



TUGAS AKHIR - TM184730

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *BIOEDISEL STORAGE* TERHADAP UNJUK KERJA DAN EMISI MESIN DIESEL 4 - LANGKAH SILINDER TUNGGAL DENGAN METODE PENYIMPANAN TEREKSPOS MATAHARI**

CHANDRA NUGROHO  
NRP 0211144000013

Dosen Pembimbing  
Dr.Ir.ATOK SETIYAWAN,M.Eng.Sc

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





**TUGAS AKHIR – TM 184730**

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *BIOEDISEL STORAGE* TERHADAP UNJUK KERJA DAN EMISI MESIN DIESEL 4 – LANGKAH SILINDER TUNGGAL DENGAN METODE PENYIMPANAN TEREKSPOS MATAHARI**

**CHANDRA NUGROHO**  
NRP 0211144000013

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**





**FINAL PROJECT – TM 184730**

**EKSPERIMENTAL STUDY ON EFFECT *BIOEDISEL*  
STORAGE OF PEFORMANCE AND EMISSION OF  
DIESEL ENGINE 4 – STROKE SINGLE CYLINDER  
WITH SUN EXPOSED STORAGE METHOD**

**CHANDRA NUGROHO**  
NRP 0211144000013

Academic Advidsor :  
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 EKSPERIMEN PENGARUH *BIODIESEL*  
STORAGE TERHADAP UNJUK KERJA DAN EMISI  
MESIN DIESEL 4-LANGKAH SILINDER TUNGGAL  
DENGAN METODE PENYIMPANAN TEREKSPOS  
MATAHARI**

**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:

**CHANDRA NUGROHO**

NRP. 0211144000013

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc (Pembimbing)  
NIP. 196604021989031002
2. Bb. Arip Dwiyanoro, ST, M.Eng, PhD. (Penguji I)  
NIP. 197804012002121001
3. Is Bunyamin Suryo, S.T, M.Sc (Penguji II)  
NIP. 198208192012121003



**SURABAYA  
JANUARI, 2020**



**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *BIOEDISEL*  
STORAGE TERHADAP UNJUK KERJA DAN EMISI  
MESIN DIESEL 4 – LANGKAH SILINDER  
TUNGGAL DENGAN METODE PENYIMPANAN  
TEREKSPOS MATAHARI**

**Nama** : Chandra Nugroho  
**NRP** : 021114000013  
**Departemen** : Teknik Mesin  
**Pembimbing** : Dr.Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc

**ABSTRAK**

Biodiesel adalah bahan bakar terbarukan dari tumbuhan atau lemak hewan yang ramah lingkungan karena memiliki kadar sulfur yang rendah dibandingkan bahan bakar fosil yang ketersediannya semakin terbatas. Tetapi bahan bakar dari tumbuhan atau lemak hewan memiliki kelemahan yaitu mudah terdegradasi dalam proses penyimpanannya. Dan salah satu dari sekian banyak olahan bioediesel adalah B-20 yang merupakan bahan bakar diesel campuran minyak nabati 20% dan minyak bumi (petroleum diesel) 80%. Dalam penelitian ini akan diketahui bagaimana pengaruh biodiesel storage terhadap performa dan emisi engine diesel.

Penelitian ini dimulai dengan perancangan tangki penyimpanan dari material steel, kapasitas 50liter dengan pengondisian tangki bahan bakar disimpan di ruangan terbuka yang terekspos matahari langsung. Penyimpanan dilakukan selama 12 minggu dan dilakukan pengujian fisik, kimia dan kontaminasi mikroba setiap 4 minggu sekali. Selajutnya juga dilakukan uji unjuk kerja dan emisi gas buang pada engine diesel. Yang nantinya dibandingkan dengan bahan bakar pembading Dexlite (B0) dan B20 yang disimpan di ruangan tertutup.

Dari hasil penelitian didapatkan bahan bakar B20 yang disimpan diruangan terbuka memiliki kontaminasi mikroba tertinggi dibandingkan B0 dan B20 yang disimpan diruangan tertutup dengan nilai peningkatan sebesar 999,9%, selain itu terjadi peningkatan propestis bahan bakar selama masa penyimpanan seperti densitas, viskositas, acid value dan water content. Sedangkan untuk performa engine mengalami penurunan, seperti penurunan efisiensi termal sebesar 2,5% lebih besar dari B20. Dan kenaikan konsumsi bahan bakar spesifik tiap bulan sebesar 3,5% lebih besar dari 2 bahan bakar lainnya. Untuk emisi gas buang bahan bakar B20 terekspos matahari mengalami penurunan yaitu penurunan kadar partikulat, HC dan CO setiap bulannya masing-masing sebesar 5,7%,12,4%, dan 18,8%, nilai tersebut paling rendah dibandingkan 2 bahan bakar lainnya.

**Kata Kunci :**

# **EKSPERIMENTAL STUDY ON EFFECT *BIOEDISEL STORAGE OF* PEFORMANCE AND EMISSION OF DIESEL ENGINE 4 – STROKE SINGLE CYLINDER WITH SUN EXPOSED STORAGE METHOD**

**Name** : Chandra Nugroho  
**NRP** : 021114000013  
**Departement** : Teknik Mesin  
**Academic Advisor** : Dr.Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc

## **ABSTRACT**

Biodiesel is a renewable fuel from plants or animal fats that is environmentally friendly because it has a low sulfur content from fossil fuels whose availability is increasingly limited. But fuel from plants or animal fats has the disadvantage of being easily degraded in its storage process. And one of the many processed bioedicine is B-20 which is a diesel fuel mixture of 20% vegetable oil and petroleum diesel 80%. In this research, it will be known how the effect of biodiesel storage on diesel engine performance and emissions.

The research began with the design of a steel storage tank, 50 liters capacity by conditioning the fuel tank stored in an open space exposed to direct sunlight. Storage is carried out for 12 weeks and physical, chemical and microbial contamination is tested every 4 weeks. Furthermore, performance tests and exhaust emissions are also tested on diesel engines. Which will be compared with Dexlite (B0) and B20 compare fuel stored in a closed room.

The results showed that B20 fuel stored in the open room had the highest microbial contamination compared to B0 and B20 stored in a closed room with an increase in value of 999.9%, in addition there was an increase in fuel propagation during the

storage period such as density, viscosity, acid value and water content. As for engine performance has decreased, such as a decrease in thermal efficiency by 2.5% greater than the B20. And the increase in specific fuel consumption every month by 3.5% d is greater than the other 2 fuels. For gas emissions of B20 fuel exposed to the sun decreased, namely decreased levels of particulate matter, HC and CO each month by 5.7%, 12.4%, and 18.8%, the value is the lowest compared to 2 other fuels.

**Key Word : Diesel, Biodeisel, Biodiesel Storage, Microbes, Properties, Peformance and Emission**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dihaturkan kehadirat Allah SWT, hanya karena tutunannya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan Pendidikan Sarajana S-1 Depertemen Teknik Mesin , Fakultas Teknologi Industri,Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusun Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan dengan baik katas bantuan dan kerja samadari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada;

1. Orang tua dan Saudara Penulis, Ibu **Urifah** , Bapak **Syaiful Bahri** dan **Erik Sagita Bahri** yang senantiasa mendoakan, membimbing dan memberikan semua hal terbaik untuk penulis. Terimakasih karena telah menjadi orangtua dan saudara terbaik bagi penulis.
2. **Dr.Ir. Atok Setiyawan, M.Eng.Sc** yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. **Bb. Arip Dwiyantoro, ST, M.Eng, Ph.D, Is Bunyamin Suryo,ST,M.Eng** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis untuk Tugas Akhir ini.
4. Seluruh punggawa **Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin (LBMM) FTI ITS** yang telah memberikan cerita, pengalaman hidup, dan keorganisasian yang penuh suka dan duka selama ini.
5. Kerabat “Satu Jiwa Pikopakopi , **Gilang Lukito Prabowo.**”yang telah membantu saya untuk survive dalam penyelesaian Tugas Akhir.
6. **Tito,Marom,Dani,Bowo,Ibra,Bagyio,Abud,Rozy, Nolii** atas semangat yang telah diberikan

7. **Bengkelerz 2014 (AMBLAZ)**, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu,yag telah memberikan cerita,pengalaman dan keorganisasian yang penuh suka cita selama ini.
8. **Semua angkatan 2014** yang selalu membantu dan memberikan semangat terhadap penulis.
9. Segenap **Dosen dan Karyawan Departemen Teknik Mesin FTI ITS**, terimakasih untuk ilmu yang disampaikan,semoga bermanfaat untuk kedepannya.
10. Saudari **Nuraini Ratna Rofida**, yang selalu meberikan motivasi dan suport kepada penulis.
11. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Semoga hasil dari penelitian ini bisa bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## ***DAFTAR ISI***

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
<i>DAFTAR ISI</i> .....	vii
<i>DAFTAR GAMBAR</i> .....	xiii
<i>DAFTAR TABEL</i> .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Bahan Bakar .....	7
2.1.1 Bahan Bakar Diesel .....	7
2.1.2 Bahan Bakar Dexlite .....	11
2.1.3. Bahan Bakar Biodiesel .....	13
2.1.4 Pencampuran Bahan Bakar ( <i>Fuel Blend</i> ) .....	15
2.1.5. Penyimpanan Bahan Bakar B20.....	16
2.2 Teori Pembakaran .....	17
2.2.1. Perhitungan Stoikometri Kebutuhan Udara .	17
2.2.2. Pembakaran Non Stoikiometri .....	19
2.3 Dasar Teori Mesin Diesel.....	20
2.3.1. Tahapan Pembakaran pada Mesin Diesel.....	20

2.3.2.	Sistem Pengaturan Bahan Bakar .....	22
2.3.3.	Unjuk kerja mesin diesel .....	24
2.4.	Polusi udara .....	28
2.4.1.	<i>Hydrocarbon</i> tidak terbakar (HC).....	30
2.4.2.	Karbon monoksida (CO).....	30
2.4.3.	NO <sub>x</sub> .....	30
2.4.4.	SO <sub>x</sub> .....	30
2.5.	Penelitian Terdahulu.....	31
2.5.1.	Penelitian silvyana dan luqman.....	31
2.5.2.	Penelitian oleh Lemigas tahun 2015 .....	32
2.5.3.	Penelitian oleh Abed dkk .....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		35
3.1.	Metode Penelitian.....	35
3.2.	Persiapan Bahan Bakar ( <i>Fuel Blend</i> ).....	35
3.3.	Penyimpanan bahan bakar .....	36
3.4.	Pengujian Bahan Bakar .....	36
3.4.1.	Pengujian Kontaminasi Mikroba .....	36
3.4.2.	Pengujian Propertis kimia .....	37
3.4.3.	Pengujian Propertis Fisis.....	37
3.5.	Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi.....	37
3.5.1.	Alat Uji .....	37
3.5.2.	Alat Ukur.....	39
3.6.	Sistematika Penelitian .....	42

3.7. Rancangan Pengujian Unjuk kerja dan Emisi .....	44
3.7.1 Skema Alat .....	45
3.7.2 Tahap-tahap Pengujian Unjuk kerja dan Emisi .	46
3.7.3 Flowchart Penelitian.....	48
3.7.3 Flowchart Pengujian.....	49
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....	51
4.1 Data <i>Properties</i> Bahan Bakar.....	51
4.1.1 Kontaminasi Mikroba.....	53
4.1.2 Propertis Kemis .....	55
4.1.3 Propertis Fisis.....	56
4.1.3.1 Densitas .....	56
4.1.3.2 Viskositas .....	57
4.1.3.3 Water Content .....	58
4.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja.....	59
4.2.1 Daya.....	60
4.2.2 Torsi .....	61
4.2.3 <i>Brake</i> Tekanan Efektif Rata-Rata ( <i>BMEP</i> ).....	62
4.2.4 Specific Fuel Consumption (SFC).....	63
4.2.5 <i>Efisiensi Thermal</i> ( $\eta_{th}$ ) .....	64
4.3 Hasil Analisa Grafik Hasil Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Biodiesel (B20) Terekspos Matahari dengan Variasi Durasi Penyimpanan .....	65
4.3.1 Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) .....	65
4.3.2 Specific Fuel Consumption (SFC).....	66

4.3.3	Temperatur <i>Engine</i> , Air Pendingin, Oli dan <i>Exhaust Gas</i> .....	67
4.3.4	Smoke Opacity.....	69
4.3.5	Unburnt Hydrocarbon (UHC).....	70
4.3.6	Kadar CO .....	71
4.4	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Dexlite (B0) .....	72
4.4.1	Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) .....	72
4.4.2	Specific Fuel Consumption (SFC).....	73
4.4.3	Temperatur <i>Engine</i> dan <i>Exhaust Gas</i> .....	74
4.4.4	<i>Smoke Opacity</i> .....	76
4.4.5	Unburnt Hydrocarbon (UHC) .....	77
4.4.6	Kadar CO .....	78
4.5	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Dexlite (B20) .....	79
4.5.1	Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) .....	80
4.5.2	Specific Fuel Consumption (SFC).....	81
4.5.3	Temperatur <i>Engine</i> dan <i>Exhaust Gas</i> .....	82
4.5.4	<i>Smoke Opacity</i> .....	84
4.5.5	Unburnt Hydrocarbon (UHC) .....	85
4.5.6	Kadar CO .....	86
4.6	Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Dexlite, Campuran Biodiesel dan Dexlite (B20), dan B20 Terekspos Matahari.....	87

4.6.1	Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ ) .....	88
4.6.2	Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) ..	90
4.6.3	Tempetatur Engine dan Temperatur Exhaust	92
4.6.4	Smoke Opacity .....	95
4.6.5	Unburn Hidro Carbon (UHC) .....	97
4.6.6	Carbon Monoksida (CO).....	99
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN .....		101
5.1	Kesimpulan.....	104
5.2	SARAN.....	103
DAFTAR PUSTAKA.....		105

**“Halaman ini Sengaja di kosongkan”**

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Tahapan pembakaran pada mesin diesel .....	20
Gambar 2. 2 Skema kerja governor mekanis-hidraulis. ....	23
Gambar 2. 3 Emisi Terhadap Air Fuel Ratio.....	29
Gambar 2. 4 Grafik angka keasaman vs waktu .....	31
Gambar 2. 5 Grafik Viskositas vs Waktu.....	33
Gambar 2. 6 grafik performance and emission vs engine load ...	34
Gambar 3. 1 Persiapan Bahan Bakar.....	36
Gambar 3.2 Gambar Tangki Penyimpanan.....	36
Gambar 3.3 Static Tube.....	40
Gambar 3. 4 Skema peralatan Generator Set .....	45
Gambar 3. 5 Skema penelitian .....	49
Gambar 4. 1 Kontaminasi Mikroba.....	51
Gambar 4.2 Grafik Acid Value vs Waktu.....	52
Gambar 4. 3 Grafik Desintas vs Waktu.....	53
Gambar 4. 4 Grafik Viskositas vs Waktu.....	54
Gambar 4. 5 Grafik Water Conten vs waktu .....	58
Gambar 4. 6 Grafik Thermal Efficiency terhadap Beban .....	65
Gambar 4. 7 Grafik Specific Fuel Consumption (SFC) terhadap beban.....	66
Gambar 4. 8 Grafik Temperature Engine Terhadap Beban.....	67
Gambar 4. 9 Grafik Temperature Exhaust .....	68
Gambar 4. 10 Grafik Smoke Opacity .....	69
Gambar 4. 11 Grafik Unburnt Hydrocarbon (UHC) .....	70
Gambar 4. 12 Grafik Kadar CO terhadap beban .....	71
Gambar 4.13 Grafik Thermal Efficiency terhadap Beban (B0) ..	72
Gambar 4. 14 Grafik Specific Fuel Consumption (SFC) terhadap beban Bahan Bakar (B0).....	73

Gambar 4. 15 Grafik Temperature Engine Terhadap Beban B0	74
Gambar 4. 16 Grafik Temperature Exhaust (B0)	75
Gambar 4. 17 Grafik Smoke Opacity (B0)	76
Gambar 4. 18 Grafik Unburnt Hydrocarbon (UHC) B0	77
Gambar 4. 19 Grafik Kadar CO terhadap beban (B0)	78
Gambar 4. 20Grafik Thermal Efficiency terhadap Beban (B20)	80
Gambar 4. 21Grafik Specific Fuel Consumption (SFC) terhadap beban B20)	81
Gambar 4. 22Grafik Temperature Engine Terhadap Beban B20	82
Gambar 4. 23 Grafik Temperature Exhaust B20	83
Gambar 4. 24 Grafik Smoke Opacity B20	84
Gambar 4. 25 Grafik Unburnt Hydrocarbon (UHC) B20	85
Gambar 4. 26 Grafik Kadar CO terhadap beban B20	86
Gambar 4. 27 Grafik Thermal Efficiency terhadap waktu penyimpanan	88
Gambar 4. 28 Grafik Specific Fuel Consumption (SFC) terhadap waktupenyimpanan	90
.Gambar 4. 29 Grafik Temperature Engine Terhadap waktu penyimpanan	92
Gambar 4. 30 Grafik Temperature Exhaust terhadap waktu penyimpanan	94
Gambar 4. 31 Grafik Smoke Opacity terhadap waktu penyimpanan	95
Gambar 4. 32 Grafik Unburnt Hydrocarbon (UHC) terhadap wktu penyimpanan	97
Gambar 4. 33 Grafik Kadar CO terhadap waktu penyimpanan	99

## ***DAFTAR TABEL***

Tabel 2. 1 Properties Dexlite .....	12
Tabel 2. 2 Standart biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015 .....	14
Tabel 3.1 Spesifikasi Dexlite.....	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Biodiesel.....	31
Tabel 3.3 Rancangan Unjuk kerja dan Emisi.....	44
Tabel 4.1 Data Propertis Bahan Bakar.....	50
Tabel 4. 2 Data pendukung bahan bakar .....	51
Tabel 4.3 Data pengujian Bahan bakar.....	60

**“Halaman ini Sengaja di kosongkan”**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kita tahu manusia tidak bisa lepas dari ketergantungan pada minyak bumi sebagai sumber energi dalam berbagai aspek kehidupan, seperti contohnya untuk transportasi, industri dan rumah tangga. Kebutuhan terbesar minyak bumi terletak pada aspek transportasi. Di Indonesia saja menurut badan pusat statistik nasional pada tahun 2017 jumlah kendaraan bermotor mencapai 138.556.669 kendaraan. Penggunaan kendaraan meningkat dari tahun sebelumnya yang hanya sebesar 129.281.079 kendaraan. Dengan meningkatnya kendaraan bermotor maka penggunaan konsumsi bahan bakar minyak pasti ikut meningkat dari tahun sebelumnya.[1]. Padahal minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbarui. Dikhawatirkan penggunaan secara masif dan terus menerus akan mengurangi cadangan ketersediaan bahan bakar fosil tersebut. Penggunaan bahan bakar fosil juga memiliki dampak buruk bagi lingkungan. Emisi buang yang dihasilkan dari pembakaran adalah salah satu penyebab utama efek rumah kaca (seperti CO,CO<sub>2</sub>, HC). Energi yang diserap oleh Bumi akan dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi sinar inframerah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar inframerah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan, gas CO<sub>2</sub> dan gas lainnya. Pada akhirnya menyebabkan pemanasan global[2]. Untuk mengurangi dampak negatif dan semakin berkurangnya persediaan bahan bakar fosil maka manusia dituntut untuk menemukan sumber energi alternatif yang dapat diperbarui yakni berasal dari tumbuhan atau hewan, salah satunya adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat

dari sumber terbarui seperti minyak sayur atau lemak hewan [3]. Karena biodiesel merupakan minyak non-fosil maka sudah tentu pembakarannya bebas dari sulfur, yang nantinya berdampak positif terhadap lingkungan. Secara umum karakteristik biodiesel adalah memiliki angka setana yang lebih tinggi dari minyak solar, dapat terdegradasi dengan mudah (*biodegradable*), tidak mengandung sulfur (atau sangat rendah, jika ada) dan mengandung senyawa aromatic sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan lebih ramah lingkungan dari pada bahan bakar fosil jenis minyak solar. Namun bahan bakar biodiesel yang kini ada masih memiliki kekurangan, beberapa kesimpulan dari banyak penelitian yang berkaitan dengan penggunaan bahan bakar biodiesel seperti yang terdapat pada *The Biodiesel Handbook oleh Knothe Gerhard, et al* [4]. Dan salah satu dari sekian banyak olahan bioediesel adalah B20 yang merupakan 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%. Dengan berkembangnya teknologi sekarang banyak pemanfaatan B-20 untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Riset yang dilakukan oleh Silviana[5] Penelitian tentang Efek penyimpanan biodiesel terhadap laju degradasi biodiesel dengan variasi tangki penyimpanan yaitu ,material tangki galvanis steel disimpan di ruangan tertutup,material tangki galvanis steel disimpan pada ruangan terbuka,material PVC disimpan pada ruangan terbuka dan material PVC disimpan pada ruangan tertutup.Melihat dari hasil pengujian properties yang dilakukan setiap 2 minggu sekali selama 60 hari dengan Pertimbangan yang diambil adalah waktu penyimpanan suatu produk atau waktu tunggu sebelum dipasarkan sekitar 2 bulan dan didapatkan hasil penyimpanan terbaik pada tangki dengan material galvanis steel yang disimpan pada ruangan tertutup.

Menurut penelitian Lemigas tahun 2015[6]dimana penelitian ini digunakan untuk mengetahui stabilisasi penyimpanan bahan bakar campuran biodiesel yang disimpan selama 13 minggu dan pengambilan sampel properties setiap dua minggu sekali,menggunakan campuran bahan bakar diesel-biodiesel (B-0,B-10,B-20,B-100) dengan menggunakan metode penyimpanan (di dalam ruangan dan di luar ruangan).Kemudian penyimpan di luar ruangan dibagi lagi menjadi dua yaitu diatas permukaan tanah.Untuk penyimpanan di dalam ruangan di bagi menjadi dua yaitu penyimpanan di dalam ruangan dengan suhu di *setting* 42 C dan 5 C. Dari penelitian dihasilkan kesimpulan bahwa Semakin lama durasi penyimpanan maka akan mempengaruhi perubahan properties bahan bakar Dexlite-Biodiesel blend berupa kenaikan nilai keasaman dan nilai viskositas dan juga kondisi penyimpanan yang berada diatas temperature ambien dan terkena sinar matahari langsung akan mengalami pendegradasian lebih cepat daripada yang lain.

Riset yang dilakukan oleh Abed dkk [7]penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Efek tentang biodiesel dari limbah minyak goreng terhadap performa dan emisi gas buang mesin diesel,Bahan bakar campuran biodiesel-*diesel fuel* yang digunakan (B-10,B-20,B-30,B-0).Dan didapat disimpulkan bahwa *Thermal efficiency* dari biodiesel mengalami penurunan dan *Spesific Fuel Consumption (SFC)* biodiesel dari limbah minyak goreng lebih tinggi daripada bahan bakar diesel.Dan selanjutnya mengalami kenaikan temperature gas buang.Untuk emisi gas buang CO,HC dan Asap mengalami penurunan kadar. Seiring meningkatnya kadar biodiesel dalam bahan bakar maka NOX dan CO2 ikut meningkat.

Riset yang dilakukan Martin djamin[8]penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi biodiesel terhadap performa dan emisi gas buang dengan variasi campuran (B-0,B-10,B-20,B-30,B-100). Dan dapat ditarik kesimpulan bahwa Hasil pengujian

membuktikan bahwa penambahan biodiesel sampai dengan 20% kedalam solar dapat meningkatkan kinerja mesin. Daya dan torsi tertinggi dihasilkan pada kecepatan 70 km/jam, akan tetapi penambahan komposisi biodiesel lebih tinggi mengakibatkan penurunan kinerja mesin dan Emisi SO<sub>2</sub>, partikel, CO dan NOX. menurun secara konsisten dengan peningkatan kandungan biodiesel dalam campuran bahan bakar. Akan tetapi karakteristiknya bervariasi tergantung dari jenis emisinya. Penurunan kadar emisi paling signifikan dengan digunakannya biodiesel terjadi pada emisi SO<sub>2</sub> dan PM

Berdasarkan uraian di atas, Maka pada penelitian kali ini akan menggunakan bahan bakar campuran (B-20) Biodiesel(20%)-Dexlite(80%). Karena semakin lama bahan bakar B-20 disimpan maka akan memberi dampak peningkatan viskositas, bilangan asam, kandungan air dan densitas. Peningkatan nilai tersebut ternyata dapat menurunkan unjuk kerja dari mesin. Penelitian yang ada sejauh ini hanya sebatas menguraikan dampak lama penyimpanan terhadap perubahan *properties* B-20 dan pengaruh penggunaan bahan bakar B-20 terhadap unjuk kerja dan emisi mesin diesel saja. Melalui penelitian ini diharapkan mampu mendapatkan korelasi antara pengaruh lama penyimpanan B-20 terhadap performa mesin diesel tersebut

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari permasalahan yang didapatkan, bahan bakar fosil semakin lama ketersediaannya semakin menipis, diperlukan bahan bakar terbarukan yang berasal dari alam. Tujuan akhirnya adalah untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan mengurangi emisi *engine* diesel yang berbahaya.

Biodiesel adalah bahan bakar dari alam yang ketersediaannya melimpah. Dalam proses penyimpanan biodiesel itu sendiri masih

mengalami proses pendegradasian dalam kurun waktu tertentu yang menyebabkan penurunan kualitas biodiesel itu sendiri.

Dari latar belakang permasalahan yang dibahas, maka yang menjadi permasalahan utama dalam penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui perubahan properties B20 selama masa penyimpanan dalam *storage tank*
2. Untuk mengetahui pengaruh kontaminasi mikroba terhadap properties B20 dengan penyimpanan terekspos matahari
3. Untuk mengetahui pengaruh biodiesel storage dengan penyimpanan terekspos matahari terhadap karakterisasi unjuk kerja dan emisi pada mesin diesel

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan bakar yang digunakan adalah campuran B-20 dimana Dexlite diproduksi oleh PT. Pertamina Tbk dan Biodiesel diproduksi oleh PT Wilmar.
2. Pengujian menggunakan mesin diesel satu silinder empat langkah, *Natural Aspirated*, dan *Direct Injection* Yanmar TF 55 R standar.
3. Pengujian properties bahan bakar campuran B-20 meliputi *viskositas kinematic*, kandungan air (*water content*), bilangan asam, *density*, dan nilai kalor .
4. Tangki penyimpanan yang digunakan adalah drum berkapasitas 50L dengan material steel yang dikondisikan, dimana tangki bahan bakar disimpan di area terbuka
5. Kurun waktu lama penyimpanan bahan bakar campuran B-20 ditetapkan selama 60 Hari terhitung sejak bahan bakar

didapatkan dari PT. Pertamina Tbk, PT Wilmar dan periode pengambilan sampel di awal dan akhir penelitian

6. Metode pengujian mikroba hanya sebatas jumlahnya saja menggunakan *Total plate count* (TPC)
7. Penelitian ini tidak membahas mengenai reaksi kimia yang terjadi pada proses pembakaran.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perubahan propertis bahan bakar B-20 terekspos matahari selama masa penyimpanan dalam *storage tank*
2. Mengetahui pengaruh kontaminasi mikroba terhadap bahan bakar B-20 terekspos matahari selama masa penyimpanan dalam *storage tank*
3. Mengetahui pengaruh lama waktu penyimpanan terhadap bahan bakar B-20 terekspos matahari selama masa penyimpanan dalam *storage tank*

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu menghasilkan teknologi yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil.
2. Mendapatkan penerapan teknologi yang tepat guna untuk meningkatkan performa mesin diesel *dual fuel* Dextrite-Biodiesel.
3. Mampu megembangkan pemikiran dalam penemuan-penemuan teknologi bahan bakar yang dapat diperbaharui untuk meningkatkan taraf hidup masyarakat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Bahan Bakar**

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

##### **2.1.1 Bahan Bakar Diesel**

Mesin diesel merupakan sebuah mesin yang dirancang dengan menggunakan bahan bakar *fossil diesel* yang diperoleh dari proses destilasi pendidihan minyak mentah (*crude oil*) pada suhu 250 sampai 370 °C.[9]. Bahan bakar *fossil diesel* diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu *fossil diesel-1D*, yaitu bahan bakar untuk daerah beriklim dingin, *fossil diesel-2D*, yaitu bahan bakar untuk mesin diesel otomotif dan putaran mesin tinggi (lebih dari 1200 rpm) serta *fossil diesel-4D*, yaitu bahan bakar untuk mesin diesel stasioner putaran rendah (kurang dari 500 rpm). Bahan bakar fossil diesel-2D dikenal dengan istilah HSD (*High Speed Diesel*). Sifat fisis bahan bakar perlu diperhatikan untuk menghindari kerusakan alat dan kerugian lainnya yang mungkin timbul akibat penggunaan bahan bakar tersebut. Selain itu sifat fisis juga berpengaruh pada kualitas penyalaan.[10].

Properti bahan bakar adalah sifat atau karakter yang dimiliki oleh suatu bahan bakar yang terkait dengan kinerja bahan bakar tersebut dalam proses atomisasi dan pembakaran. Properti umum yang

perlu diketahui untuk menilai kinerja bahan bakar mesin diesel antara lain,:

a. *Density, Specific Gravity dan API Gravity*

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

$$\text{SG terhadap air} = \frac{\text{densitas bahan bakar}}{\text{densitas air}} \quad (2.1)$$

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

$$\text{API Gravity} = \frac{141,5}{\text{SG}} - 131,5 \quad (2.2)$$

b. *Viskositas*

Viskositas atau kekentalan dari suatu cairan adalah salah satu sifat cairan yang menentukan besarnya perlawanan terhadap gaya geser. Viskositas terjadi terutama karena adanya interaksi antara molekul-molekul cairan. Viskositas merupakan sifat penting dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk *handling*, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan dan jika viskositas terlalu tinggi maka akan menyulitkan dalam pemompaan dan sulit untuk diinjeksi sehingga atomisasi bahan bakar menjadi jelek.

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

f. Distillation 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  $\alpha$ -*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 phase cair) dan nilai kalor bawah, NKB (jika air hasil pembakaran dalam phase uap). Besarnya nilai kalor atas diuji dengan *bomb calorimeter*, dan nilai kalor bawah dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

(2.3)

#### i. Carbon Residue

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

#### 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 1gr sampel. jika semakin tinggi angka asam dapat menyebabkan korosi bagian mesin otomotif dan batasan tersebut melindungi mesin kendaraan dan tangki bahan bakar

### **2.1.2 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 dengan *cetane number* minimal 48, tetapi dengan harga yang lebih murah daripada Pertamina Dex dengan cetane number minimal 53. Peluncuran dexlite ini diharapkan dapat mengurangi subsidi solar sebesar Rp 16 triliun yang lebih baik digunakan untuk sector lain yang lebih membutuhkan untuk kesejahteraan rakyat Indonesia

*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 <sup>3</sup>	845,7	815	670
4	Viskositas pada 40 C	Mm <sup>2</sup> /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
	Stabilitas Oksidasi				
20	- Metode Rancimant	jam	>48	35	-

### **2.1.3. Bahan Bakar biodiesel**

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran *mono--alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur atau lemak hewan. Bahan baku biodiesel bermacam-macam. Yang umum digunakan adalah minyak sayur yang berasal dari kelapa sawit, kacang kedelai minyak kanola (*repressed*) atau bunga matahari. Dalam pengertian umum, istilah biodiesel berarti adalah bahan bakar mesin diesel yang terdiri dari *ester-ester metil (etil)* asam-asam lemak. Biodiesel adalah sama halnya dengan biopetrol namun cairan yang diperoleh dari proses pembuatannya mempunyai rantai karbon yang panjang, bahkan lebih panjang dari rantai karbon solar dan sedikit lebih pekat dibanding dengan bahan bakar diesel dari minyak bumi. Bentuknya yang cair dan kemampuan dicampurkan dengan solar pada segala perbandingan merupakan salah satu keunggulan dari biodiesel

**Tabel 2. 2** Standart biodiesel dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015

No	Parameter uji	Satuan	Persyaratan	Metode uji
		Min/maks		
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m <sup>3</sup>	850 -890	ASTM D 1298 atau ASTM D 4052
2	Viskositas Kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 - 6,0	ASTM D 445
3	Angka setana	min	51	ASTM D 613
4	Titik nyala	°C, min	100	ASTM D 93
5	Titik kabut	C, maks	18	ASTM D 2500
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		nomor 1	ASTM D 130
7	Residu karbon	%-massa, maks	0,05	ASTM D 4530
8	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
11	Belerang	mg/kg, maks	100	ASTM D 5453 atau ASTM D 1266 a
12	Fosfor	mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5	AOCS Cd 3d-63 atau ASTM D 664
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5	-
17	Stabilitas oksidasi	menit	360	EN 15751
	- Metode Racimant			

#### **2.1.4 Pencampuran Bahan Bakar *Fuel Blend*)**

Untuk memcampur Biodiesel dengan minyak diesel. Ada dua cara dalam memblending yaitu *emulsion* dan *solution technique*. *Solution technique* dibagi menjadi 2 yaitu mencampur minyak dengan minyak yang memiliki karakteristik yang hampir sama contohnya bensin dengan etanol atau solar dengan biodiesel dapat dilarutkan secara langsung tanpa separasi. Sedangkan bahan bakar yang karakteristiknya sangat berbeda dilakukan dengan cara memanaskan campuran bahan bakar. Kedua bahan bakar dapat larut tanpa separasi apabila temperatur dipanaskan hingga 50°C. ,Zuhdi dkk [11].

Emulsi adalah campuran antara partikel-partikel suatu zat cair (fase terdispersi) dengan zat cair lainnya (fase pendispersi). Dalam Rini [12], menjelaskan bahwa emulsi dibagi menjadi 2 yaitu emulsi permanen dan emulsi tidak permanen. Emulsi tidak permanen adalah pengemulsian suatu zat cair dalam jangka waktu tertentu akan terjadi separasi sedangkan emulsi permanen adalah pengemulsian suatu zat cair yang tidak akan mengalami separasi. Dalam pembuatan suatu emulsi, pemilihan emulgator merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan karena mutu dan kestabilan suatu emulsi banyak dipengaruhi oleh emulgator yang digunakan. Salah satu emulgator yang aktif permukaan atau lebih dikenal dengan surfaktan.

Emulsi merupakan suatu sistem yang tidak stabil. Untuk itu kita memerlukan suatu zat penstabil yang disebut zat pengemulsi atau emulgator. Tanpa adanya emulgator, maka emulsi akan segera pecah dan terpisah menjadi fase terdispersi dan medium pendispersinya, yang ringan terapung di atas yang berat. Adanya penambahan emulgator dapat menstabilkan suatu emulsi karena emulgator menurunkan tegangan permukaan secara bertahap. Adanya penurunan tegangan permukaan secara bertahap akan menurunkan energi bebas yang diperlukan untuk pembentukan emulsi menjadi semakin minimal. Artinya emulsi akan menjadi stabil bila dilakukan penambahan emulgator yang berfungsi untuk menurunkan energi bebas pembentukan emulsi semaksimal

mungkin. Semakin rendah energi bebas pembentukan emulsi maka emulsi akan semakin mudah terbentuk. Tegangan permukaan menurun karena terjadi adsorpsi oleh emulgator pada permukaan cairan dengan bagian ujung yang polar berada di air dan ujung hidrokarbon pada minyak. Daya kerja emulgator disebabkan oleh bentuk molekulnya yang dapat terikat baik dalam minyak maupun dalam air. Bila emulgator tersebut lebih terikat pada air atau larut dalam zat yang polar maka akan lebih mudah terjadi emulsi minyak dalam air (M/A), dan sebaliknya bila emulgator lebih larut dalam zat yang non polar, seperti minyak, maka akan terjadi emulsi air dalam minyak (A/M). Emulgator membungkus butir-butir cairan terdispersi dengan suatu lapisan tipis, sehingga butir-butir tersebut tidak dapat bergabung membentuk fase kontinyu. Bagian molekul emulgator yang non polar larut dalam lapisan luar butir-butir lemak sedangkan bagian yang polar menghadap ke pelarut air

### **2.1.5. Penyimpanan Bahan Bakar B20**

Dalam penyimpanan bahan bakar B-20 kita harus memperhatikan beberapa aspek yaitu, Pertama pemilihan material yang cocok untuk penyimpanan bahan bakar B-20 dan menjaga kebersihan dari tempat penyimpanan tersebut termasuk sarana pendukung seperti perpipaan, *drain*, dan gasket. Dalam praktek di lapangan, B20 dapat ditemui tersimpan di dalam tangki atas tanah, tangki kedaraan dan tangki bawah tanah

Untuk bahan bakar B20 dapat disimpan di dalam tangki yang sebelumnya biasa dipergunakan untuk menyimpan minyak solar, asalkan tangki tersebut dibersihkan terlebih dahulu dari zat-zat pengotor. Apabila pengotor tidak dibersihkan, maka pada minggu-minggu awal penggunaan, filter bahan bakar perlu diperiksa dan diganti apabila terjadi penyumbatan. Jika B20 disimpan di dalam tangki bawah tanah, maka selain persyaratan penyimpanan di atas tanah, sangat perlu diperhatikan bahwa tangki penyimpan tidak akan bisa kemasukan air. Lama penyimpanan B20 di dalam tangki bawah tanah disarankan tidak lebih dari 3 (tiga) bulan. B20 tidak

disarankan tersimpan lama di dalam tangki kendaraan, terlebih jika kendaraan disimpan setelah beroperasi, karena selama beroperasi biodiesel akan teraduk dengan oksigen sehingga penyimpanan kendaraan setelah beroperasi, memberikan waktu untuk terjadinya reaksi degradasi biodiesel yang signifikan. Dan faktor suhu juga berperan dalam pendegradasian biodiesel.

Ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan B-20 yaitu;

- Kebersihan tangki selalu dijaga
- Melakukan tindakan untuk mengurangi kadar air dalam tangki: Setiap pagi dilakukan pemeriksaan *free water & butiran/droplet* air dengan menggunakan pasta air,
- Tangki tidak dibiarkan terlalu lama kosong
- Setiap hari dilakukan pengurasan air dari dasar tangki

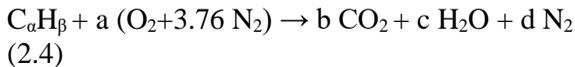
## **2.2 Teori Pembakaran**

Pembakaran adalah suatu runtutan reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen, disertai dengan produksi panas dalam bentuk api. Dalam suatu reaksi pembakaran lengkap, suatu senyawa bereaksi dengan zat pengoksidasi dan produknya adalah senyawa dari tiap elemen dalam bahan bakar dengan zat pengoksidasinya. Pada aplikasinya, oksidan pada pembakaran adalah oksigen pada udara. Tiga unsur kimia utama dalam elemen mampu bakar (combustible) pada bahan bakar adalah karbon, hidrogen dan sulfur.

### **2.2.1. Perhitungan Stoikometri Kebutuhan Udara**

Jika ketersediaan oksigen untuk oksidasi mencukupi, maka bahan bakar hidrokarbon akan dioksidasi secara menyeluruh, yaitu karbon dioksidasi menjadi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan hidrogen dioksidasi menjadi uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Pembakaran yang demikian disebut sebagai pembakaran stoikiometri dan selengkapnya

persamaan reaksi kimia untuk pembakaran stoikiometri dari suatu bahan bakar hidrokarbon ( $C_\alpha H_\beta$ ) dengan udara dituliskan sebagai berikut;



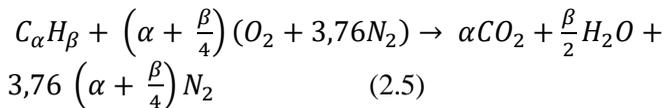
$$\text{Keseimbangan C} \quad : \alpha = \beta$$

$$\text{Keseimbangan H} \quad : \beta = 2c \rightarrow c = \beta/2$$

$$\text{Keseimbangan O} \quad : 2a = 2b + c \rightarrow a = b + c/2 \rightarrow a = \alpha + \beta/4$$

$$\text{Keseimbangan N} \quad : 2(3.76)a = 2d \rightarrow d = 3.76a \rightarrow d = 3.76 (\alpha + \beta/4)$$

Substitusi persamaan-persamaan keseimbangan di atas ke dalam persamaan reaksi pembakaran reaksi pembakaran  $C_\alpha H_\beta$  menghasilkan persamaan sebagai berikut :



Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendapatkan pembakaran stoikiometri adalah :

$$m_{O_2} = \frac{m_{atom O_2}}{m_{atom C_\alpha H_\beta}} X \% C_\alpha H_\beta \frac{kg}{kg_{bahan\ bakar}} \quad (2.6)$$

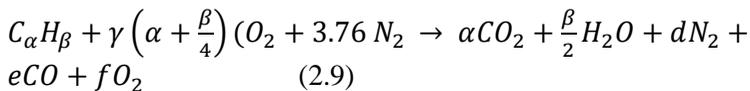
Stoikiometri massa yang didasarkan pada rasio udara dan bahan bakar (*air fuel ratio*) untuk bahan bakar hidrokarbon ( $C_\alpha H_\beta$ ) adalah sebagai berikut :

$$\left( \frac{A}{F} \right)_s = \frac{m_{air}}{m_{fuel}} = \frac{(\sum n_i M_i)_{air}}{(\sum n_i M_i)_{fuel}} \quad (2.7)$$

$$\left(\frac{A}{F}\right) = \frac{\left(\alpha + \frac{\beta}{4}\right)M_{O_2} + 3,76\left(\alpha + \frac{\beta}{4}\right)M_{N_2}}{\alpha M_c + \beta M_H} \quad (2.8)$$

### 2.2.2. Pembakaran Non Stoikiometri

Menurut Heywood [13]. dalam aplikasinya, mekanisme pembakaran dituntut dapat berlangsung secara cepat sehingga sistem-sistem pembakaran dirancang dengan kondisi udara berlebih. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kekurangan udara akibat tidak sempurnanya proses pencampuran antara udara dan bahan bakar. Pembakaran yang demikian disebut sebagai pembakaran non stoikiometri dan selengkapnya persamaan reaksi kimia untuk pembakaran non stoikiometri dari suatu bahan bakar hidrokarbon ( $C_aH_b$ ) dengan udara dituliskan sebagai berikut:



- a. Pembakaran dengan komposisi campuran stoikiometri

Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang maksimum dengan kehilangan panas yang minimum. Hasil pembakaran berupa  $CO_2$ , uap air, dan  $N_2$ .

- b. Pembakaran dengan komposisi campuran miskin

Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang maksimum tetapi diikuti dengan bertambahnya kehilangan 15 panas karena udara berlebih. Hasil pembakaran berupa  $CO_2$ , uap air,  $O_2$  dan  $N_2$ .

- c. Pembakaran dengan komposisi campuran kaya

Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang kurang maksimum karena ada bahan bakar yang belum terbakar. Hasil pembakaran berupa HC, CO,  $CO_2$ ,  $H_2O$ , dan  $N_2$ . Sedangkan fraksi karbon terbentuk dari reaksi sekunder antara CO dan  $H_2O$ . Rasio udara-

bahan bakar ideal untuk pembakaran dalam ruang bakar *CI* mesin berada pada kisaran  $18 \leq AFR \leq 180$ .

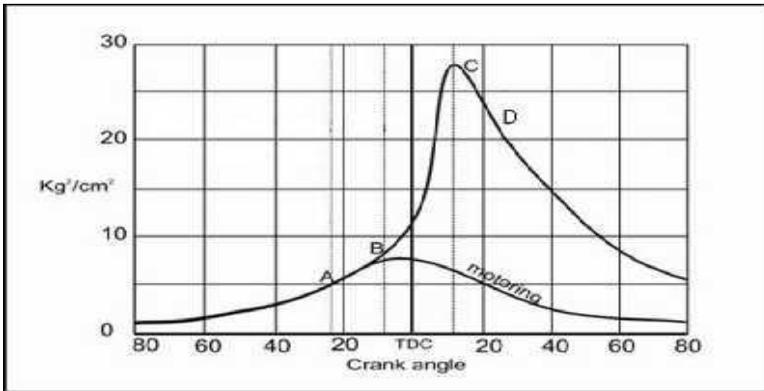
## 2.3 Dasar Teori Mesin Diesel

Mesin diesel bekerja dengan menghisap udara luar murni, kemudian dikompresikan sehingga mencapai tekanan dan temperatur yang tinggi. Sesaat sebelum mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan dengan tekanan yang sangat tinggi dalam bentuk butiran-butiran halus dan lembut. Kemudian butiran-butiran lembut bahan bakar tersebut bercampur dengan udara bertemperatur tinggi dalam ruang bakar dan menghasilkan pembakaran, Kawano [13].

### 2.3.1. Tahapan Pembakaran pada Mesin Diesel

Untuk terjadinya pembakaran pada ruang bakar, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, antara lain: adanya campuran yang dapat terbakar, adanya sesuatu yang menyulut terjadinya pembakaran, stabilisasi dan propagasi dari api dalam ruang bakar.

Proses pembakaran pada mesin diesel memiliki beberapa tahapan yang digambarkan dalam diagram P- $\theta$  seperti pada gambar 2.1. Tahapan pembakarannya, yaitu:



**Gambar 2. 1** Tahapan pembakaran pada mesin diesel

#### a. Tahap Pertama

*Ignition delay period* yakni waktu dimana bahan bakar siap terbakar namun belum dinyalakan. Ignition delay dihitung dari awal injeksi sampai titik dimana pada kurva  $p-\theta$  berpisah dengan kurva tekanan udara saja. *Delay period* ditunjukkan oleh titik A-B.

#### b. Tahap kedua

*Rapid* atau *uncontrolled combustion* (dapat digolongkan sebagai *pre-mixed flame*) terjadi setelah pengapian. Dalam tahap kedua ini kenaikan tekanan cepat karena selama dalam periode tunda butiran lembut bahan bakar telah mempunyai waktu untuk menyebarkan dirinya sendiri pada daerah yang luas dan mereka telah mendapatkan udara segar disekelilingnya. Periode *rapid* atau *uncontrolled combustion* dihitung mulai dari akhir dari periode tunda sampai dengan tekanan tertinggi pada diagram indikator. Kira-kira sepertiga dari panas terlibat sampai tahap ini.

#### c. Tahap Ketiga

*Controlled combustion*, periode kedua dari *rapid* atau *uncontrolled combustion* diikuti oleh tahap ketiga yakni *controlled combustion*. Pada akhir tahap kedua temperatur dan tekanan membuat butiran lembut bahan bakar yang terinjeksikan pada tahap akhir injeksi terbakar seketika, dan kenaikan tekanan dapat dikontrol dengan cara mekanisme murni yakni pengaturan laju injeksi. Periode *controlled combustion* diasumsi sampai akhir pada temperatur maksimum siklus. Panas yang terlibat sampai akhir *controlled combustion* sekitar 70 %-80 % dari total panas dari bahan bakar yang disuplai selama siklus.

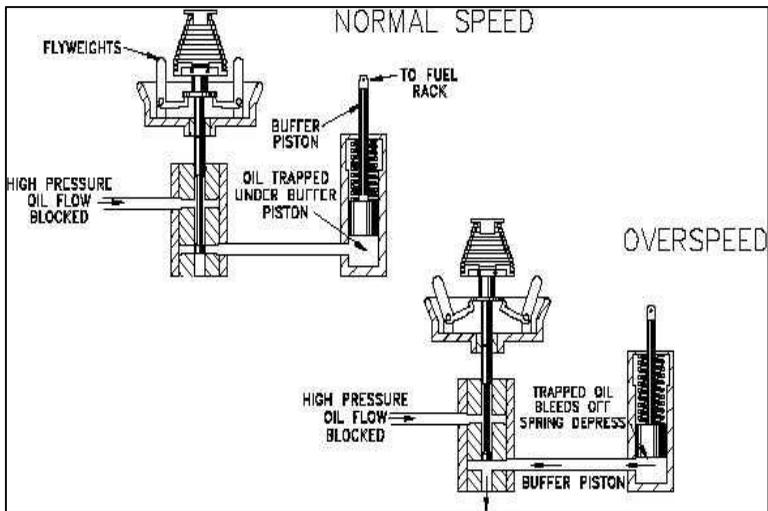
#### d. Tahap Keempat

Tahap keempat ini tidak terjadi pada semua kasus pembakaran pada motor CI, *After burning*. Secara teoritis diharapkan proses pembakaran berakhir setelah selesainya tahap ketiga. Namun karena distribusi partikel bahan bakar kurang baik,

pembakaran berlanjut pada sisa langkah ekspansi. Dari itulah nama *after burning* atau tahap keempat dikembangkan. Panas total yang terlibat sampai akhir pembakaran adalah 95%-97% sedangkan sisa panas, 3%-5% keluar ke sistem *exhaust* sebagai *unbrunt fuel*.

### 2.3.2. Sistem Pengaturan Bahan Bakar

Pada mesin diesel pengaturan jumlah bahan bakar dilakukan oleh *governor*. Sistem pengendalian dengan *governor* digunakan baik pada mesin stasioner maupun mesin otomotif seperti pada mobil dan traktor. Pada mesin modern seperti saat ini mekanisme *governor* umumnya menggunakan mekanisme mekanis-hidrolik (*woodward governor*), walaupun terdapat juga versi *governor* elektrik. Gambar 2.3 menunjukkan cara kerja *governor* yang menggunakan mekanisme mekanis-hidrolik dalam pengendalian putaran mesin yang berlebihan pada mesin diesel. Dalam hal ini, *governor* mengendalikan posisi tuas pengontrol bahan bakar yang dikombinasikan dengan aksi dari *piston* hidrolik dan gerakan bandul berputar. Posisi dari bandul ditentukan oleh kecepatan putaran dari mesin, jika putaran mesin naik atau turun maka bandul berputar mekar atau menguncup. Gerakan dari bandul ini, karena perubahan putaran mesin, akan menggerakkan *piston* kecil (*pilot valve*) pada sistem hidroliknya. Gerakan ini mengatur aliran cairan hidrolik ke *piston* hidrolik (*piston motor servo*). *Piston motor servo* dihubungkan dengan tuas pengatur bahan bakar (*fuel rack*) dan gerakannya akan menyebabkan penambahan atau pengurangan jatah bahan bakar yang di-*supply*.



*Gambar 2. 2* Skema kerja governor mekanis-hidroaulis.

Ada empat tipe pengontrolan mesin menggunakan *governor*:

- Pertama, jika hanya satu kecepatan yang dikontrol maka digunakan tipe *governor* kecepatan tetap atau *constant-speed type governor*.
- Kedua, jika putaran mesin dapat dikendalikan beberapa tingkat secara manual melalui pengaturan dengan alat bantu, maka disebut tipe *governor* kecepatan variabel atau *variable-speed type governor*.
- Tipe ketiga ini adalah pengontrolan agar putaran mesin dapat dipertahankan di atas batas minimum atau di bawah batas maksimum, dan disebut *governor*

pembatas kecepatan atau *speed limiting type governor*.

- Tipe pengontrolan keempat adalah tipe *governor* yang digunakan untuk membatasi beban mesin, dan disebut tipe *governor* pembatas beban atau *load-limiting type governor*.

### 2.3.3. Unjuk kerja mesin diesel

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

#### 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 ( $N_e$ ). Hubungan tersebut dinyatakan dengan rumus:

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

(2.10)

Dimana :

- $N_e$  : Daya mesin (W)
- $V$  : Tegangan listrik (Volt)
- $I$  : Arus listrik (Ampere)
- $\eta_{gen}$  : Effisiensi mekanisme generator (0,9)[9]
- $\eta_{trmsm}$  : Effisiensi 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:

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

(2.11)

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 (*bmep*)

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 *bmep* adalah :

$$(2.12) \quad bmep = \frac{NexZx60}{A x l x n x i} (N/m^2)$$

Dimana:

- $N_e$  : Daya poros mesin (Watt)
- $A$  : Luas penampang piston ( $m^2$ )
- $L$  : Panjang langkah piston (m)
- $i$  : Jumlah silinder
- $n$  : putaran mesin diesel (rpm)
- $z$  : 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 :

$$(2.13) \quad \dot{m}_{bb} = \frac{m_{bb}}{s} (kg)$$

Sedangkan besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah :

$$(2.14) \quad sfc = 3600 \frac{\dot{m}_{bb}}{N_e} \left( \frac{kg}{kW \cdot jam} \right)$$

### 5. Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )

Efisiensi termal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh mesin pembakaran dalam. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan :

$$\eta_{th} = \frac{\text{Daya efektif yang dihasilkan}}{\text{Mass flow rate bahan bakar} \times \text{Nilai kalor bawah bahan bakar}} \times 100\% \quad (2.15)$$

Untuk sistem *single fuel* dapat ditulis :

$$\eta_{th \text{ single fuel}} = \left( \frac{N_e}{(m_{\text{biodiesel}} Q_{\text{biodiesel}})} \right) \times 100\% \quad (2.16)$$

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:

$$\text{LHV} = [16280 + 60(\text{API})] \text{Btu/lb} \quad (2.17)$$

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:

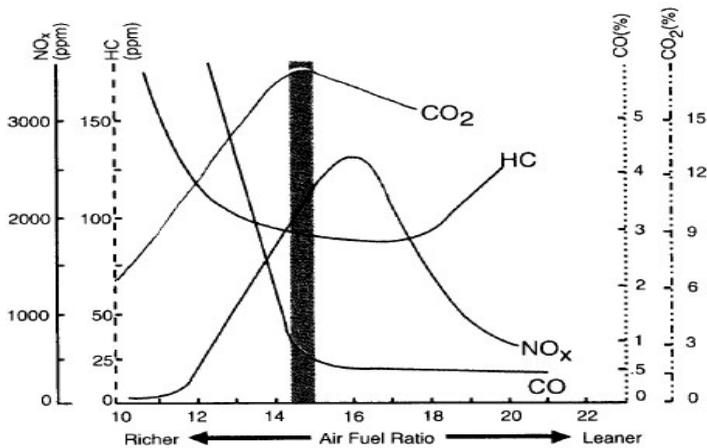
$$API = \frac{141,5}{\text{Spesific Gravity pada } 60^{\circ}\text{F}} - 131,5$$

(2.18)

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

#### **2.4. Polusi udara**

Polusi udara adalah masuknya bahan-bahan pencemar kedalam udara sehingga mengakibatkan kualitas udara menurun dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya (UUPLH No.23/1997 pasal 1). Polutan primer adalah polutan dimana keberadaannya di udara langsung dari sumbernya. Contoh : partikulat, Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>), Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), Hidrokarbon (HC), dan Karbon Monoksida (CO). Sedangkan polutan sekunder adalah polutan primer yang bereaksi dengan komponen lain diudara, contohnya Ozon (O<sub>3</sub>) dan Peroksi Asetil Nitrat (PAN) dimana keduanya terbentuk di atmosfer melalui proses hidrolisis, petrochemical atau oksidasi. [9]



**Gambar 2. 3** Emisi Terhadap Air Fuel Ratio

Dari Gambar 2.11 dapat diketahui mekanisme terbentuknya polutan pada ruang bakar dan pengaruh *equivalent ratio* terhadap emisi. Penyebab utama dari terbentuknya polutan ini adalah karena pembakaran yang tidak sempurna dalam ruang bakar, sehingga menghasilkan deposit hidrokarbon diantara silinder dengan dinding ruang bakar. Gas NO terbentuk ketika temperature tinggi, sedangkan gas CO terbentuk ketika temperatur tinggi dan bahan bakar lebih kaya daripada udara. Sedangkan jika *equivalent ratio* semakin besar (campuran kaya) akan menghasilkan gas CO dan hidrokarbon lebih besar daripada campuran miskin. Meskipun suatu *engine* sudah melakukan pembakaran yang sesuai, perlu juga ada analisa terhadap emisinya yang dipengaruhi oleh rasio kompresi. Dari kedua jenis polutan diatas yang sering jadi perhatian adalah polutan primer, meskipun polutan sekunder tidak bisa dianggap ringan. Berikut ini adalah penjelasan tentang beberapa polutan primer.

#### **2.4.1. *Hydrocarbon* tidak terbakar (HC)**

Hidrokarbon terjadi akibat bahan bakar yang tidak terbakar kemudian keluar begitu saja. Sebab terjadinya hidrokarbon (HC) adalah karena tidak mampu melakukan pembakaran, penyimpanan dan pelepasan bahan bakar dengan lapisan minyak, penyalaan yang tertunda, disekitar dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah dan karena adanya overlap valve, sehingga HC dapat keluar melalui saluran pembuangan.

#### **2.4.2. Karbon monoksida (CO)**

Pada pembakaran yang tidak normal, misalnya pembakaran yang kekurangan oksigen, akan mengakibatkan CO yang berada di dalam bahan bakar tidak terbakar dan keluar bersama-sama dengan gas buang. Karbon monoksida juga cenderung timbul pada temperatur pembakaran yang tinggi. Meskipun pada campuran miskin (mempunyai cukup oksigen) jika temperature pembakaran terlalu tinggi, maka oksigen yang telah terbentuk dalam karbon dioksida bisa berdisosiasi membentuk karbon monoksida dan oksigen.

#### **2.4.3. NO<sub>x</sub>**

Diantara berbagai jenis oksida nitrogen yang ada di udara, nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) merupakan gas yang paling beracun. Percobaan pada manusia menyatakan bahwa kadar NO<sub>2</sub> sebesar 250 µg/m<sup>3</sup> dan 500 µg/m<sup>3</sup> dapat mengganggu fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat.

#### **2.4.4. SO<sub>x</sub>**

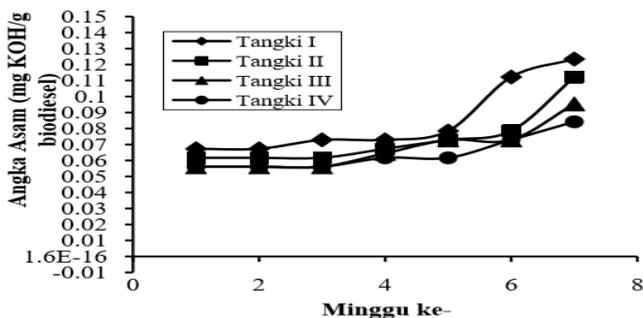
Belerang Oksida atau SO<sub>x</sub> yang terdapat pada minyak bumi terdiri atas gas SO<sub>2</sub> dan gas SO<sub>3</sub> yang keduanya memiliki sifat berbeda. Gas SO<sub>2</sub> berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO<sub>3</sub> mudah beraksi dengan uap di udara untuk membentuk asam sulfat. Asam sulfat ini bersifat sangat reaktif dan memiliki banyak dampak negatif di antaranya korosif, beracun,

dan selalu mengikat oksigen untuk mencapai fasa kestabilan gasnya, serta menimbulkan gangguan sistem pernafasan.

## 2.5. Penelitian Terdahulu

### 2.5.1. Penelitian silvyana dan luqman univesitas UNDIP.

Silvyana dan Luqman [1] melakukan penelitian efek lama penyimpanan biodiesel berdasarkan studi kajian degradasi CPO dengan menggunakan bahan bakar biodiesel dari minyak sawit yang disimpan selama 60 hari dan diuji setiap 2 minggu sekali dengan menggunakan material tangka PVC dan Galvanis yang divariskan menjadi 4 cara penyimpanan



#### Keterangan

Tangki 1;PVC terbuka

Tangki 2;PVC tertutup

Tangki 3;Galvanis terbuka

Tangki 4;Galvanis tertutup

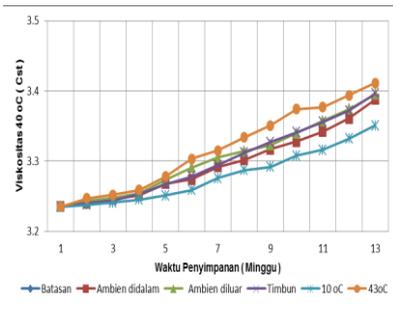
*Gambar 2. 4 Grafik angka keasaman vs waktu*

Dari gambar 2.4 dapat disimpulkan bahwa semakin lama penyimpanan biodiesel maka akan membuat angka keasamaan juga bertambah.peningkatan angka keasamaan mulai terlihat pada minggu ke 4 dan perubahan angka keasamaan paling tinggi terjadi

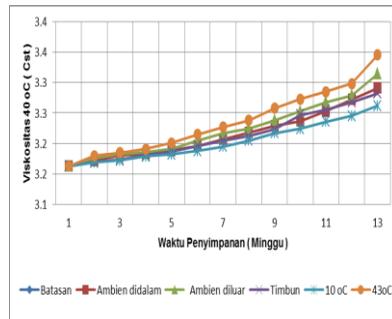
pada tangki 1 dari nilai keasaman 0.05-0,12 mgKOH/g yang terbuat dari PVC dengan pengondisian tangki disimpan di ruangan terbuka dan peningkatan angka keasamaan terkecil didapatkan pada tangki nomer 4 yang terbuat dari Galvanis steel dengan pengondisian tangki disimpan pada ruangan tertutup.

### 2.5.2. Penelitian oleh Lemigas tahun 2015

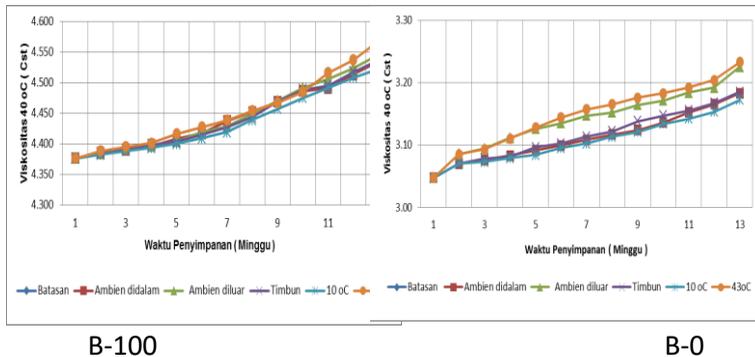
Lemigas[5] penelitian ini digunakan untuk mengetahui stabilisasi penyimpanan bahan bakar campuran biodiesel yang disimpan selama 13 minggu dan pengambilan sampel properties setiap dua minggu sekali, menggunakan campuran bahan bakar diesel-biodiesel (B-0, B-10, B-20, B-100) dengan menggunakan metode penyimpanan (di dalam ruangan dan di luar ruangan). Kemudian disimpan di luar ruangan dibagi lagi menjadi dua yaitu di atas permukaan tanah. Untuk penyimpanan di dalam ruangan di bagi menjadi dua yaitu penyimpanan di dalam ruangan dengan suhu di *setting* 43 C dan 10 C)



B-20



B-10

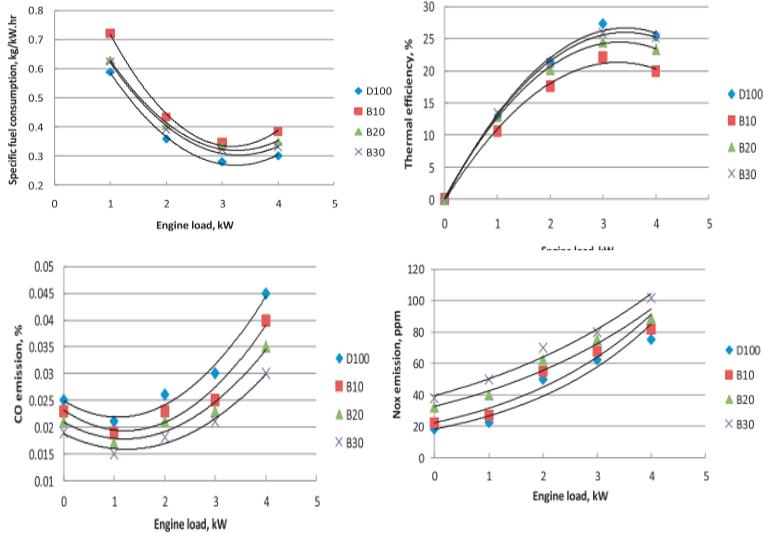


**Gambar 2. 5** Grafik Viskositas vs Waktu

Dari grafik 2.5 dihasilkan kesimpulan bahwa Semakin lama durasi penyimpanan maka akan mempengaruhi perubahan properties bahan bakar Dexlite-Biodiesel blend berupa kenaikan nilai keasaman dan nilai viskositas dan juga kondisi penyimpanan yang berada diatas temperature ambien dan terkena sinar matahari langsung akan mengalami pendegradasian lebih cepat daripada yang lain.

### 2.5.3. Penelitian oleh Abed dkk

Abed dkk [] melakukan penelitian tentang biodiesel dari limbah minyak goreng terhadap peforma dan emisi gas buang mesin diesel.dengan menggunakan campuran bahan bakar diesel-biodiesel ( B-10,B-20,B-30,B-0)



**Gambar 2. 6** grafik performance and emission vs engine load

Dari gambar 2.6 Dan didapat disimpulkan bahwa *Thermal efficiency* dari biodiesel mengalami penurunan dan *Spesific Fuel Consumption (SFC)* biodiesel dari limbah minyak goreng lebih tinggi daripada bahan bakar diesel. Dan selanjutnya mengalami kenaikan temperature gas buang. Untuk emisi gas buang CO, HC dan Asap mengalami penurunan kadar. Seiring meningkatnya kadar biodiesel dalam bahan bakar maka NOX dan CO<sub>2</sub> ikut meningkat.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menyimpan 1 sampel B20 di luar ruangan yang terekspos matahari langsung dan 2 sampel pembading yaitu B0 dan B20 yang disimpan di ruangan tertutup (atau tidak terekspos matahari) yang disimpan selama 12 minggu, dan dilakukan pengujian properties sifat fisik, kimia dan kontaminasi biologi yang dilanjutkan dengan pengujian unjuk kerja pada mesin diesel *Direct Injection* Yanmar TF 55 R standar dengan poros utama yang telah terkopel langsung dengan *electrical generator* sebagai *electrical dynamometer*. Pengujian dilakukan 4 minggu sekali.

### 3.2. Persiapan Bahan Bakar (*Fuel Blend*)

Pada ekpeimen kali ini dilakukan dengan penyiapan sampel bahan bakar solar murni (B0) dan Biodiesel murni (B100) yang kemudian dibuat campuran B20 yang merupakan campuran 20% B100 dan 80% B0 (% volume).



**Gambar 3.1** persiapan bahan bakar

### 3.3 Penyimpanan bahan bakar

Pada penyimpanan bahan bakar campuran Dexlite-biodeisel (B-20) dibagi beberapa tahap, Pertama meliputi rancang bangun tangki penyimpanan produk biodiesel dengan kapasitas 50 liter, analisa awal produk bahan bakar dan studi laju degradasi pada tahap penyimpanan produk. Peralatan utama adalah tangki penyimpanan produk yang dilengkapi dengan tempat pengambilan sampel.



Gambar 3. 2 Gambar Tangki Penyimpanan B20

### 3.4 Pengujian Bahan Bakar

#### 3.4.1 Pengujian Kontaminasi Mikroba

Kontaminasi mikroorganisme pada sampel bahan bakar dapat terlihat dengan metode *colony forming unit (CFU)* (*scheiler,dodos,bucker*). Teknik yang digunakan adalah *total plate*

*count*. Sebelum koloni bakteri dihitung, terlebih dahulu diinkubasi selama 5 hari di suhu 37°C pada medium *Nutrient Agar*.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, Departemen Biologi, ITS.

### 3.4.2 Pengujian Propertis kimia

*Acid value* merupakan indikator yang dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat degradasi pada bahan bakar (CAO). Peningkatan angka keasaman dapat terjadi karena terbentuknya produk oksidasi bahan bakar yang bersifat asam, sehingga mempengaruhi bilangan keasaman bahan bakar. Dampak dari peningkatan bilangan asam dapat merusak tangki serta jalur bahan bakar yang kemudian dapat mengganggu *supply* bahan bakar.

Pengujian dilakukan dengan metode analisa ASTM D974-14. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Air dan Konsultasi Industri, Departemen Teknik Kimia, ITS.

### 3.4.3 Pengujian Propertis Fisis

Penyimpanan bahan bakar dapat memengaruhi sifat fisis dari bahan bakar (Khalid). Pengujian yang dilakukan antara lain densitas (ASTM D4052), viskositas (ASTM D445), dan distilasi (ASTM D86). Pengujian dilakukan di Laboratorium Hilir Migas dan Mineral, Politeknik Energi dan Mineral.

## 3.5 Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi

### 3.5.1 Alat Uji

Peralatan pengujian 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 silider : 353 (cc)
- Daya kontinu ; 4,5/2200 (hp/rpm)
- Daya maksimum : 5,5/2200 (hp/rpm)
- Perbandingan kompresi : 17,9 : 1
- Pompa bahan baka : Tipe Bosch
- Tekanan injektor : 200 kg/cm<sup>2</sup>
- Sistem pelumasan : pelumas paksa
- Kapasitas minyak pelumas : 1,8 liter
- Kapasitas tangki bahan bakar : 7,1 liter
- Jenis minyak pelumas : SAE 40 kelas
- 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 : STC 115
- Frekuensi (Hz) : 50
- RPM : 1500
- *Voltage* (V) : 220
- Phase : 1
- Base (kW) : 15
- Ev Volt (V) : 400
- Ex Curr (A) : 27,1

3. Beban listrik

Beban lampu terdiri atas lampu pijar sebanyak 15 buah dengan konsumsi daya masing-masing lampu sebesar 1000 Watt. Lampu-lampu tersebut disusun secara paralel dengan masing-masing lampu dilengkapi dengan tombol stop/kontak untuk pengaturan beban bahan bakar *biodiesel*.

4. Tangki bahan bakar

- Kapasitas : 50 liter
- Tinggi : 42 cm
- Diameter : 35 cm
- Bahan material : *Steel*

### 3.5.2 Alat Ukur

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

1. Pipet volumetrik

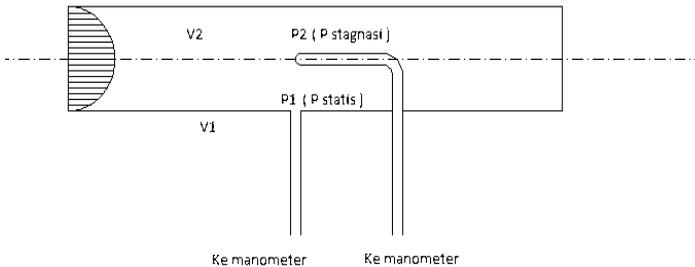
Alat ini digunakan untuk mengatur jumlah bahan bakar *biodiesel* yang dikonsumsi oleh mesin diesel.

## 2. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan mesin diesel untuk mengkonsumsi bahan bakar *biodiesel*.

3. *Pitot Static Tube* dan *Pressure Manometer Digital*[13]

Alat ini dipergunakan untuk mengukur jumlah udara pembakaran mesin diesel.



**Gambar 3. 3** *Pitot Static Tube*

*Pitot tube with static wall pressure tap* dihubungkan dengan *pressure manometer* untuk mengetahui besarnya perbedaan tekanan yang terjadi antara tekanan stagnansi dan statis. Lalu digunakan persamaan *Bernoulli* sebagai berikut :

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2$$

Dimana :

- $P_1$  : Tekanan statis (pada titik 1) ( $P_a$ )
- $P_2$  : Tekanan statagnasi (pada titik 2) ( $P_a$ )
- $\rho$  : Massa jenis fluida yang mengalir ( $\text{kg/m}^3$ )
- $V_2$  : Kecepatan di titik 2 (m/s)

$V_1$  : Kecepatan di titik 1, kecepatan pada titik statis = 0 m/s

Dengan mengansumsikan  $\Delta z = 0$  maka persamaan menjadi :

$$\frac{v_2^2}{2} = \frac{P_1 - P_2}{\rho}$$

Untuk mencari kecepatan udara yang masuk kedalam ruang bakar dari persamaan diatas menjadi :

$$V_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho_{udara}}}$$

Dimana :

$P_1 - P_2$  = didapatkan dari pembacaan *Pressure Manometer Digital*

Namun  $V_2$  merupakan kecepatan maksimal ( $V_{max}$ ), terlihat dari profil kecepatan aliran pada *internal flow*. Hal ini dikarenakan posisi pitot berada pada *centerline* pipa. Sehingga perlu dirubah menjadi *average velocity* ( $V_{avg}$ ) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{V_{avg}}{V_1} = \frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)}$$

Dimana :

$V_{avg}$  : Kecepatan rata-rata (m/s)

$V_{max}$  : Kecepatan maksimal dari profil kecepatan aliran

$n$  : *Variation of power law exponent*

*Variation of power law exponent* ( $n$ ) didapatkan dari persamaan berikut:

$$n = -1,7 + 1,8 \log re$$

Persamaan diatas berlaku apabila nilai dari  $re > 2 \times 10^4$

4. Amperemeter dan Voltmeter  
Alat ini digunakan untuk mengukur arus listrik (I) dan tegangan listrik (V) yang terjadi akibat pemberian beban pada generator listrik.
  
5. Tachometer digital  
Alat ini digunakan untuk mengukur putaran engine. Caranya adalah mengarahkan sinar inframerah pada poros engkol engine dan nantinya kecepatan putaran engine akan terukur pada alat.

### 3.6 Sistematika Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahap sebagai berikut;

1. Menentukan perumusan masalah.
2. Studi literature, yang bertujuan untuk mendapatkan berbagai informasi dan data yang berkaitan dengan objek penelitian.
3. Mempersiapkan bahan bakar (pada point 3.2)
4. Mempersiapkan Penyimpanan bahan bakar (pada Point 3.3 )
5. Mempersiapkan alat uji, meliputi;
  - a. Membuat kerangka dudukan *engine* dan generator.
  - b. Memasang *engine* dan generator pada kerangka dudukan.
  - c. Memasang *belt* penghubung *engine* dan generator.

- d. Melakukan Tune-Up pada *Engine*, seperti pemeriksaan baut, sistem pemasukan bahan bakar, air pendingin, oli mesin, saringan udara, saluran *exhaust* dan penyetelan klep.
  - e. Menghubungkan generator ke *electric dynamometer*.
  - f. Mengoperasikan *engine* untuk mengetahui *engine* berfungsi dengan baik dan normal.
6. Mempersiapkan alat ukur, meliputi;
    - a. Memastikan setiap peralatan (voltmeter, tachometer, thermometer, dan stopwatch) memiliki *power supply* (baterai kering) yang cukup.
    - b. Mengatur skala alat ukur sesuai kebutuhan.
    - c. Memasang kabel-kabel *thermocouple* pada tempat yang akan diukur suhunya, lalu diinstalasi pada *thermo selector* dan *display*.
    - d. Memasang clampmeter (voltmeter) pada bagian input electric dynamometer.
  7. Melakukan pengujian unjuk kerja dan emisi gas buang *engine* diesel (pada point 3.4).
  8. Pengolahan data, yaitu dengan melakukan perhitungan data hasil pengujian pada langkah 7, yang meliputi SFC, efisiensi thermal .

### 3.7. Rancangan Pengujian Unjuk kerja dan Emisi

Dalam eksperimen ini dilakukan pembagian kelompok, pembagian kelompok adalah sebagai berikut;

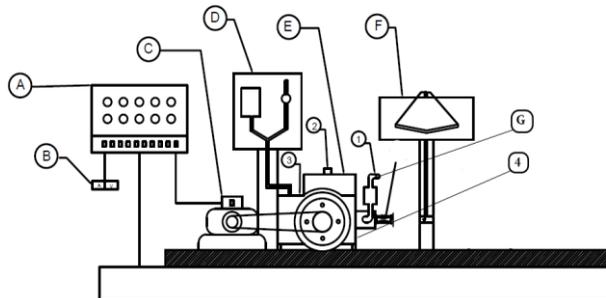
*Tabel 3. 1 Rancangan Pengujian unjuk kerja dan emisi*

Konstan	Parameter Input			Parameter Output	
	Variasi			Diukur	Dihitung
	Bahan Bakar	Durasi Penyimpanan	Beban listrik		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Putaran mesin Diesel 2000 rpm</li> </ul>	B20 terekspos matahari	Minggu ke-0	300 W hingga 3000 W dengan interval kenaikan 300 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsumsi bahan bakar Biodiesel</li> <li>Temperatur diesel (oli, pendingin, gas buang, blok mesin) °C</li> <li>Arus (I)</li> <li>Tegangan (V)</li> <li>Kadar Partikulat (microgram/mm<sup>3</sup>)</li> <li>Kadar UHC (ppm)</li> <li>Kadar CO (% Vol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daya</li> <li>Torsi</li> <li>BMEP</li> <li>SFC</li> <li>Efisiensi thermal</li> </ul>
		Minggu ke-4			
		Minggu ke-8			
		Minggu ke-12			
	B20	Minggu ke-0			
		Minggu ke-4			
		Minggu ke-8			
		Minggu ke-12			
	B0	Minggu ke-0			

		Minggu ke-4			
		Minggu ke-8			
		Minggu ke 12			

### 3.7.1 Skema Alat

Berikut ini adalah Skema alat yang akan dilakukan



**Gambar 3. 4** Skema peralatan Generator Set

Keterangan

- A. Lampu pembebanan
- B. Amperemeter dan Voltmeter
- C. Generator
- D. Gelas ukur
- E. Radiator
- F. Manometer V
- G. Probe Stargas Analyzer
- 1. Thermocouple gas buang

2. *Thermocouple* air pendingin
3. *Thermocouple* engine
4. *Thermocouple* oli

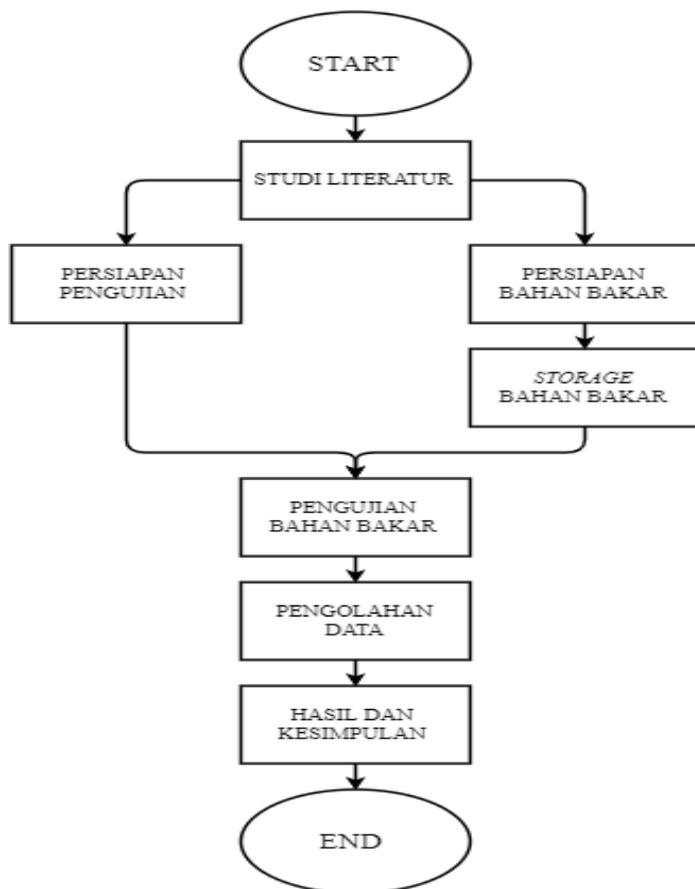
### 3.7.2 Tahap-tahap Pengujian Unjuk kerja dan Emisi

Secara garis besar dalam pengujian ini adalah untuk melihat Pengaruh lama Penyimpanan terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang yang dihasilkan engine diesel yang menggunakan campuran bahan bakar 80% Dexlite-20% Biodisel.

1. Persiapan pengujian  
Hal-hal yang diperlukan dalam persiapan pengujian ini adalah sebagai berikut :
  - a. Memeriksa kondisi kesiapan mesin yang meliputi kondisi fisik mesin, pelumas, sistem pendinginan, sistem bahan bakar, sistem udara masuk, dan kesiapan generator listrik.
  - b. Memeriksa kondisi sistem pembebanan, sistem kelistrikan dan sambungan-sambungan listrik yang ada.
  - c. Memeriksa kesiapan alat-alat ukur.
  - d. Mempersiapkan bahan bakar biodiesel-dexlite.
  - e. Mempersiapkan alat tulis dan tabel untuk pengambilan data.
2. Pengujian Unjuk kerja dan Emisi  
Percobaan dilakukan dengan putaran mesin tetap (*stationary speed*) dengan variasi beban listrik.  
Tahapannya adalah sebagai berikut:
  - a. Menghidupkan mesin diesel.
  - b. Melakukan pemanasan mesin diesel selama  $\pm 20$  menit hingga temperatur mesin mencapai temperatur kondisi operasi.

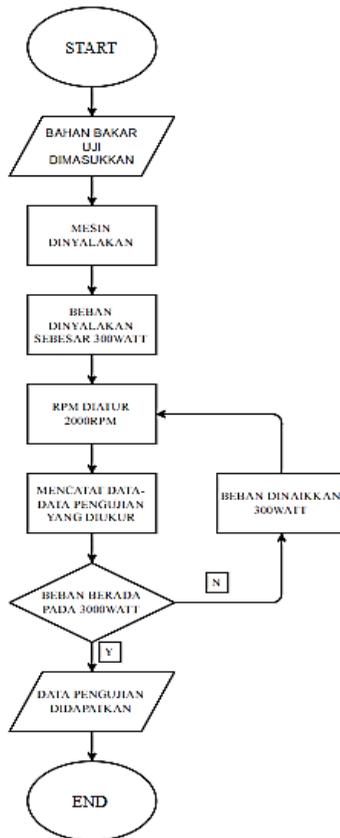
- c. Mengatur pembebanan pada mesin diesel mulai 200 w sampai dengan 2000 w dengan interval kenaikan setiap 200 w dengan tetap menjaga putaran mesin sebesar 2000 rpm setiap pembebanan.
- d. Mencatat data-data yang dibutuhkan setiap kenaikan beban, seperti:
  - Waktu konsumsi minyak biodiesel setiap 10 ml.
  - Beda ketinggian manometer V.
  - Temperatur oli, cairan pendingin, gas buang.
  - Tegangan listrik (V) dan arus listrik (I).
- e. Setelah pengambilan data selesai dilakukan, maka beban diturunkan secara bertahap hingga beban nol.
- f. Mesin dibiarkan dalam kondisi tanpa beban selama  $\pm 5$  menit.
- g. Mesin dimatikan dan ditunggu kembali dingin.

### 3.7.3 Flowchart Penelitian



Gambar 3.5 Flowcart Penelitian

### 3.7.3 Flowchart Pengujian



*Gambar 3.6* Skema pengujian

**“Halaman ini Sengaja di kosongkan”**

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai hasil dari penelitian, berikut dengan proses-proses perhitungan, data pendukung, dan pembasahan dari hasil yang didapatkan. Adapun hasil akhir dari penelitian ini adalah unjuk kerja mesin, meliputi *BSFC*, efisiensi termal, dan temperatur kerja pada *engine*, dan *exhaust port*. Serta analisa emisi gas buang meliputi *smoke opacity*, *UHC*, dan kadar CO.

### 4.1 Data *Properties* Bahan Bakar

**Tabel 4.1 *Properties* bahan bakar**

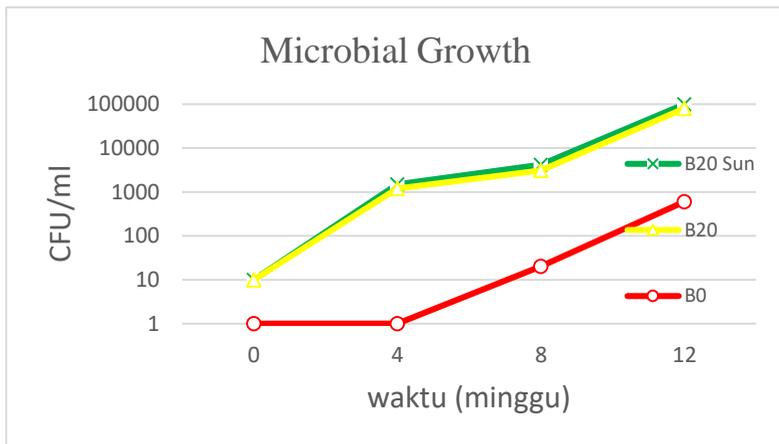
<i>Properties</i>		Unit	B0			
			M0	M4	M8	M12
Biologis	Jumlah mikroba	CFU/ml	0	0	20	600
Kemis	<i>Acid Value</i>	mg KOH/g	0,3901	0,4483	0,5017	0,5590
Fisis	Densitas	gr/cm <sup>3</sup>	0,8473	0,8478	0,8484	0,8485
	Viskositas	mm <sup>2</sup> /s	3,4681	3,5167	3,5779	3,7284
	Water content	%vol	0,0209	0,0233	0,0283	0,0399
<i>Properties</i>		Unit	B20			
			M0	M4	M8	M12
Biologis	Jumlah mikroba,	CFU/ml	10	1200	3100	80000
Kemis	<i>Acid Value,</i>	mg KOH/g	0,4196	0,4966	0,8027	0,8397
Fisis	Densitas	gr/cm <sup>3</sup>	0,8519	0,8520	0,8524	0,8529

	Viskositas	mm <sup>2</sup> /s	3,6388	3,6405	3,7155	3,7523
	Water Content	% vol	0,0329	0,0411	0,0568	0,0594
<b>Properties</b>		Unit	<b>B20 SUN</b>			
			M0	M4	M8	M12
Biologis	Jumlah mikroba,	CFU/ml	10	1500	4200	100000
Kemis	<i>Acid Value</i> ,	mg KOH/g	0,4326	0,5187	0,8122	0,8747
Fisis	Densitas	gr/cm <sup>3</sup>	0,8522	0,8524	0,8526	0,8534
	Viskositas	mm <sup>2</sup> /s	3,6489	3,6832	3,7644	3,7856
	Water content	% vol	0,0335	0,0453	0,0582	0,0611

**Tabel 4.2 data pendukung bahan bakar**

<b>Properties</b>	<b>Fuel</b>	<b>Minggu 0</b>	<b>Minggu 4</b>	<b>Minggu 8</b>	<b>Minggu 12</b>
Nilai Kalor	<b>B0</b>	42800,92	42785,28	42770,21	42767,75
	<b>B20</b>	42673,12	42671,77	42659,28	42646
	<b>B20 sun</b>	42012,9	42010,9	42005,7	41864,3
<i>Calculated Cetane Index</i>	<b>B0</b>	53,32	54,91	55,47	55,9
	<b>B20</b>	53,66	54,51	54,87	54,99
	<b>B20 sun</b>	55,54	56,12	56,67	56,83

#### 4.1.1 Kontaminasi Mikroba



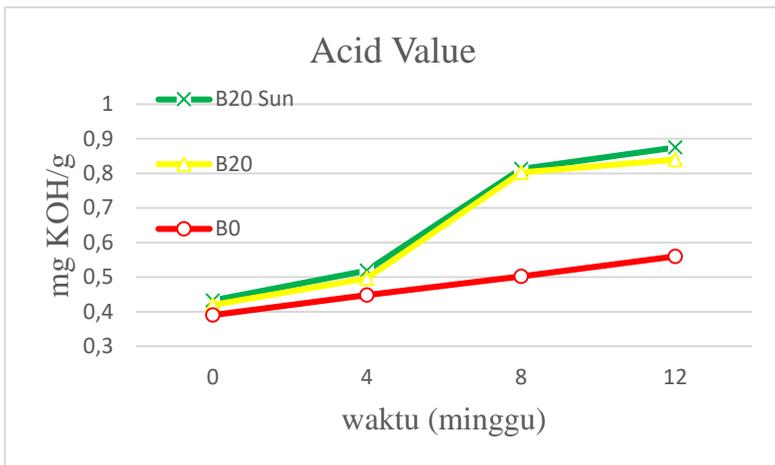
**Gambar 4. 1** Grafik Kontaminasi mikroba vs waktu

Hasil dari pengujian laboratorium jumlah mikroba setelah penyimpanan selama 12 minggu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Secara umum Ketiga bahan bakar menunjukkan *trend* yang meningkat. Dimana pada awal penyimpanan, dapat dilihat bahwa tidak terdapat bakteri yang terdeteksi pada bahan bakar B0. Namun, pada B20 dan B20 terekspos matahari terdapat bakteri yang terdeteksi masing-masing sebanyak 10 CFU/ml dan. Pada minggu ke-4, untuk bahan bakar B0 masih tidak terdeteksi keberadaan bakteri yang terkandung di dalamnya. Akan tetapi, pada B20 dan B20 terekspose matahari justru mengalami peningkatan jumlah mikroba masing-masing sebesar 11,90% dan 14,90%. Di minggu ke-8 dan ke-12 terjadi peningkatan pada semua jenis bahan bakar. Hingga minggu ke-12, bahan bakar B0 mengalami tingkat pertumbuhan mikroba paling rendah, yaitu rata-rata meningkat sebesar 59.900% dari kondisi awal. Sedangkan, peningkatan mikroba tertinggi sebesar 999.900%, terjadi pada B20 terekspose matahari dibandingkan dengan B20 yang hanya meningkat sebesar 799.900% dari kondisi penyimpanan awal.

Air memegang peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembang-biakan mikroba. Aktivitas mikroba terjadi terutama 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 tabel 4.2, 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,[12]. 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 yang cenderung lebih menyerap air dibanding minyak solar,[13].

Namun akibat perbedaan kondisi penyimpanan dimana B20 dan B0 disimpan di dalam ruangan dan B20 terekspos matahari disimpan di ruangan terbuka yang terkena cahaya matahari langsung. Yang mengakibatkan pertumbuhan mikroba antara B20 terekspose matahari lebih besar dari ke-2 bahan bakar lain akibat terpengaruh oleh faktor lingkungan seperti udara, cahaya matahari, Leung D.Y.C[14].

#### 4.1.2 Propertis Kemis



**Gambar 4. 2** Grafik *acid value* vs waktu

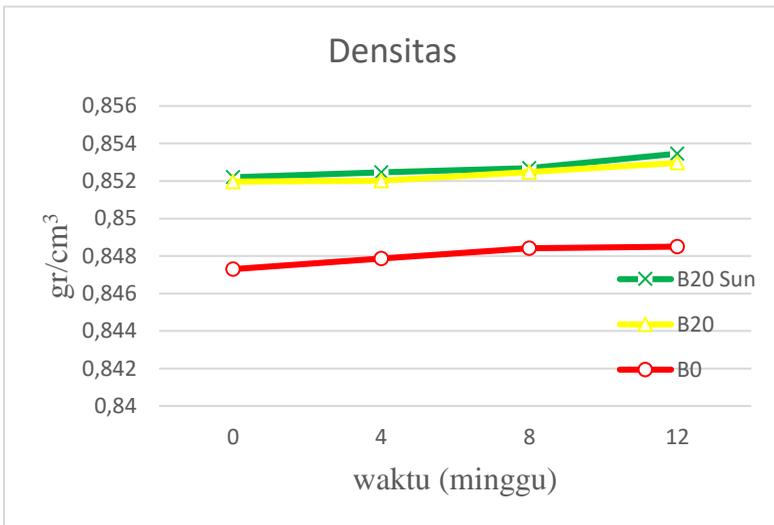
Dari gambar 4.2, dapat disimpulkan bahwa semakin lama durasi penyimpanan untuk semua variasi bahan bakar akan mengalami kenaikan nilai *acid value*.. Di kondisi awal penyimpanan, B20 terekspos matahari memiliki nilai keasaman yang tertinggi, yaitu 0,43 mg KOH/g, diikuti dengan B20 dan B0 masing-masing sebesar 0,42mg dan 0,39 mg KOH/g secara berurutan. Kemudian, pengujian bilangan keasaman dilakukan kembali pada minggu ke-4, ke-8, dan ke-12. Hasil pengujian menunjukkan bahwa B20 terkespose matahari mengalami peningkatan tertinggi, yaitu sebesar 102,11% setelah disimpan selama 12 minggu dengan rata-rata kenaikan tiap bulannya sebesar 28,4%. Sedangkan B20 dan B0 masing-masing meningkat sebesar 100,13% dan 43,51% dengan rata-rata peningkatan setiap bulan masing-masing sebesar 28,2% dan 12,8%.

Terdapat banyak faktor yang memengaruhi peningkatan bilangan keasaman pada bahan bakar. Keberadaan mikroba diketahui merupakan salah satu faktor yang menyebabkan

peningkatan bilangan keasaman. Mikroba yang tumbuh pada bahan bakar dapat memetabolisme hidrokarbon yang terkandung dalam bahan bakar, dodos[11]. Selain itu karena proses oksidasi yang diakibatkan oleh paparan udara luar dan temperature membuat hidrorperoksida dengan cara memutus ikatan rangkap,dan asam lemak tak jenuh membentuk dimmer(molekul dengan subnit identic) yang tidak stabil , dan pada akhirnya akan membuat nilai keasaman meningkat,[15]

### 4.1.3 Propertis Fisis

#### 4.1.3.1 Densitas



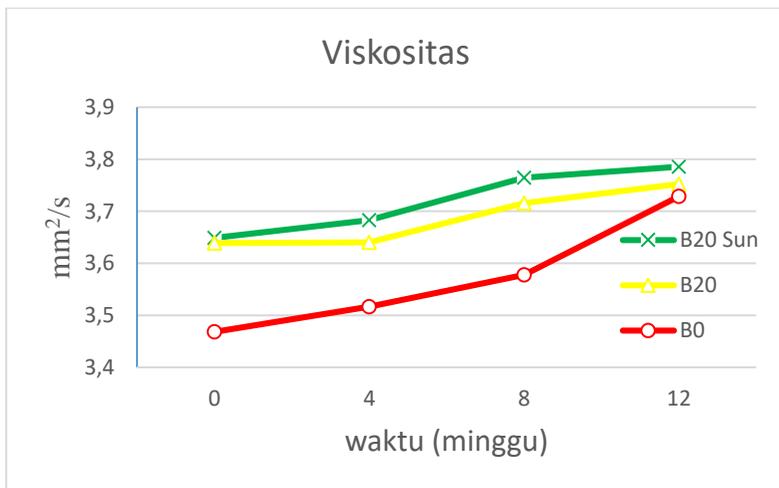
**Gambar 4. 3** Grafik densitas vs waktu

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa nilai densitas untuk semua variasi bahan bakar memiliki *trend* naik selama masa penyimpanan 12 minggu. Pada kondisi awal (minggu ke-0), terlihat bahwa B20 terekspose memiliki densitas yang lebih tinggi dibanding bahan bakar lain dengan nilai sebesar 0,8522 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan untuk B0 dan B20 masing memiliki nilai

densitas,  $0,8520 \text{ gr/cm}^3$  dan  $0,8473 \text{ gr/cm}^3$ . Peningkatan nilai densitas yang terjadi pada semua jenis bahan bakar cenderung sama, dengan rata-rata peningkatan densitas B20 terekspose matahari, B20, dan B0 masing-masing sebesar 0,57%, 0,04%, dan 0,05% setiap bulan

Peningkatan nilai densitas ini disebabkan oleh peningkatan interaksi molekul dalam rangka pembentukan produk oksidasi. Bahan bakar yang memiliki rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan lebih banyak asam lemak jenuh cenderung lebih rentan untuk dikristalisasi, sehingga menyebabkan penurunan volume dan akibatnya meningkatkan densitasnya. Secara bersamaan, massa bahan bakar meningkat pula sebagai akibat dari produk oksidasi shahabuddin[16].

#### 4.1.3.2 Viskositas



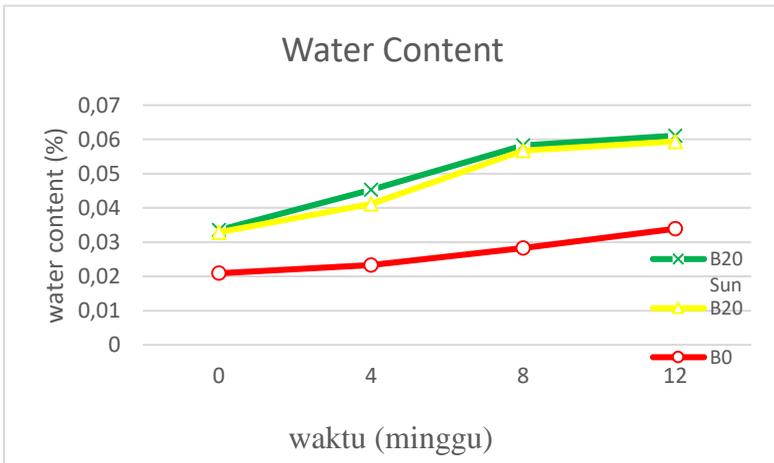
**Gambar 4. 4** Grafik viskositas vs waktu

Gambar 4.4 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 jenis bahan bakar.

Pada kondisi awal (minggu ke-0), terlihat bahwa biodiesel memiliki nilai viskositas yang lebih tinggi dibanding bahan bakar diesel konvensional. Hal ini dibuktikan dengan nilai viskositas bahan bakar campuran B20 terekspose matahari memiliki nilai viskositas tertinggi, dengan nilai 3,64 mm<sup>2</sup>/s untuk B20 dan B0 secara urut memiliki nilai 3,63 dan 3,46 mm<sup>2</sup>/s . Hingga minggu ke-12, tercatat tingkat peningkatan viskositas B0, B20, dan B20 terekspose matahari secara berurutan adalah 7,5%, 3,12%, dan 3,7 %.

Fenomena ini terjadi karena proses oksidasi, pembentukan bilangan oksidasi dengan cara memutuskan ikatan rangkap, dan asam lemak tak jenuh membentuk dimmer (molekul dengan subunit identik) dimana seiring periode penyimpanan membuat nilai bilangan oksidasi meningkat dan pada akhirnya akan membuat nilai viskositas meningkat, A.F Chica martin[15]

#### 4.1.3.3 Water Content



**Gambar 4.5** Grafik water content vs waktu

4.4 Hasil Pengujian Mikrobiologi dan D Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kadar air pada semua jenis bahan bakar. Pada kondisi awal penyimpanan (minggu ke-0), terlihat bahwa biodiesel memiliki nilai water content yang lebih tinggi dibanding bahan bakar diesel konvensional. Hal ini dibuktikan dengan nilai water content bahan bakar campuran B20 terekspose matahari memiliki nilai water content tertinggi, yaitu 0,0335 % vol untuk B20 dan B0 secara urut memiliki nilai 0,0339 dan 0,0209 % vol . Hingga penyimpanan minggu ke-12, tercatat tingkat peningkatan Water content B0, B20, dan B20 terekspose matahari secara berurutan adalah 62,2%,80,7 %, dan 82,3 %.

Kondisi penyimpanan yang aerob menyebabkan akses udara dapat dengan mudah masuk ke dalam tangki dan berinteraksi langsung dengan bahan bakar. Perbedaan jumlah air yang terkandung pada ketiga jenis bahan bakar tersebut erat kaitannya dengan kecenderungan masing-masing bahan bakar dalam menyerap air yang berada pada lingkungan. Dalam B20 dan B20 terekspose matahari sendiri terdapat 20% biodiesel yang bersifat higroskopis sehingga menyebabkan bahan bakar tersebut lebih mudah menyerap air dibandingkan dengan B0 yang merupakan bahan bakar fosil. Seiring dengan waktu penyimpanan bahan bakar maka kandungan air tersebut akan mengendap pada dasar tangki karena densitas air yang lebih besar. Pada kondisi itu akan terbentuk lapisan antara antara bahan bakar dan air dimana menjadi pemicu kemunculan mikroba.

## **4.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja**

Perhitungan yang dihitung dibawah ini adalah untuk bahan bakar B20 (sun) Terekspos matahari pengujian sampel minggu ke-4. Perhitungan dilakukan pada pembebanan lampu 900 Watt dengan data-data yang dilakukan sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data percobaan bahan bakar B20 (sun) Terekspos matahari

Beban (watt)	RPM	Generator		Bahan Bakar	
		Arus (A)	Voltase (V)	Volume (ml)	Waktu (s)
900	2000	3,6	220	10	60,5

#### 4.2.1 Daya

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

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

Dimana:

V	: 220 V
I	: 3,6 A
$\cos\phi$	: 1
$\eta$ generator	: 0,9
$\eta$ transmisi	: 0,95

maka:

$$N_e = \frac{220 \times 3,6 \times 1}{0,9 \times 0,95} \text{ Watt}$$

$$N_e = \frac{792}{0,855} \text{ Watt}$$

$$N_e = 562,222 \text{ Watt}$$

$$N_e = 0,56222 \text{ Kilowatt}$$

Dari perhitungan didapatkan daya yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar B20 Terekspos matahari pada pembebanan 900 W adalah 0,56222 KW.

#### 4.2.2 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). Momen torsi dihitung dengan persamaan seperti berikut:

$$Mt = \frac{60000 \times N_e}{2\pi n} (N.m)$$

Dimana:

$$N_e \quad \quad \quad : 0,056222 \text{ KW}$$

$$n \quad \quad \quad \quad : 2000 \text{ rev/min}$$

Maka:

$$Mt = \frac{60000 \times 0,56222}{2 \times 3,14 \times 2000} (N.m)$$

$$Mt = \frac{33733,2}{12560} (N.m)$$

$$Mt = 2,68577 (N.m)$$

Dari perhitungan didapatkan Torsi yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar B20 Terekspos matahari dengan *Injection Timing* standart  $23,67^\circ$  BTDC pada pembebanan 9000 W adalah 2,68577 N.m.

### 4.2.3 Brake Tekanan Efektif Rata-Rata (*BMEP*)

Besarnya tekanan dalam ruang bakar 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. *BMEP* dihitung dengan persamaan:

$$bmep = \frac{NexZx60000}{Axlxnxixi} (N/m^2)$$

Dimana:

<i>Ne</i>	: 0,56222 Kilowatt
<i>A</i>	: 0,0044 (m <sup>2</sup> )
<i>L</i>	: 0,08 (m)
<i>i</i>	: 1
<i>n</i>	: 2000 (rpm)
<i>z</i>	: 2 (mesin 4 langkah)

maka:

$$bmep = \frac{NexZx60}{Axlxnxixi} (N/m^2)$$

$$bmep = \frac{0,56222x2x60000}{0,0044 x 0,08 x 2000 x 1} (N/m^2)$$

$$bmep = \frac{137400}{0,704} (N/m^2)$$

$$bmep = 9556,185 N/m^2$$

$$bmep = 9,556185 KPa$$

Dari perhitungan didapatkan *Brake* tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar D80E20 dengan *Injection Timing* standart 23,67° BTDC pada pembebanan 900 W adalah 9,5561

#### 4.2.4 Specific Fuel Consumption (SFC)

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

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

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

Sedangkan besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah :

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

Dimana:

$$\rho_{bb} : 836 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$s : 71,5 \text{ s}$$

$$Ne : 0,056222 \text{ KW}$$

Maka:

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

$$m_{bb} = 836 \times 0,000010 (kg)$$

$$m_{bb} = 0,00836 \text{ kg}$$

$$\dot{m}_{bb} = \frac{0,00836}{46,5} (kg/s)$$

$$\dot{m}_{bb} = 0,00018 (kg/s)$$

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

$$sfc = 3600 \frac{0,00018}{0,056222} \left( \frac{kg}{kW.jam} \right)$$

$$sfc = 2,179 \left( \frac{kg}{kW.jam} \right)$$

Dari perhitungan didapatkan *Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar D80E20 dengan *Injection Timing* standart 23,67° BTDC pada pembebanan 1000 W adalah 2,179 kg/kW.jam.

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

Efisiensi termal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh mesin pembakaran dalam. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan :

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

Dimana:

Ne	: KW
$\dot{m} \text{ bb}$	: 0,00018 kg/s
LHV bb	: 39800 KJ/kg

Maka:

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

$$\eta_{th} = \frac{0,56222}{0,00018 \times 39800} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = \frac{1,145}{7,164} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 11,28 \%$$

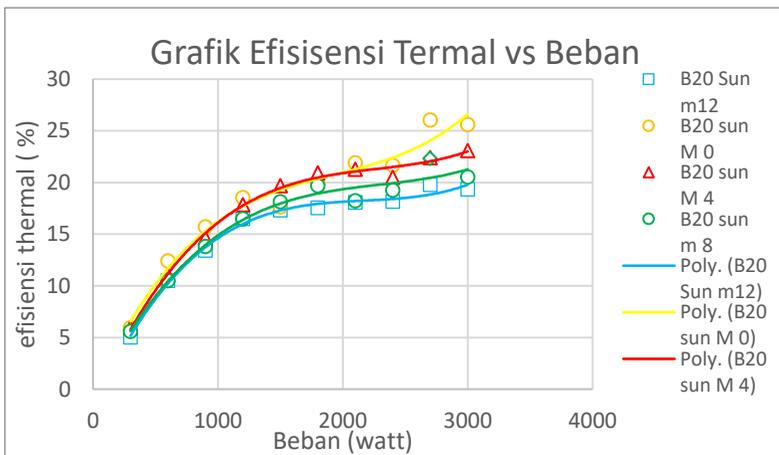
Dari perhitungan didapatkan *Efisiensi Thermal* yang dihasilkan *engine* Diesel berbahan bakar B20 terekspos matahari dengan *Injection Timing* standart 23,67° BTDC pada pembebanan 1000 W adalah 11,28%.

### 4.3 Hasil Analisa Grafik Hasil Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Biodiesel (B20) Terekspos Matahari dengan Variasi Durasi Penyimpanan

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan bahan bakar B20 terekspos matahari. Parameter performa seperti *brake thermal efficiency*, *brake specific consumption* dihitung dari parameter observasi dan ditunjukkan dalam bentuk grafik. Parameter performa lain seperti *exhaust gas temperature*, *engine temperature*, dan emisi gas buang yakni, karbon monoksida, Hidrokarbon dan asap ditunjukkan dalam bentuk grafik dari nilai yang terukur.

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

Efisiensi thermal dari campuran bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.6



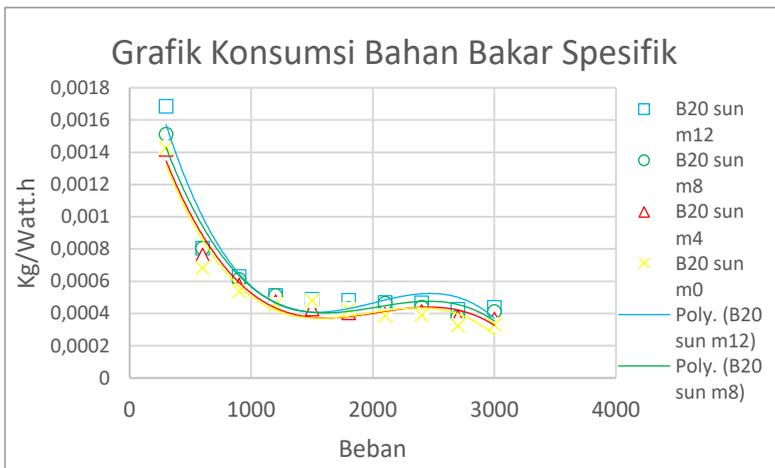
**Gambar 4. 6** Grafik Brake Thermal Efficiency terhadap beban

Dari gambar 4.6, dapat dilihat grafik yang menunjukkan Brake Thermal Efficiency yang dihasilkan oleh engine pada setiap variasi bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada engine.

Trendline dari masing masing grafik hampir serupa, dimana grafik cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Peningkatan tersebut disebabkan oleh peningkatan temperatur pada ruang bakar akibat bahan bakar yang diinjeksikan semakin banyak. Semakin tinggi temperatur akan menyebabkan bahan bakar yang diinjeksikan semakin mudah terbakar dan terkonversi menjadi daya, Selain itu akibat penyimpanan selama 12 minggu yang membuat viskoistas meningkat seperti yang dijelaskan pada subbab 4.1.4 membuat atomisasi kurang baik yang berakibat pembakaran tidak sempurna

### 4.3.2 Specific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption dari campuran bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.7



**Gambar 4.7** Grafik BSFC terhadap beban

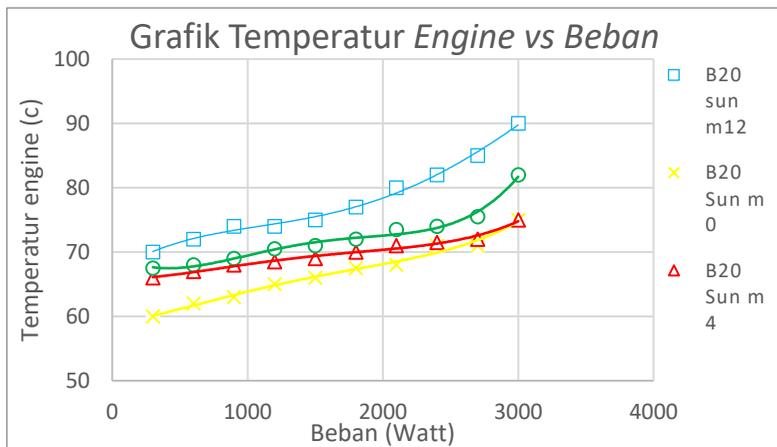
Dari gambar 4.7 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* pada setiap campuran bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. BSFC adalah jumlah bahan bakar dalam

kg yang digunakan untuk menghasilkan 1 KW daya pada waktu 1 jam.

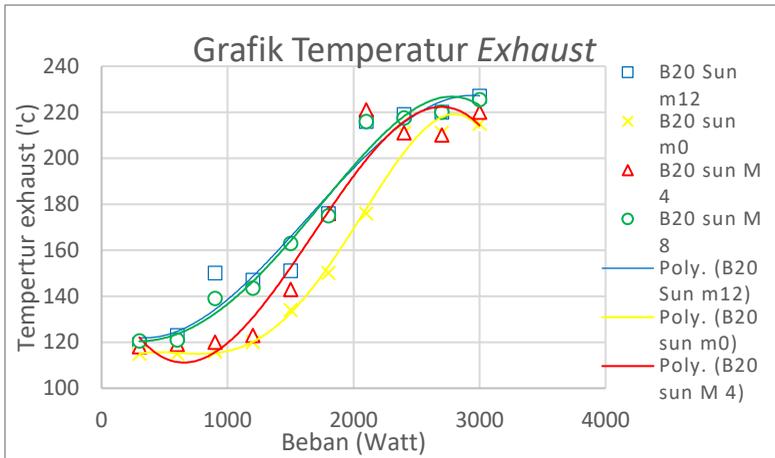
Trendline dari masing-masing grafik hampir sama, terlihat grafik cenderung menurun seiring bertambahnya beban yang diberikan oleh mesin. Fenomena penurunan BSFC terjadi akibat proses atomisasi bahan bakar yang kurang sempurna, Selain itu penurunan efisiensi termal seiring penabahan beban akan mengakibatkan konsumsi bahan bakar lebih sedikit untuk mendapatkan daya yang sama pada mesin.

### 4.3.3 Temperatur *Engine*, Air Pendingin, Oli dan *Exhaust Gas*

Temperatur yang didapatkan pada *Engine* dan *Exhaust Gas* dari hasil pengujian campuran bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.8 dan 4.9



**Gambar 4.8** Grafik temperature engine terhadap beban



**Gambar 4.9** Grafik temperatur Exhaust terhadap beban

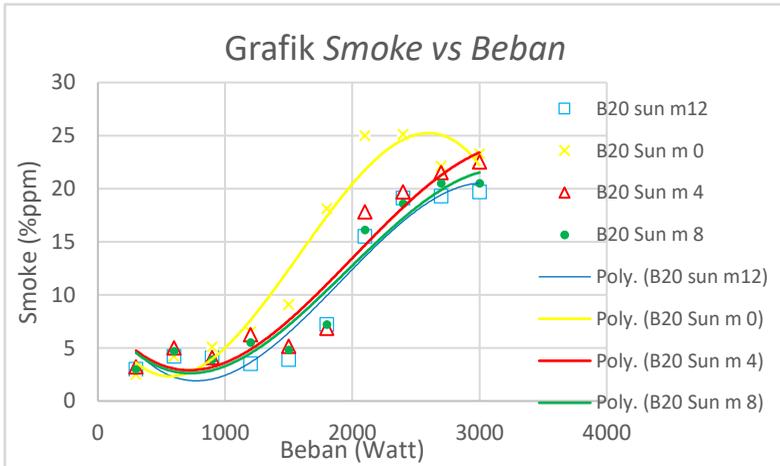
Dari gambar 4.8 dan 4,9 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada *engine*, dan *exhaust gas* pada setiap bahan bakar campuran terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine* pembacaan pada air radiator *engine*, dan temperature *exhaust gas* merupakan pembacaan pada knalpot.

Terlihat untuk temperatur *engine*, dan *exhaust gas* yang didapatkan cenderung meningkat seiring dengan penambahan beban pada *engine* untuk semua variasi durasi penyimpanan.

Pada proses pembakaran, energi panas yang dihasilkan tidak sepenuhnya dikonversikan menjadi energi gerak yang diterima piston. Sebagian energi panas yang tidak diteruskan ke piston ini terkonduksi ke semua bagian *engine*, dan gas hasil pembakaran sehingga temperatur meningkat.

#### 4.3.4 Smoke Opacity

*Smoke Opacity* yang dihasilkan oleh hasil pembakaran dari campuran bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.10



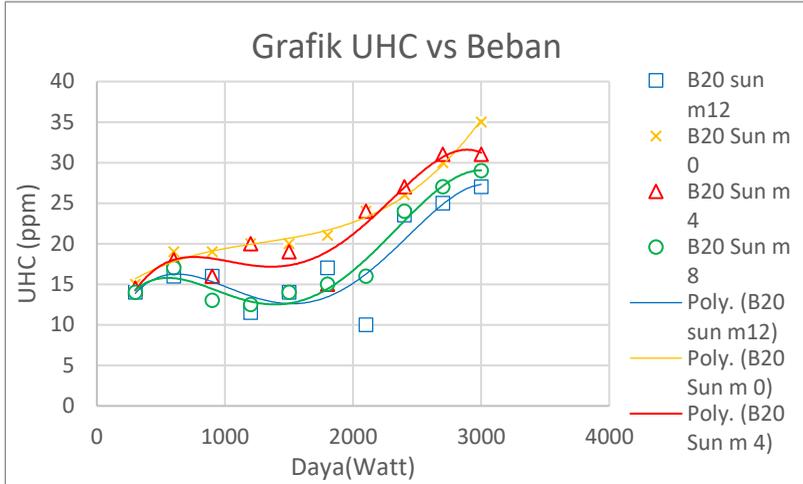
**Gambar 4.10** Grafik Smoke Opacity terhadap beban engine

Dari gambar 4.10 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran semua jenis 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.

*Trendline* dari semua grafik hampir sama, yaitu cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Peningkatan tersebut disebabkan oleh suplai bahan bakar ke mesin yang semakin banyak disemprotkan seiring pembebanan pada mesin yang dimungkinkan beberapa partikel bahan bakar dapat keluar bersama gas hasil pembuangan menjadi asap, abed [10]

### 4.3.5 Unburnt Hydrocarbon (UHC)

*Unburnt Hydrocarbon* dari campuran bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.11



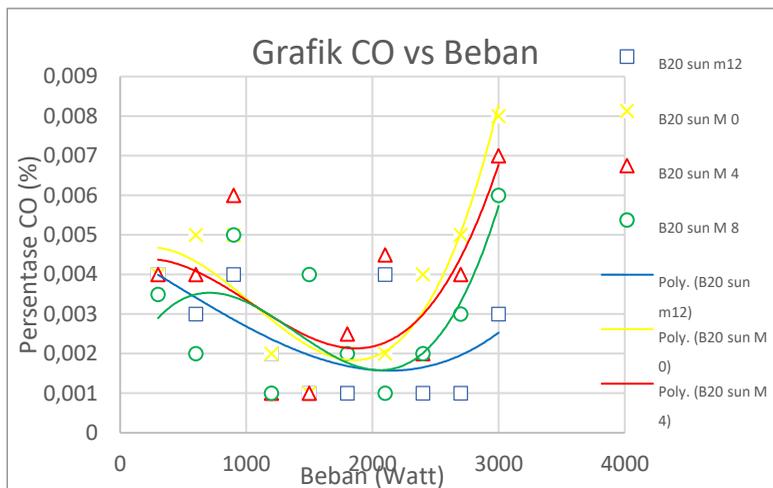
**Gambar 4.11** Grafik Unburnt Hydrocarbon terhadap beban pada engine

Dari gambar 4.11 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbom* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran semua jenis bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. *Unburnt Hydrocarbon* adalah gas yang terbentuk karena pembakaran dengan yang tidak sempurna.

Terlihat bahwa bahan bakar menunjukkan masing-masing *trendline* grafik hampir sama, Peningkatan tersebut disebabkan oleh suplai bahan bakar ke mesin yang semakin banyak disemprotkan seiring pembebanan pada mesin yang dimungkinkan beberapa partikel bahan bakar tidak terbakar secara sempurna di ruang bakar yang akhirnya keluar bersama gas hasil pembuangan menjadi emisi UHC.

### 4.3.6 Kadar CO

Kadar CO yang dihasilkan *engine* dari campuran bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.12



**Gambar 4.12** Grafik Kadar CO terhadap beban *engine*

Dari gambar 4.12 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar CO dalam (%V) yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran semua jenis 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.

Pada grafik diatas menunjukan masing-masing *trendline* grafik hampir sama, yaitu pada awal pembeban menghasilkan emisi CO yang besar dan mengalami penurunan pada beban tengah lalu meningkat kembali sampai beban penuh. Hal tersebut terjadi ketika engine pada putaran pembebanan rendah suplai bahan bakar masih sedikit dan menyebabkan campuran miskin. Efisiensi termal yang rendah, Temperatur yang rendah dan kelimpahan udara pada beban rendah inilah yang mampu mengakibatkan kadar CO tinggi pada beban awal tersebut, dan sebaliknya pada pembebanan atas

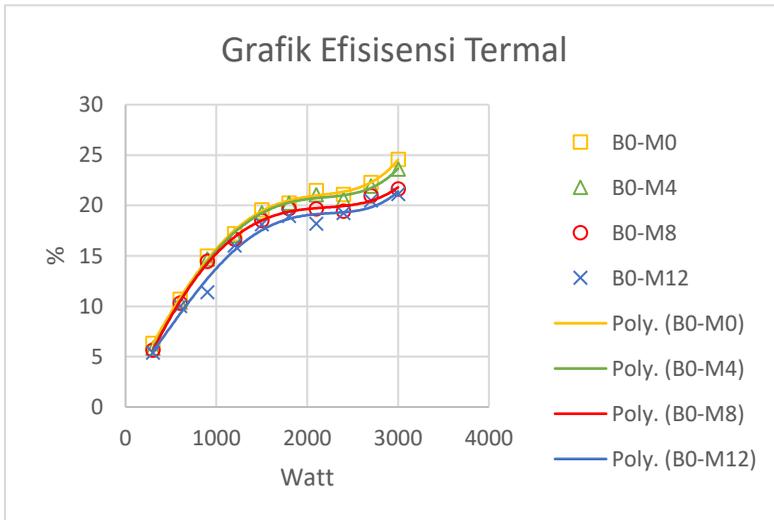
maka suplai bahan bakar dan udara banyak dan tercampur dengan sempurna yang mengakibatkan penurunan emisi CO.

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

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan campuran bahan bakar Dexlite dengan variasi lama penyimpanan. Parameter performa seperti *brake thermal efficiency*, *brake specific consumption* dihitung dari parameter observasi dan ditunjukkan dalam bentuk grafik. Parameter performa lain seperti *exhaust gas temperature*, *engine temperature*, dan emisi gas buang yakni, karbon monoksida, Hidrokarbon dan asap ditunjukkan dalam bentuk grafik dari nilai yang terukur.

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

Efisiensi thermal yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.13



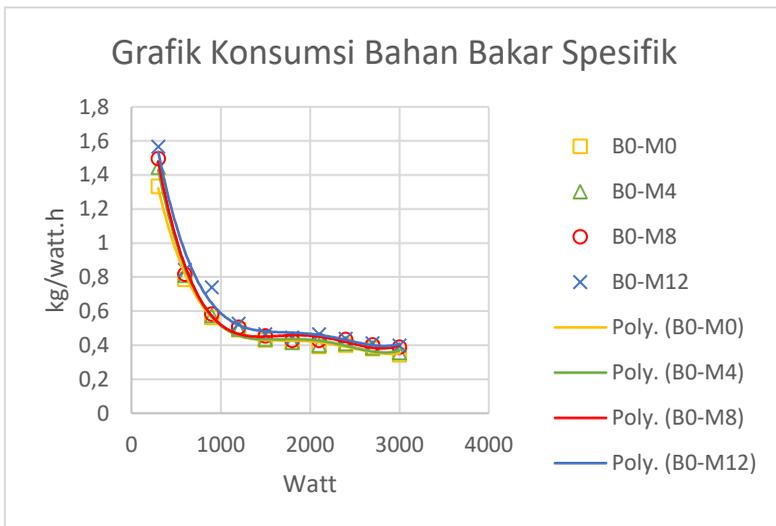
**Gambar 4. 13** Grafik Thermal Efficiency terhadap Beban untuk bahan bakar B0

Pada gambar 4.13, *Trendline* dari masing-masing grafik hampir sama, terlihat bahwa *Brake Thermal Efficiency* cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan kepada *engine*.

Fenomena di atas dapat terjadi karena terdapatnya peningkatan nilai densitas dan viskositas bahan bakar seperti yang telah dijelaskan pada bagian 4.1.2 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.

#### 4.4.2 Specific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption yang dihasilkan engine ditunjukkan pada gambar 4.14



**Gambar 4.14** Grafik Specific Fuel Consumption (SFC) terhadap beban untuk bahan bakar B0

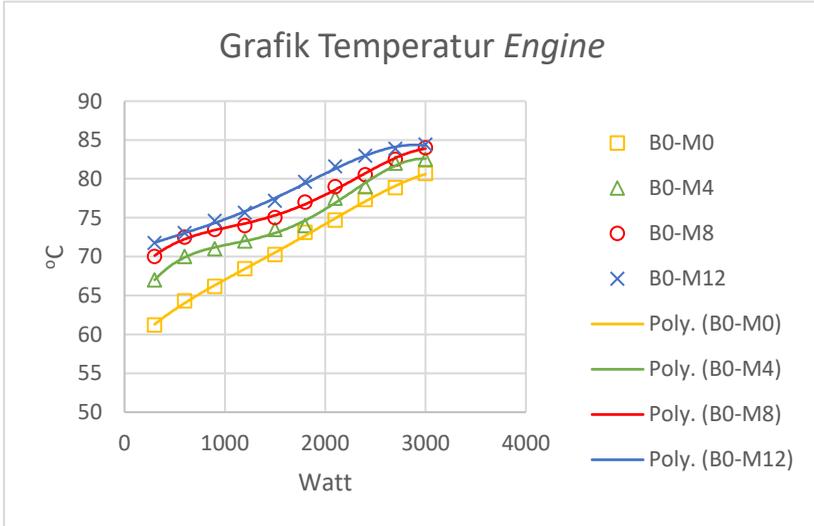
Dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* pada campuran bahan

bakar terhadap beban kerja . BSFC adalah jumlah bahan bakar dalam kg yang digunakan untuk menghasilkan 1 KW daya pada waktu 1 jam. Trendline dari masing-masing grafik, terlihat bahwa BSFC untuk semua bahan bakar menurun seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan kepada *engine*.

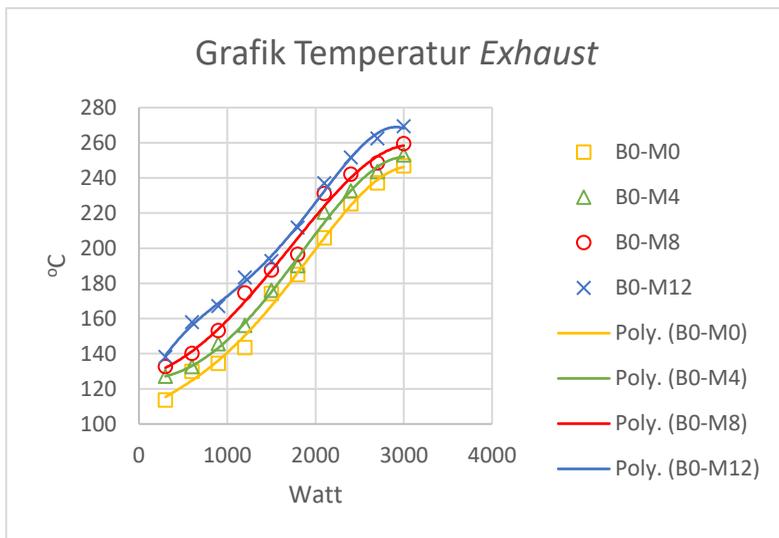
Fenomena ini dapat terjadi karena perbedaan nilai densitas setiap bahan bakar. Nilai densitas memiliki pengaruh yang berbanding lurus dengan BSFC. Di samping itu perbedaan nilai LHV dan CCI dari bahan bakar juga berpengaruh terhadap pembakaran yang terjadi. Bila energi yang dapat dilepaskan dari pembakaran optimal, maka secara otomatis konsumsi bahan bakar pun akan optimal, dengan kata lain memiliki BSFC yang lebih rendah

#### 4.4.3 Temperatur *Engine* dan *Exhaust Gas*

Temperature *engine* dan *exhaust gas* yang dihasilkan *engine* dengan variasi penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.15 dan gambar 4.16



**Gambar 4. 1** Grafik Temperature *Engine* untuk bahan bakar (B0)



**Gambar 4.16** Grafik Temperature *Exhaust Gas* untuk bahan bakar (B0)

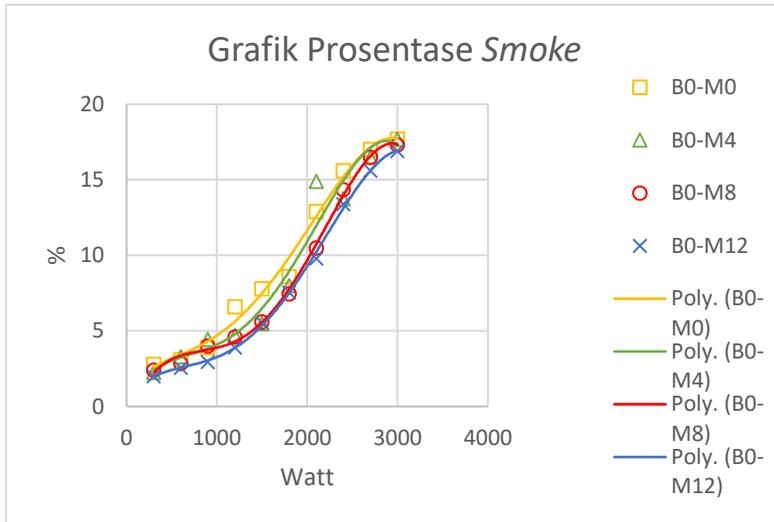
Dari gambar 4.15 hingga 4.16 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada *engine* dengan bahan bakar campuran B0 terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, dan temperature *exhaust gas* pada knalpot.

Terlihat untuk semua jenis bahan bakar, temperatur *engine*, dan *exhaust gas* yang didapatkan cenderung meningkat seiring dengan penambahan beban pada *engine*. Dimana, pada bahan bakar B0

Pada proses pembakaran, energi panas yang dihasilkan tidak sepenuhnya dikonversikan menjadi energi gerak yang diterima piston. Sebagian energi panas yang tidak diteruskan ke piston ini terkonduksi ke semua bagian *engine*, dan gas hasil pembakaran sehingga temperatur meningkat.

#### 4.4.4 Smoke Opacity

*Smoke Opacity* yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.17



**Gambar 4.17** Grafik Smoke Opacity terhadap beban untuk bahan bakar (B0)

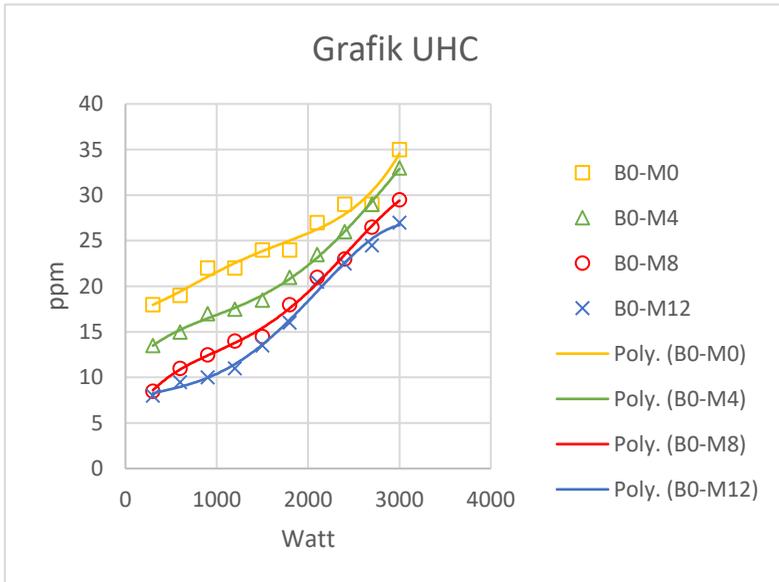
Dari gambar 4.17 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran semua bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine* dengan variasi lama penyimpanan Bahan bakar. *Smoke Opacity* adalah tingkat ketebalan asap yang 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.

*Trendline* dari semua grafik hampir sama, yaitu cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Peningkatan tersebut disebabkan oleh suplai bahan bakar ke mesin yang semakin banyak disemprotkan seiring pembebanan

pada mesin yang dimungkinkan beberapa partikel bahan bakar dapat keluar bersama gas hasil pembuangan menjadi asap.

#### 4.4.5 Unburnt Hydrocarbon (UHC)

Kadar *Unburnt Hydrocarbon* yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.18



**Gambar 4.18** Grafik Unburnt Hydrocarbon (UHC) terhadap beban untuk bahan bakar (BO)

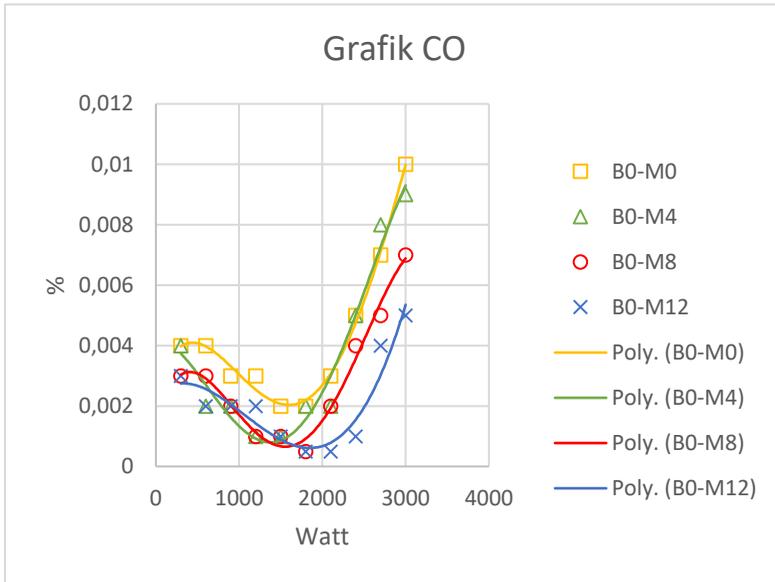
Dari gambar 4.18 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbon* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar BO terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine* dengan variasi lama penyimpanan bahan bakar. *Unburnt Hydrocarbon* adalah gas yang terbentuk karena pembakaran dengan yang tidak sempurna.

Terlihat bahwa bahan bakar menunjukkan masing-masing *trendline* grafik hampir sama, Peningkatan tersebut disebabkan

oleh suplai bahan bakar ke mesin yang semakin banyak disemprotkan seiring pembebanan pada mesin yang dimungkinkan beberapa partikel bahan bakar tidak terbakar secara sempurna di ruang bakar yang akhirnya keluar bersama gas hasil pembuangan menjadi emisi UHC

#### 4.4.6 Kadar CO

Kadar *CO* yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan bahan bakar, ditunjukkan pada gambar 4.19



**Gambar 4.19** Grafik Kadar *CO* terhadap beban untuk bahan bakar B0

Dari gambar 4.19 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *CO* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran jenis bahan bakar Dexlite (B0) terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine* dengan variasi lama penyimpanan .*CO* adalah gas yang terbentuk karena

pembakaran dengan kadar oksigen yang terbatas dan terjadi pada suhu yang rendah.

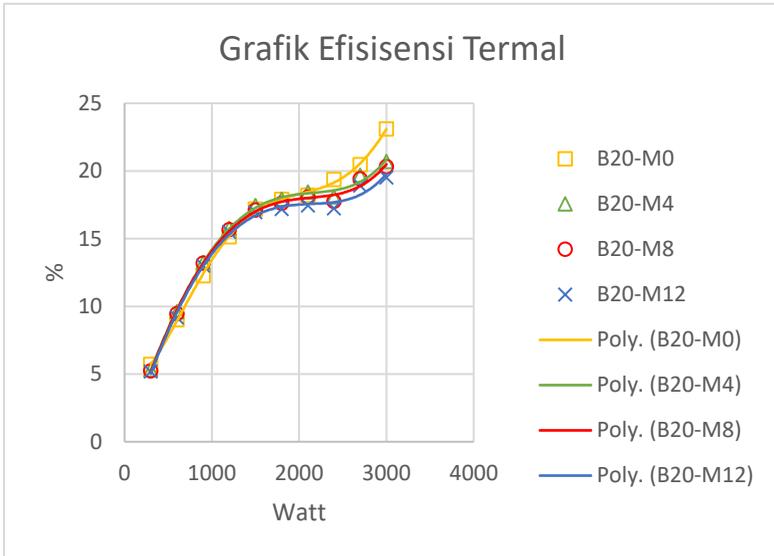
Pada grafik diatas menunjukan masing-masing *trendline* grafik hampir sama, yaitu pada awal pembeban menghasilkan emisi CO yang besar dan mengalami penurunan pada beban tengah lalu meningkat kembali sampai beban penuh. Hal tersebut terjadi ketika engine pada putaran pembebanan rendah suplai bahan bakar masih sedikit dan menyebabkan campuran miskin. Efisiensi termal yang rendah, Temperatur yang rendah dan kelimpahan udara pada beban rendah inilah yang mampu mengakibatkan kadar CO tinggi pada beban awal tersebut, dan sebaliknya pada pembebanan atas maka suplai bahan bakar dan udara banyak dan tercampur dengan sempurna yang mengakibatkan penurunan emisi CO.

#### **4.5 Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Dexlite (B20)**

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan campuran bahan bakar Dexlite dengan variasi lama penyimpanan. Parameter performa seperti *brake thermal efficiency*, *brake specific consumption* dihitung dari parameter observasi dan ditunjukkan dalam bentuk grafik. Parameter performa lain seperti *exhaust gas temperature*, *engine temperature*, dan emisi gas buang yakni, karbon monoksida, Hidrokarbon dan asap ditunjukkan dalam bentuk grafik dari nilai yang terukur.

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

Efisiensi thermal yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.20



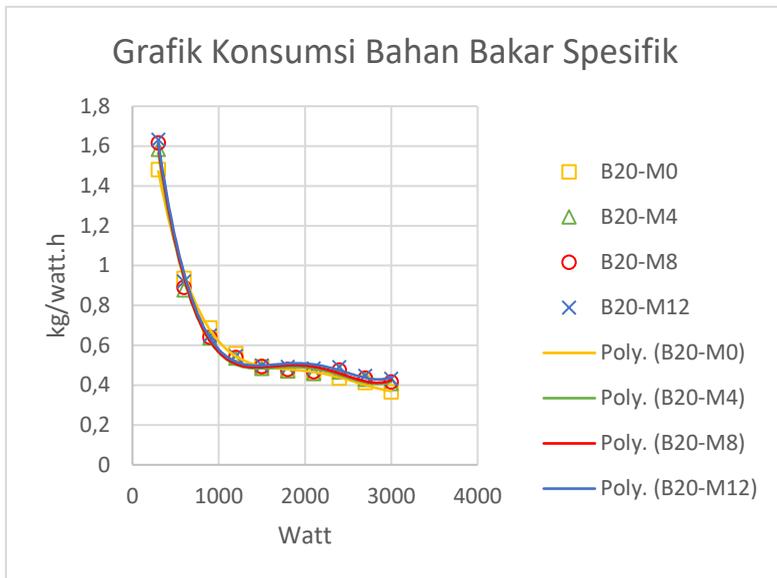
**Gambar 4.20** Grafik Thermal Efficiency terhadap Beban untuk bahan bakar B20

Dari Gambar 4.20 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Thermal Efficiency* yang dihasilkan oleh *engine* terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*.

*Trendline* dari masing-masing grafik terlihat hampir sama, yaitu cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Peningkatan efisiensi dipicu meningkatnya suhu mesin seiring bertambahnya beban. Selain itu, atomisasi bahan bakar yang di injeksikan menjadi lebih baik karena tekanan injektor yang lebih tinggi seiring bertambahnya beban mesin menjadikan pembakaran yang terjadi lebih baik.

### 4.5.2 Specific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption yang dihasilkan engine ditunjukkan pada gambar 4.21



**Gambar 4.21** Grafik Specific Fuel Consumption (SFC) terhadap beban untuk bahan bakar B20

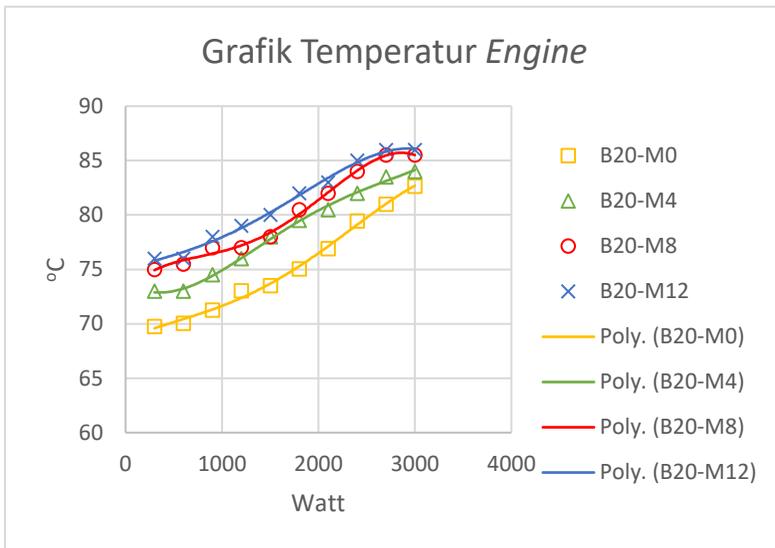
Dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* pada campuran bahan bakar terhadap beban kerja. SFC adalah jumlah bahan bakar dalam kg yang digunakan untuk menghasilkan 1 KW daya pada waktu 1 jam. Trendline dari masing-masing grafik, terlihat bahwa SFC untuk semua bahan bakar menurun seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan kepada *engine*.

Fenomena ini dapat terjadi karena perbedaan nilai densitas setiap bahan bakar. Nilai densitas memiliki pengaruh yang berbanding lurus dengan SFC. Di samping itu perbedaan nilai LHV dan CCI dari bahan bakar juga berpengaruh terhadap pembakaran

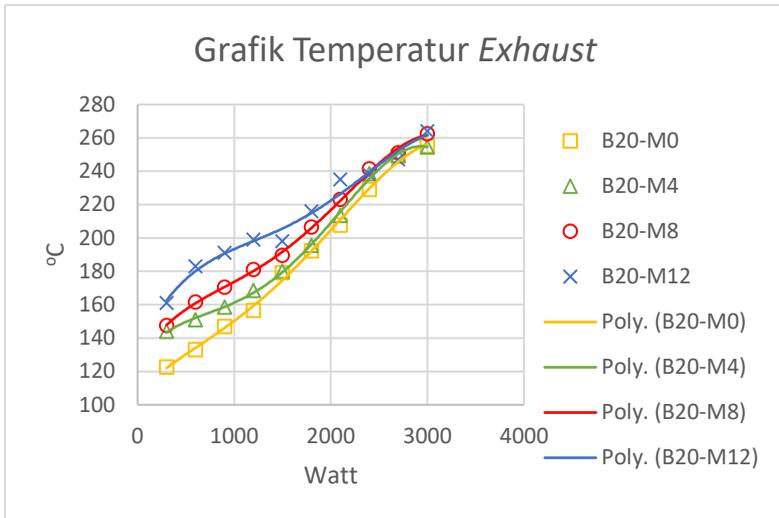
yang terjadi. Bila energi yang dapat dilepaskan dari pembakaran optimal, maka secara otomatis konsumsi bahan bakar pun akan optimal, dengan kata lain memiliki SFC yang lebih rendah.

#### 4.5.3 Temperatur *Engine* dan *Exhaust Gas*

Temperature *engine* dan *exhaust gas* yang dihasilkan *engine* dengan variasi penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.22 dan 4.23



**Gambar 4.22** Grafik Temperature *Engine* untuk bahan bakar (B20)



**Gambar 4.23** Grafik Temperature *Exhaust Gas* untuk bahan bakar (B20)

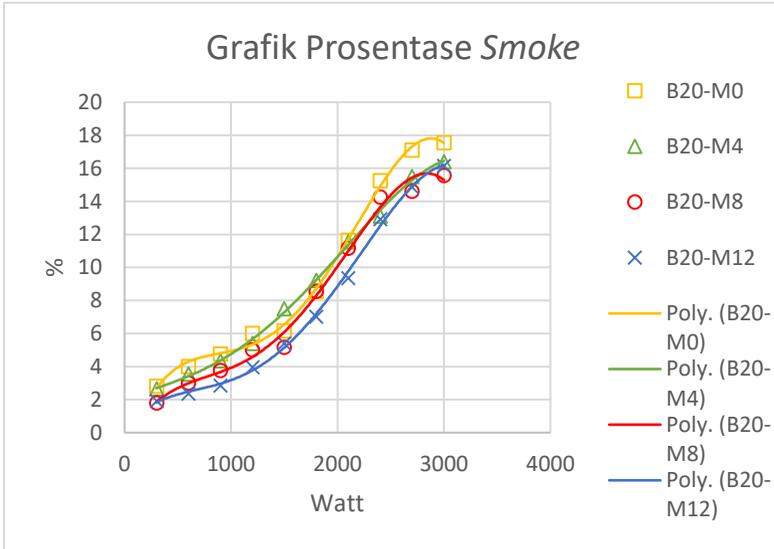
Dari gambar 4.22 hingga 4.23 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada *engine* dengan bahan bakar campuran B0 terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine*. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, dan temperature *exhaust gas* pada knalpot.

Terlihat untuk semua jenis bahan bakar, temperatur *engine*, dan *exhaust gas* yang didapatkan cenderung meningkat seiring dengan penambahan beban pada *engine*. Dimana, pada bahan bakar B0

Pada proses pembakaran, energi panas yang dihasilkan tidak sepenuhnya dikonversikan menjadi energi gerak yang diterima piston. Sebagian energi panas yang tidak diteruskan ke piston ini terkonduksi ke semua bagian *engine*, dan gas hasil pembakaran sehingga temperatur meningkat.

#### 4.5.4 Smoke Opacity

*Smoke Opacity* yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.24



**Gambar 4.24** Grafik Smoke Opacity terhadap beban untuk bahan bakar (B20)

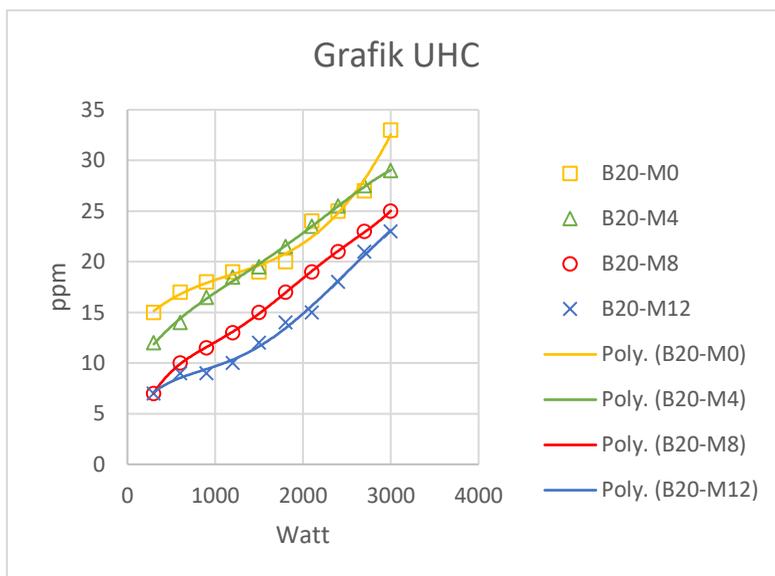
Dari gambar 4.24 dapat dilihat grafik yang menunjukkan *smoke opacity* yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran semua bahan bakar terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine* dengan variasi lama penyimpanan Bahan bakar. *Smoke Opacity* adalah tingkat ketebalan asap yang 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.

*Trendline* dari semua grafik hampir sama, yaitu cenderung meningkat seiring bertambahnya beban yang diberikan pada mesin. Peningkatan tersebut disebabkan oleh suplai bahan bakar ke mesin yang semakin banyak disemprotkan seiring pembebanan

pada mesin yang dimungkinkan beberapa partikel bahan bakar dapat keluar bersama gas hasil pembuangan menjadi asap.

#### 4.5.5 Unburnt Hydrocarbon (UHC)

Kadar *Unburnt Hydrocarbon* yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan, ditunjukkan pada gambar 4.25



**Gambar 4.25** Grafik Unburnt Hydrocarbon (UHC) terhadap beban untuk bahan bakar (B20)

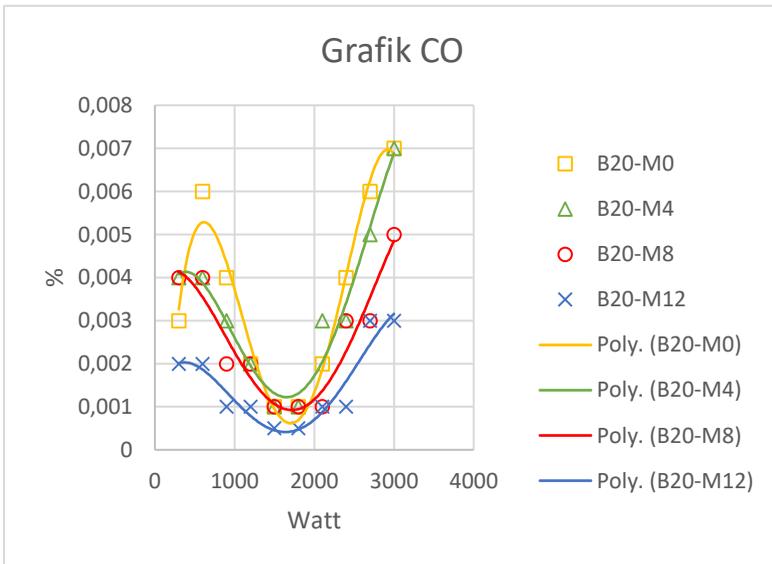
Dari gambar 4.25 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbon* dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar B0 terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine* dengan variasi lama penyimpanan bahan bakar. *Unburnt Hydrocarbon* adalah gas yang terbentuk karena pembakaran dengan yang tidak sempurna.

Terlihat bahwa bahan bakar menunjukkan masing-masing *trendline* grafik hampir sama, Peningkatan tersebut disebabkan

oleh suplai bahan bakar ke mesin yang semakin banyak disemprotkan seiring pembebanan pada mesin yang dimungkinkan beberapa partikel bahan bakar tidak terbakar secara sempurna di ruang bakar yang akhirnya keluar bersama gas hasil pembuangan menjadi emisi UHC

#### 4.5.6 Kadar CO

Kadar *CO* yang dihasilkan *engine* dengan variasi lama penyimpanan bahan bakar, ditunjukkan pada gambar 4.26



**Gambar 4.26** Grafik Kadar CO terhadap beban untuk bahan bakar B20

Dari gambar 4.26 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar CO dalam ppm yang didapatkan pada *exhaust gas* yang dihasilkan dari pembakaran jenis bahan bakar B20 terhadap beban kerja yang diberikan kepada *engine* dengan variasi lama penyimpanan .CO adalah gas yang terbentuk karena pembakaran

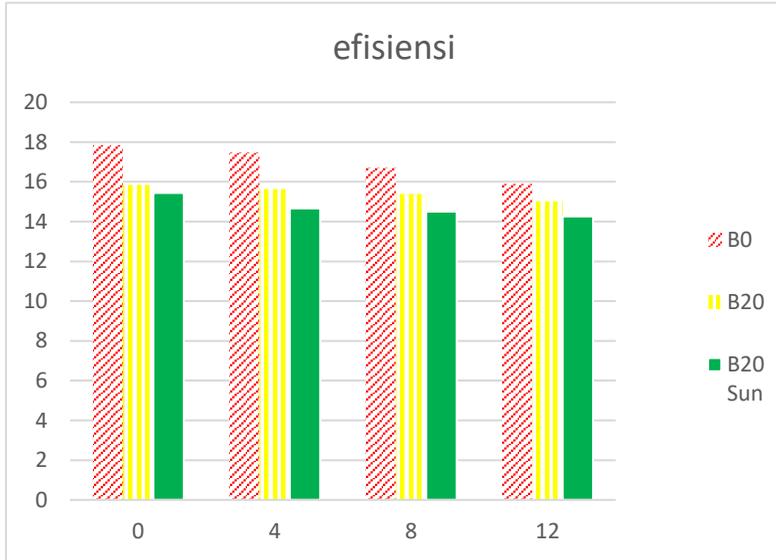
dengan kadar oksigen yang terbatas dan terjadi pada suhu yang rendah.

Pada grafik diatas menunjukan masing-masing *trendline* grafik hampir sama, yaitu pada awal pembeban menghasilkan emisi CO yang besar dan mengalami penurunan pada beban tengah lalu meningkat kembali sampai beban penuh. Hal tersebut terjadi ketika engine pada putaran pembebanan rendah suplai bahan bakar masih sedikit dan menyebabkan campuran miskin. Efisiensi termal yang rendah, Temperatur yang rendah dan kelimpahan udara pada beban rendah inilah yang mampu mengakibatkan kadar CO tinggi pada beban awal tersebut, dan sebaliknya pada pembebanan atas maka suplai bahan bakar dan udara banyak dan tercampur dengan sempurna yang mengakibatkan penurunan emisi CO.

#### **4.6 Hasil dan Analisa Grafik Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang, Bahan Bakar Dexlite, Campuran Biodiesel dan Dexlite (B20), dan B20 Terekspos Matahari**

Pengujian Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang ini, menggunakan campuran bahan bakar Dexlite dan Biodiesel B20, B0, dan B20(sun) terekspos matahari dengan variasi lama penyimpanan. Parameter performa seperti *brake thermal efficiency*, *brake specific consumption* dihitung dari parameter observasi dan ditunjukkan dalam bentuk grafik. Parameter performa lain seperti *exhaust gas temperature*, *engine temperature*, Dan emisi gas buang yakni, karbon monoksida, Hidrokarbon dan asap ditunjukkan dalam bentuk grafik dari nilai yang terukur.

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



**Gambar 4.27** Grafik efisiensi termal terhadap waktu penyimpanan

Dari Gambar 4.27, dapat dilihat grafik yang menunjukkan rata-rata *Brake Thermal Efficiency* yang dihasilkan oleh *engine* dengan bahan bakar B0, B20, dan B20 Terespos matahari pada pengujian yang dilakukan setiap 4 minggu sekali dengan periode penyimpanan selama 12 minggu.

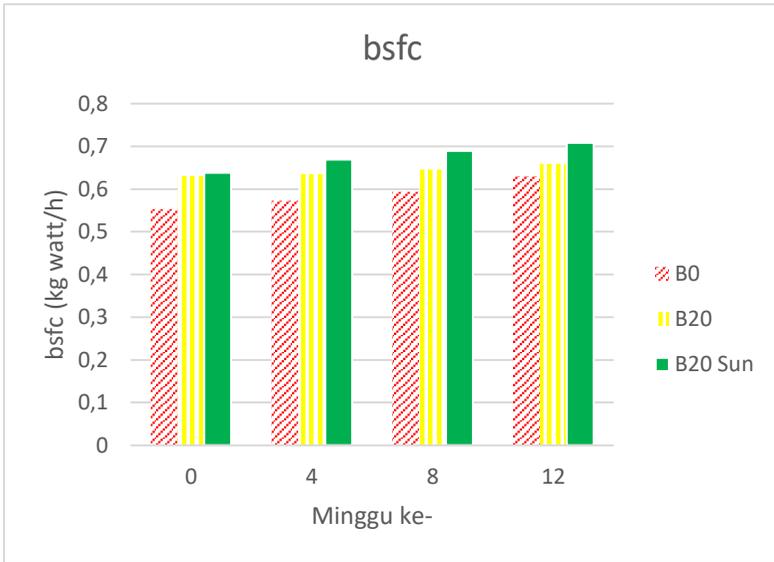
Terlihat bahwa *trendline* dari masing-masing bahan bakar mengalami penurunan seiring waktu penyimpanan bahan bakar. Rata-rata penurunan setiap bulan yang terjadi pada B0, B20, dan B20 Terekspos masing-masing sebesar 3,77%, 1,76%, dan 2,5%. Fenomena tersebut dapat terjadi karena penurunan nilai kalor bahan bakar seiring penyimpanan yang mengakibatkan pada peningkatan kebutuhan bahan bakar untuk mencapai daya mesin

yang diinginkan. Sesuai teori, 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 terekspose matahari. Rata-rata penurunan nilai kalor B0 dan B20 terekspose matahari masing-masing sebesar 0,026% dan 0,032%. Hal ini disebabkan oleh peningkatan viskositas yang cukup tinggi pada B0, yaitu sebesar 2,45% setiap bulan. Sedangkan rata-rata peningkatan viskositas pada B20 terekspos matahari hanya sebesar 1,25% 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 yang terjadi tidak maksimal.

Selain itu, terlihat pula bahwa terjadi penurunan efisiensi pada B20 dan B20 terkespos matahari dibanding B0 pada semua durasi penyimpanan. B20 terekspose matahari, yang memiliki efisiensi paling rendah, memiliki rata-rata perbedaan sebesar 14,14% dibandingkan B0. Sedangkan B20 memiliki rata-rata perbedaan sebesar 8,78% dibanding B0.

Fenomena di atas dapat terjadi karena biodiesel memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibanding B0. Hal tersebut menyebabkan dibutuhkan lebih banyak bahan bakar biodiesel untuk dibakar agar dapat mencapai permintaan beban mesin. Ditambah lagi, biodiesel memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan B0. Nilai densitas yang tinggi juga berpengaruh terhadap peningkatan laju aliran massa bahan bakar. Disamping itu, biodiesel memiliki viskositas yang lebih tinggi dibanding B0. Hal ini membuat atomisasi biodiesel terganggu sehingga pembakaran yang terjadi pun menjadi tidak maksimal [16].

#### 4.6.2 Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)



**Gambar 4.28** grafik sfc terhadap waktu penyimpanan

Dari Gambar 4.28, dapat dilihat grafik yang menunjukkan *Brake Specific Fuel Consumption* yang dihasilkan oleh *engine* dengan bahan bakar B0, B20, dan B20 terekspose matahari pada pengujian yang dilakukan setiap 4 minggu sekali dalam periode penyimpanan selama 12 minggu. BSFC adalah jumlah bahan bakar dalam kg yang digunakan untuk menghasilkan daya 1 watt selama 1 jam.

Terlihat bahwa masing-masing bahan bakar memiliki *trendline* yang meningkat seiring penyimpanan. Rata-rata peningkatan setiap bulan yang terjadi pada B0, B20, dan B20 Terekspose matahari masing-masing sebesar 4,41%, 1,49%, dan 3,56%. 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].

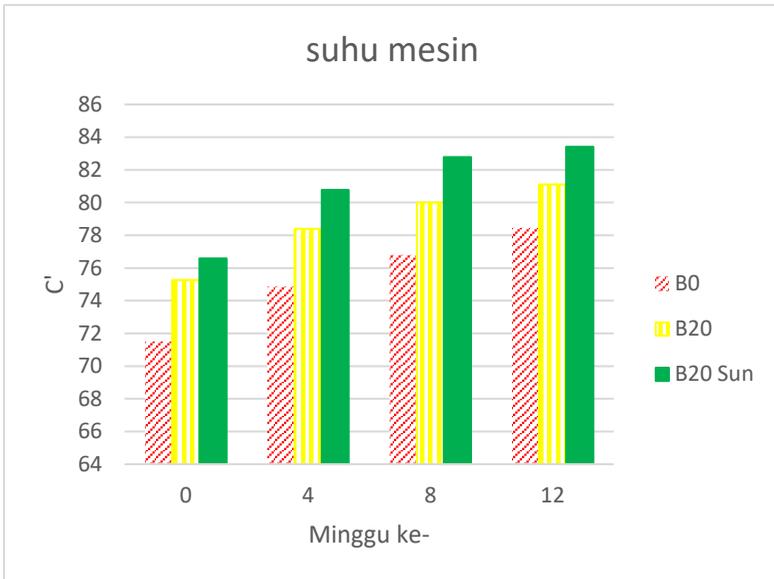
Nilai kalor B20 diketahui memiliki tingkat penurunan yang paling rendah, yaitu dengan rata-rata sebesar 0,021% setiap bulan. Oleh karena itu, B20 mengalami perubahan BSFC yang paling rendah pula. Peningkatan nilai kalor tertinggi terjadi pada B20 terekspose matahari dengan rata-rata sebesar 0,032% setiap bulan. Namun peningkatan BSFC tertinggi justru terjadi pada B0 walaupun nilai kalornya hanya menurun sebesar 0,026% setiap bulan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan viskositas B0 yang cukup besar, yaitu 2,45% per bulan. Sedangkan, B20 terekspose matahari mengalami perubahan viskositas terkecil, yaitu dengan rata-rata 1,25%. Perubahan viskositas bahan bakar mempengaruhi kualitas atomisasi bahan bakar ketika diinjeksikan ke dalam silinder. Ketika atomisasi bahan bakar terganggu akan mempengaruhi pencampuran bahan bakar dan udara sehingga pembakaran yang terjadi pun menjadi tidak maksimal.

Dapat dilihat pula bahwa B20 dan B20 terekspose memiliki nilai BSFC yang lebih tinggi dari B0 di semua durasi penyimpanan. B20 terekspose matahari, yang memiliki BSFC tertinggi, memiliki rata-rata perbedaan sebesar 14,14% dari B0 pada setiap bulan penyimpanan bahan bakar. Sedangkan B20 memiliki rata-rata perbedaan sebesar 9,55% dari B0.

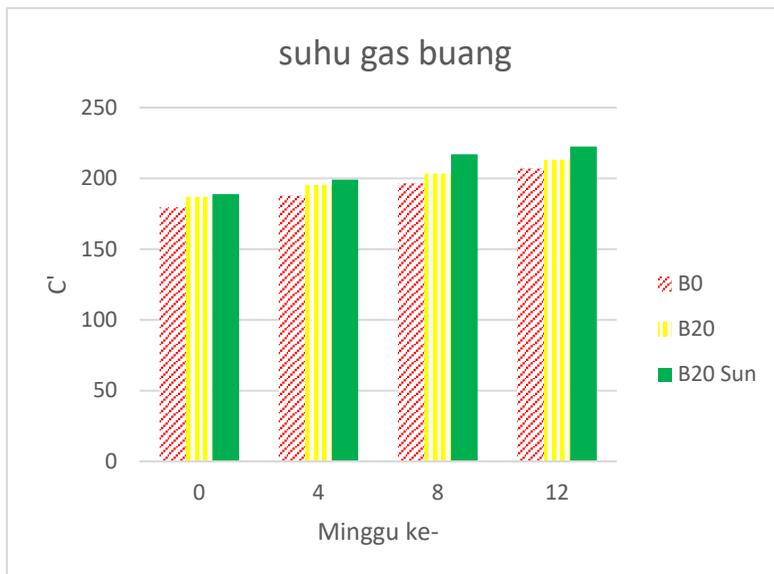
*Brake Specific Fuel Consumption* sangat dipengaruhi oleh laju aliran massa bahan bakar. Diketahui bahwa densitas bahan bakar merupakan salah satu faktor yang berbanding lurus dengan *mass flow rate* bahan bakar, sehingga biodiesel yang memiliki densitas lebih tinggi dibanding B0 merupakan penyebab meningkatnya nilai SFC biodiesel dibandingkan 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 meningkatnya konsumsi bahan bakar karena kebutuhan bahan bakar lebih tinggi pada biodiesel dibanding B0 untuk mencapai daya mesin yang sama. Biodiesel juga memiliki nilai viskositas bahan bakar yang lebih rendah dari B0 yang menyebabkan terganggunya atomisasi bahan bakar. Hal tersebut menyebabkan pembakaran yang kurang

maksimal sehingga mesin akan membutuhkan lebih banyak bahan bakar untuk menghasilkan daya yang diinginkan [16].

#### 4.6.3 Tempetatur Engine dan Temperatur Exhaust



**Gambar 4.29** Grafik Temperature *engine* terhadap waktu penyimpanan



**Gambar 4.30** Grafik Temperature gas buang terhadap waktu penyimpanan

Dari Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 dapat dilihat grafik yang menunjukkan temperatur yang didapatkan pada mesin dan gas buang dari bahan bakar B0, B20, dan B20 terekspose matahari. Temperatur *engine* merupakan hasil pembacaan *thermocouple* yang diinstalasi pada blok silinder *engine*, sementara temperature *exhaust gas* merupakan pembacaan pada knalpot.

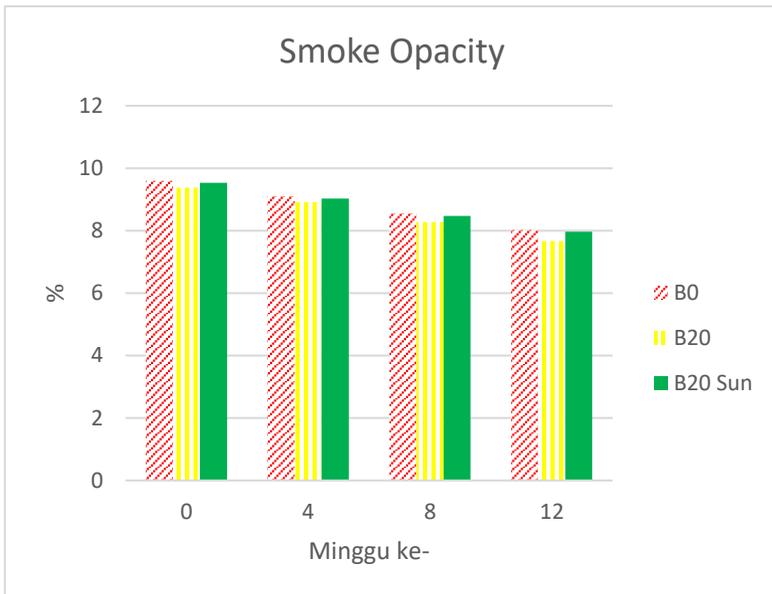
Terlihat bahwa masing-masing bahan bakar memiliki *trendline* yang meningkat seiring penyimpanan. Rata-rata peningkatan suhu mesin yang terjadi setiap bulan pada B0, B20, dan B20 terekspose matahari masing-masing sebesar 3,15%, 2,53%, dan 2,89%. Sedangkan rata-rata peningkatan suhu gas buang B0, B20, dan B20 terekspose masing-masing sebesar 4,88%, 4,44%, dan 5,61%.

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 [16]. Sesuai dengan teori, B20 memiliki peningkatan suhu mesin maupun suhu gas buang terendah karena memiliki penurunan efisiensi termal paling rendah pula. Begitu pula pada B20 terekpose matahari dan B0.

Dapat dilihat pula bahwa B20 dan B20 terekpose matahari memiliki nilai suhu mesin dan suhu gas buang yang lebih tinggi dibanding B0. B20 terekpose matahari memiliki suhu tertinggi pada semua durasi penyimpanan baik suhu mesin maupun suhu gas buang. Rata-rata perbedaan suhu mesin B20 terekpose matahari dibanding B0 adalah sebesar 7,27%. Sementara rata-rata perbedaan suhu gas buang B20 terekpose matahari dibanding B0 sebesar 7,31%. Sedangkan rata-rata perbedaan suhu mesin dan suhu gas buang B20 dibanding B0 masing-masing hanya sebesar 4,38% dan 3,71%.

Perbedaan suhu mesin dan gas buang antara B0, B20, dan B20 Terekpose matahari juga disebabkan oleh perbedaan efisiensi termal yang dihasilkan oleh bahan bakar tersebut. Tercatat bahwa terdapat rata-rata penurunan efisiensi B20 terekpose matahari terhadap B0 sebesar 14,% setiap bulan selama masa penyimpanan bahan bakar. Sedangkan penurunan efisiensi termal pada bahan bakar B20 terhadap B0 sebesar rata-rata 8,78%. Penurunan efisiensi termal yang besar mengindikasikan banyaknya energi dari bahan bakar yang terbuang salah satunya sebagai panas yang terserap oleh blok mesin dan komponen-komponen mesin lainnya.

#### 4.6.4 Smoke Opacity



**Gambar 4.31** Grafik smoke Opacity terhadap waktu penyimpanan

Dari Gambar 4.31 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.

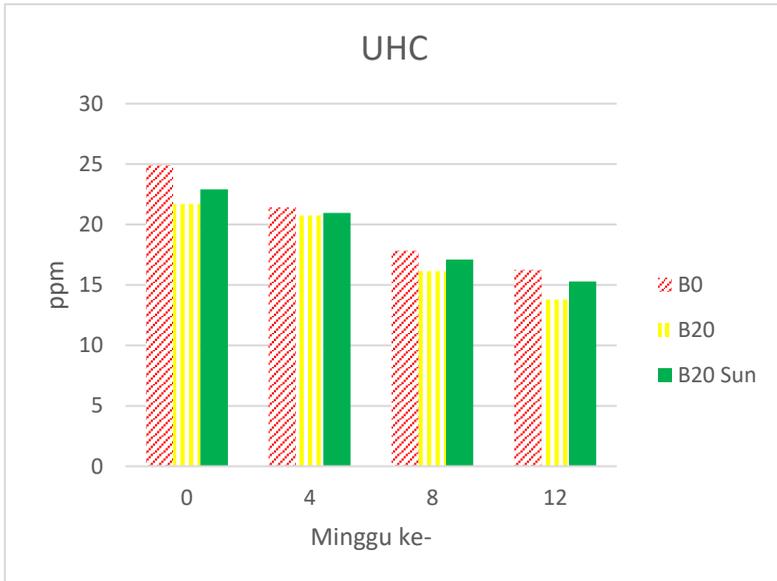
Terlihat bahwa *trendline* dari masing-masing bahan bakar mengalami penurunan seiring waktu penyimpanan bahan bakar. Rata-rata penurunan setiap bulan yang terjadi pada B20 terekspose matahari, B20, dan B0 masing-masing sebesar 5,7%, 6,48%, dan 5,82%. Fenomena tersebut dapat terjadi karena kandungan oksigen yang terdapat pada bahan bakar berubah menyebabkan pembakaran yang terjadi menjadi lebih bersih [17]. 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 [19].

Selain itu, terlihat pula bahwa terjadi kenaikan emisi *smoke* antara bahan bakar B20 dan B20 terepose matahari sebesar 1,6%. Kenaikan dari emisi *smoke* diakibatkan oleh nilai viskositas B20 terepose matahari lebih besar dari B20 dengan perbedaan sebesar 0,6% .dimana viskositas yang lebih tinggi akan mengakibatkan proses atomisasi bahan bakar terganggu dan mengakibatkan pembakaran tidak sempurna dan terbuang ke saluran *exhaust* menjadi asap.

Untuk bahan B20 terekspos matahari mengalami penurunan emisi *smoke* terhadap bahan bakar B0 sebesar 1,33%. Reduksi dari emisi *smoke* diakibatkan oleh kandungan oksigen yang lebih tinggi serta rendahnya kandungan sulfur pada biodiesel bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional [18]. 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 Unburn Hidro Carbon (UHC)



**Gambar 4.32** Grafik UHC terhadap waktu penyimpanan

Dari gambar 4.32 dapat dilihat grafik yang menunjukkan kadar *Unburnt Hydrocarbom* 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.

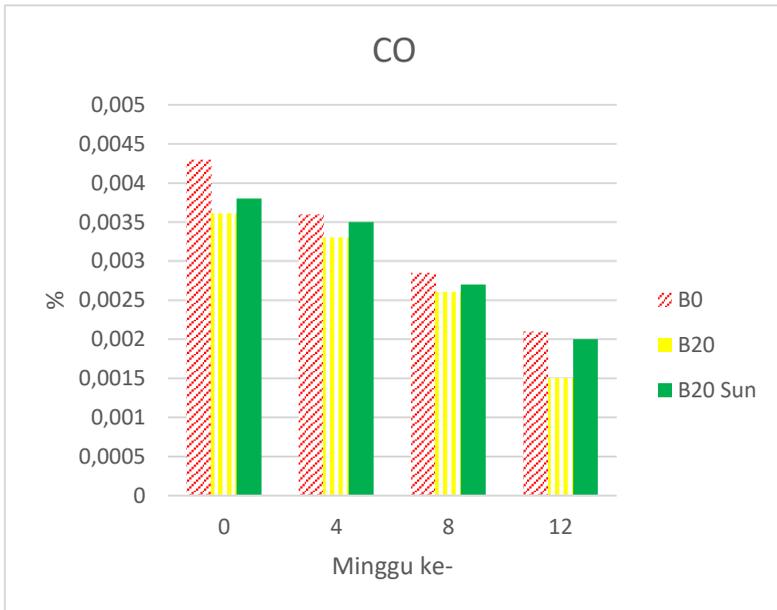
Terlihat bahwa *trendline* dari masing-masing bahan bakar mengalami penurunan seiring waktu penyimpanan bahan bakar. Rata-rata penurunan setiap bulan yang terjadi pada B0, B20, dan B20 terekspose masing-masing sebesar 13,2%, 13,7%, dan 12,47%. Emisi HC cenderung berkurang seiring waktu penyimpanan karena kandungan oksigen yang lebih tinggi pada bahan bakar yang terdegradasi, sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih bersih [17]. 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 [19].

Selain itu, terlihat pula bahwa terjadi kenaikan UHC antara bahan bakar B20 dan B20 terekpose matahari sebesar 5,3%. Kenaikan UHC salah satu diakibatkan bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna di ruang bakar keluar Bersama gas hasil pembakaran yang membentuk emisi UHC

Untuk bahan B20 terekspose matahari mengalami penurunan emisi UHC terhadap bahan bakar B0 sebesar 5,04%. 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 [18].

#### 4.6.6 Carbon Monoksida (CO)



**Gambar 4.33** Grafik CO terhadap waktu penyimpanan

. Dari gambar 4.33 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 B20 terekpose matahari, B20, dan B0 masing-masing sebesar 18,89%, 23,95%, dan 21,14%. 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 [16]. 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 [19].

Selain itu, terlihat pula bahwa terjadi kenaikan emisi CO antara bahan bakar B20 dan B20 terekpose matahari sebesar 9,9%. Kenaikan emisi CO diakibatkan kurangnya suplai udara pada proses pembakaran sedangkan bahan bakar yang diinjeksikan terlalu banyak, maka jumlah oksigen tidak mencukupi untuk beraksi menjadi CO<sub>2</sub> yang akhirnya keluar bersama gas hasil pembuangan membentuk emisi CO.

Untuk bahan B20 terekspose matahari mengalami penurunan emisi CO terhadap bahan bakar B0 sebesar 6,1%. Penurunan emisi CO pada B100 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 yang tidak diinginkan [18]

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

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

1. Selama masa penyimpanan 12 minggu terjadi peningkatan kontaminasi mikroba untuk semua variasi bahan bakar. Peningkatan tertinggi terjadi pada B20 terekspos matahari yaitu 999,990% dari kondisi awal sebesar 10 Cfu, sedangkan pada B0 dan B20 sebesar 59.90% dan 799,990%
2. Terjadinya perubahan properties kimia yaitu bilangan keasaman, dengan peningkatan tertinggi pada B20 terekspos matahari sebesar 102,2% sedangkan untuk B20 dan B0 secara berurutan 100,1% dan 43,5%.
3. Terjadi peningkatan properties fisis yaitu densitas, viskositas dan water content selama masa penyimpanan 12 minggu. Peningkatan properties tertinggi terdapat pada B20 terekspos matahari kecuali nilai viskositas. Untuk nilai densitas B20 terekspos matahari terjadi peningkatan sebesar 0,147% sedangkan untuk B0 dan B20 secara berurutan yaitu 0,141% dan 0,117%. Untuk nilai viskositas B20 terekspos matahari sebesar 3,7% sedangkan untuk B0 dan B20 secara berurutan 7,5% dan 3,1%. Untuk nilai water content B20 terekspos matahari sebesar 82,3% sedangkan untuk B20 dan B0 sebesar 80,7% dan 62,2% dari awal penyimpanan
4. Terjadi penurunan performa mesin yaitu turunnnya efisiensi termal dan naiknya konsumsi bahan bakar spesifik untuk semua variasi bahan bakar pada periode penyimpanan selama 12 minggu. Didapatkan bahwa rata rata penurunan efisiensi termal tiap bulan terbesar terjadi pada B0, dengan penurunan sebesar 3,8%. Sedangkan pada B20 dan B20 Terekspos

matahari 1,76% dan 2,5%. Untuk konsumsi bahan bakar, terjadi peningkatan tertinggi juga pada B0, dengan rata-rata peningkatan tiap bulannya sebesar 4,4%. Sedangkan untuk B20 dan B20 terekspos matahari 1,62% dan 3,5%.

5. Penurunan emisi mesin juga terjadi pada semua jenis bahan bakar selama masa penyimpanan. Tercatat bahwa terjadi penurunan tertinggi pada B20 parameter emisi *smoke*, HC, dan CO tiap bulannya masing-masing sebesar 6,4%, 13,6%, dan 23,9%, lalu diikuti oleh B0 dan B20 terekspos matahari dengan nilai yang lebih kecil

## 5.2 SARAN

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Alat Peraga penelitian butuh peremajaan agar meminimalisir factor yang dapat mempengaruhi validitas hasil pengujian
- Perlunya pengadaan peralatan uji properties bahan bakar serta penelitian SOP penggunaannya mengingat dibutuhkan biaya dan usaha yang cukup besar untuk melakukan kerjasama pengujian dengan pihak ketiga
- Perlu dilanjutkan penelitian lebih mendalam mengenai pengaruh perubahan sifat biologis bahan bakar terhadap perubahan sifat kimia dan fisis bahan bakar

**“Halaman ini Sengaja di kosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133> di akses 29 januari 2019
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect) di akses pada 29 januari 2019
- [3] Hambali, Erliza. 2007. Jarak pagar tanaman penghasil biodiesel. Cetakan keempat, Jakarta; Penebar swadaya
- [4] Knothe, Gerhard. 2004. The biodiesel Handbook. AOCS Press. Illinois
- [5] Sylvianan dan Luqman ,'' Efek Penyimpanan Biodiesel Berdasarkan Studi Kajian Degradasi Biodiesel Cpo Reaktor, Vol. 15 No. 3, April 2015, Hal. 148-153
- [6] Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Minyak Dan Gas Bumi ( Lemigas),''Pengujian Stablisasi Pengujian Biodiesel''Jurnal LbTke 2015
- [7] K.A Abed dan Dkk, '' Effect of waste cooking-oil biodiesel on performance and exhaust emissions of a diesel engine. Egytian Jurnal of Petroleum 2017
- [8] Martin Djamin dan Sony irawan, ''Pengaruh Komposisi Biodiesel terhadap Kinerja dan Emisi Gas Buang''
- [9] Kawano, D. Sungkono. (2014). Motor Bakar Torak (Diesel). Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, Surabaya
- [10] Nasution, A.S. 2010. Proses Pembuatan Bahan Bakar Bensin dan Solar Ramah Lingkungan, Pusat penelitian dan pengembangan teknologi minyak dan gas bumi, Jakarta.

- [11] M.Zuhdi, "Biodiesel Sebagai Alternatif Bahan Bakar ectFosil Pada Motor Diesel," Riset unggulan terpadu bidang teknologi Surabaya, vol VII, 2003
- [12] R.D.M, "Emulsi Adalah Campuran Antara Partikel," July 2012 [online] <http://www.scribd.com/doc/77753690>
- [13] M.Khalid, "Impact of Biodiesel Storage on Fuel Properties and Emissions
- [14] Jin Lin, "Effect of Biodiesel on Peformance and Emissions
- [15] Hanis bin Zakaria, "Effect of storage Temperature and Storgae Duration on Biodiesel Properties, visual Aperieance and Emissions"
- [16] A.F Chical Martin Dkk, "Quality of Different Methyl esters and blends with Diesel"
- [17] D. Y. C Leung, B.C.P. Koo, and Y.Guo, "Degradation of Biodiesel under Different Storage Conditions.," Bioresource technology, vol. 97, no. 2. pp. 250–6, Jan-2006.
- [18] Bondioli, P., A. Gasparoli, A. Lanzani, E. Fedeli, S. Veronese, and M. Sala, Storage Stability of Biodiesel, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72:699–702 (1995).
- [19] Robert.O.Dunn, "Effect of Oxidation Under Accelerated Conditions on Fuel Properties of Methyl Soyate (biodiesel)

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Chandra Nugroho, dilahirkan di Probolinggo 26 Oktober 1995. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan sekolah dasar pada tahun 2001-2006 di SD Taruna Dra Zulaeha, Pendidikan sekolah menengah pertama pada tahun 2007-2010 di SMP Taruna Dra Zulaeha, lalu sekolah menengah atas pada tahun 2011-2014 di SMA Taruna Dra Zulaeha Probolinggo. Lalu penulis melanjutkan Pendidikan yang lebih tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dengan Departemen Teknik Mesin bidang studi Konversi Energi.

Selama berkuliah di Kampus Perjuangan ITS, penulis telah aktif di organisasi keprofesian Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin (LBMM ITS). Penulis adalah staff divisi Human Resource Development, serta Staff ahli Human Resource Development pada tahun 2015, 2016 dan 2017. Penulis aktif dalam riset dan pembelajaran bidang Konversi Energi serta tergabung ke dalam Laboratorium Pembakaran dan Sistem Energi.