.

4.3.2 Specific Fuel Consumption (SFC)

Dari gambar 4.8, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. BSFC adalah jumlah bahan bakar dalam kg yang digunakan untuk menghasilkan 1 KW daya pada waktu 1 jam.



Gambar 4. 8 Grafik BSFC B20+Aditif

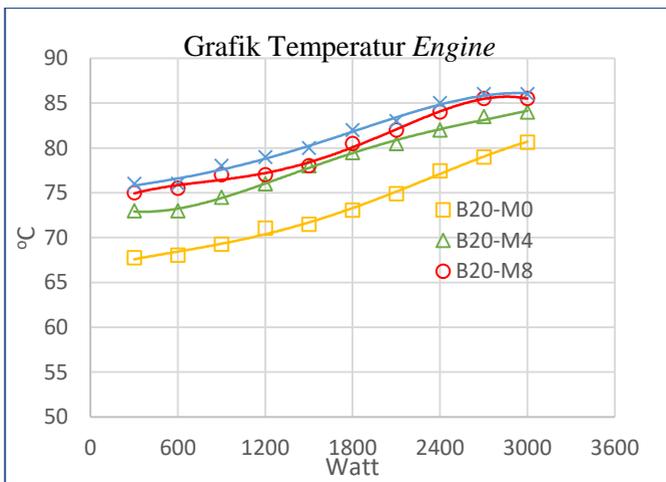
Trendline dari masing-masing grafik hampir serupa. Terlihat bahwa semakin bertambahnya beban yang diberikan pada mesin akan memberikan nilai *BSFC* yang semakin rendah. Bahan bakar yang telah melewati masa penyimpanan terlihat memiliki grafik *BSFC* yang sedikit lebih tinggi. Rata-rata peningkatan nilai

BSFC (beban 300-3000 watt) setelah penyimpanan selama 12 minggu adalah 4,58%.

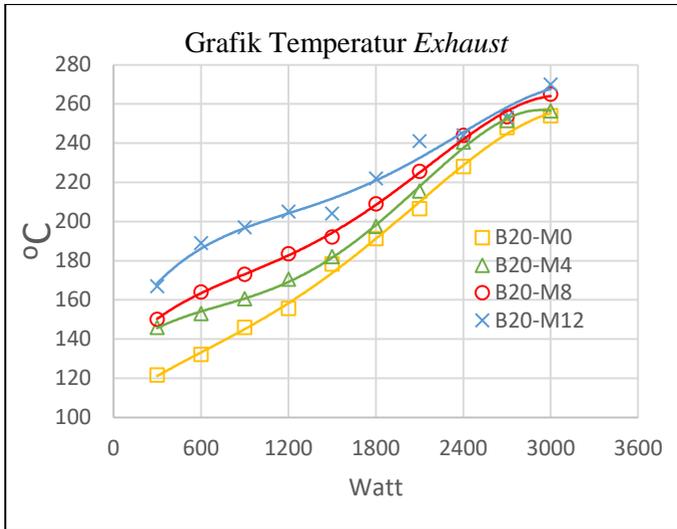
Konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh nilai kalor dari bahan bakar. Nilai kalor B20+Aditif diketahui menurun seiring waktu penyimpanan. Oleh karena itu untuk mencapai daya yang sama, akan dibutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak dengan nilai kalor yang lebih rendah (pattamaprom).

4.3.3 Temperatur Engine dan Exhaust Gas

Dari gambar 4.9 dan 4.10 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada mesin dan gas buang terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, sementara temperature *exhaust gas* merupakan pembacaan pada knalpot.



Gambar 4. 9 Grafik Temperatur Engine B20+Aditif



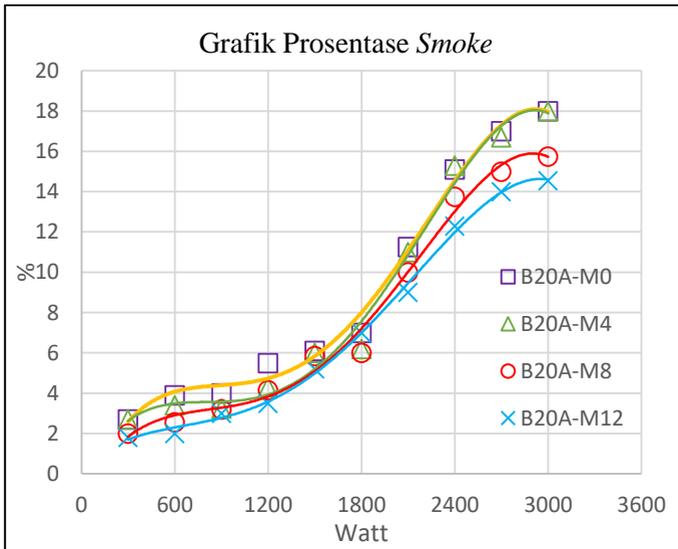
Gambar 4. 10 Grafik Temperatur Exhaust B20+Aditif

Terlihat bahwa grafik pada Gambar 4.9 dan 4.10 memiliki trend yang sama untuk semua bahan bakar, yaitu meningkat seiring pertambahan beban mesin dan lama penyimpanan bahan bakar. Fenomena ini berlaku untuk grafik suhu mesin maupun suhu gas buang. Peningkatan rata-rata suhu mesin dan suhu gas buang pada beban 300 hingga 3000 watt selama 12 minggu masa penyimpanan secara berurutan adalah 7,52% dan 12,28%.

Penurunan efisiensi termal seiring bertambahnya durasi penyimpanan bahan bakar menyebabkan peningkatan *heat loss* pada gas buang. Ini disebabkan tingginya suhu di dalam silinder mesin karena lebih banyak bahan bakar yang dibakar untuk memenuhi permintaan beban yang lebih tinggi. Akibat pembakaran yang buruk, suhu gas buang menjadi lebih tinggi untuk bahan bakar yang disimpan lebih lama dibandingkan dengan kondisi awalnya pada keseluruhan beban mesin [16].

4.3.4 Smoke Opacity

Dari gambar 4.11 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. *Smoke Opacity* adalah tingkat ketebalan asap yang dihasilkan oleh *engine*. Asap ini adalah bentuk padatan atau butiran karbon yang tercampur ke dalam *exhaust gas* dan merupakan hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna.



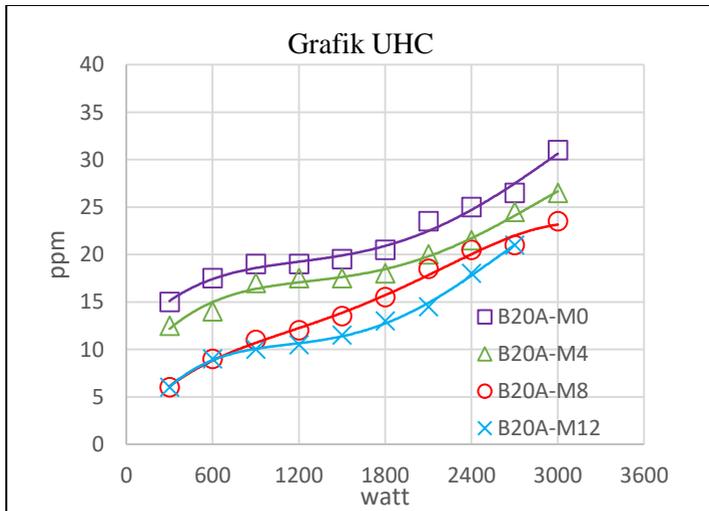
Gambar 4. 11 Grafik Prosentase Smoke B20+Aditif

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa, trendline dari semua jenis bahan bakar hampir sama, yaitu cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya beban dan nilainya lebih rendah seiring penyimpanan bahan bakar. Grafik tersebut sesuai seperti penelitian yang dilakukan oleh [17.18]. Setelah dilakukan penyimpanan, terlihat pada grafik bahwa terjadi penurunan nilai emisi *smoke*. Setelah disimpan selama 12 minggu, terjadi rata-rata penurunan untuk beban 300 hingga 3000 watt sebesar 20,09%.

Reduksi dari *Smoke* diakibatkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar yang teroksidasi. Selain itu pada bahan bakar yang telah terdegradasi, terjadi penurunan kandungan karbon oleh aktivitas mikroba.

4.3.5 Unburnt Hydrocarbon (UHC)

Dari gambar 4.12 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbom* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. *Unburnt Hydrocarbon* adalah gas yang terbentuk karena pembakaran dengan yang tidak sempurna.



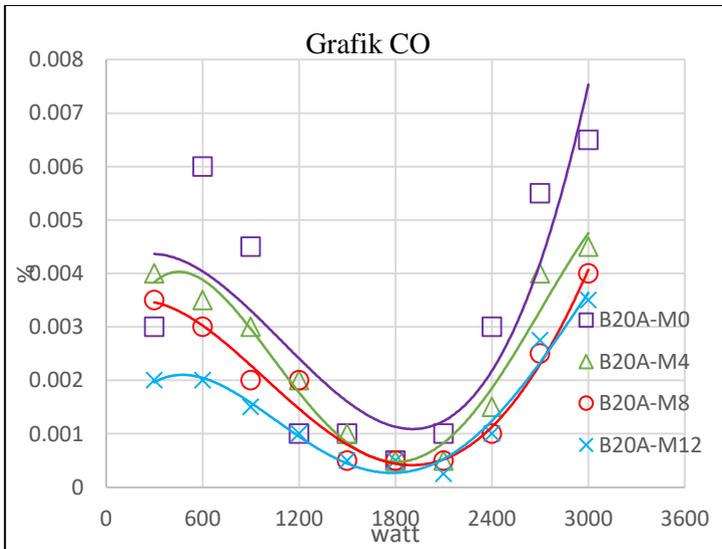
Gambar 4. 12 Grafik UHC B20+Aditif

Terlihat bahwa nilai HC dari setiap bahan bakar menunjukkan trendline yang cenderung meningkat curam pada beban atas, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (nantha gopal). Terlihat pula bahwa setelah dilakukan penyimpanan terjadi penurunan nilai emisi *UHC*. Setelah disimpan selama 12 minggu, rata-rata penurunan untuk beban 300 hingga 3000 watt adalah

sebesar 37,28%. Fenomena ini terjadi karena pengaruh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada biodiesel yang terdegradasi sehingga menjadikan pembakaran yang terjadi lebih sempurna.

4.3.6 Kadar CO

Dari gambar 4.13 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar CO dalam (%V) yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. CO atau karbon monoksida adalah gas yang terbentuk karena pembakaran pada AFR yang tidak tepat dan temperature *exhaust gas* yang tidak tepat.



Gambar 4.13 Grafik Emisi CO B20+Aditif

Dari grafik 4.13, didapatkan bahwa emisi CO menurun pada beban menengah dan naik kembali di beban atas. Penurunan nilai emisi CO juga terjadi seiring penyimpanan bahan bakar. Setelah

disimpan selama 12 minggu, rata-rata penurunan untuk beban 300 hingga 3000 watt adalah sebesar 58,59%.

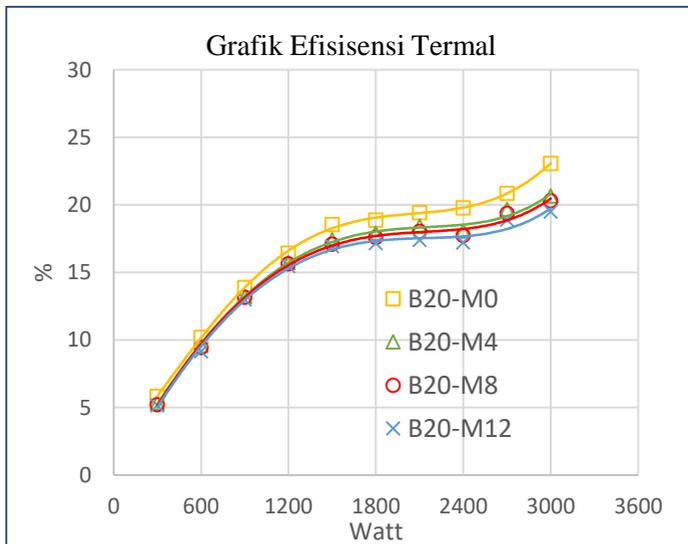
Fenomena di atas terjadi disebabkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar terdegradasi menyebabkan proses pembakaran yang lebih baik dan lebih singkat. Sehingga mengurangi produksi emisi CO [16].

4.4 Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Campuran (B20)

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan bahan bakar Biodiesel dengan variasi durasi penyimpanan selama 0, 4, 8, dan 12 pekan dalam bentuk grafik.

4.4.1 Efisiensi Thermal (η_{th})

Dari gambar 4.14, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Thermal Efficiency* yang dihasilkan oleh *engine* terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*.



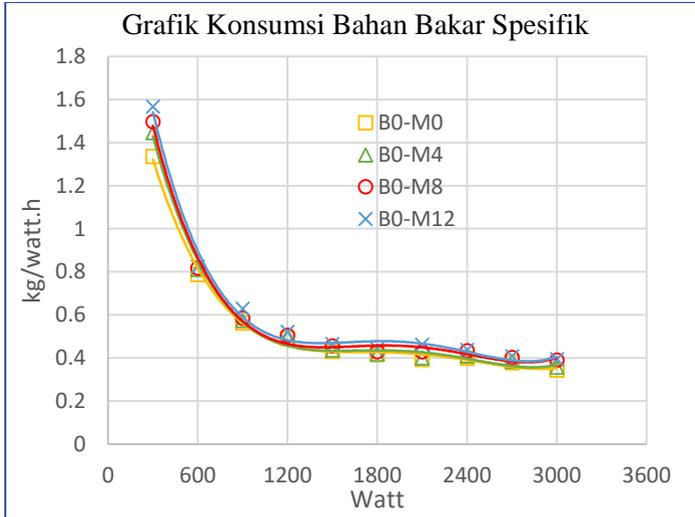
Gambar 4. 14 Grafik Efisiensi Termal B20

Trendline dari masing-masing grafik terlihat hampir sama, yaitu meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Selain itu, terlihat pula bahwa terjadi penurunan efisiensi seiring bertambahnya durasi *storage* bahan bakar. Hasil tersebut sesuai dengan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh pattamaprom gad, bahwa makin bertambahnya waktu penyimpanan, grafik efisiensi termal yang dimiliki makin rendah. Rata-rata penurunan efisiensi mesin (beban 300-3000 watt) setelah dilakukan penyimpanan selama 12 minggu adalah sebesar 4,25%.

Fenomena di atas dapat terjadi karena terdapatnya peningkatan nilai densitas dan viskositas bahan bakar seperti yang telah dijelaskan pada bagian 4.1.2 C dan D. Peningkatan densitas akan meningkatkan nilai *mass flow rate* bahan bakar yang berbanding terbalik dengan nilai efisiensi termal. Sedangkan peningkatan nilai viskositas dapat menurunkan kualitas penyemprotan injector, sehingga mengganggu kualitas pembakaran juga.

4.4.2 Specific Fuel Consumption (SFC)

Dari gambar 4.15, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. BSFC adalah jumlah bahan bakar dalam kg yang digunakan untuk menghasilkan 1 KW daya pada waktu 1 jam.



Gambar 4. 15 Grafik SFC B20

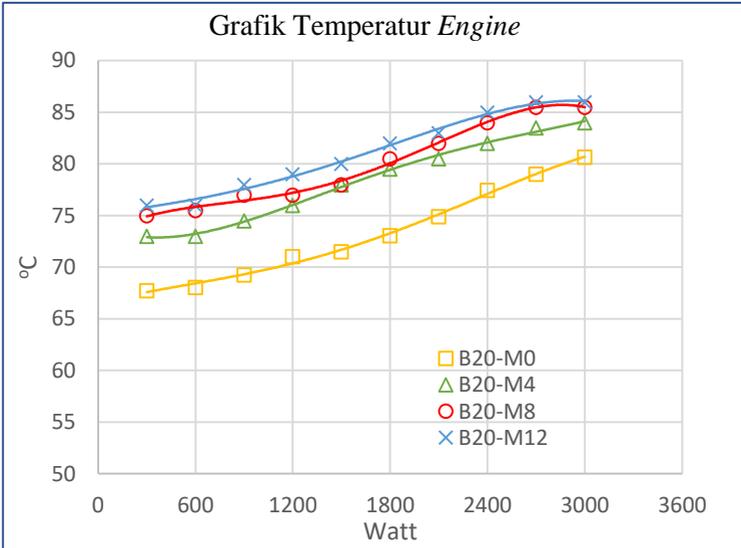
Trendline dari masing-masing grafik hampir serupa. Terlihat pula bahwa semakin bertambahnya beban yang diberikan pada mesin akan memberikan nilai BSFC yang semakin rendah. Bahan bakar yang telah melewati masa penyimpanan terlihat memiliki grafik BSFC yang sedikit lebih tinggi. Grafik BSFC yang paling tinggi dimiliki B20 setelah 12 minggu masa *storage*. Fenomena tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh pattamaprom. Rata-rata peningkatan nilai BSFC (beban 300-3000 watt) setelah penyimpanan selama 12 minggu adalah 4,97%.

Konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh nilai kalor dari bahan bakar. Nilai kalor B20 diketahui menurun seiring waktu penyimpanan. Oleh karena itu untuk mencapai daya yang sama, akan dibutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak untuk bahan bakar dengan nilai kalor yang lebih rendah [17].

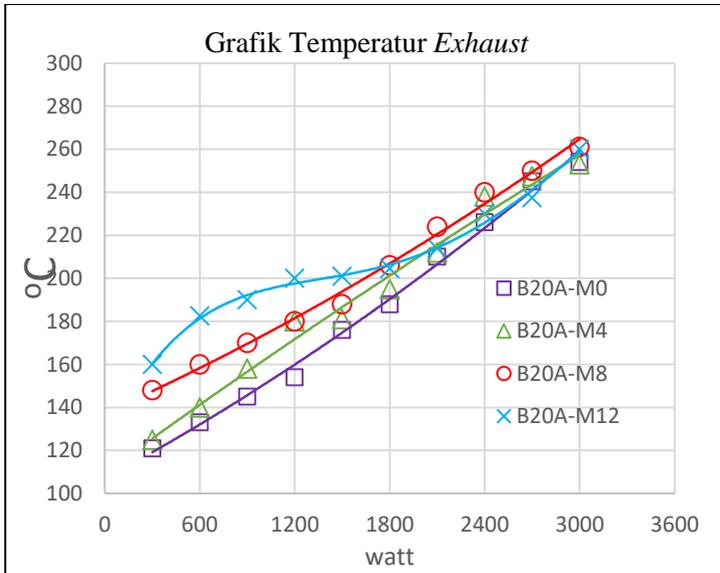
4.4.3 Temperatur Engine dan Exhaust Gas

Dari gambar 4.16 dan 4.17 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada mesin dan gas

buang terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, sementara temperature *exhaust gas* merupakan pembacaan pada knalpot.



Gambar 4. 16 Grafik Temperatur Engine B20



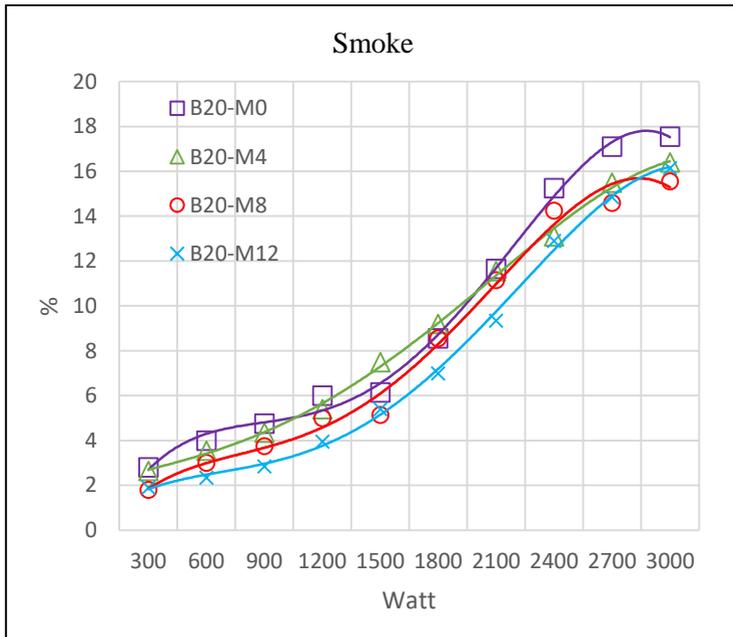
Gambar 4. 17 Temperatur Exhaust B20

Terlihat bahwa grafik memiliki trend yang sama untuk semua bahan bakar, yaitu meningkat seiring pertambahan beban serta lebih tinggi seiring bertambahnya lama penyimpanan bahan bakar. Fenomena ini berlaku untuk grafik suhu mesin maupun suhu gas buang. Fenomena ini pun menunjukkan bahwa pada suhu mesin yang lebih tinggi akan memberikan efisiensi mesin yang lebih rendah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14.

Penurunan efisiensi termal seiring peningkatan durasi penyimpanan bahan bakar menyebabkan peningkatan *heat loss* pada gas buang. Ini disebabkan tingginya suhu di dalam silinder mesin karena lebih banyak bahan bakar yang dibakar untuk memenuhi permintaan beban yang lebih tinggi. Akibat pembakaran yang buruk, suhu gas buang menjadi lebih tinggi untuk bahan bakar yang disimpan lebih lama dibandingkan dengan kondisi awalnya untuk keseluruhan beban mesin [16].

4.4.4 Smoke Opacity

Dari gambar 4.18 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. *Smoke Opacity* adalah tingkat ketebalan asap yang dihasilkan oleh *engine*. Asap ini adalah bentuk padatan atau butiran karbon yang tercampur kedalam *exhaust gas* dan merupakan hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna.



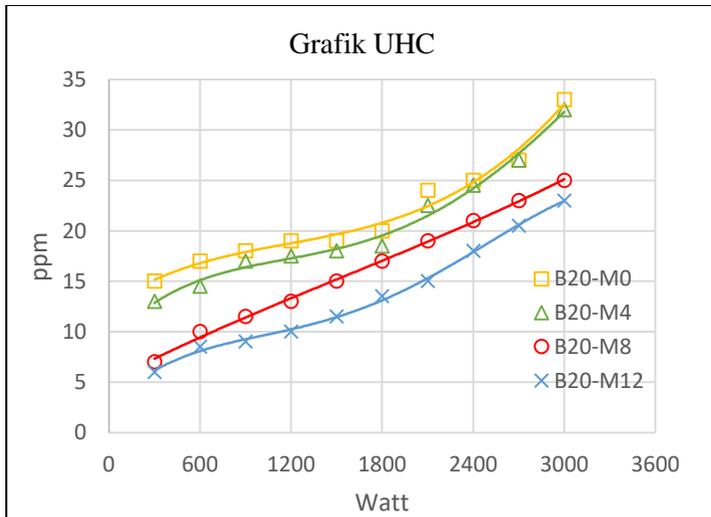
Gambar 4. 18 Grafik Prosentase Smoke B20

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, trendline dari semua jenis bahan bakar serupa, yaitu cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya beban dan nilainya lebih rendah seiring penyimpanan bahan bakar. Grafik tersebut sesuai seperti penelitian yang dilakukan oleh [18].

Reduksi dari *Smoke* diakibatkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar yang teroksidasi. Selain itu pada bahan bakar yang telah terdegradasi, terjadi penurunan kandungan karbon oleh aktivitas mikroba.

4.4.5 Unburnt Hydrocarbon (UHC)

Dari gambar 4.19 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbom* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. *Unburnt Hydrocarbon* adalah gas yang terbentuk karena pembakaran dengan yang tidak sempurna.

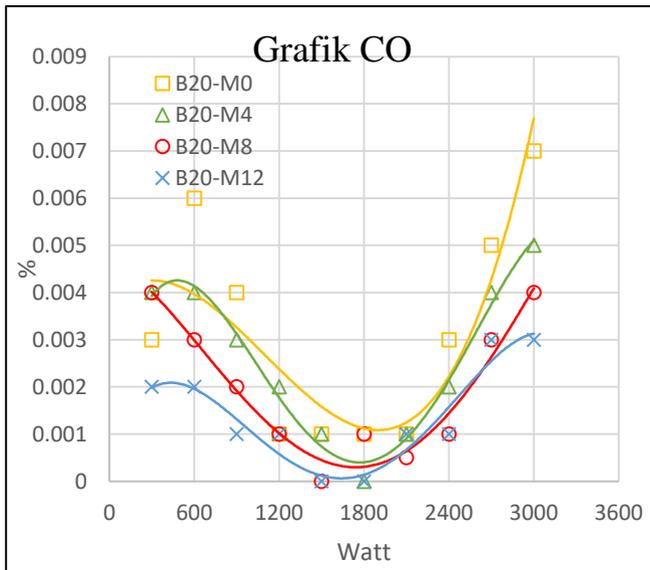


Gambar 4. 19 Grafik UHC B20

Terlihat bahwa nilai HC dari bahan bakar B20 menunjukkan trendline yang cenderung meningkat curam pada beban atas, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (nantha gopal). Fenomena ini terjadi karena pengaruh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada biodiesel yang terdegradasi sehingga menjadikan pembakaran lebih sempurna.

4.4.6 Kadar CO

Dari gambar 4.20 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar CO dalam (%V) yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. CO atau karbon monoksida adalah gas yang terbentuk karena pembakaran pada AFR yang tidak tepat dan temperature *exhaust gas* yang tidak tepat.



Gambar 4. 20 Grafik Emisi CO B20

Dari grafik, didapatkan bahwa emisi CO menurun pada beban menengah dan naik kembali di beban atas. Penurunan nilai emisi CO juga terjadi seiring penyimpanan bahan bakar. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh gad, d.h.qi, nantha.

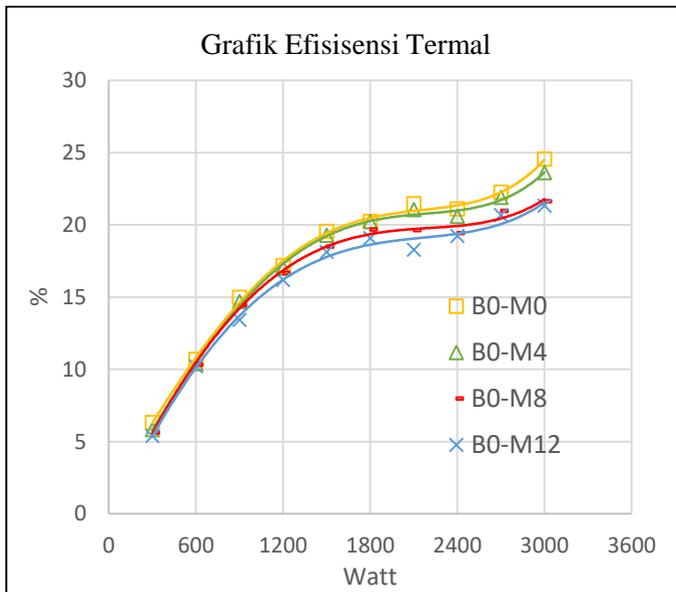
Fenomena di atas terjadi disebabkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar terdegradasi menyebabkan proses pembakaran yang lebih baik dan lebih singkat. Sehingga mengurangi produksi emisi CO [16].

4.5 Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Dexlite (B0)

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan bahan bakar Biodiesel dengan variasi durasi penyimpanan selama 0, 4, 8, dan 12 pekan dalam bentuk grafik.

4.5.1 Efisiensi Thermal (η_{th})

Dari gambar 4.21, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Thermal Efficiency* yang dihasilkan oleh *engine* terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*.



Gambar 4. 21 Grafik Efisiensi Termal B0

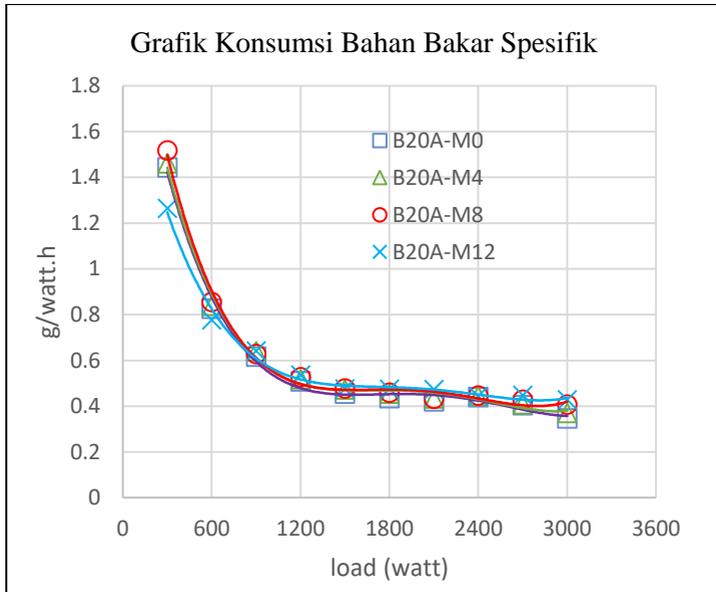
Trendline dari masing-masing grafik terlihat hampir sama, yaitu meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Selain itu, terlihat pula bahwa terjadi penurunan efisiensi seiring bertambahnya durasi *storage* bahan bakar. Hasil tersebut sesuai dengan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh

pattamaprom gad, bahwa makin bertambahnya waktu penyimpanan, grafik efisiensi termal yang dimiliki makin rendah. Rata-rata penurunan efisiensi mesin (beban 300-3000 watt) setelah dilakukan penyimpanan selama 12 minggu adalah sebesar 11,16%.

Fenomena di atas dapat terjadi karena terdapatnya peningkatan nilai densitas dan viskositas bahan bakar seperti yang telah dijelaskan pada bagian 4.1.2 C dan D. Peningkatan densitas akan meningkatkan nilai *mass flow rate* bahan bakar yang berbanding terbalik dengan nilai efisiensi termal. Sedangkan peningkatan nilai viskositas dapat menurunkan kualitas penyemprotan injector, sehingga mengganggu kualitas pembakaran juga.

4.5.2 Specific Fuel Consumption (SFC)

Dari gambar 4.22, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. BSFC adalah jumlah bahan bakar dalam kg yang digunakan untuk menghasilkan 1 KW daya pada waktu 1 jam.



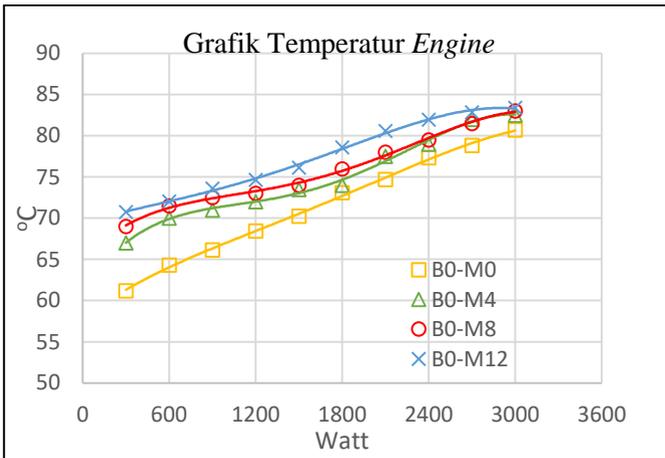
Gambar 4. 22 Grafik SFC B0

Trendline dari masing-masing grafik hampir serupa. Terlihat pula bahwa semakin bertambahnya beban yang diberikan pada mesin akan memberikan nilai BSFC yang semakin rendah. Bahan bakar yang telah melewati masa penyimpanan terlihat memiliki grafik BSFC yang sedikit lebih tinggi. Grafik BSFC yang paling tinggi dimiliki B0 setelah 12 minggu masa *storage*. Fenomena tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh pattamaprom. Rata-rata peningkatan nilai BSFC (beban 300-3000 watt) setelah penyimpanan selama 12 minggu adalah 13,11%.

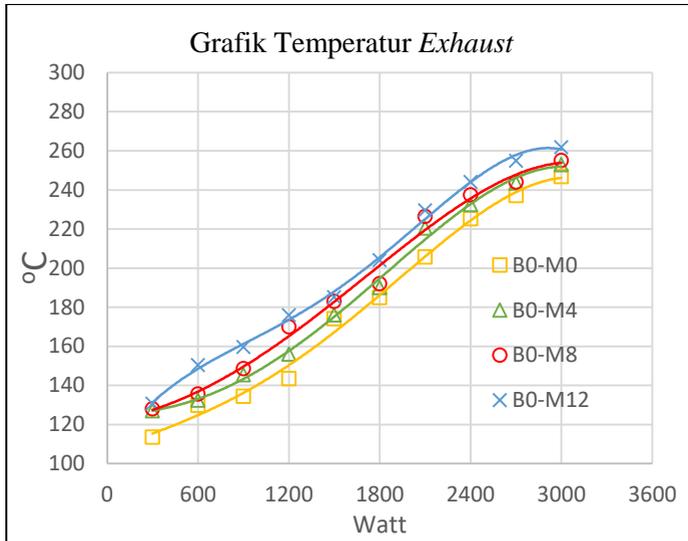
Konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh nilai kalor dari bahan bakar. Nilai kalor B0 diketahui menurun seiring waktu penyimpanan. Oleh karena itu untuk mencapai daya yang sama, akan dibutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak untuk bahan bakar dengan nilai kalor yang lebih rendah [17].

4.5.3 Temperatur Engine dan Exhaust Gas

Dari gambar 4.23 dan 4.24 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada mesin dan gas buang terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, sementara temperature *exhaust gas* merupakan pembacaan pada knalpot.



Gambar 4. 23 Grafik Temperatur Engine B0



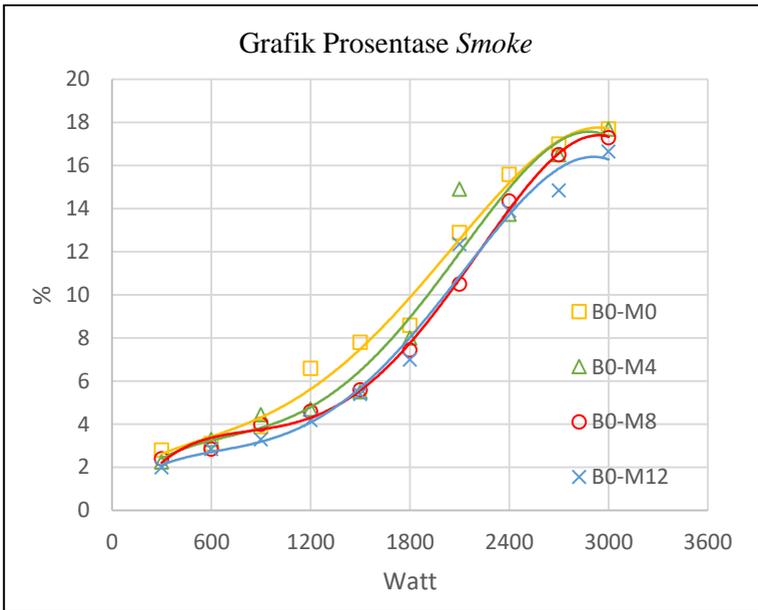
Gambar 4. 24 Grafik Temperatur Exhaust B0

Terlihat bahwa grafik memiliki trend yang sama untuk semua bahan bakar, yaitu meningkat seiring pertambahan beban serta lebih tinggi seiring bertambahnya lama penyimpanan bahan bakar. Fenomena ini berlaku untuk grafik suhu mesin maupun suhu gas buang. Fenomena ini pun menunjukkan bahwa pada suhu mesin yang lebih tinggi akan memberikan efisiensi mesin yang lebih rendah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.21.

Penurunan efisiensi termal seiring peningkatan durasi penyimpanan bahan bakar menyebabkan peningkatan *heat loss* pada gas buang. Ini disebabkan tingginya suhu di dalam silinder mesin karena lebih banyak bahan bakar yang dibakar untuk memenuhi permintaan beban yang lebih tinggi. Akibat pembakaran yang buruk, suhu gas buang menjadi lebih tinggi untuk bahan bakar yang disimpan lebih lama dibandingkan dengan kondisi awalnya untuk keseluruhan beban mesin [16].

4.5.4 Smoke Opacity

Dari gambar 4.25 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. *Smoke Opacity* adalah tingkat ketebalan asap yang dihasilkan oleh *engine*. Asap ini adalah bentuk padatan atau butiran karbon yang tercampur kedalam *exhaust gas* dan merupakan hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna.



Gambar 4. 25 Grafik Prosentase Smoke B0

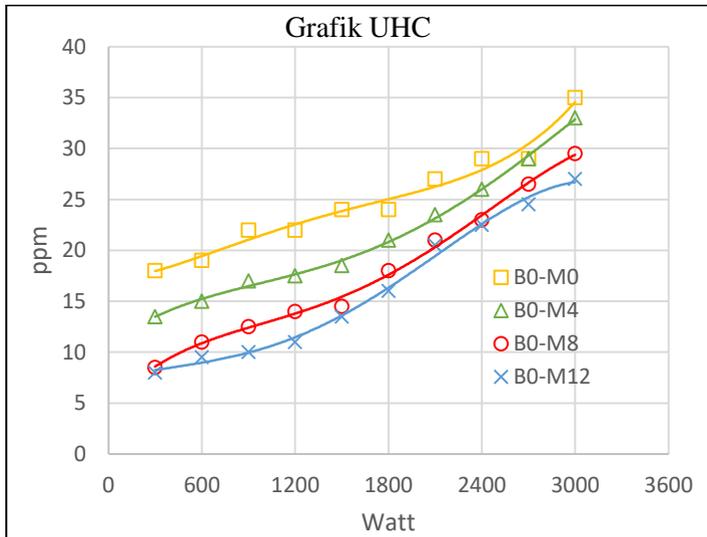
Dari gambar 4.25 dapat disimpulkan bahwa, trendline dari semua jenis bahan bakar hampir sama, yaitu cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya beban dan nilainya lebih rendah seiring penyimpanan bahan bakar. Grafik tersebut sesuai seperti penelitian yang dilakukan oleh (y.h. teoh, d.h. qi, nantha gopal).

Reduksi dari *Smoke* diakibatkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar yang teroksidasi. Selain itu

pada bahan bakar yang telah terdegradasi, terjadi penurunan kandungan karbon oleh aktivitas mikroba.

4.5.5 Unburnt Hydrocarbon (UHC)

Dari gambar 4.26 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbom* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. *Unburnt Hydrocarbon* adalah gas yang terbentuk karena pembakaran dengan yang tidak sempurna.

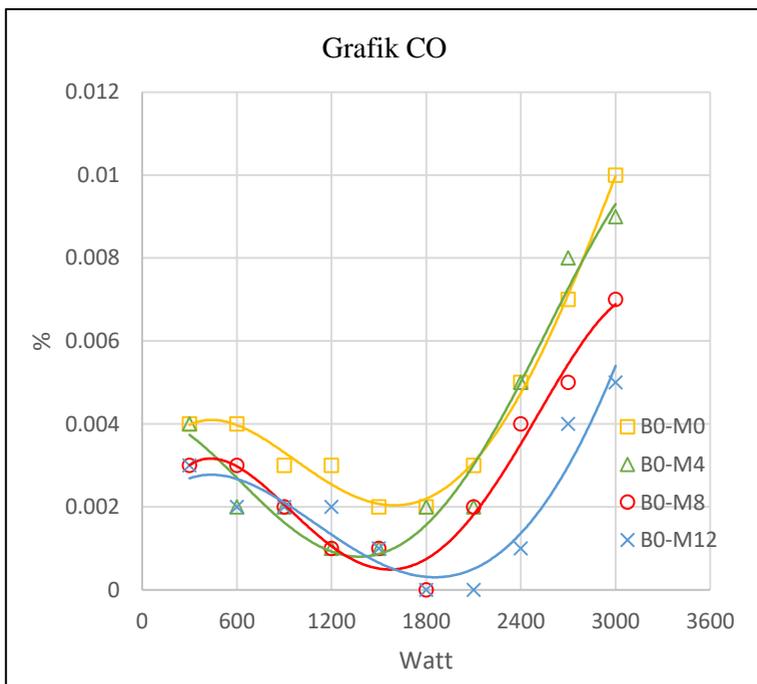


Gambar 4. 26 Grafik UHC B0

Terlihat bahwa nilai HC dari setiap bahan bakar menunjukkan trendline yang cenderung meningkat curam pada beban atas, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (nantha gopal). Fenomena ini terjadi karena pengaruh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar yang terdegradasi sehingga menjadikan pembakaran lebih sempurna.

4.5.6 Kadar CO

Dari gambar 4.27 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar CO dalam (%V) yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. CO atau karbon monoksida adalah gas yang terbentuk karena pembakaran pada AFR yang tidak tepat dan temperature *exhaust gas* yang tidak tepat.



Gambar 4. 27 Grafik Emisi CO B0

Dari grafik, didapatkan bahwa emisi CO menurun pada beban menengah dan naik kembali di beban atas. Penurunan nilai emisi CO juga terjadi seiring penyimpanan bahan bakar. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh gad, d.h.qi, nantha.

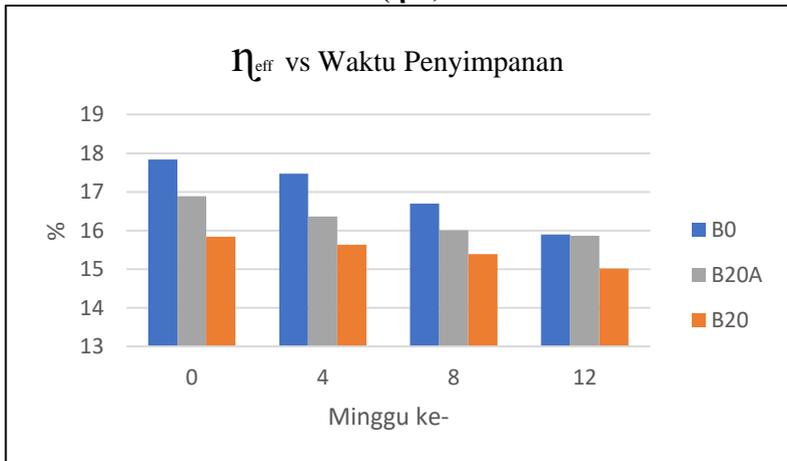
Fenomena di atas terjadi disebabkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar terdegradasi menyebabkan

proses pembakaran yang lebih baik dan lebih singkat. Sehingga mengurangi produksi emisi CO [16].

4.6 Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Biodiesel (B20+Aditif), B20, dan Dexlite (B0) pada Penyimpanan Bahan Bakar Minggu ke-12

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan bahan bakar Biodiesel (B20), B20+Aditif, dan Dexlite (B0) dengan variasi durasi penyimpanan selama 0, 4, 8, dan 12 pekan dalam bentuk grafik. Data yang akan disajikan pada grafik merupakan rata-rata dari hasil pengujian pada mesin yang diberi beban sebesar 300 hingga 3000 watt dengan interval 300 watt.

4.6.1 Efisiensi Thermal (η_{th})

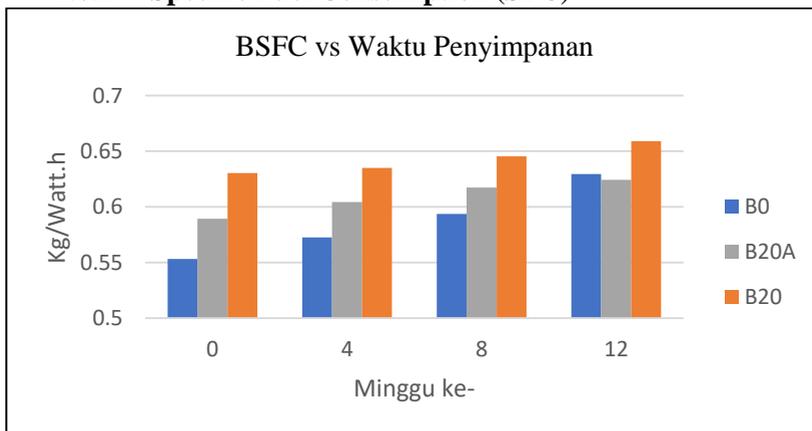


Gambar 4. 28 Grafik Efisiensi Thermal

Dari Gambar 4.28, dapat dilihat grafik yang menunjukkan rata-rata *Brake Thermal Efficiency* yang dihasilkan oleh *engine* dengan bahan bakar B0, B20+Aditif, dan B20 pada pengujian yang dilakukan setiap bulan.

Terlihat bahwa *trendline* dari masing-masing bahan bakar mengalami penurunan seiring waktu penyimpanan bahan bakar. Rata-rata penurunan yang terjadi pada B0, B20, dan B20+Aditif masing-masing sebesar 11,66%, 4,25%, dan 3,63%. Fenomena tersebut dapat terjadi karena terjadi penurunan nilai kalor bahan bakar seiring penyimpanan yang berakibat pada peningkatan kebutuhan bahan bakar untuk mencapai daya mesin yang diinginkan. Sesuai referensi, B20 mengalami perubahan efisiensi termal terendah karena memiliki rata-rata penurunan nilai kalor yang paling kecil, yaitu sebesar 0,021%. Namun, B0 mengalami perubahan efisiensi termal terbesar walaupun memiliki rata-rata penurunan nilai kalor yang tidak lebih besar dari B20+Aditif. Hal ini disebabkan oleh peningkatan viskositas yang cukup tinggi pada B0, yaitu sebesar 2,45% setiap bulan. Sedangkan rata-rata peningkatan viskositas pada B20+Aditif hanya sebesar 0,31% setiap bulan. Nilai viskositas yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas atomisasi bahan bakar. Atomisasi bahan bakar yang buruk akan mempengaruhi pencampuran bahan bakar dan udara di dalam silinder, sehingga pembakaran menjadi tidak maksimal.

4.6.2 Specific Fuel Consumption (SFC)



Gambar 4. 29 Grafik SFC

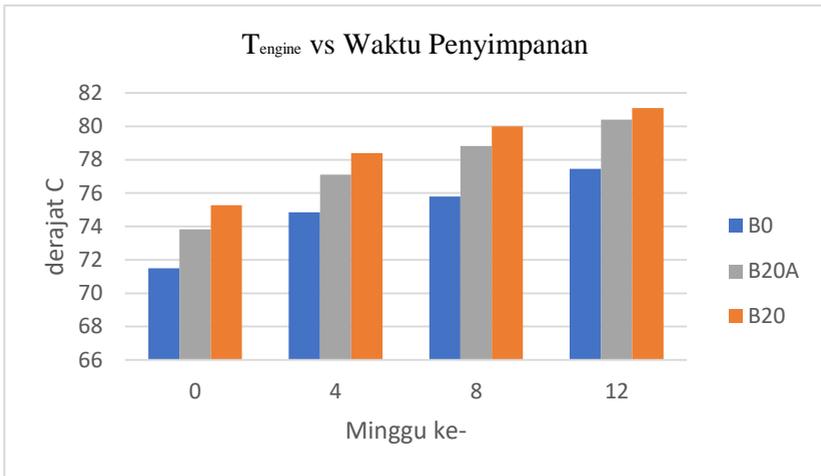
Dari Gambar 4.29, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* dengan bahan bakar B0, B20+Aditif, dan B20 pada pengujian yang dilakukan setiap bulan. BSFC adalah jumlah bahan bakar dalam kg yang digunakan untuk menghasilkan daya 1 watt tiap 1 jam.

Terlihat bahwa masing-masing bahan bakar memiliki *trendline* yang meningkat seiring penyimpanan. Rata-rata peningkatan yang terjadi pada B0, dan B20 masing-masing sebesar 13,11%, dan 11,6%, sedangkan B20+Aditif memiliki rata-rata peningkatan yang terendah, yakni 4,58%. Konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh nilai kalor dari bahan bakar. Penggunaan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang rendah akan berakibat pada peningkatan konsumsi bahan bakar untuk mencapai daya mesin yang diinginkan [17]. Nilai kalor B20+Aditif diketahui memiliki tingkat penurunan yang paling rendah selama masa penyimpanan 12 minggu, yaitu dengan rata-rata sebesar 0,05%. Oleh karena itu, B20+Aditif mengalami perubahan BSFC yang terendah pula. Namun peningkatan BSFC tertinggi justru terjadi pada B0 walaupun nilai kalornya hanya menurun sebesar 0,026% tiap bulannya. Hal ini disebabkan oleh peningkatan viskositas B0 yang cukup besar, yaitu 2,45% per bulan. Sedangkan, B20+Aditif mengalami perubahan viskositas terkecil, yaitu dengan rata-rata 0,31%. Perubahan viskositas bahan bakar akan mempengaruhi kualitas atomisasi bahan bakar ketika diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Ketika atomisasi bahan bakar terganggu akan mempengaruhi pencampuran bahan bakar dan udara sehingga pembakaran yang terjadi pun menjadi tidak sempurna.

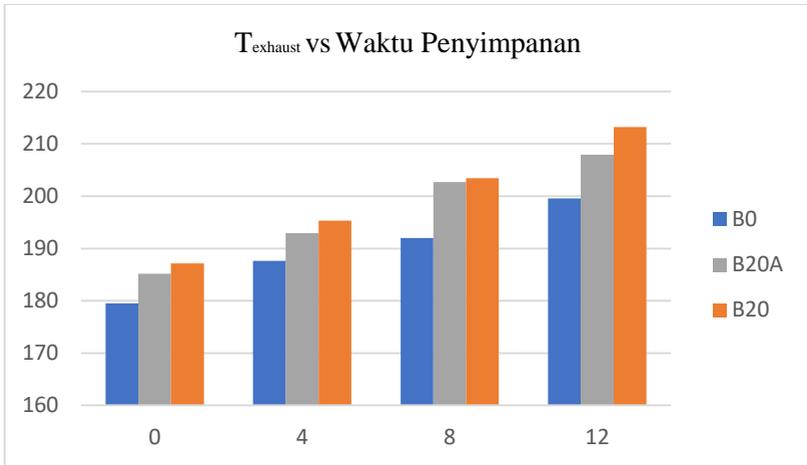
Brake Specific Fuel Consumption sangat dipengaruhi oleh laju aliran massa bahan bakar. Diketahui bahwa densitas bahan bakar merupakan salah satu faktor yang berbanding lurus dengan *mass flow rate* bahan bakar, sehingga biodiesel yang memiliki densitas lebih tinggi menjadi penyebab meningkatnya nilai SFC biodiesel dibandingkan dengan B0. Kemudian, konsumsi bahan

bakar juga dipengaruhi nilai kalor dan kualitas pembakaran yang terjadi. Biodiesel memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibanding B0, hal ini lah yang menyebabkan biodiesel membutuhkan konsumsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan B0 untuk mencapai daya mesin yang sama

4.6.3 Temperatur Engine dan Exhaust Gas



Gambar 4. 30 Grafik Temperatur Engine



Gambar 4. 31 Grafik Temperatur Exhaust

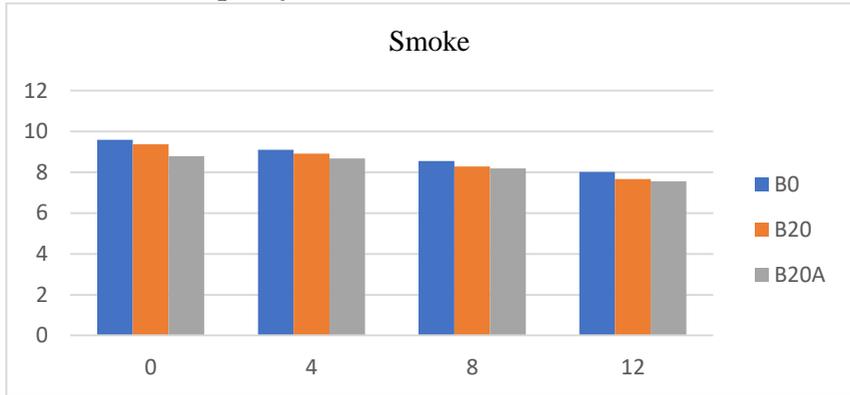
Dari Gambar 4.30 dan Gambar 4.31 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada mesin dan gas buang dari bahan bakar B0, B20, dan B20+Aditif. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, sementara temperature *exhaust gas* merupakan pembacaan pada knalpot.

Terlihat bahwa masing-masing bahan bakar memiliki *trendline* yang meningkat seiring penyimpanan. Rata-rata peningkatan suhu mesin yang terjadi pada B0, B20, dan B20+Aditif selama masa penyimpanan 12 minggu adalah 9,72%, 7,75% dan 7,52% secara berurutan. Pada kenyataannya tinggi suhu pada B20+Aditif masih lebih rendah dibandingkan dengan B20.

Penurunan efisiensi termal pada bahan bakar yang terdegradasi menyebabkan meningkatnya *heatloss*. Hal ini disebabkan tingginya suhu di dalam silinder mesin yang disebabkan sejumlah bahan bakar yang disemprotkan ke dalam ruang bakar tidak semua terkonversi menjadi energi kinetik, melainkan ada yang hilang menjadi energi panas yang terserap mesin dan ikut keluar melalui gas buang .

Dapat dilihat pula bahwa B20 dan B20+Aditif memiliki nilai suhu mesin dan suhu gas buang yang lebih tinggi dibanding B0. B20 memiliki suhu tertinggi pada semua durasi penyimpanan baik suhu mesin maupun suhu gas buang. Perbedaan suhu mesin dan gas buang antara B0, B20, dan B20+Aditif juga disebabkan oleh perbedaan efisiensi termal yang dihasilkan oleh bahan bakar tersebut.

4.6.4 Smoke Opacity



Gambar 4. 32 Grafik Prosentase Smoke

Dari Gambar 4.32 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. *Smoke Opacity* adalah tingkat ketebalan asap yang dihasilkan oleh *engine*. Asap ini adalah bentuk padatan atau butiran karbon yang tercampur kedalam *exhaust gas* dan merupakan hasil dari proses pembakaran yang tidak sempurna.

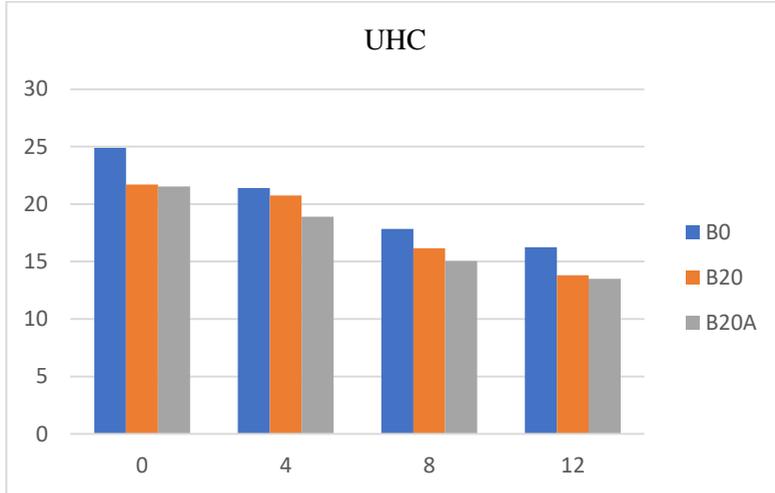
Terlihat bahwa *trendline* dari masing-masing bahan bakar mengalami penurunan nilai smoke seiring waktu penyimpanan bahan bakar. Rata-rata penurunan setiap bulan yang terjadi pada B0, B20, dan B20+Aditif masing-masing sebesar 5,81%, 6,48%, dan 7,17%.

Pada minggu ke-0 masa penyimpanan emisi smoke pada B20+Aditif telah menunjukkan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan B20 dan B0, dengan nilai sebesar 24,5% dan 0,71%. Hal ini sesuai dengan penelitian vijay yang mengatakan penambahan aditive akan mampu mengurangi emisi smoke pada campuran bahan bakar biodiesel, penurunan nilai emisi smoke akan sebanding dengan penambahan aditive pad campuran bahan bakar[vijay].

Fenomena tersebut dapat terjadi karena kandungan oksigen yang terdapat pada bahan bakar terdegradasi menyebabkan pembakaran yang terjadi menjadi lebih bersih. Hal itu lah yang menyebabkan reduksi emisi *smoke* pada bahan bakar terdegradasi. Di samping itu, terjadi pula peningkatan nilai CCI (*Calculated Cetane Index*) pada semua jenis bahan bakar seiring penyimpanan. Peningkatan CCI menyebabkan *ignition delay* saat pembakaran lebih singkat, sehingga dapat mengurangi emisi akibat pembakaran yang kurang sempurna .

Reduksi dari emisi *smoke* ini diakibatkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi serta rendahnya kandungan sulfur pada biodiesel bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional. Kandungan oksigen pada bahan bakar dapat membantu terjadinya pembakaran agar lebih sempurna sehingga dapat mengurangi emisi yang tidak diinginkan dari sisa pembakaran.

4.6.5 Unburnt Hydrocarbon (UHC)



Gambar 4. 33 Grafik UHC

Dari gambar 4.33 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbon* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. *Unburnt Hydrocarbon* adalah gas yang terbentuk karena pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.

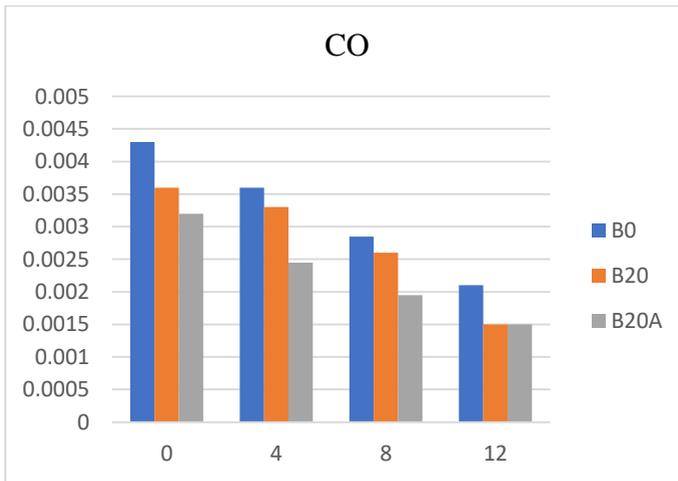
Terlihat bahwa *trendline* dari masing-masing bahan bakar mengalami penurunan seiring waktu penyimpanan bahan bakar. Dengan nilai rata-rata emisi HC pada pembebanan 300-3000watt di awal masa penyimpanan untuk B0, B20, dan B20+Aditif ialah sebesar 24,9, 21,7, 21,52. Dapat dilihat bahwa nilai emisi HC pada B20+Aditif memiliki nilai terendah. Dengan rata-rata penurunan setiap bulan yang terjadi pada B20+Aditif sebesar 14,28%.

Emisi HC cenderung berkurang seiring waktu penyimpanan karena kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar yang terdegradasi, sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih bersih. Di samping itu, terjadi pula peningkatan nilai CCI (*Calculated Cetane Index*) pada semua jenis bahan bakar seiring penyimpanan. Peningkatan CCI menyebabkan *ignition delay* saat

pembakaran lebih singkat, sehingga mengurangi emisi akibat pembakaran yang kurang sempurna. Penurunan emisi HC terendah terjadi pada B20+Aditif dibandingkan dengan B0 dan B20, hal ini sesuai dengan pernyataan *Aditif* yang menyatakan bahwa aditif mampu memaksimalkan potensi energi dan meminimalisir emisi hasil pembakaran.

Penggunaan biodiesel pada mesin diesel dapat menghasilkan pembakaran yang lebih bersih. Hal tersebut disebabkan kandungan oksigen pada biodiesel yang membantu terjadinya pembakaran dalam ruang bakar. Sehingga didapatkan pembakaran yang lebih sempurna dan emisi mesin yang lebih bersih.

4.6.6 Kadar CO



Gambar 4. 34 Grafik Emisi CO

Dari gambar 4.34 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar CO (%v) yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. CO atau karbon monoksida adalah gas yang terbentuk karena pembakaran pada AFR yang tidak tepat dan temperature *exhaust gas* yang tidak tepat.

Terlihat bahwa *trendline* dari masing-masing bahan bakar mengalami penurunan seiring waktu penyimpanan bahan bakar. Rata-rata penurunan tiap bulan yang terjadi pada B0, B20, dan B20+Aditif masing-masing sebesar 28,78%, 23,95%, dan 25,29%.

Fenomena di atas terjadi disebabkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar yang terdegradasi menyebabkan proses pembakaran yang lebih bersih, sehingga mengurangi produksi emisi CO. Di samping itu, penurunan CO disebabkan juga oleh peningkatan nilai CCI (*Calculated Cetane Index*) pada semua jenis bahan bakar seiring penyimpanan. Peningkatan CCI menyebabkan *ignition delay* saat pembakaran lebih singkat, serta mengurangi kemungkinan terbentuknya zona campuran kaya saat pembakaran.

Selain itu, terlihat pula bahwa pada minggu ke-0 nilai emisi CO pada B20+Aditif memiliki nilai terendah dibandingkan dengan nilai emisi CO pada bahan bakar B0 dan B20, dengan nilai 0,0032, 0,0036, dan 0,0043 untuk B20+Aditif, B20 dan B0 secara berurutan.

Penurunan emisi CO pada B20+Aditif dan B20 dibanding B0 pun disebabkan oleh kandungan oksigen dalam bahan bakar biodiesel serta nilai CCI pada biodiesel yang lebih tinggi dibanding B0. Hal tersebut membantu terjadinya pembakaran yang lebih bersih sehingga dapat mengurangi emisi pembakaran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan Aditif terhadap bahan bakar B20+Aditif memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap pertumbuhan mikroba, hal ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan peningkatan pertumbuhan mikroba selama masa penyimpanan, yakni B20 sebesar 799.900%, sedangkan pada B20+Aditif dan B0 sebesar 299.000% dan 59.000% .
2. Perubahan properties pada bahan bakar B20+Aditif juga dipengaruhi oleh adanya penambahan aditif, hal ini dibuktikan dengan adanya selisih prosentase peningkatan properties pada bahan bakar B20+Aditif dibandingkan dengan B20, yakni bilangan asam sebesar 7,09%, *water content upper* 2,12%, viskositas 70,16%, dan densitas sebesar 12,92%. Sedangkan *water content bottom* pada bahan bakar B20+Aditif terdapat selisih prosentase peningkatan sebesar 105,73% dibandingkan dengan B20.
3. Penyimpanan pada bahan bakar juga dapat menurunkan performa mesin hal ini ditunjukkan dengan menurunnya efisiensi termal dan meningkatnya konsumsi bahan bakar spesifik untuk semua variasi bahan bakar seiring meningkatnya durasi penyimpanan. Ditemukan bahwa rata rata penurunan efisiensi termal terbesar terjadi pada B0, dengan penurunan sebesar 11,6%. Sedangkan pada B20 dan B20+Aditif masing-masing sebesar 4,25% dan 3,63%. Untuk konsumsi bahan bakar peningkatan tertinggi juga terjadi pada B0, dengan rata-rata peningkatan tiap bulannya sebesar 4,45%. Sedangkan untuk B20 dan B20+Aditif sebesar 1,49% dan 0,27%.

4. Penurunan emisi mesin terjadi pada semua jenis bahan bakar selama masa penyimpanan. Tercatat bahwa terjadi penurunan pada B20+Aditif dengan parameter emisi *smoke*, HC, dan CO memiliki laju penurunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan B20 masing-masing sebesar 0,28%, 1,84%, dan 0,44%.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat peraga penelitian butuh peremajaan agar meminimalisir faktor yang dapat memengaruhi validitas hasil pengujian.
2. Perlunya pengadaan peralatan uji *properties* bahan bakar serta pelatihan SOP penggunaannya, mengingat dibutuhkan biaya dan usaha yang cukup besar untuk melakukan kerjasama pengujian dengan pihak ketiga.
3. Perlu dilanjutkannya penelitian lebih mendalam mengenai pengaruh perubahan sifat biologis dan jenis kontaminan mikroba yang terkandung dalam bahan bakar terhadap perubahan sifat kimia dan sifat fisis bahan bakar.
4. Perlu dilanjutkan dengan penelitian stabilitas oksidasi bahan bakar untuk mengkonfirmasi pengaruh perubahan *properties* kimia terhadap performa engine.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Zakaria, H., Khalid, A., Sies, M. F., Mustaffa, N., & Manshoor, B. (2014). Effect of storage temperature and storage duration on biodiesel properties and characteristics. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 465, pp. 316-321). Trans Tech Publications.
- [2]. Silviana*) dan Luqman Buchori (2015). Efek Penyimpanan Biodiesel Berdasarkan Studi Kajian Degradasi Biodiesel CPO, 150-151.
- [3]. Khalid, A., Tamaldin, N., Jaat, M., Ali, M. F. M., Manshoor, B., & Zaman, I. (2013). Impacts of biodiesel storage duration on fuel properties and emissions. *Procedia Engineering*, 68, 225-230.
- [4]. Pedro M. Martin-Sanchez, Anna A. Gorbushina(2018), *Quantification of microbial load in diesel storage tanks using culture and qPCR-based approaches, International Biodeterioration & Biodegradation 126 (2018) 216-223*
- [5]. Berrios, M., Martín, M. A., Chica, A. F., & Martín, A. (2012). Storage effect in the quality of different methyl esters and blends with diesel. *Fuel*, 91(1), 119-125.
- [6]. Silviana, S., & Buchori, L. Efek Penyimpanan Biodiesel Berdasarkan Studi Kajian Degradasi Biodiesel CPO. *Reaktor*, 15(3), 148-153.
- [7]. Jakeria, M. R., Fazal, M. A., & Haseeb, A. S. M. A. (2014). Influence of different factors on the stability of biodiesel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 154-163.
- [8]. Serrano, M., Martínez, M., & Aracil, J. (2013). Long term storage stability of biodiesel: influence of feedstock,

commercial additives and purification step. *Fuel processing technology*, 116, 135-141.

- [9]. Kumar, M., & Sharma, M. P. (2015). Assessment of potential of oils for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 814-823.
- [10]. Salvi, B. L., & Panwar, N. L. (2012). Biodiesel resources and production technologies—A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(6), 3680-3689.
- [11]. Pullen, J., & Saeed, K. (2012). An overview of biodiesel oxidation stability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 5924-5950.
- [12]. Schleicher, T., Werkmeister, R., Russ, W., & Meyer-Pittroff, R. (2009). Microbiological stability of biodiesel–diesel-mixtures. *Bioresource Technology*, 100(2), 724-730.
- [13]. Dodos, G. S., Konstantakos, T., Longinos, S., & Zannikos, F. (2012). Effects of microbiological contamination in the quality of biodiesel fuels. *Global NEST Journal*, 14(2), 175-182.
- [14]. Bückner, F., Santestevan, N. A., Roesch, L. F., Jacques, R. J. S., Peralba, M. D. C. R., de Oliveira Camargo, F. A., & Bento, F. M. (2011). Impact of biodiesel on biodeterioration of stored Brazilian diesel oil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(1), 172-178.
- [15]. Cao, J., Li, H., Xia, X., Zou, X. G., Li, J., Zhu, X. M., & Deng, Z. Y. (2015). Effect of fatty acid and tocopherol on oxidative stability of vegetable oils with limited air. *International journal of food properties*, 18(4), 808-820.
- [16]. Sørensen, G., Pedersen, D. V., Nørgaard, A. K., Sørensen, K. B., & Nygaard, S. D. (2011). Microbial growth studies in biodiesel blends. *Bioresource technology*, 102(8), 5259-5264.

- [17]. Shahabuddin, M., Kalam, M. A., Masjuki, H. H., Bhuiya, M. M. K., & Mofijur, M. (2012). An experimental investigation into biodiesel stability by means of oxidation and property determination. *Energy*, 44(1), 616-622.
- [18]. Gad, M. S., El-Araby, R., Abed, K. A., El-Ibiari, N. N., El Morsi, A. K., & El-Diwani, G. I. (2018). Performance and emissions characteristics of CI engine fueled with palm oil/palm oil methyl ester blended with diesel fuel. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(2), 215-219.
- [19]. Pattamaprom, C., Pakdee, W., & Ngamjaroen, S. (2012). Storage degradation of palm-derived biodiesels: Its effects on chemical properties and engine performance. *Renewable energy*, 37(1), 412-418.
- [20]. Teoh, Y. H., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Amalina, M. A., & How, H. G. (2014). Effects of Jatropha biodiesel on the performance, emissions, and combustion of a converted common-rail diesel engine. *RSC Advances*, 4(92), 50739-50751.
- [21]. Obed M. Ali, Rizalman Mamat , Gholamhassan Najafi, Talal Yusaf Seyed Mohammad Safieddin Ardebili. *Optimization of Biodiesel-Diesel Blended Fuel Properties and Engine Performance with Ether Aditive Using Statistical Analysis and Response Surface Methods*. Filippo Sgroi(2015)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Prabowo. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, penulis merupakan putra dari ibu Sri Widiastuti yang lahir di Lampung Utara pada tanggal 30 Mei 1996. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri Dlangu lulus tahun 2008, SMPN 3 Purworejo lulus tahun 2011, dan SMAN 1 Purworejo, lulus tahun 2014. Pendidikan sarjana ditempuh di Departemen Teknik Mesin ITS melalui jalur SNMPTN 2014.

Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis bergabung dalam organisasi kemahasiswaan Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin-ITS selama periode 2015-2016 sebagai Staff Divisi Roda 2, kemudian pada tahun 2016-2017 diberi amanah untuk menjadi Ketua Divisi Roda 2. Bidang minat penulis dalam mengerjakan tugas akhir adalah Konversi Energi. Penulis dapat dihubungi di email Untuk menghubungi penulis dalam rangka pemenuhan kritik dan saran dari pembaca, dapat dilakukan melalui email bowopra000@gmail.com. Penulis sangat terbuka dalam segala hal terkait penelitian ini, maupun hal lainnya.