



TUGAS AKHIR – ME 141501

Analisa Pengaruh Penggunaan Biodiesel Biji Karet (*Havea Brasiliensis*) Terhadap Performa Berbasis Eksperimen dan Studi Kelayakan Ekonomis

**Muhammad Reza Fahlevi
04211441000021**

**Dosen Pembimbing I
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**Dosen Pembimbing II
Adhi Iswanto, S.T, M.T**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT – ME 141501

***Analysis of the Effect Use Rubber Seed Biodiesel Fuel (Havea Brasiliensis)
Based on Experiment and Economic Feasibility***

**Muhammad Reza Fahlevi
04211441000021**

Academic Supervisor I
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Academic Supervisor II
Adhi Iswanto, S.T, M.T

***MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF MARINE TRCHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018***

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Pengaruh Penggunaan Biodiesel Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Terhadap Performa Berbasis Eksperimen dan Studi Kelayakan Ekonomis

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP) Program Studi S-1 Departemen Teknik
Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Muhammad Reza Fahlevi
NRP. 0421144000021

Disetujui oleh Dosen Pemimbing Skripsi :

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
NIP. 1956 0519 1986 10 1001

(.....)

Adhi Iswanto, S.T, M.T
NIP. 1991 2017 11 050

(.....)



Surabaya
Juli, 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Pengaruh Penggunaan Biodiesel Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Terhadap Performa Berbasis Eksperimen dan Studi Kelayakan Ekonomis

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP) Program Studi S-1 Departemen Teknik
Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Muhammad Reza Fahlevi
NRP. 0421144000021

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T, M.T
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

Surabaya
Juli, 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Analisa Pengaruh Penggunaan Biodiesel Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Terhadap Performa Berbasis Eksperimen dan Studi Kelayakan Ekonomis

Nama Mahasiswa : Muhammad Reza Fahlevi
NRP : 0421144000021
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing I : Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Dosen Pembimbing II : Adhi Iswantoro, S.T, M.T

Abstrak

Bahan bakar minyak (BBM) merupakan energi global terbesar yang konsumsinya diperkirakan oleh Badan Pengatur Kegiatan Hilir Minyak dan Gas (BPH Migas) mencapai 33 juta liter pada tahun 2017. Peningkatan laju penggunaan BBM, berdampak pada ketersediaan minyak bumi sebagai cadangan energi fosil yang keberadaannya semakin menipis. Dari permasalahan tersebut maka dibutuhkan suatu bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui seperti biodiesel biji karet (*Hevea Brasiliensis*). Metode yang digunakan pada percobaan kali ini adalah eksperimen untuk mengetahui performansi dari biodiesel biji karet yang dibandingkan dengan produk yang ada dipasaran yaitu Biosolar Pertamina dan bahan bakar *high speed diesel* (HSD). Selain mengetahui eksperimen untuk melihat performansi dari mesin diesel juga menghitung kelayakan ekonomis dari biodiesel biji karet tersebut. Melalui uji karakteristik di laboratorium, biodiesel biji karet memenuhi properties dari Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengujian performansi terhadap motor diesel dengan empat bahan bakar yaitu biodiesel B15 biji karet, biodiesel B20 biji karet, Biosolar Pertamina dan bahan bakar HSD. Dari hasil uji performa biodiesel B20 biji karet memiliki *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC) lebih rendah dengan nilai 328,2 gr/kWh pada rpm rendah dan daya yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan bahan bakar yang lain dengan nilai 4,239 Kw pada beban 4000 watt di rpm 2200. Untuk analisa ekonomi biodiesel biji karet memiliki nilai BEP sebesar 53% dengan nilai IRR sebesar 19,30%.

Keywords : Analisa Ekonomis, Biodiesel, Biodiesel Biji Karet, Performansi Motor Diesel,

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Analysis of the Effect Use Rubber Seed Biodiesel Fuel (Havea Brasiliensis) Based on Experiment and Economic Feasibility

Student Name : Muhammad Reza Fahlevi
NRP : 0421144000021
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Academic Supervisor 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Academic Supervisor 2 : Adhi Iswantoro, S.T, M.T

Abstract

Fuel is the largest global energy demand consumed by the Oil and Gas Downstream Regulatory Agency Indonesia reaching 33 million liters in 2017. Increased fuel consumption rate, impacts on petroleum availability as a fossil energy reserve whose existence getting thinner. From these problems, we need an alternative renewable fuel such as rubber seed biodiesel (Havea Brasiliensis). The method used in this research is an experiment to know the performance of the rubber seed biodiesel compared to the existing product in the market that is Bio Oil (Pertamina B20 product) and high speed diesel (HSD) fuel. In addition to knowing the experiments to see the performance of diesel engines also calculate the economic feasibility of the rubber seed biodiesel. Through the characteristic test in the laboratory, rubber seed biodiesel meets the properties of Indonesian National Standard. Performance testing of diesel motors with four fuels namely biodiesel B15 rubber seed, biodiesel B20 rubber seed, Bio Oil (Pertamina B20 product) and HSD fuel. From the results of biodiesel performance test B20 rubber seeds have Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) is lower with a value of 328.2 gr / kWh at low rpm and the power produced is higher than other fuels with a value of 4,239 kW at 4000-watt load at rpm 2200. For the economic analysis of rubber seed biodiesel has a BEP value of 53% with an IRR of 19.30%.

Keywords : *Biodiesel, Diesel Engine Performance, Economical Study, Rubber Seed Biodiesel*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T Tuhan semesta alam yang tak henti-hentinya memberikan berkat limpahan rahmat dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisa Pengaruh Penggunaan Biodiesel Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) terhadap Performa Berbasis Eksperimen dan Studi Kelayakan Ekonomis**”. Tak lupa Shalawat serta salam kita sanjungkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita ke luar dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang saat ini. Semoga kita diberikan syafaatnya pada yaumul akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Adhi Iswanto, S.T, M.T selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T M.T selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
5. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam pengerjaan eksperimen dan pengambilan data untuk skripsi kali ini.
6. Bapak Zubeir Nasution, selaku ayah dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat serta dukungan moral maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Siti Chadijah, selaku ibu dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat serta dukungan moral maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Nadiyah Hidayati, selaku kakak dari penulis yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis selagi menyelesaikan skripsi ini dan memberikan saran serta dukungan kepada penulis.
9. Benjamin Harianja dan Kukuh Gemilang selaku teman kelompok biodiesel biji karet penulis yang selalu menjadi tempat bertukar pikiran dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
10. Teman-teman *Lab Marine Power Plant* selaku teman laboratorium penulis yang selalu menjadi tempat bertukar pikiran dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

11. Teman – teman Mercusuar'14 selaku teman angkatan penulis yang selalu menjadi tempat bertukar pikiran dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Annisa Della Yuliani selaku teman penulis yang selalu mensupport penulis dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Teman – teman GALAS ITS selaku teman penulis dari SMA yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini

Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
Abstrak.....	ix
<i>Abstract</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR GRAFIK.....	xxv
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Skripsi.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biodiesel	5
2.2 Biodiesel Biji Karet.....	7
2.3 Motor Diesel	9
2.4 Studi Ekonomi	10
2.5 Penelitian Sebelumnya.....	11
BAB III	
METODOLOGI.....	13
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	14

3.2 Studi Literatur	14
3.3 Pengumpulan Data Eksperimen.....	14
3.4 Pembuatan Biodiesel Biji Karet (<i>Havea Brasiliensis</i>)	15
3.5 Uji Karakteristik.....	16
3.6 Engine Set-up.....	16
3.7 Eksperimen	17
3.8 Pengumpulan Data Ekonomis.....	17
3.9 <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	17
3.10 <i>Total Manufacturing Cost (TMC)</i>	18
3.11 <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	18
3.12 <i>Break Event Point (BEP)</i>	18
3.13 Analisa Data.....	18
3.14 Kesimpulan dan Saran	18
BAB IV	
ANALISA DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Properties Biodiesel Biji Karet	19
4.1.1 Kinematic Viskosity pada 40°C.....	19
4.1.2 <i>Flash Point</i> (Titik Nyala).....	20
4.1.3 <i>Pour Point</i> (Titik Tuang)	20
4.1.4 Densitas pada 15°C.....	20
4.1.5 Nilai Kalor	21
4.2 Performansi Biodiesel Biji Karet.....	21
4.2.1 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD.....	22
4.2.2 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar Pertamina.....	23
4.2.3 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B15 Biji Karet.....	24
4.2.4 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 Biji Karet.....	25

4.2.5 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800	26
4.2.6 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900	27
4.2.7 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000	28
4.2.8 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100	29
4.2.9 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Solar, Biosolar, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200	30
4.2.10 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD	31
4.2.11 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar Pertamina	32
4.2.12 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 Biji Karet	33
4.2.13 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 Biji Karet	34
4.2.14 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800	35
4.2.15 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900	36
4.2.16 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000	37
4.2.17 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100	38

4.2.18	Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200	39
4.2.19	Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet	40
4.2.20	Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet	41
4.2.21	Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet	42
4.3	Analisa Ekonomi Biodiesel Biji Karet.....	43
4.3.1	Penentuan Indeks Harga	43
4.3.2	Harga Tanah.....	44
4.3.2	Harga Peralatan	44
4.3.3	Biaya Perhitungan <i>Operating Labor</i>	47
4.3.4	Harga Bahan Baku dan Penjualan Produk Biodiesel Biji Karet	48
4.3.5	Analisa Ekonomi.....	48
4.3.6	Penentuan Investasi Total (<i>Total Capital Investment</i>).....	49
4.3.7	Penentuan Biaya Produksi (<i>Total Manufacturing Cost, TMC</i>).....	51
4.3.8	Perhitungan Analisa Ekonomi	53
4.3.9	Perhitungan Biaya Total Produksi	54
4.3.10	Investasi	54
4.3.11	Laju Pengembalian Modal (<i>Internal Rate of Return, IRR</i>)	55
4.3.12	Waktu Pengembalian Modal (<i>Pay Out Time, POT</i>).....	58
4.3.16	Analisa Titik Impas (<i>Break Even Point</i>) Biodiesel Biji Karet	59
4.3.17	Grafik <i>Break Even Point</i> Biodiesel Biji Karet	59
BAB V		
KESIMPULAN DAN SARAN.....		
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	63

DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	67
Lampiran 1: Pembuatan Biodiesel Biji Karet	67
Lampiran 2: Tabel Hasil Proses Dari Pembuatan Biodiesel Biji Karet	70
Lampiran 3: Hasil Uji Laboratorium Biodiesel Biji Karet (B100)	73
Lampiran 4: Perhitungan Performansi	75
Lampiran 5: Hasil Perhitungan Performa	77
Lampiran 6: Perhitungan Analisa Ekonomi.....	81

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015	6
Tabel 2. 2 Luas Areal dan Produksi Karet Tahun 2013-2017 (Direktorat Jendral Perkebunan)	7
Tabel 2. 3 Analisa Perbandingan Karakteristik Standar Biodiesel Minyak Biji Karet dengan analisis produk (Soemargono dkk, 2011)	8
Tabel 3. 1 Analisa Perbandingan Karakteristik Standar Biodiesel dengan analisis produk (Soemargono dkk, 2011)	14
Tabel 3. 2 Spesifikasi Engine YANMAR TF85 MH-di	15
Tabel 4. 1 Properties Biodiesel Biji Karet	19
Tabel 4. 2 <i>Marshall and Swift Equipment Cost Index</i> (S.Peters dkk, 1991)	43
Tabel 4. 3 Harga Proses Pembuatan Biodiesel (.....	45
Tabel 4. 4 Perhitungan <i>Operating Labor</i>	47
Tabel 4. 5 Harga Bahan Baku Biodiesel Biji Karet	48
Tabel 4. 6 Harga Penjualan Produk Biodiesel Biji Karet.....	48
Tabel 4. 7 Biaya Langsung (<i>Direct Cost, DC</i>).....	49
Tabel 4. 8 Biaya Tidak Langsung (<i>Indirect Cost, IC</i>).....	50
Tabel 4. 9 Biaya Produksi Langsung	51
Tabel 4. 10 Biaya Tetap (<i>Fixed Charge</i>).....	51
Tabel 4. 11 Biaya Pengeluaran Umum (<i>General Expanses, GE</i>).....	52
Tabel 4. 12 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Besar	54
Tabel 4. 13 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi	54
Tabel 4. 14 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi.....	54
Tabel 4. 15 <i>Commulative Cash Flow</i>	58
Tabel 4. 16 Biaya <i>Fixed Cost, Variable Cost, Semi Variable Cost</i> , dan <i>Sell</i> Biodiesel Biji Karet.....	59
Tabel 4. 17 Kapasitas Untuk 0% dan 100%.....	59

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian.....	13
Gambar 3. 2 Rangkaian Eksperimen.....	16

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD	22
Grafik 4. 2 Perbandingan daya dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar Pertamina	23
Grafik 4. 3 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B15 Biji Karet	24
Grafik 4. 4 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 Biji Karet	25
Grafik 4. 5 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800	26
Grafik 4. 6 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900	27
Grafik 4. 7 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000	28
Grafik 4. 8 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100	29
Grafik 4. 9 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Solar, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200	30
Grafik 4. 10 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD	31
Grafik 4. 11 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar	32
Grafik 4. 12 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 Biji Karet	33
Grafik 4. 13 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 Biji Karet	34
Grafik 4. 14 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800	35
Grafik 4. 15 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900	36
Grafik 4. 16 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000	37
Grafik 4. 17 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100	38
Grafik 4. 18 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200	39
Grafik 4. 19 Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, dan B20 Biji Karet.....	40

Grafik 4. 20 Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet.....	41
Grafik 4. 21 Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet.....	42
Grafik 4. 22 Grafik <i>Break Even Point</i> Biodiesel Biji Karet.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi saat ini bahan bakar menjadi kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Mulai dari sektor industri hingga perumahan sangat membutuhkan energi tak terbarukan ini. Terutama pada bidang maritim khususnya pada kapal bahan bakar diesel sangat dibutuhkan sebagai *prime mover*. Maka dari itu untuk menghindari dari kekurangan bahan bakar minyak untuk mesin diesel, biodiesel bisa menjadi bahan bakar alternatif. Berbagai cara dilakukan oleh pemerintah untuk menanggulangi permasalahan kelangkaan bahan bakar. Mulai dari mengurangi subsidi bahan bakar yang pada akhirnya berdampak pada kenaikan harga bahan bakar.

Biodiesel memiliki kerapatan energi yang sebanding dengan bahan bakar diesel biasa dan jumlah setana dan panas vaporisasi juga sebanding. Biodiesel juga tidak beracun dan *biodegradable* dengan emisi yang lebih rendah. Akan tetapi biodiesel memiliki kekentalan yang tinggi bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel biasa yang menyebabkan atomisasi bahan bakar yang tidak memadai dan pembakaran yang tidak sempurna. Minyak nabati dapat dimodifikasi dengan pencampuran diesel berbasis minyak bumi untuk mengurangi viskositas pada bahan bakar. Ada berbagai teknik untuk mengurangi viskositas minyak nabati seperti pencampuran langsung, pemanasan awal dan emulsi mikro dan proses transesterifikasi untuk mengkonversi biodiesel. (Kumar dkk, 2015)

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester (Van Gerpen, 2005).

Sebagai negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah, Indonesia memiliki banyak sekali sumber minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel, salah satunya yaitu biji karet. Luas area perkebunan karet yang berada di Indonesia pada tahun 2017 sejumlah 3.672.123 Ha (estimasi) dengan produksi yaitu sejumlah 3.229.861 Ton (Direktorat Jendral Perkebunan). Selama ini hasil utama yang diambil dari tanaman karet adalah latex. Sementara biji karet masih belum dimanfaatkan dan dibuang sebagai limbah. Tanaman karet dapat menghasilkan 800 biji karet untuk setiap pohonnya per tahun. Pada lahan seluas 1 hektar, dapat ditanami sebanyak 400 pohon karet. Maka untuk lahan seluas 1 hektar diperkirakan dapat menghasilkan 5.050 kg biji karet per tahunnya (Siahaan dkk, 2011).

Akan tetapi bahan bakar biodiesel mengandung senyawa yang dapat menyebabkan kerusakan pada mesin, karena dapat membuat deposit pada pompa injektor. Selain itu, viskositas yang terdapat di biodiesel sangatlah tinggi yang dapat

mengganggu kinerja pompa injektor pada proses pengkabutan bahan bakar sehingga hasil dari injeksi tidak berwujud kabut yang mudah menguap melainkan tetesan bahan bakar yang sulit terbakar.

Maka dari itu jika digunakan untuk komersial perlu penambahan-penambahan senyawa yang dapat meningkatkan kualitas dari bahan bakar biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah disampaikan, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian kali ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik dari biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*)?
2. Bagaimana hasil performansi motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*) dibandingkan dengan Biosolar Pertamina dan bahan bakar HSD?
3. Bagaimana hasil studi kelayakan ekonomis produksi dengan feedstock biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*)?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian kali ini yaitu:

1. Variabel bahan bakar biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*) yang akan diuji yaitu B15 dan B20.
2. Pembahasan analisa hasil performansi yaitu meliputi daya, SFOC, torsi, BMEP dan efisiensi thermal.
3. Variabel putaran pada mesin menggunakan RPM sebesar 1800 RPM, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM dan 2200 RPM.
4. Variabel pembebanan pada mesin menggunakan watt sebesat 1000 watt, 2000 watt, 3000 watt dan 4000 watt.
5. Analisa hasil performansi menggunakan mesin Yanmar TF85 MH-di.
6. Membahas studi kelayakan ekonomis produksi dengan feedstock Biodiesel Biji Karet (*Havea Brasiliensis*) dengan menggunakan perhitungan metode perhitungan TCI, TMC, IRR dan BEP.

1.4 Tujuan Skripsi

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas, maka penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui karakteristik dari biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*).
2. Untuk mengetahui hasil performansi motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*)

dibandingkan dengan Biosolar Pertamina dan bahan bakar HSD terhadap daya, SFOC, torsi, BMEP dan efisiensi thermal.

3. Untuk mengetahui hasil studi kelayakan ekonomis produksi dengan feedstock Biodiesel Biji Karet (*Havea Brasiliensis*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang karakteristik Biodiesel Biji Karet (*Havea Brasiliensis*).
2. Menambah pengetahuan tentang performansi motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel Biji Karet (*Havea Brasiliensis*) dibandingkan dengan Biosolar Pertamina dan HSD terhadap daya, SFOC, torsi, BMEP dan efisiensi thermal.
3. Menambah pengetahuan tentang hasil studi kelayakan ekonomis produksi dengan feedstock biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*).

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester (Van Gerpen, 2005).

Menurut Firoz (2017), biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan bakar petroleum, diantaranya dapat dimudahkan, tidak butuh alat bantuan untuk prosesnya; biodiesel dapat mengurangi polusi udara dan meningkatkan kesehatan dikarenakan emisi dari CO² yang berkurang; biodiesel aman digunakan karena mengandung racun yang sedikit dan mudah untuk di simpan. Selain kelebihan tersebut, biodiesel juga memiliki kekurangan yaitu harga dari bahan bakar biodiesel lebih mahal satu setengah kali lebih mahal dibandingkan bahan bakar diesel; dapat merusak rumah karet di beberapa mesin; pada saat biodiesel membersihkan kotoran dari mesin, kotoran ini bisa terkumpul di filter bahan bakar yang dapat menyebabkan penyumbatan maka dari itu filter bahan bakar harus diganti secara berkala; pendistribusian dari bahan bakar biodiesel yang kurang.

Biodiesel merupakan senyawa monoester asam-asam lemak yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati dengan pereaksi alkohol dan katalis asam atau basa. Sebelum melalui tahapan reaksi transesterifikasi, minyak nabati yang memiliki bilangan asam yang tinggi perlu dilakukan tahapan esterifikasi, karena asam lemak bebas yang tinggi dapat mempengaruhi proses transesterifikasi. Hal ini dikarenakan bilangan asam lemak bebas akan bereaksi dengan katalis basa membentuk sabun, sehingga jumlah katalis basa yang dibutuhkan untuk proses transesterifikasi menjadi rendah, proses tidak efisien, dan menyebabkan rendemen yang dihasilkan menjadi rendah (Yusuf, 2010).

Standar Nasional Indonesia (SNI) telah mengatur untuk regulasi biodiesel yang dikeluarkan oleh BSN dengan nomor SNI 7182:2015 yang sudah merevisi SNI 04-7182-2006 dan SNI 7182:2012 - Biodiesel. Adapun syarat mutu biodiesel tersebut dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015

No	Parameter Uji	Satuan, min/maks	Persyaratan	Metode Uji
1	Massa jenis pada 40°C	kg/m ³	850 -890	ASTM D 1298
2	Viskositas Kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3 - 6,0	ASTM D 445
3	Angka setana	min	51	ASTM D 613 atau
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°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 - dalam per contoh asli, atau - dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	-0,05 -0,3	ASTM D 4530 a
8	Air dan sedimen	%-vol, maks	0,05	ASTM D 2709
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
11	Belerang	mg/kg, maks	100	ASTM D 5453
12	Fosfor	mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5	AOCS Cd 3d-63
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	AOCS Ca 14-56
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5	
17	Angka iodium	%-massa(g-I ₂ /100g), maks	115	AOCS Cd 1-25
18	Kadar monogliserida	%-massa, maks	0,8	ASTM D 6584
19	Kestabilan oksidasi	menit		
	- Periode induksi metode rancimat, atau		360	EN 15751
	- Periode induksi metode petro oksidasi		27	ASTM D 7545

Keuntungan penggunaan biodiesel diantaranya adalah bahan bakunya dapat diperbaharui (*renewable*), penggunaan energi lebih efisien, dapat menggantikan bahan bakar diesel dan turunannya dari petroleum, dapat digunakan pada peralatan diesel tanpa perlu modifikasi atau hanya modifikasi kecil, dapat mengurangi emisi/pancaran gas yang menyebabkan pemanasan global, dapat mengurangi emisi udara beracun karena kandungan sulfurnya kecil atau bahkan tidak ada, memiliki titik nyala yang cukup tinggi sehingga aman dalam penyimpanannya, bersifat biodegradable, cocok untuk lingkungan sensitif, dan mudah digunakan (Van Garpen, 2005).

2.2 Biodiesel Biji Karet

Sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam hayati, Indonesia memiliki banyak sekali sumber minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan biodiesel. Salah satu minyak nabati yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak biji karet.

Indonesia memiliki perkebunan karet terbesar di dunia (lebih dari 3 juta Ha). Selain menghasilkan karet sebagai produk utama, perkebunan karet juga berpotensi menghasilkan produk tambahan berupa biji karet yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber minyak biji karet. Tingginya potensi biji karet sebagai sumber minyak nabati ditunjukkan dengan data bahwa satu hektar tanaman karet (populasi sekitar 500 pohon), umur lebih dari 10 tahun, dapat menghasilkan lebih dari 5ton biji. Jika kadar lemak biji karet sebesar 32%, maka dapat dihasilkan sekitar 1,5 ton minyak per hektar. Jika biji karet dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku biodiesel, maka lebih dari 4,5 juta liter per tahun biodiesel dapat diproduksi. (Soemargono dkk, 2011)

Sebagai salah satu negara yang mempunyai luas lahan yang besar memiliki sumber daya yang melimpah, salah satunya pada bidang perkebunan yaitu karet dan Indonesia sendiri sebagai salah satu penghasil karet terbesar di dunia. Berikut data luas area perkebunan dan hasil produksi karet di Indonesia selama 5 tahun terakhir:

Tabel 2. 2 Luas Areal dan Produksi Karet Tahun 2013-2017 (Direktorat Jendral Perkebunan)

Tahun	Luas Areal (Ha)	Produksi (Ton)
2013	3.555.946	3.237.433
2014	3.606.245	3.153.186
2015	3.621.102	3.145.398
2016*)	3.639.092	3.157.780
2017**)	3.672.123	3.229.861

* Sementara

** Estimasi

Biji karet masak terdiri dari 70% kulit buah dan 30% biji karet. Biji karet terdiri dari 40% tempurung dan 60% tempurung daging biji, dimana variasi proporsi kulit dan daging buah tergantung pada kesegaran biji. Biji karet yang segar memiliki kadar minyak yang tinggi dan kandungan air yang rendah. Akan tetapi biji karet yang terlalu lama disimpan akan mengandung kadar air yang tinggi sehingga menghasilkan minyak dengan mutu yang kurang baik. Biji segar terdiri dari 34,1% kulit, 41,2% isi dan 24,4% air, sedangkan pada biji karet yang telah dijemur selama dua hari terdiri dari 41,6% kulit, 8% air, 15,3% minyak dan 35,1% bahan kering (Swem, 1964).

Pada percobaan yang dilakukan oleh Soemargono dkk (2011), menghasilkan karakteristik biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*) yang dibandingkan dengan biodiesel standar biodiesel, perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2. 3 Analisa Perbandingan Karakteristik Standar Biodiesel Minyak Biji Karet dengan analisis produk (Soemargono dkk, 2011)

Karakteristik	ASTM	SNI	biodiesel.org	Hasil
Densitas (kg/m ³)	-	850 – 890	870-890	856.5
Higher Heating value (btu/lb)	-	-	16.928 – 17.996	16183,03
Lower Heating value (btu/lb)	-	-	15.700 – 16.735	-
Flash point	130°C min	-	-	178°C
Angka asam (mg KOH/g)	0,80 max	Maks 0,8	-	0.49
Angka iod	-	Maks 115	60 – 135	62.880
Angka cetane	47 min	Min 51	46 -70	68.16

Salah satu kendala dalam pemanfaatan minyak biji karet sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah kandungan asam lemak bebasnya yang tinggi. Dalam proses pembuatan biodiesel secara konvensional, minyak nabati direaksikan dengan alkohol rantai pendek melalui reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa menghasilkan biodiesel. Namun katalis basa hanya bekerja dengan baik pada bahan baku minyak dengan kadar asam lemak bebas rendah yaitu < 0,5% dan dalam kondisi bebas dari air (Lotero dkk, 2005). Untuk minyak nabati dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi, penggunaan katalis basa dapat menyebabkan reaksi samping penyabunan yang pada akhirnya dapat menurunkan perolehan produk biodiesel dan keekonomian proses secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil penelitian Setyawardhani dkk, (2012), biodiesel dari minyak biji karet layak digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, karena mempunyai keunggulan kinerja mesin yang lebih baik apabila digunakan pada kecepatan putaran mesin < 2000 rpm karena memiliki torsi, daya dan BMEP yang besar dibandingkan

solar. Dari sisi efisiensi pengisian, konsumsi bahan bakar, dan laju massa gas buang yang dihasilkan bahan bakar biodiesel memberikan kinerja yang baik di setiap kecepatan putaran mesin.

Sampai saat ini, pengelolaan biji karet belum tertata dengan baik termasuk pengelolaan pasca panennya. Kerusakan biji yang terkait dengan penurunan kadar minyak akibat pengelolaan pasca panen yang kurang tepat dapat berakibat pada rendemen minyak yang rendah. Untuk itu, perlu dikembangkan cara pengolahan yang mampu menghasilkan rendemen tinggi, yaitu dengan mengupas kulit biji sehingga diperoleh kernel lalu diekspeler untuk mendapatkan minyak mentah (Hidayat dkk, 2009).

Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Soemargono dkk (2011), pengoptimasian proses pemungutan minyak biji karet diperoleh dengan cara perlakuan pemecahan biji untuk diambil karnel, dilakukan pengukusan lalu pengambilan minyak dengan ekspeler. Jmlah karnel yang diperoleh 535 berat biji karet. Kadar minyak dalam karnel 38%. Setelah didapatkan minyak mentah (crude oil) selanjutnya dikenai proses degumming dengan kondisi yaitu suhu 90°C, waktu 30 menit dengan menggunakan asam pospat pekat 0,1% berat minyak. Analisis minyak biji karet setelah proses degumming diperoleh nilai angka Iod 7, titik nyala 340°C, titik didih 198°C, titik beku -1°C, angka penyabunan $128 \frac{mgek\ KOH}{g\ minyak}$ dan heating value 10.620 J/g. Minyak yang telah mengalami proses degumming, selanjutnya masuk dalam reaktor yang secara berturut-turut dilakukan proses esterifikasi dan transesterifikasi.

2.3 Motor Diesel

Motor diesel adalah jenis motor pembakaran dalam (internal combustion engine), dimana sistem penyalaan bahan bakar dengan cara menyemprotkan bahan bakar dengan pompa bertekanan kedalam silinder yang berisi udara terkompresi. Dengan tekanan dan temperatur udara didalam silinder yang tinggi dimana melebihi temperatur nyala bahan bakar maka bahan bakar akan terbakar bersamaan dengan udara bertekanan kemudian akan menghasilkan suatu kerja. (Cahyasasmita, 2011)

Pada motor pembakaran dalam, pembakaran terjadi di dalam ruang bakar yang terletak di dalam silinder dengan tujuan menghasilkan energi mekanik dari energi kimia yang terkandung di dalam bahan bakar. Motor diesel pada umumnya menggunakan bahan bakar cair yang diinjeksikan ke dalam ruang pembakaran atau bisa ke ruang bakar awal terlebih dahulu menggunakan pompa injeksi. Motor diesel biasa disebut dengan motor penyalaan kompresi (*compression ignition engines*), karena udara dengan penginjeksian bahan bakar, sehingga proses pembakaran dapat terjadi. (Taylor, 1990)

Ada beberapa karakteristik performa yang digunakan sebagai parameter yakni torsi, konsumsi bahan bakar, Daya/Power, RPM. Torsi berpengaruh pada jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Tetapi ada batas torsi maksimum yang bisa dihasilkan yang dipengaruhi oleh kondisi buang, temperatur, dan beban dalam silinder. Sementara itu daya yang dihasilkan oleh motor diesel adalah gabungan dari torsi dan kecepatan motor diesel. (Duffy, 2013)

Performa pada motor diesel antara lain daya dan torsi dipengaruhi oleh besarnya jumlah kalor hasil pembakaran, yaitu nilai kalor dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara kompresi. Bahan bakar yang mempunyai nilai kalor yang rendah memerlukan jumlah bahan bakar yang lebih banyak untuk menghasilkan tenaga sebesar satu daya kuda dibandingkan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi. Artinya, semakin rendah nilai kalor bahan bakar semakin tinggi tingkat konsumsi bahan bakarnya dibandingkan dengan bahan bakar yang nilai kalornya lebih tinggi. (Sudik, 2013).

2.4 Studi Ekonomi

Faktor teknis tidak menjadi satu-satunya faktor untuk mengevaluasi sebuah pekerjaan, ada faktor yang lain seperti faktor ekonomi, lingkungan dan faktor social. Kinerja ekonomi merupakan faktor penting dalam menilai viabilitas proses. Kinerja ekonomi dari sebuah pabrik biodiesel (contoh perhitungan biaya awal, total perhitungan biaya operasional dan harga balik modal) dapat ditentukan begitu faktor tertentu diidentifikasi, seperti kapasitas pabrik, teknologi proses, biaya bahan baku dan biaya bahan kimia (El-Galad, 2015).

Analisa kelayakan dilakukan untuk menentukan suatu usaha, baik segi teknis, ekonomis, maupun finansial. Analisis finansial bertujuan untuk melihat apakah usaha yang dijalankan dapat memberikan keuntungan atau tidak. Beberapa hal yang dibahas dalam analisis financial adalah biaya investasi, prakiraan pendapatan serta kriteria kelayakan usaha (Shofiatul, 2017).

Menurut Alhaq (2016), dalam melakukan analisa tingkat ke ekonomisan dari biodiesel berbahan baku umbi porang dapat kita bandingkan dengan penggunaan pabrik yang telah tersedia sebelumnya dengan metode mengganti nilai dari harga feedstock pabrik tersebut. Pada penelitiannya disebutkan bahwa biodiesel dengan feedstock umbi porang mempunyai harga jual yang sedikit lebih mahal dengan nilai harga sebesar Rp 4849 dibandingkan dengan biodiesel dengan feedstock kelapa sawit yang sedikit lebih murah dengan nilai sebesar Rp 4819.

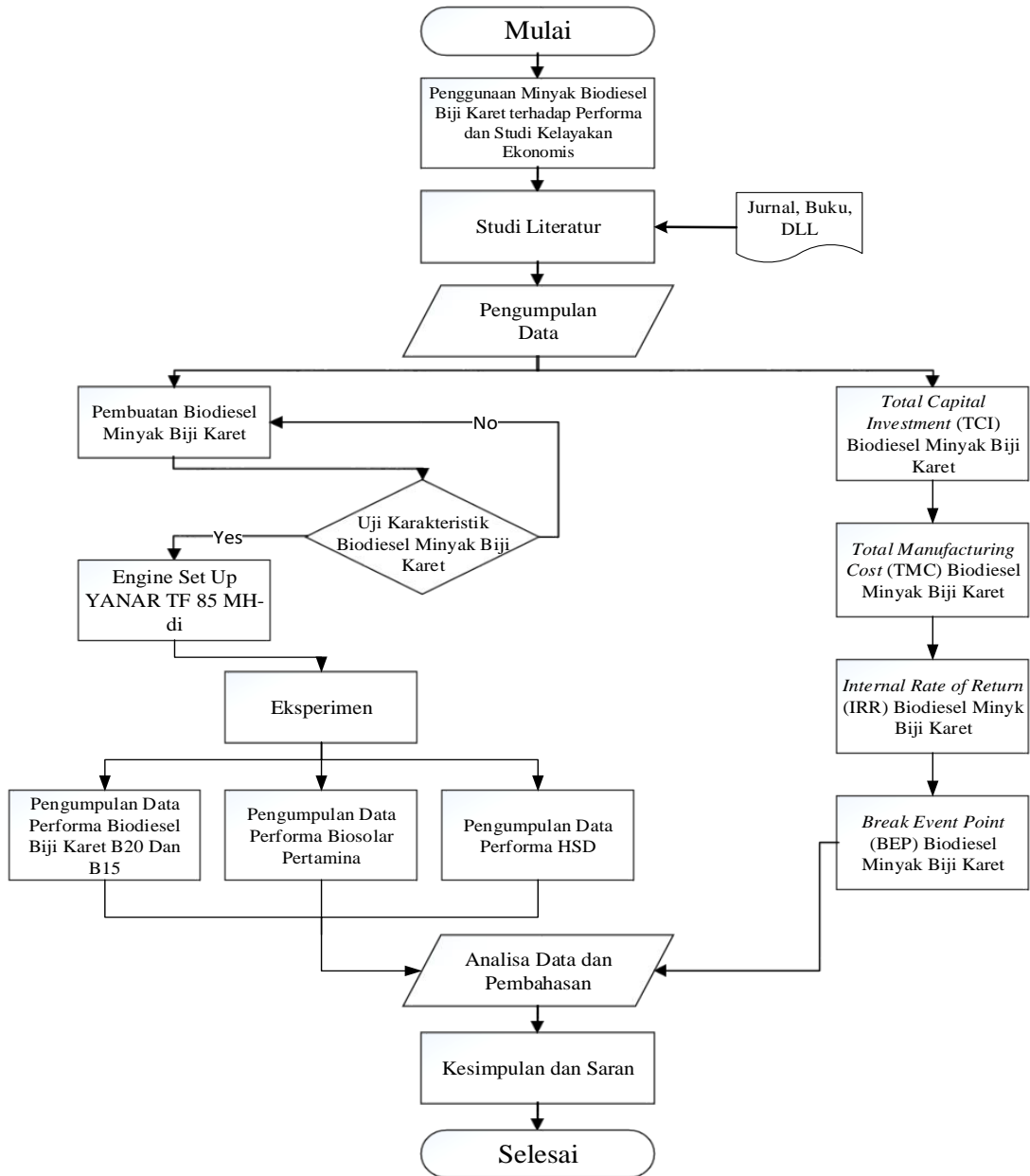
2.5 Penelitian Sebelumnya

Judul	Penulis	Metode	Review Terkait	Hasil
Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine using Rubber Seed oil and its Diesel Blends	S. Senthil Kumar	Eksperimen	<ul style="list-style-type: none"> - Penelitian biodiesel biji karet (B25, B50, B100) pada mesin diesel 4 langkah dengan 1 silinder type Kirloskar, AV 1. - Aspek yg ditinjau : Karakteristik, thermal efficiency, specific energy consumption dan emis dari HC dan CO. 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk performansi diesel oil masih lebih tinggi nilainya dibandingkan 3 bahan bakar lain. - HC dan CO pada diesel oil masih lebih baik nilainya dibandingkan 3 bahan bakar lain.
Economic feasibility study of biodiesel production by direct esterification of fatty acids from the oil and soap industrial sector	M.I El Galad	Simulasi	<ul style="list-style-type: none"> - Analisa tingkat ke ekonomisan dari biodiesel dengan pensimulasian terlebih dahulu dengan asumsi-asumsi yang sudah diperhitungkan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Harga jual dari biodiesel terbut sebesar 1235\$/ ton dengan manufacturing cost senilai 1088\$/ton.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Pada gambar dibawah ini menjelaskan diagram metode alur penelitian.



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan perumusan masalah pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dari motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji karet (*Hevea Brasiliensis*). Serta studi kelayakan ekonomisnya dengan membandingkan antara biodiesel biji karet (*Hevea Brasiliensis*) dan biosolar yang sudah dijual dipasaran oleh Pertamina.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur sebagai penunjang atau sebagai dasar teori dalam penelitian kali ini. Untuk menunjang itu semua, penelitian ini berisikan tentang apa itu biodiesel, karakteristik dari biodiesel biji karet, analisa performansi mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji karet (*Hevea Brasiliensis*) serta studi kelayakan ekonomis dari biji karet (*Hevea Brasiliensis*).

3.3 Pengumpulan Data Eksperimen

Pengumpulan data yang diperlukan untuk melakukan kerja pada mesin diesel, mulai data spesifikasi engine, properties bahan bakar yang digunakan dan data-data yang diperlukan demi menunjang penelitian.

Tabel 3. 1 Analisa Perbandingan Karakteristik Standar Biodiesel dengan analisis produk (Soemargono dkk, 2011)

Karakteristik	ASTM	SNI	biodiesel.org	Hasil
Densitas (kg/m ³)	-	850 – 890	870-890	856.5
Higher Heating value (btu/lb)	-	-	16.928 – 17.996	16183,03
Lower Heating value (btu/lb)	-	-	15.700 – 16.735	-
Flash point	130°C min	-	-	178°C
Angka asam (mg KOH/g)	0,80 max	Maks 0,8	-	0.49
Angka iod	-	Maks 115	60 – 135	62.880
Angka cetane	47 min	Min 51	46 -70	68.16

Tabel 3. 2 Spesifikasi Engine YANMAR TF85 MH-di

Engine (four stroke cycle)	TF85 MH-di
Number of cylinders	1
Combustion system	Direct injection
Bore	85 mm
Stroke	87 mm
Displacement	493 cc
Compression Ratio	18
Max. Engine speed at full load	2200 RPM
Continous Power Output	7.5 kW
Specific Fuel Consumption	171 gr/HP h
Injection Timing	18°BTDC

3.4 Pembuatan Biodiesel Biji Karet (*Havea Brasiliensis*)

Pada pembuatan bahan bakar biodiesel dengan minyak biji karet dilakukan tahapan-tahapan pembuatan agar biodiesel yang dihasilkan maksimal. Sebelum dilakukan tahapan-tahapan untuk pembuatan biodiesel biji karet (*Hevea Brasiliensis*) dilakukan persiapan untuk alat dan bahan pembuatan biodiesel biji karet (*Hevea Brasiliensis*). Berikut alat dan bahan untuk pembuatan biodiesel biji karet (*Hevea Brasiliensis*):

- a. Minyak biji karet (*Hevea Brasiliensis*)
- b. Methanol
- c. Aquades
- d. H₂S₀₄
- e. HCL
- f. NAOH
- g. H₃PO₄
- h. Pemanas
- i. Thermometer
- j. Gelas ukur
- k. Gelas kaca
- l. Pengaduk kaca
- n. Alat Ukur Massa
- o. Wadah Stainless Steel
- p. Filter

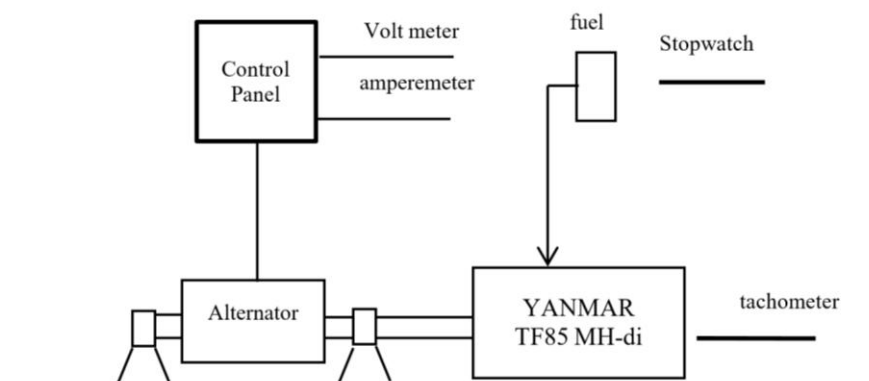
Setelah menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan maka masuk ke proses pembuatan dari biodiesel. Proses degumming merupakan proses yang dilakukan pertama kali dalam pembuatan biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*). Degumming merupakan proses pemisahan antara getah dengan minyak biji karet. Selanjutnya dilakukan proses esterifikasi, esterifikasi merupakan proses penurunan kadar FFA pada minyak biji karet. Pada penelitian Soemargono (2011), proses esterifikasi pada minyak biji karet dapat menurunkan kandungan FFA dari 7,4% menjadi 0,49%. Setelah proses esterifikasi yaitu proses transesterifikasi, transesterifikasi ialah proses pemisahan antara gliserin dari minyak biji karet dan selanjutnya asam lemak bebas direaksikan dengan alkohol untuk menjadi alkohol ester (*FAME*).

Setelah mendapatkan hasil dari biodiesel biji karet (B100) lalu dilakukan pencampuran dengan bahan bakar HSD. Pada penelitian ini penulis membuat dua variabel bahan bakar yaitu B15 dan B20. B15 merupakan pencampuran antara bahan bakar HSD dengan biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*) dengan presentase 15% biodiesel biji karet dan 85% bahan bakar HSD, begitu juga dengan B20 yaitu 20% biodiesel biji karet dan 80% bahan bakar HSD.

3.5 Uji Karakteristik

Pada tahap uji karakteristik ini biodiesel akan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengecekan guna mengetahui karakteristik dari biodiesel tersebut. Pada penelitian kali ini bahan bakar biodiesel biji karet diujikan di Laboratorium Energi dan Lingkungan – LPPM ITS untuk mengetahui properties dari *flash point*, *pour point*, nilai Kalor, densitas dan viskositas.

3.6 Engine Set-up



Gambar 3. 2 Rangkaian Eksperimen

Engine set up dapat dijelaskan pada gambar 3.2. *Engine* yang digunakan yaitu tipe YANMAR TF85 MH-di dihubungkan dengan altenator, amperemeter, voltmeter

dan controlpanel. Tachometer digunakan untuk mendapatkan putaran engine dan menghitung putaran alternator. Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu konsumsi bahan bakar dalam 10 ml. Pada eksperimen kali ini, peralatan yang digunakan sebagai berikut:

1. Diesel engine YANMAR TF85 MH-di
2. Alternator
3. Control panel
4. Fuel
 - Bahan bakar HSD
 - Biosolar Pertamina
 - Biodiesel B15 biji karet
 - Biodiesel B20 biji karet
5. Amperemeter
6. Voltmeter
7. Stopwatch
8. Tachometer

3.7 Eksperimen

Pada tahap ini akan dilakukan pengambilan data berupa perbandingan performa menggunakan bahan bakar biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*) dengan bahan bakar HSD dan Biosolar Pertamina. Variabel dari biodiesel biji karet yaitu 15% dan 20%. Tujuan dari eksperimen uji performa motor diesel satu silinder ini ialah untuk mengetahui daya, torsi, SFOC, BMEP, dan efisiensi thermal dari motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar sudah disebutkan sebelumnya. Pada eksperimen kali ini menggunakan motor diesel YANMAR TF 85 MH-di. Pada pengambilan data untuk eksperimen kali ini yaitu variabel putaran pada mesin menggunakan RPM sebesar 1800 RPM, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM dan 2200 RPM sedangkan untuk variabel pembebanan pada mesin menggunakan watt sebesar 1000 watt, 2000 watt, 3000 watt dan 4000 watt.

3.8 Pengumpulan Data Ekonomis

Untuk mendapatkan nilai dari kelayakan ekonomis biodiesel diperlukan beberapa data penunjang seperti biaya investasi dan biaya operasional, dan asumsi-asumsi perhitungan yang berasal dari buku.

3.9 Total Capital Investment (TCI)

Total Capital Investment (TCI) merupakan perhitungan biaya awal inventasi yang di keluarkan. Total capital investment terbagi atas dua yaitu ada biaya awal tetap

dan biaya awal biaya awal kerja, seperti biaya lahan dan bangunan, biaya investasi peralatan, biaya *spare part*, biaya instalasi, biaya tak berwujud dan lainnya.

3.10 Total Manufacturing Cost (TMC)

Total Manufacturing Cost (TMC) merupakan biaya operasional yang merupakan biaya yang dikeluarkan selama operasi pabrik dalam proses menghasilkan produk yang diinginkan yakni biodiesel, biaya ini dibagi 2 jenis yaitu biaya tetap dan biaya variabel.

3.11 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) merupakan tingkat efisiensi dari sebuah investasi, dimana jika laju pengembaliannya lebih besar daripada laju pengembalian. Pada penelitian kali ini Internal Rate of Return menggunakan discounted cash flow.

3.12 Break Event Point (BEP)

Break Event Point (BEP) adalah sebuah kondisi di mana jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk biaya produksi sama dengan jumlah pendapatan yang diterima dari hasil penjualan. Akibatnya, perusahaan tidak mengalami laba maupun rugi.

3.13 Analisa Data

Pada bagian ini dilakukan analisa dengan berbekal data-data yang telah diperoleh dari hasil performa motor diesel untuk menjawab pertanyaan yang mendasari penelitian ini, yaitu bagaimana performa motor diesel berbahan dasar biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*) serta mengamati bagaimana nilai dari hasil kelayakan ekonomis penggunaan biodiesel biji karet (*Havea Brasiliensis*).

3.14 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua yang dilakukan, maka selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan tugas akhir supaya lebih sempurna.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian kali ini, biodiesel biji karet dibuat terlebih dahulu. Mulai dari pengumpulan biji karet sampai dengan proses es-trans (esterifikasi dan transesterifikasi). Untuk langkah – langkah proses pembuatan biodiesel biji karet terdapat pada bagian lampiran.

4.1 Properties Biodiesel Biji Karet

Pada pembuatan biodiesel ada standar yang harus dipenuhi agar memenuhi kriteria yang sudah ditetapkan. Standar Nasional Indonesia mengeluarkan standar untuk biodiesel, pada penelitian kali ini penulis hanya melakukan pengujian lima metode yaitu viskositas, *flash point*, *pour point*, densitas dan nilai kalor. Pembuatan dari biodiesel harus dijaga agar kualitas yang akan dihasilkanpun memenuhi standar yang sudah ditentukan. Untuk memenuhi kualitas dari biodiesel, dilakukanlah uji lab di Laboraturium Energi dan Lingkungan – LPPM ITS untuk mendapatkan properties dari biodiesel tersebut. Berikut hasil properties biodiesel biji karet dari hasil uji lab.

Tabel 4. 1 Properties Biodiesel Biji Karet

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan SNI	Biosolar Pertamina	Hasil	Metode Pengujian
Kinematic Viscosity pada 40°C	cSt	2,3 – 6	2,0-4,5	5,12	ASTM D 445-97
Flash Point	°C	Min 100	Min 52	173	ASTM D 93-00
Pour Point	°C	Maks 18	Maks 18	3	ASTM D 97-85
Densitas pada 15°C	kg/m ³	850-890	815-860	883	ASTM D 97 – 85
Nilai Kalor	KJ/kg	Maks 42.398,3	-	39.682,5	Bomb Kalorimeter

4.1.1 Kinematic Viskosity pada 40°C

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Pengaruh viskositas pada bahan bakar terhadap mesin diesel yaitu pada saat penginjeksian bahan bakar ke ruang bakar, semakin kecil nilai viskositas dari sebuah bahan bakar maka pengatomisasian saat penginjeksian semakin baik sebaliknya jika nilai viskositas dari sebuah bakar semakin tinggi maka pengatomisasian bahan bakar rendah dan menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Akan tetapi jika nilai viskositas terlalu kecil dari standar dapat menyebabkan keausan pada pompa injeksi dan dapat menyebabkan kerusakan. Menurut Standar Nasional

Indonesia biodiesel menyebutkan bahwa viskositas dari biodiesel harus mempunyai nilai antara 2,3 – 6 Cst. Nilai viskositas pada biodiesel minyak biji karet didapatkan nilai sebesar 5,16 cst. Dari hasil uji lab, maka dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai viskositas dari biodiesel biji karet sudah memenuhi standard kualitas berdasarkan SNI.

4.1.2 Flash Point (Titik Nyala)

Flash point adalah temperatur pada keadaan di mana uap di atas permukaan bahan bakar (biodiesel) akan terbakar dengan cepat (meledak). *Flash Point* menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin tinggi *flash point*, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. Menurut Standar Nasional Indonesia memiliki batas standard minimal sebesar 100°C. Pada penelitian kali ini, didapatkan nilai titik nyala dari biodiesel biji kapuk sebesar 173°C. Dapat disimpulkan bahwa biodiesel biji kapuk sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia dalam hal nilai titik nyala (*flash point*).

4.1.3 Pour Point (Titik Tuang)

Pour point merupakan batas temperatur tuang dimana mulai terbentuk kristal-kristal paraffin atau berupa pengentalan yang dapat menyumbat sistem bahan bakar dan injektor. Bahan bakar dengan titik tuang yang tinggi atau mendekati temperatur normal, bahan bakar akan susah mengalir sempurna pada sistem bahan bakar dan akan mengalami atomisasi yang kurang baik yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Pada biodiesel biji kapuk memiliki nilai titik tuang sebesar 3 °C, dimana nilai tersebut telah memenuhi standar dari biodiesel nasional yang memiliki batas nilai sebesar maksimal 18°C.

4.1.4 Densitas pada 15°C

Densitas merupakan ukuran kerapatan suatu zat yang dinyatakan banyaknya zat (massa) per satuan volume jadi satuannya adalah satuan massa per satuan volume. Densitas dari suatu zat dipengaruhi oleh temperaturnya, jika semakin tinggi temperatur maka densitasnya semakin menurun dan juga sebaliknya jika semakin rendah temperatur maka densitasnya semakin tinggi. Pada bahan bakar biodiesel biji karet yang diujikan menunjukkan angka 0,883 gr/cm³. Jika mengacu pada SNI menggunakan satuan kg/m³ maka biodiesel minyak biji karet mempunyai densitas yaitu sebesar 883 kg/m³ yang dimana itu sudah memenuhi standar dikarenakan nilai dari SNI yaitu sebesar 850-890 kg/m³.

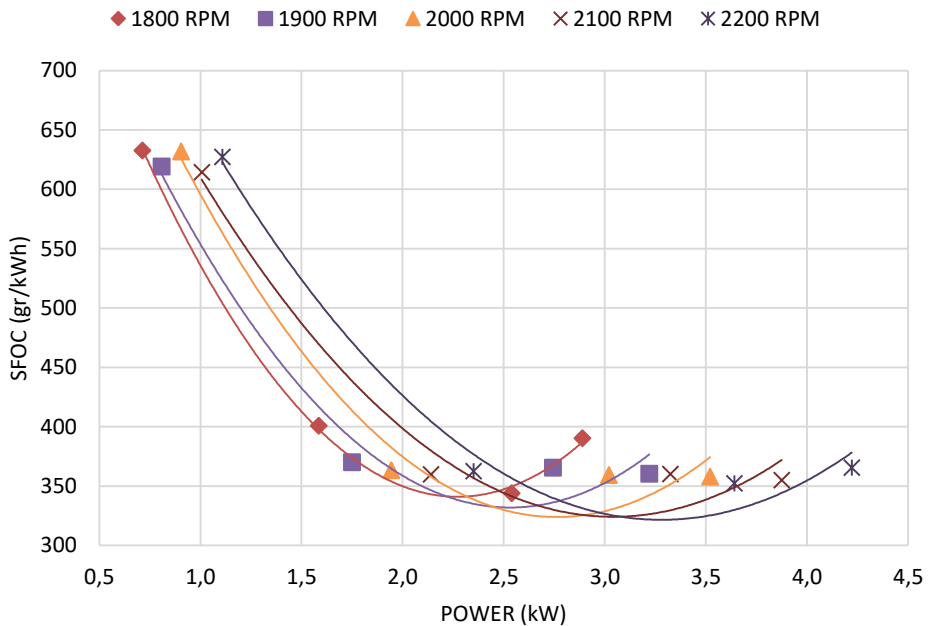
4.1.5 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (*steady*) dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar sama dengan harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. Nilai kalor biasanya digunakan pada bahan bakar dan merupakan karakteristik dari bahan bakar tersebut. Pada biodiesel biji karet didapatkan sebesar 9478 cal/gr atau setara dengan 39.682.473,2259 J/kg dimana nilai tersebut telah memenuhi standard biodiesel nasional yaitu maksimal 42.398.333,316 J/kg.

4.2 Performansi Biodiesel Biji Karet

Untuk mengetahui performansi dari biodiesel biji karet dilakukan dengan cara metode eksperimen. Pada uji performansi kali ini menggunakan motor diesel YANMAR TF85 MH-di. Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan putaran dari 1800 rpm sampai dengan 2200 rpm dengan masing masing pembebanan 1000 watt sampai dengan 4000 watt. Pada uji performansi motor diesel kali ini menggunakan empat jenis bahan bakar yaitu bahan bakar pertama adalah bahan bakar HSD. Bahan bakar yang kedua adalah Biosolar Pertamina yang diperjual belikan oleh Pertamina dengan kandungan yaitu 20% minyak biodiesel sawit dan 80% minyak solar. Bahan bakar yang ketiga adalah biodiesel B15 biji karet dengan kandungan 15% minyak biodiesel biji karet dan 85% bahan bakar HSD. Bahan bakar yang keempat adalah biodiesel B20 biji karet dengan kandungan 20% minyak biodiesel biji karet dan 80% bahan bakar HSD.

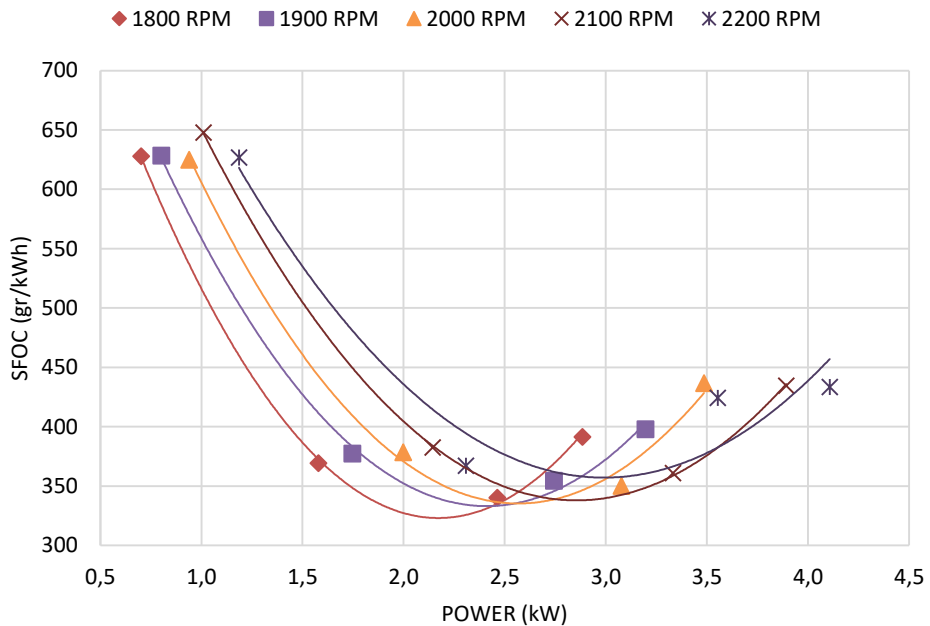
4.2.1 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD



Grafik 4. 1 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD

Grafik 4.1 menjelaskan perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar HSD, dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka daya yang dihasilkan akan semakin tinggi pada setiap kenaikan putaran engine. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2,889 kW, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,220 kW, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,521 kW, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,875 kW, dan yang terakhir pada saat putaran 2200 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 4,222 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran mesin maka daya akan terus mengalami peningkatan sebesar 9-11% pada setiap penambahan 100 rpm dengan rentang rpmnya yaitu 1800 sampai dengan 2200. Pada putaran 1800 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 343,9 gr/kWh, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 360,5 gr/kWh, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 358,0 gr/kWh, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 355,1 gr/kWh, dan pada putaran 2200 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 352,4 gr/kWh.

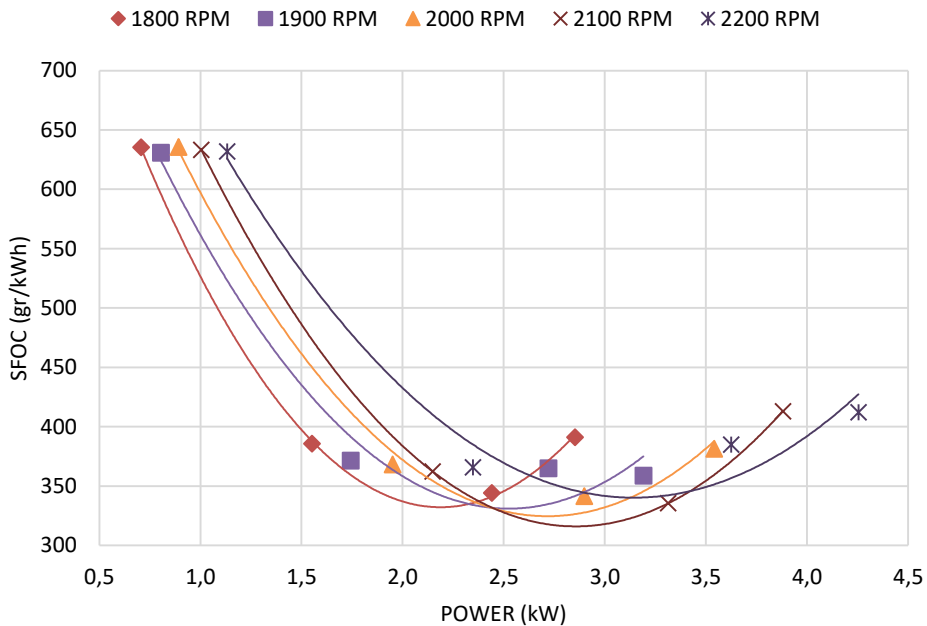
4.2.2 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar Pertamina



Grafik 4. 2 Perbandingan daya dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar Pertamina

Grafik 4.2 menjelaskan perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar Biosolar Pertamina, dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka daya yang dihasilkan akan semakin tinggi pada setiap kenaikan putaran engine. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2,884 kW, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,195 kW, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,485 kW, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,893 kW, dan yang terakhir pada saat putaran 2200 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 4,107 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran mesin maka daya akan terus mengalami peningkatan sebesar 5-10% pada setiap penambahan 100 rpm dengan rentang rpmnya yaitu 1800 sampai dengan 2200. Pada putaran 1800 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 340,1 gr/kWh, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 354,4 gr/kWh, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 350,3 gr/kWh, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 360,9 gr/kWh, dan pada putaran 2200 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 367,2 gr/kWh.

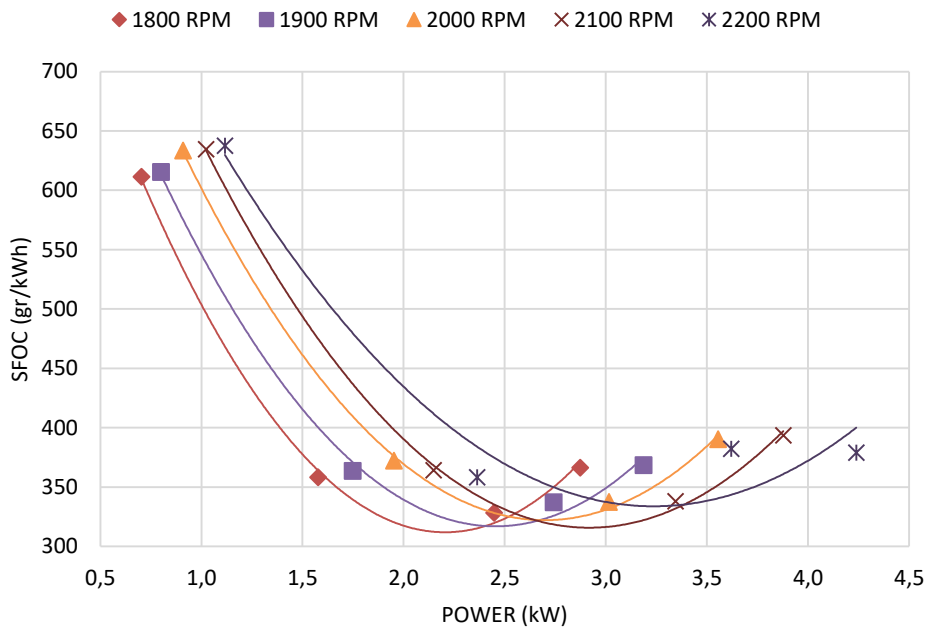
4.2.3 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B15 Biji Karet



Grafik 4. 3 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B15 Biji Karet

Grafik 4.3 menjelaskan perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar biodiesel B15 biji karet, dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka daya yang dihasilkan akan semakin tinggi pada setiap kenaikan putaran engine. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2,852 kW, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,192 kW, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,541 kW, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,881 kW, dan yang terakhir pada saat putaran 2200 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 4,254 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran mesin maka daya akan terus mengalami peningkatan sebesar 9-11% pada setiap penambahan 100 rpm dengan rentang rpmnya yaitu 1800 sampai dengan 2200. Pada putaran 1800 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 344,2 gr/kWh, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 358,7 gr/kWh, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 341,5 gr/kWh, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 335,6 gr/kWh, dan pada putaran 2200 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 365,9 gr/kWh.

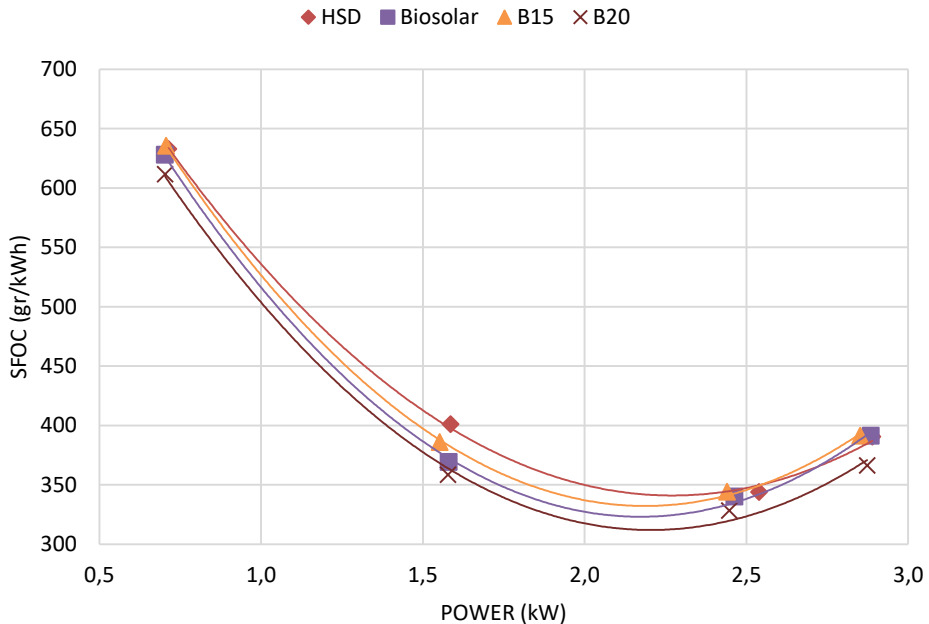
4.2.4 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 Biji Karet



Grafik 4. 4 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 Biji Karet

Grafik 4.4 menjelaskan perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar biodiesel B20 biji karet, dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka daya yang dihasilkan akan semakin tinggi pada setiap kenaikan putaran engine. Pada putaran 1800 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 2,873 kW, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,186 kW, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,555 kW, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 3,877 kW, dan yang terakhir pada saat putaran 2200 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 4,239 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran mesin maka daya akan terus mengalami peningkatan sebesar 9-11% pada setiap penambahan 100 rpm dengan rentang rpmnya yaitu 1800 sampai dengan 2200. Pada putaran 1800 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 328,2 gr/kWh, pada saat putaran 1900 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 337,3 gr/kWh, pada saat putaran 2000 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 337,4 gr/kWh, pada saat putaran 2100 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 338,0 gr/kWh, dan pada putaran 2200 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 358,2 gr/kWh.

4.2.5 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800

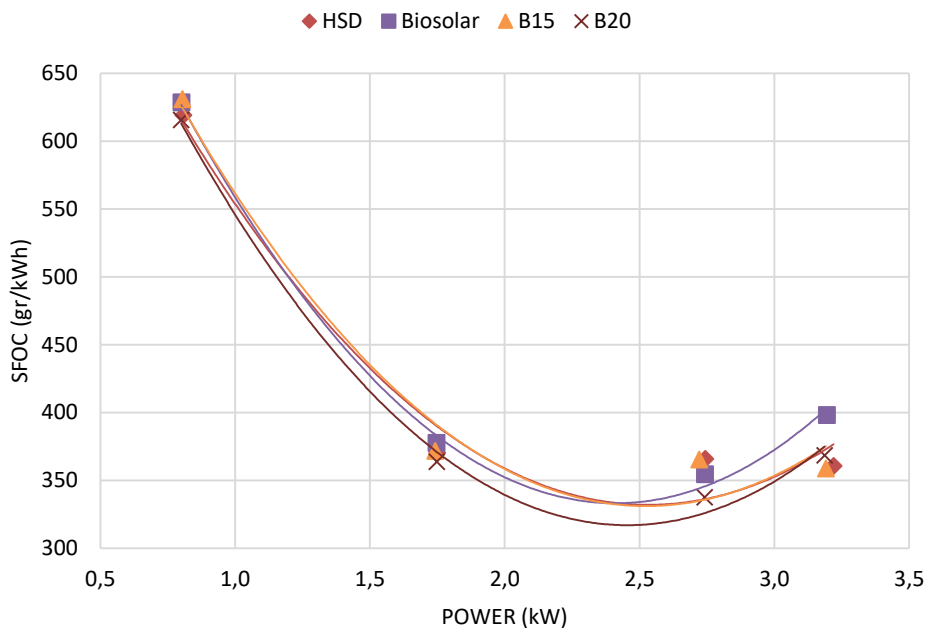


Grafik 4. 5 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800

Berdasarkan grafik 4.5 perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 1800, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet dengan nilai sebesar 328,2 gr/kWh pada beban 3000 watt. Sedangkan untuk bahan bakar biodiesel B15 biji karet didapatkan nilai SFOC 344,2 gr/kWh pada beban 3000 watt lebih besar 0,3 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar HSD sebesar 343,9 gr/kWh pada beban 3000 watt. Untuk bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan nilai SFOC sebesar 340,1 gr/kWh pada beban 3000 watt lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B15 biji karet dan bahan bakar HSD.

Untuk nilai dari masing – masing daya pada beban maksimum yaitu pada beban 4000 watt didapatkan daya terbesar pada bahan bakar HSD dengan nilai sebesar 2,889 kW. Sedangkan untuk urutan yang kedua yaitu pada bahan bakar Biosolar Pertamina dengan nilai sebesar 2,884 kW. Untuk urutan yang ketiga yaitu pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet dengan nilai sebesar 2,873 kW. Pada urutan yang keempat yaitu pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet dengan nilai sebesar 2,852 kW.

4.2.6 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900

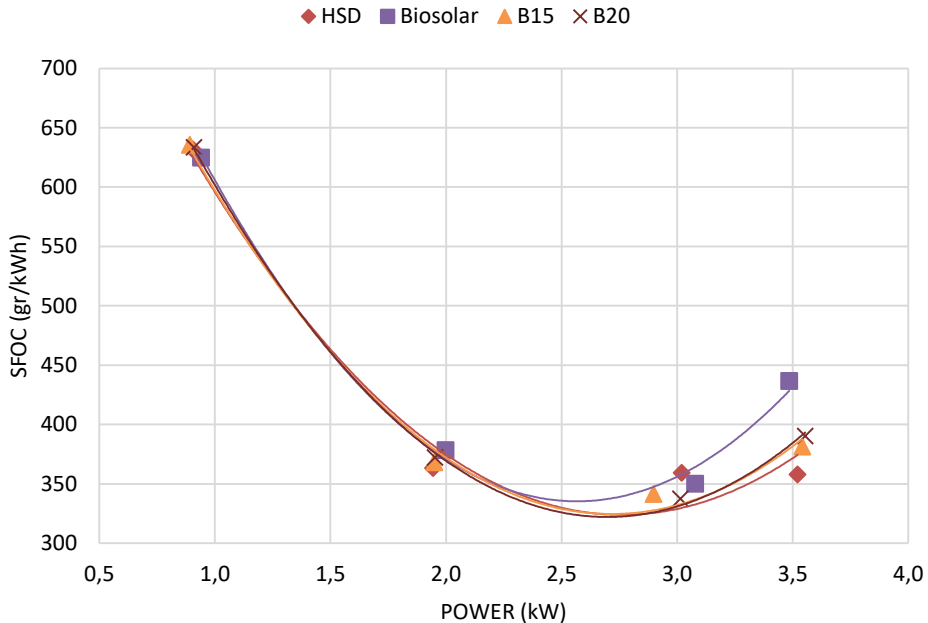


Grafik 4. 6 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900

Berdasarkan grafik 4.6 perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 1900, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet dengan nilai sebesar 337,3 gr/kWh pada beban 3000 watt. Sedangkan untuk bahan bakar biodiesel B15 biji karet didapatkan nilai SFOC 358,7 gr/kWh pada beban 4000 watt lebih kecil 1,9 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar HSD sebesar 360,5 gr/kWh pada beban 4000 watt. Untuk bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan nilai SFOC sebesar 354,5 gr/kWh pada beban 3000 watt lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B15 biji karet dan bahan bakar HSD.

Untuk nilai dari masing – masing daya pada beban maksimum yaitu pada beban 4000 watt didapatkan daya terbesar pada bahan bakar HSD dengan nilai sebesar 3,220 kW. Sedangkan untuk urutan yang kedua yaitu pada bahan bakar Biosolar Pertamina dengan nilai sebesar 3,195 kW. Untuk urutan yang ketiga yaitu pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet dengan nilai sebesar 3,192 kW. Pada urutan yang keempat yaitu pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet dengan nilai sebesar 3,186 kW.

4.2.7 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000

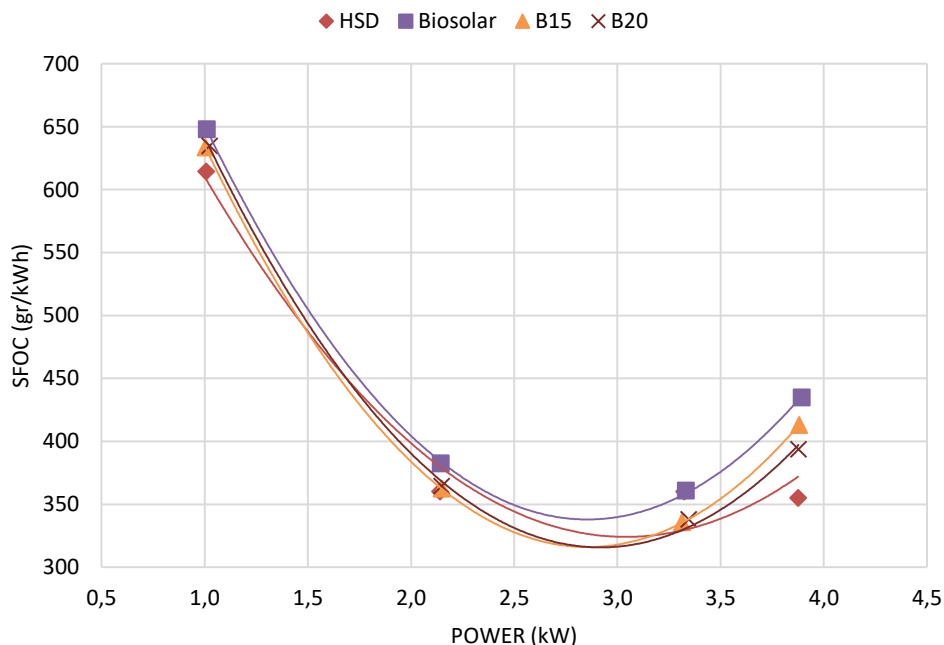


Grafik 4. 7 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000

Berdasarkan grafik 4.7 perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 2000, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet dengan nilai sebesar 337,4 gr/kWh pada beban 3000 watt. Sedangkan untuk bahan bakar biodiesel B15 biji karet didapatkan nilai SFOC 341,5 gr/kWh pada beban 3000 watt lebih kecil 16,5 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar HSD sebesar 358,0 gr/kWh pada beban 4000 watt. Untuk bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan nilai SFOC sebesar 350,3 gr/kWh pada beban 3000 watt lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar HSD namun lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B15 dan B20 biji karet.

Untuk nilai dari masing – masing daya pada beban maksimum yaitu pada beban 4000 watt didapatkan daya terbesar pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet dengan nilai sebesar 3,555 kW. Sedangkan untuk urutan yang kedua yaitu pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet dengan nilai sebesar 3,541 kW. Untuk urutan yang ketiga yaitu pada bahan bakar HSD dengan nilai sebesar 3,521 kW. Pada urutan yang keempat yaitu pada bahan bakar Biosolar Pertamina dengan nilai sebesar 3,485 kW.

4.2.8 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100

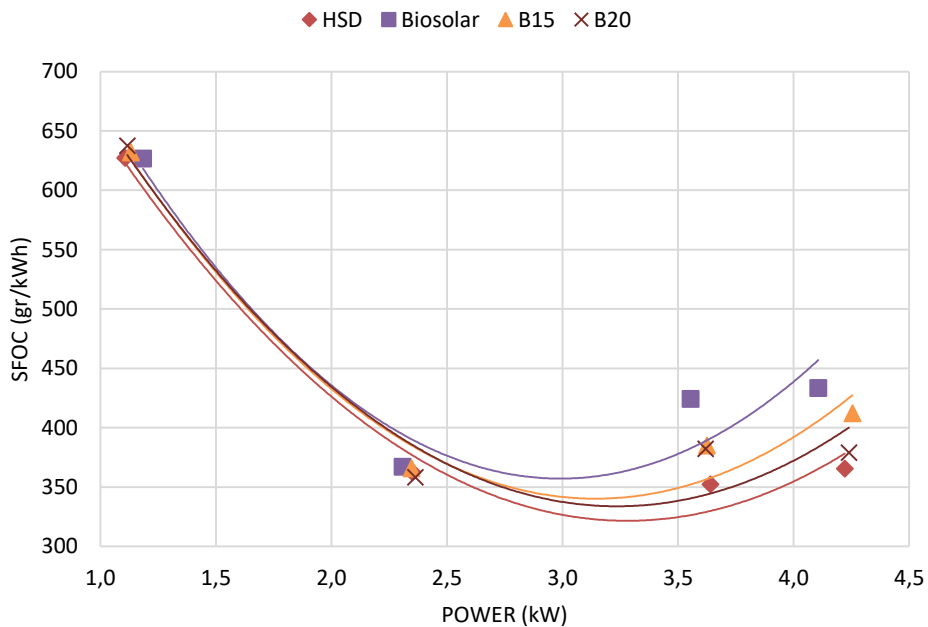


Grafik 4. 8 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100

Berdasarkan grafik 4.8 perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 2100, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet dengan nilai sebesar 335,6 gr/kWh pada beban 3000 watt. Sedangkan untuk bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan nilai SFOC 338,0 gr/kWh pada beban 3000 watt lebih kecil 17,1 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar HSD sebesar 355,1 gr/kWh pada beban 4000. Untuk bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan nilai SFOC sebesar 360,9 gr/kWh pada beban 3000 watt lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar HSD, B15, dan B20.

Untuk nilai dari masing – masing daya pada beban maksimum yaitu pada beban 4000 didapatkan daya terbesar pada bahan bakar biosolar dengan nilai sebesar 3,893 kW. Sedangkan untuk urutan yang kedua yaitu pada bahan bakar B15 dengan nilai sebesar 3,881 kW. Untuk urutan yang ketiga yaitu pada bahan bakar B20 dengan nilai sebesar 3,877 kW. Pada urutan yang keempat yaitu pada bahan bakar biosolar dengan nilai sebesar 3,875 kW.

4.2.9 Perbandingan Antara Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Solar, Biosolar, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200

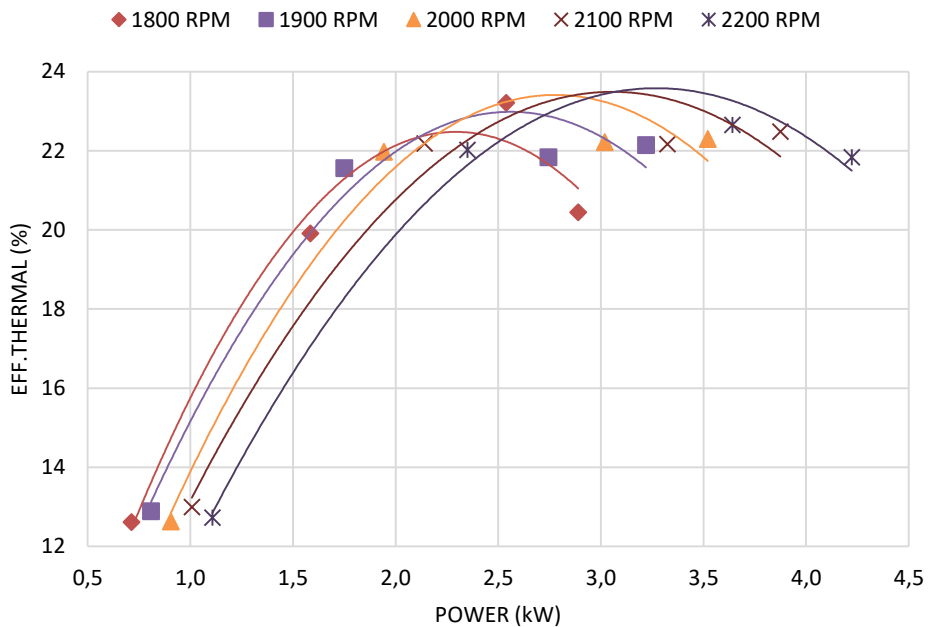


Grafik 4. 9 Perbandingan Daya Dengan SFOC Terhadap Jenis Bahan Bakar Solar, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200

Berdasarkan grafik 4.9 perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 2100, nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar HSD dengan nilai sebesar 352,4 gr/kWh pada beban 3000 watt. Sedangkan untuk bahan bakar biodiesel B15 biji karet didapatkan nilai SFOC 365,9 gr/kWh pada beban 2000 watt dan untuk bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan nilai SFOC 358,2 gr/kWh pada beban 2000 watt lebih kecil 7,7 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel B15 biji karet. Untuk bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan nilai SFOC sebesar 367,2 gr/kWh pada beban 2000 watt lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar HSD, B15, dan B20.

Untuk nilai dari masing – masing daya pada beban maksimum yaitu pada beban 4000 didapatkan daya terbesar pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet dengan nilai sebesar 4,254 kW. Sedangkan untuk urutan yang kedua yaitu pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet dengan nilai sebesar 4,239 kW. Untuk urutan yang ketiga yaitu pada bahan bakar HSD dengan nilai sebesar 4,222 kW. Pada urutan yang keempat yaitu pada bahan bakar Biosolar Pertamina dengan nilai sebesar 4,107 kW.

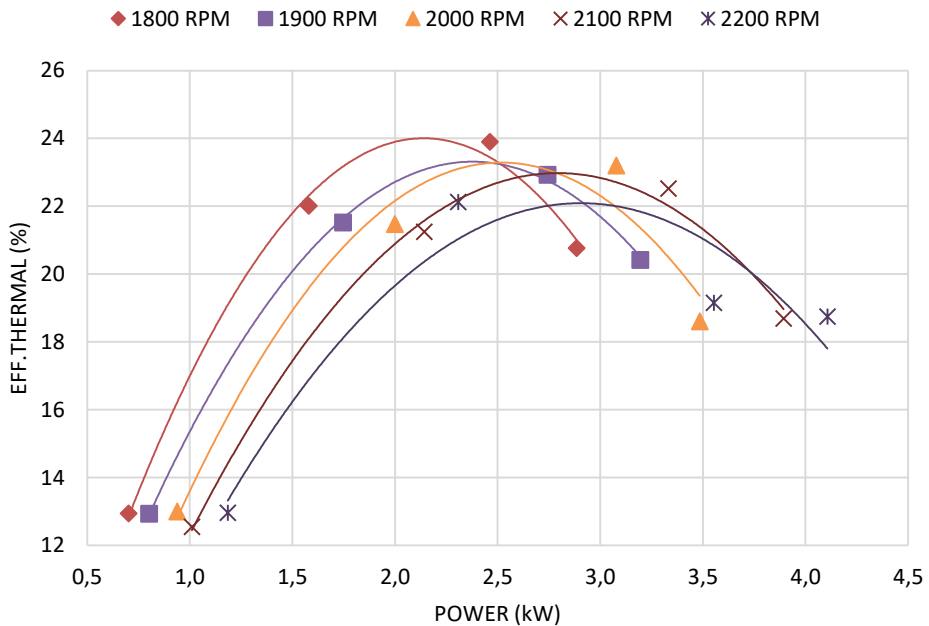
4.2.10 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD



Grafik 4. 10 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD

Grafik 4.10 merupakan grafik perbandingan antara daya dan efisiensi thermal terhadap jenis bahan bakar HSD, dimana nilai efisiensi thermal tertinggi berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran mesin. Pada saat putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,21% pada beban 3000 watt. Pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,14% pada beban 4000 watt. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,30% pada beban 4000 watt. Pada putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,48% pada beban 4000 watt. Pada putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,65% pada beban 3000 watt.

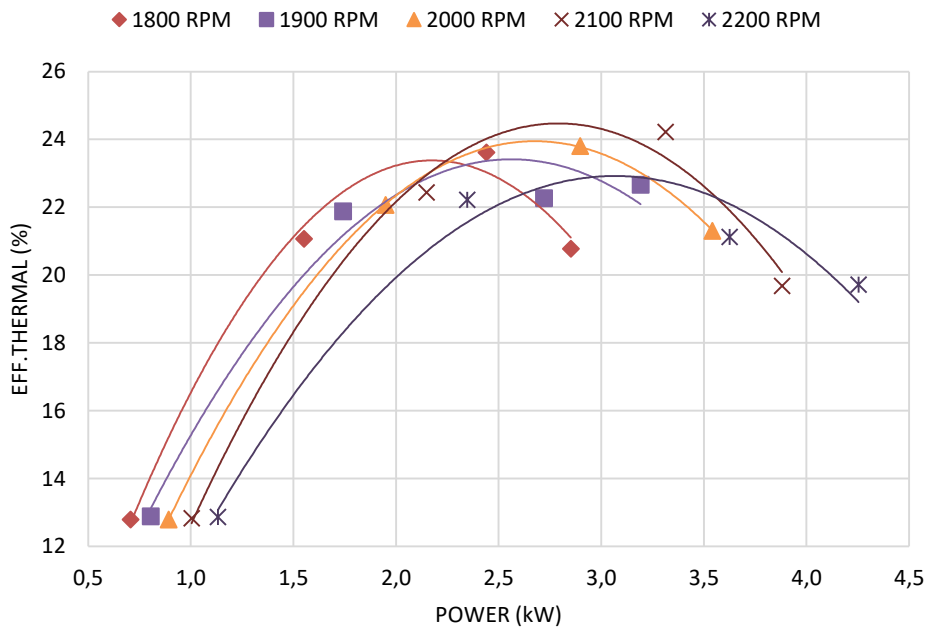
4.2.11 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar Pertamina



Grafik 4. 11 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar

Grafik 4.11 merupakan grafik perbandingan antara daya dan efisiensi thermal terhadap jenis bahan bakar Biosolar Pertamina, dimana nilai efisiensi thermal tertinggi berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran mesin. Pada saat putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,90% pada beban 3000 watt. Pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,93% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,20% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,52% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,12% pada beban 2000 watt.

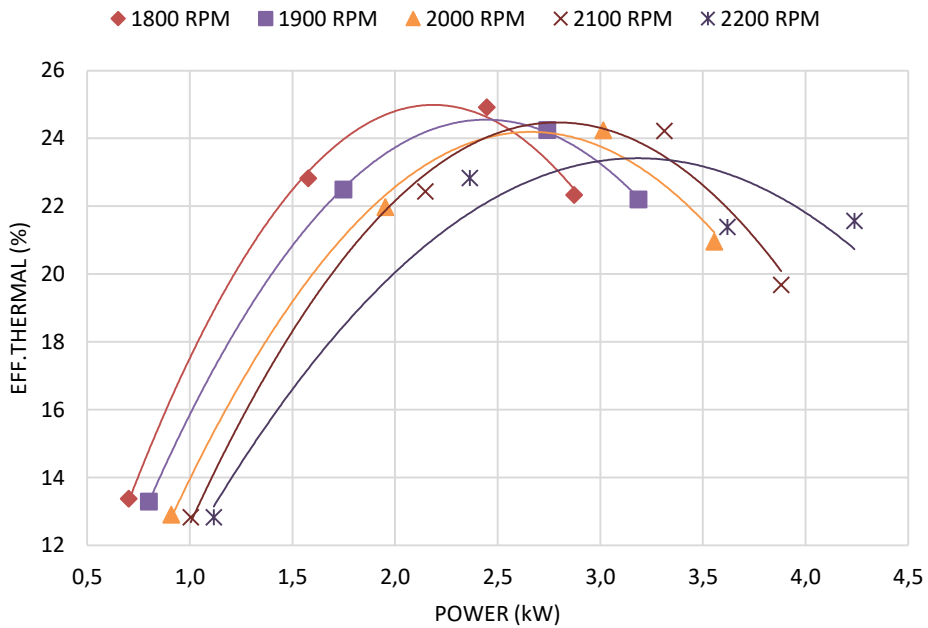
4.2.12 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 Biji Karet



Grafik 4. 12 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 Biji Karet

Grafik 4.12 merupakan grafik perbandingan antara daya dengan efisiensi thermal terhadap daya mesin pada jenis bahan bakar biodiesel B15 biji karet, dimana nilai efisiensi thermal tertinggi berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran mesin. Pada saat putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,62% pada beban 3000 watt. Pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,67% pada beban 4000 watt. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 23,81% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 24,23% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,22% pada beban 2000 watt.

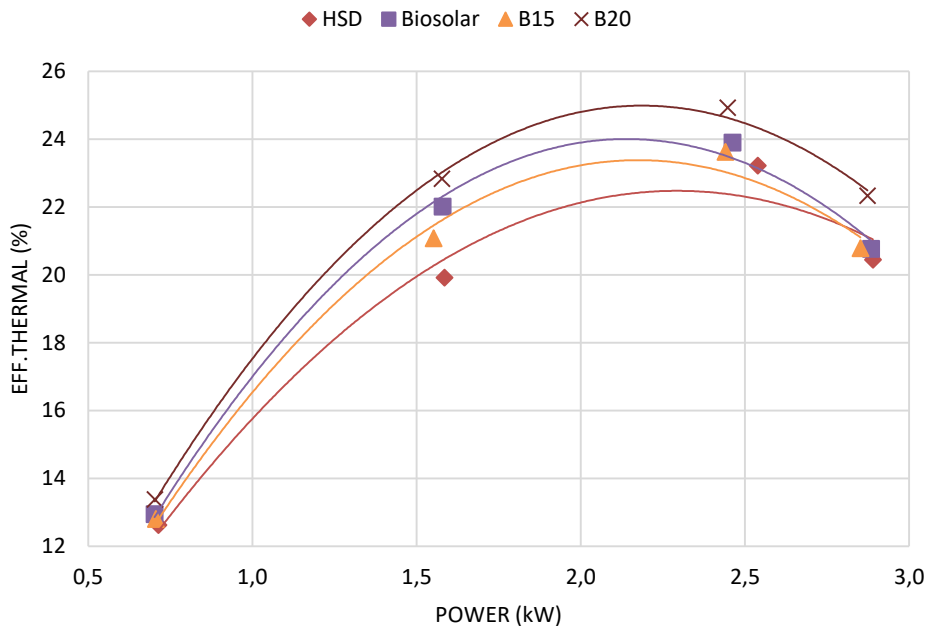
4.2.13 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 Biji Karet



Grafik 4. 13 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 Biji Karet

Grafik 4.13 merupakan grafik perbandingan antara daya dengan efisiensi thermal terhadap jenis bahan bakar biodiesel B20 biji karet, dimana nilai efisiensi thermal tertinggi berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran mesin. Pada saat putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 24,92% pada beban 3000 watt. Pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 24,25% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2000 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 24,24% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2100 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 24,20% pada beban 3000 watt. Pada putaran 2200 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 22,84% pada beban 2000 watt.

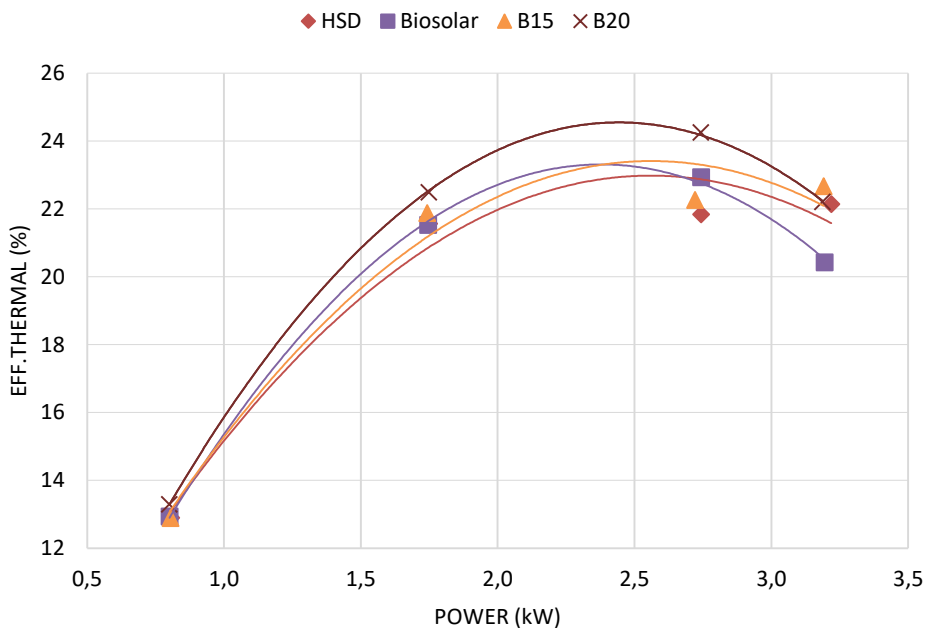
4.2.14 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800



Grafik 4. 14 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1800

Dari grafik 4.14 yaitu perbandingan antara daya dengan efisiensi thermal terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 1800, dapat dilihat bahan bakar biodiesel B20 biji karet memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 24,92% pada beban 3000 watt. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet sebesar 23,61% pada beban 3000 watt lebih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi thermal Biosolar Pertamina yaitu 23,90% pada beban 3000 watt. Sedangkan pada bahan bakar HSD memiliki efisiensi thermal terkecil yaitu 23,21% pada beban 3000 watt. Dilihat dari data tersebut maka biodiesel B20 biji karet lebih tinggi 1,71% bila dibandingkan dengan bahan bakar HSD dan juga bila dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar Pertamina mempunyai selisih 1,03% lebih tinggi. Sedangkan pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet memiliki efisiensi thermal lebih rendah 0,28% dari bahan bakar Biosolar Pertamina dan 0,41% lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar HSD.

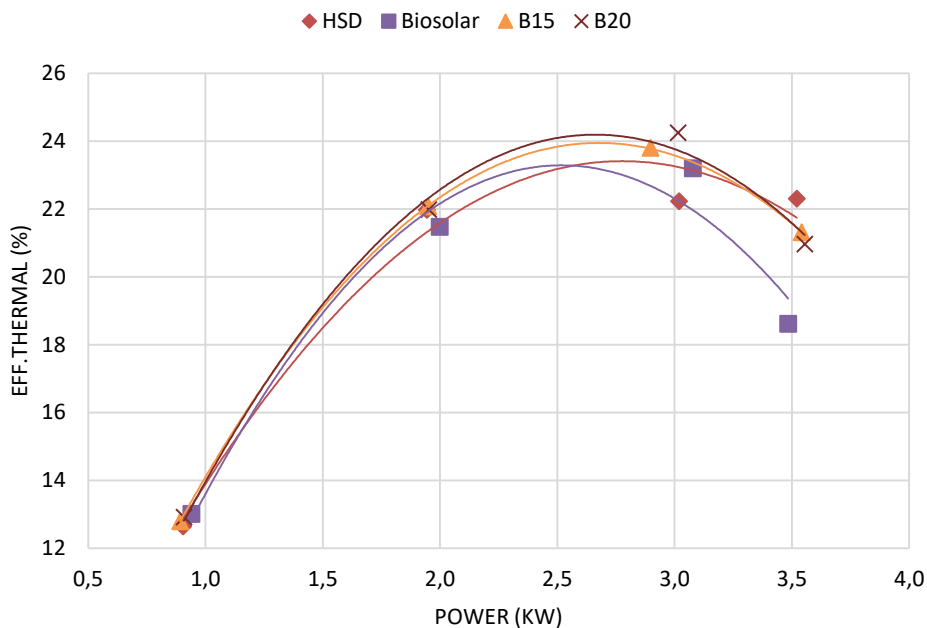
4.2.15 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff.Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900



Grafik 4. 15 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff.Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 1900

Dari grafik 4.15 yaitu perbandingan antara daya dengan efisiensi thermal terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 1900, dapat dilihat bahan bakar biodiesel B20 biji karet memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 24,25% pada beban 3000 watt. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet sebesar 22,66% pada beban 4000 watt lebih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi thermal Biosolar Pertamina yaitu 22,93% pada beban 3000 watt. Sedangkan pada bahan bakar HSD memiliki efisiensi thermal terkecil yaitu 22,14% pada beban 4000 watt. Dilihat dari data tersebut maka B20 biji karet lebih tinggi 2,41% bila dibandingkan dengan bahan bakar HSD dan juga bila dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar Pertamina mempunyai selisih 1,32% lebih tinggi. Sedangkan pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet memiliki efisiensi thermal lebih rendah 0,67% dari bahan bakar Biosolar Pertamina dan 0,12% lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar HSD.

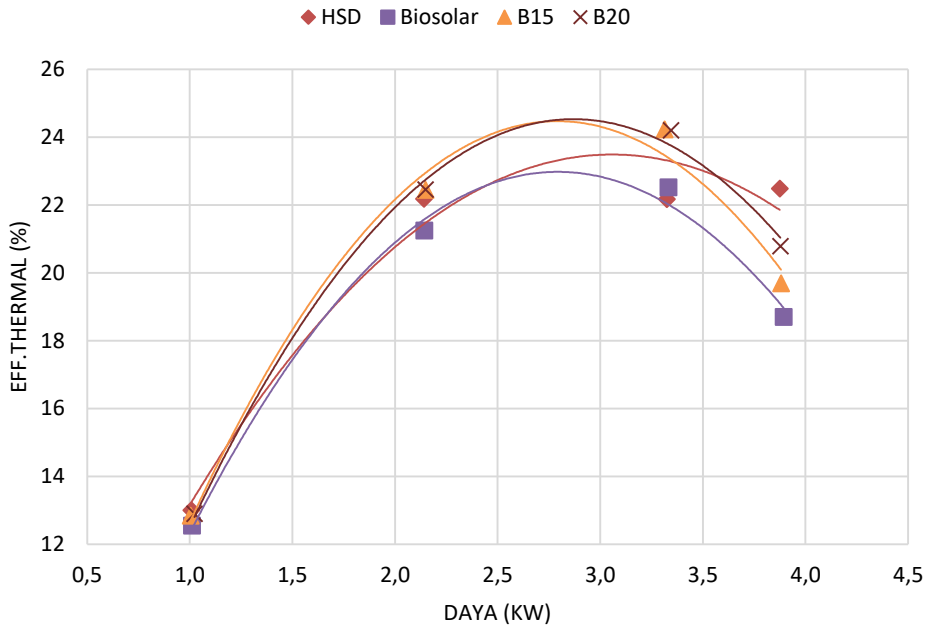
4.2.16 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000



Grafik 4. 16 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2000

Dari grafik 4.16 yaitu perbandingan antara daya dengan efisiensi thermal terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 2000, dapat dilihat bahan bakar biodiesel B20 biji karet memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 24,24% pada beban 3000 watt. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet sebesar 23,81% pada beban 3000 watt lebih tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi thermal Biosolar Pertamina yaitu 23,20% pada beban 3000 watt. Sedangkan pada bahan bakar HSD memiliki efisiensi thermal terkecil yaitu 22,30% pada beban 4000 watt. Dilihat dari data tersebut maka biodiesel B20 biji karet lebih tinggi 1,94% bila dibandingkan dengan bahan bakar solar dan juga bila dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar Pertamina mempunyai selisih 1,04% lebih tinggi. Sedangkan pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet memiliki efisiensi thermal lebih tinggi 0,61% dari bahan bakar Biosolar Pertamina dan 1,51% lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar HSD.

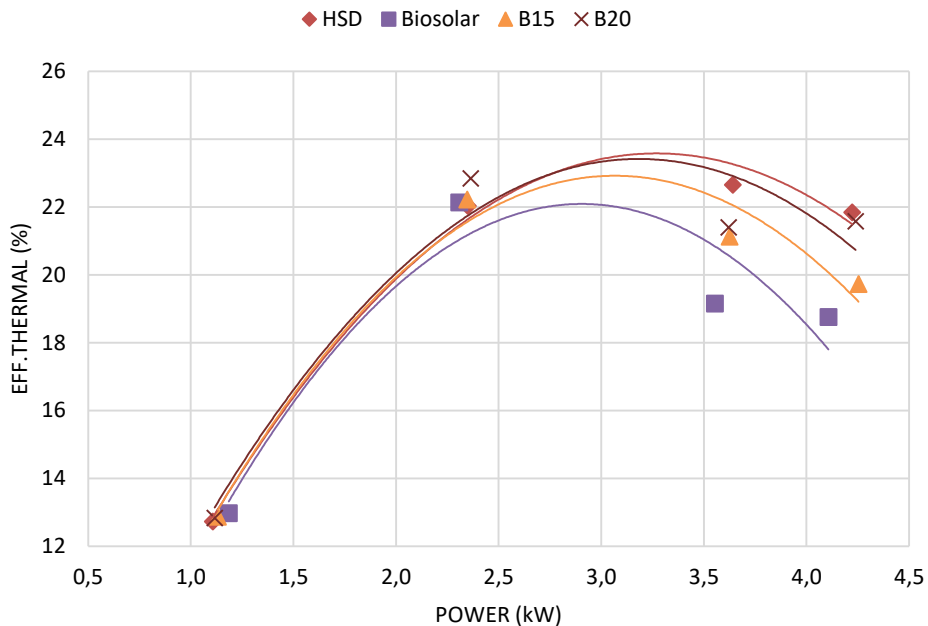
4.2.17 Perbandingan Antara Daya Dengan Eff. Thermal Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100



Grafik 4. 17 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2100

Dari grafik 4.17 yaitu perbandingan antara efisiensi thermal dengan daya terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 2100, dapat dilihat bahan bakar biodiesel B15 biji karet memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 24,23% pada beban 3000 watt. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet sebesar 24,20% pada beban 3000 watt lebih tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi thermal Biosolar Pertamina yaitu 22,52% pada beban 3000 watt. Sedangkan pada bahan bakar HSD memiliki efisiensi thermal yaitu 22,48% pada beban 4000 watt. Dilihat dari data tersebut maka biodiesel B20 biji karet lebih tinggi 1,72% bila dibandingkan dengan bahan bakar HSD dan juga bila dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar Pertamina mempunyai selisih 1,68% lebih tinggi. Sedangkan pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet memiliki efisiensi thermal lebih tinggi 1,71% dari bahan bakar Biosolar Pertamina dan 1,74% lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar HSD.

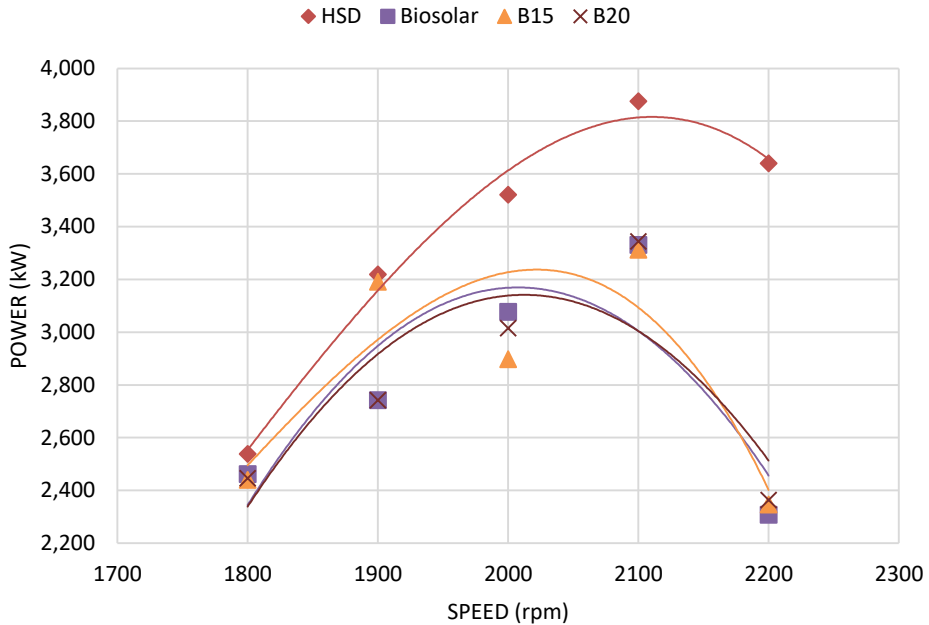
4.2.18 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200



Grafik 4. 18 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet Pada RPM 2200

Dari grafik 4.18 yaitu perbandingan antara efisiensi thermal dengan daya terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet pada rpm 2200, dapat dilihat bahan bakar biodiesel B20 biji karet memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 22,84% pada beban 2000 watt. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet sebesar 22,22% pada beban 2000 watt lebih tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi thermal Biosolar Pertamina yaitu 22,13% pada beban 2000 watt. Sedangkan pada bahan bakar HSD memiliki efisiensi thermal yaitu 22,65% pada beban 3000 watt. Dilihat dari data tersebut maka biodiesel B20 biji karet lebih tinggi 0,18% bila dibandingkan dengan bahan bakar HSD dan juga bila dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar Pertamina mempunyai selisih 0,70% lebih tinggi. Sedangkan pada bahan bakar biodiesel B15 biji karet memiliki efisiensi thermal lebih tinggi 0,09% dari bahan bakar Biosolar Pertamina dan 0,43% lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan bakar HSD.

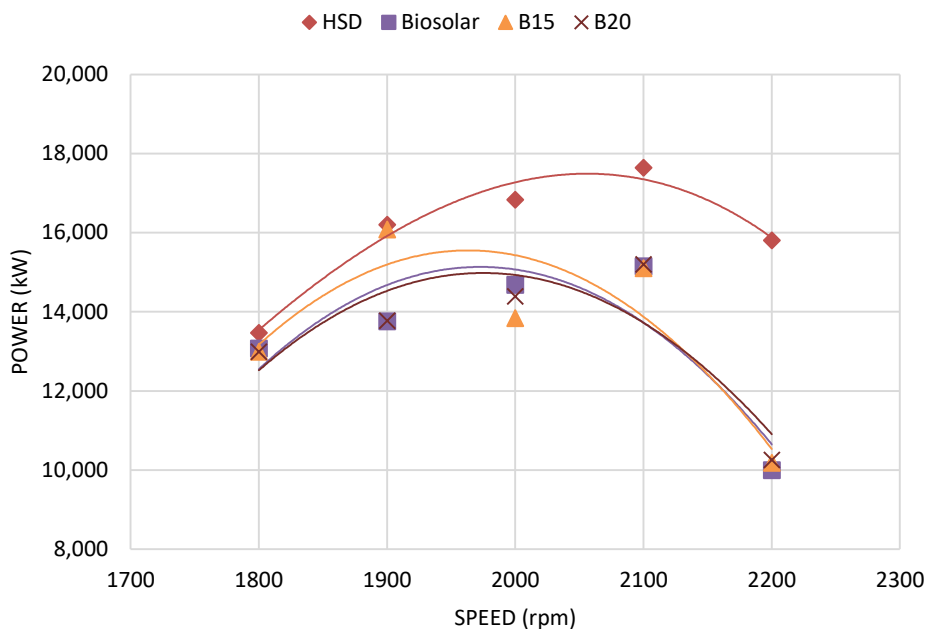
4.2.19 Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran *Engine* Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet



Grafik 4. 19 Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran *Engine* Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, dan B20 Biji Karet

Grafik 4.19 merupakan grafik perbandingan antara daya maksimum dengan putaran *engine* terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet dimana daya maksimum didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap rpm. Dari grafik diatas daya tertinggi didapatkan pada putaran 2100 rpm, dimana dapat disimpulkan bahwa pada rpm di 2100 merupakan peak power dari *engine*. Dari grafik diatas bahan bakar yang mempunyai daya maksimum terbesar yaitu pada bahan bakar HSD sebesar 3,875 kW selisih 0,544 kW dengan bahan bakar Biosolar Pertamina sebesar 3,332 kW. Untuk bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan daya maksimum sebesar 3,344 Kw selisih 0,031 kW dengan bahan bakar biodiesel B15 biji karet sebesar 3,313 kW.

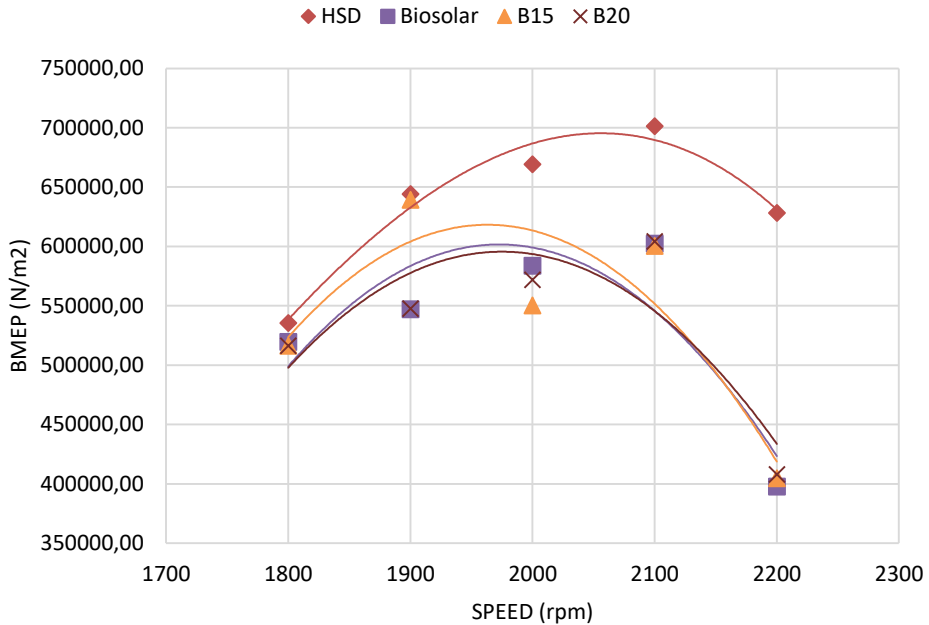
4.2.20 Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran *Engine* Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet



Grafik 4. 20 Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran *Engine* Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet

Grafik 4.20 merupakan grafik perbandingan antara torsi maksimum dengan putaran *engine* terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet dimana torsi maksimum didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap rpm. Dari grafik diatas bahan bakar yang mempunyai torsi maksimum terbesar yaitu pada bahan bakar HSD sebesar 17,639 Nm selisih 2,489 Nm dengan bahan bakar Biosolar Pertamina sebesar 15,150 Nm. Untuk bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan torsi maksimum sebesar 15,201 Nm selisih 0,099 Nm dengan bahan bakar biodiesel B15 biji karet sebesar 15,101 Nm.

4.2.21 Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran *Engine* Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet.



Grafik 4. 21 Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran *Engine* Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar Pertamina, B15 Biji Karet, Dan B20 Biji Karet

Grafik 4.21 merupakan grafik perbandingan antara BMEP maksimum dengan putaran *engine* terhadap jenis bahan bakar HSD, Biosolar Pertamina, biodiesel B15 biji karet, dan biodiesel B20 biji karet dimana BMEP maksimum didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap rpm. Dari grafik diatas bahan bakar yang mempunyai BMEP maksimum terbesar yaitu pada bahan bakar HSD sebesar 701264,77 N/m² selisih 989958,52 N/m² dengan bahan bakar Biosolar Pertamina sebesar 602306,25 N/m². Untuk bahan bakar biodiesel B20 biji karet didapatkan BMEP maksimum sebesar 604325 N/m² selisih 3946,06 N/m² dengan bahan bakar biodiesel B15 biji karet sebesar 600379,72 N/m².

4.3 Analisa Ekonomi Biodiesel Biji Karet

Analisa ekonomi merupakan faktor penting untuk mengetahui layak atau tidaknya sebuah pabrik atau usaha didirikan. Dalam mendirikan sebuah pabrik layak didirikan atau tidak kita diperlukan untuk menghitung bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan. Beberapa hal yang dibahas dalam perhitungan analisa ekonomi yaitu perhitungan biaya awal, total perhitungan biaya operasional dan harga balik modal. Pada penelitian kali ini, penulis menganalisa keekonomian dari biodiesel biji karet apabila dibuat dalam skala industri.

4.3.1 Penentuan Indeks Harga

Dalam perhitungan analisa ekonomi, hal yang harus dilakukan terlebih dahulu yaitu penentuan indeks harga. Harga peralatan pada setiap tahun dapat berubah dikarenakan fluktuatif ekonomi dunia. Dengan menggunakan *Marshall and Swift Equipment Cost Index* dapat menaksir harga, jika harga alat pada beberapa tahun lalu diketahui. Menurut buku *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* terdapat tabel indeks harga dari tahun 1975-1990. Berikut tabel indeks harga menurut *Marshall and Swift Equipment Cost Index*. Dengan x sebagai tahun dan y sebagai *chemical engineering plant cost*.

Tabel 4. 2 *Marshall and Swift Equipment Cost Index* (S.Peters dkk, 1991)

No	x	y	xy	x ²	y ²
1	1975	182	359450	3900625	33124
2	1976	192	379392	3904576	36864
3	1977	204	403308	3908529	41616
4	1978	219	433182	3912484	47961
5	1979	239	472981	3916441	57121
6	1980	261	516780	3920400	68121
7	1981	297	588357	3924361	88209
8	1982	314	622348	3928324	98596
9	1983	317	628611	3932289	100489
10	1984	323	640832	3936256	104329
11	1985	325	645125	3940225	105625
12	1986	318	631548	3944196	101124
13	1987	324	643788	3948169	104976
14	1988	343	681884	3952144	117649
15	1989	355	706095	3956121	126025
Total	29730	4213	8353681	58925140	1231829
Rata-rata	1982	281	556912	3928343	82122

Berdasarkan persamaan Least Square diperoleh:

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

$$a = \bar{y} = 280,9$$

$$b = \frac{\sum(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)}{\sum(\bar{x} - x)^2}$$

$$\sum(\bar{x} - x)(\bar{y} - y) = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n} = 8353681 - \frac{125252490}{15}$$

$$\sum(\bar{x} - \bar{x})^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 58925140 - \frac{883872900}{15}$$

$$y = 280,9 + 12,6(x - 1982)$$

$$y = 280,9 + 12,6x - 24881,18$$

$$y = 12,6x - 24600,31$$

Untuk $x = 2014$, maka $y = 682,58$

Untuk $x = 2019$, maka $y = 745,35$

Jadi cost index pada tahun 2014 = 682,58 dan untuk cost index pada tahun 2019 = 745,35

4.3.2 Harga Tanah

Pada penentuan untuk luas tanah yang akan dibangun untuk pabrik adalah sebesar 40000 m².

$$\text{Harga tanah per m}^2 = \text{Rp } 500.000,00$$

$$\begin{aligned} \text{Harga tanah total} &= \text{Rp } 500.000,00 \times 4000 \\ &= \text{Rp } 2.000.000.000,00 \end{aligned}$$

4.3.2 Harga Peralatan

Setelah menentukan indeks harga untuk tahun 2014 dan 2019, setelah itu menghitung peralatan dari pabrik yang akan dibuat. Peralatan untuk menunjang

pabrik tersebut ada dua yaitu peralatan untuk proses pembuatan dan peralatan utilitas untuk menunjang pabrik tersebut.

A. Peralatan Proses

Dalam proses pembuatan biodiesel pastilah harus ada alat-alat untuk menunjang prosesnya. Alat-alat tersebut seperti tangka asam fosfat untuk proses degumming dalam proses pembuatan biodiesel. Berikut contoh perhitungan untuk menentukan harga peralatan dari pabrik yang akan dibuat.

Tipe : Tangki Asam Fosfat
 Jumlah : 1 unit
 Harga tahun 2014 : US\$ 15.000,0

$$\begin{aligned} \text{Harga tahun 2019} &= \frac{\text{Indeks Tahun 2019}}{\text{Indeks Tahun 2014}} \times \text{Harga Alat Tahun 2014} \\ &= \frac{745,35}{682,58} \times \text{US\$ } 15.000,0 \\ &= \text{US\$ } 16.103,5 \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Harga Proses Pembuatan Biodiesel (

No	Nama Alat	Total	Harga US\$, 2014		Harga Total US\$, 2018
			Per Unit	Total	
1	Tangki Storage	1	1.000	1.000	1.092
2	Pompa Centrifugal	1	3.200	3.200	3.494
3	Mixer Purifikasi	1	38.100	38.100	41.604
4	Tangki Asam Fosfat	1	15.000	15.000	16.379
5	Centrifugal Separator	1	21.400	21.400	23.368
6	Tangki Sementara	1	10.000	10.000	10.920
7	Reaktor Esterifikasi	1	57.900	57.900	63.224
8	Tangki Metanol	1	35.000	35.000	38.218
9	Tangki Asam Sulfat	1	15.000	15.000	16.379
10	Pompa Centrifugal	1	3.200	3.200	3.494
11	Decanter I	1	25.000	25.000	27.299
12	Tangki Sementara	1	10.000	10.000	10.920
13	Pompa Centrifugal	1	3.200	3.200	3.494
14	Reaktor Transesterifikasi	1	96.000	96.000	104.828

15	Decanter II	1	25.000	25.000	27.299
16	Tangki Sementara	1	10.000	10.000	10.920
17	Pompa Centrifugal	1	3.200	3.200	3.494
18	Tangki Mixing	1	15.000	15.000	16.379
19	Pompa Centrifugal	1	3.200	3.200	3.494
20	Tangki KOH	1	9.000	9.000	9.828
21	Tangki Pencuci	1	20.000	20.000	21.839
22	Decanter III	1	25.000	25.000	27.299
23	Tangki Sementara	1	10.000	10.000	10.920
24	Pompa Centrifugal	1	3.200	3.200	3.494
25	Tangki Penampung I	1	20.000	20.000	21.839
26	Pompa Centrifugal	1	3.000	3.000	3.276
27	Decanter IV	1	25.000	25.000	27.299
28	Tangki Penampung II	1	18.000	18.000	19.655
29	Pompa Centrifugal	1	3.000	3.000	3.276
30	Flash Tank	1	94.000	94.000	102.644
31	Heater I	1	21.400	21.400	23.368
32	Condensor	1	12.400	12.400	13.540
33	Cooler I	1	32.400	32.400	35.379
34	Tangki Biodiesel	1	50.000	50.000	54.598
35	Kolom Distilasi	1	98.000	98.000	107.012
36	Heater II	1	18.000	18.000	19.655
37	Condensor Distilasi	1	28.400	28.400	31.012
38	Tangki Akumulator	1	16.800	16.800	18.345
39	Pompa Centrifugal	1	3.000	3.000	3.276
40	Reboiler Distilasi	1	17.100	17.100	18.672
41	Cooler II	1	27.500	27.500	30.029
42	Pompa Centrifugal	1	3.000	3.000	3.276
43	Cooler III	1	21.300	21.300	23.259
44	Tangki Gliserol	1	30.000	30.000	32.759
Total		44	1.091.847		

Maka harga peralatan proses pada tahun 2019 = \$ 1.091.847,45
= Rp 15.791.389.719,51

B. Peralatan Utilitas

Peralatan utilitas yang digunakan pada pabrik ini yaitu air dan listrik. Untuk pabrik yang menggunakan proses fluida maka diperkirakan biaya peralatan utilitas adalah sebesar 40% dari harga peralatan proses (Coulson dan Richardson, 2014). Air digunakan sebagai pendingin, proses, steam serta air sanitasi. Sedangkan untuk listrik digunakan sebagai sumber tenaga untuk peralatan proses, serta penerangan bagi pabrik tersebut.

$$\begin{aligned}\text{Harga Peralatan Utilitas} &= 40\% \times \text{Rp } 1.091.847 \\ &= \text{Rp } 6.316.555.887,80\end{aligned}$$

Setelah menghitung peralatan untuk proses pembuatan biodiesel dan peralatan utilitas untuk menunjangnya, maka total harga peralatan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Total harga peralatan} &= \text{Harga peralatan proses} + \text{Harga peralatan utilitas} \\ &= \text{Rp}22.107.945.607,31\end{aligned}$$

Jadi pada pembuatan pabrik ini *Total Purchase Equipment Cost* (TPEC) sebesar Rp 22.107.945.607,31

4.3.3 Biaya Perhitungan *Operating Labor*

Tabel 4. 4 Perhitungan *Operating Labor*

No	Jabatan	Gaji	Jumlah	Total Gaji
1.	Direksi	50.000.000	4	200.000.000
2	Sekretaris Direksi	10.000.000	4	40.000.000
3	Manajer	25.000.000	6	150.000.000
4	Sekretaris Manajer	7.500.000	6	45.000.000
5	Kepala Seksi	10.000.000	10	100.000.000
6	Karyawan Operasional	8.000.000	20	160.000.000
7	Health Safety and Env.	4.000.000	10	40.000.000
8	Karyawan Keamanan	4.000.000	10	40.000.000
9	Karyawan Kebersihan	4.000.000	10	40.000.000
Total			80	815.000.000

$$\begin{aligned}\text{Pengeluaran Perusahaan untuk Gaji/Tahun} &= \text{Total Gaji} \times 12 \text{ bulan} \\ &= \text{Rp}9.780.000.000,00\end{aligned}$$

4.3.4 Harga Bahan Baku dan Penjualan Produk Biodiesel Biji Karet

Tabel 4. 5 Harga Bahan Baku Biodiesel Biji Karet

No	Bahan Baku	Kebutuhan/Hari (kg)	Harga (Rp/kg)	Total Harga (Rp/Hari)
1	Biji Karet	227272,7273	Rp5.000	Rp1.136.363.636
2	H3PO4 20%	945	Rp10.341	Rp9.774.169
3	Metanol 99%	74.726	Rp4.339	Rp324.227.254
4	H2SO4 98%	308	Rp2.893	Rp891.954
5	KOH	1508	Rp11.570	Rp17.451.276
Total				Rp 1.488.708.289

Biaya bahan baku = Rp 1.488.708.289 /hari
 = Rp 491.273.735.426 /tahun

Tabel 4. 6 Harga Penjualan Produk Biodiesel Biji Karet

No	Produk	Kapasitas/Hari (kg)	Harga (Rp/kg)	Total Harga (Rp/Hari)
1	Biodiesel	151.515,15	Rp7.500	Rp1.136.363.636
2	Gliserol	3.535,78	Rp200.000	Rp707.155.735
3	Metanol 99%	121.712,69	Rp3.000	Rp365.138.084
Total				Rp2.208.657.456

Hasil Penjualan Produk = Rp 2.208.657.456 /hari
 = Rp 728.856.960.352 /tahun

4.3.5 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang telah direncanakan layak untuk didirikan atau tidak. Untuk itu, perlu dilakukan evaluasi atau penilaian investasi, dengan mempertimbangkan hal - hal berikut ini:

1. Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return, IRR*)
2. Waktu pengembalian modal (*Payout Time, POT*)
3. Titik Impas (*Break Even Point, BEP*)

Sebelum dilakukan analisa terhadap ketiga faktor diatas perlu dilakukan peninjauan terhadap beberapa hal, dalam perhitungan persenan mengikuti buku *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*.

1. Penaksiran modal (*Total Capital Investment, TCI*) yang meliputi:

- a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment, FCI*)
- b. Modal kerja (*Working Capital Investment, WCI*)
2. Penentuan biaya produksi (*Total Manufacturing Cost, TMC*) yang terdiri:
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost, MC*)
 - b. Biaya overhead pabrik (*Plant Overhead Cost, POC*)
 - c. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses, GE*)
3. Biaya Total

Untuk mengetahui besarnya Titik Impas (*Break Even Point, BEP*) perlu dilakukan penaksiran terhadap:

 - a. Biaya tetap
 - b. Biaya semi variable
 - c. Biaya variable

4.3.6 Penentuan Investasi Total (*Total Capital Investment*)

Untuk penentuan persenan dari Total Capital Investment yaitu didapatkan dari buku *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. Untuk perhitungannya sebagai berikut.

Investasi Total (TCI) = Modal Tetap (FCI) + Modal Kerja (WCI)

A. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)

Pada *Fixed Capital Investment* terdapat perhitungan biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Tabel 4. 7 Biaya Langsung (*Direct Cost, DC*)

No	Komponen	%	Harga
1.	Purchased equipment	21%	Rp 22.107.945.607
2.	Instalasi, pengecatan, dan isolasi	9%	Rp 8.843.178.243
3.	Instrumentasi dan kontrol	4%	Rp 4.421.589.121
4.	Perpipaan	6%	Rp 6.632.383.682
5.	Sistem kelistrikan	3%	Rp 3.316.191.841
6.	Ongkos kapal laut	4%	Rp 4.642.668.578
7.	Asuransi	0,4%	Rp 442.158.912
8.	Biaya angkut barang ke plant	5%	Rp 5.084.827.490
9.	Fasilitas pelayanan	11%	Rp 11.053.972.804
10	<i>Yard improvement</i>	3%	Rp 3.316.191.841
11	Bangunan	6%	Rp 6.411.304.226
12	Tanah	1%	Rp 1.326.476.736
Total		75%	Rp 77.598.889.082

Tabel 4. 8 Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost, IC*)

No	Komponen	%	Harga
1.	<i>Engineering and supervision</i>	7%	Rp 7.295.622.050
2.	Biaya konstruksi	7%	Rp 7.737.780.963
3.	Biaya kontraktor	3%	Rp 3.316.191.841
4.	Biaya tak terduga	7%	Rp 7.737.780.963
	Total	25%	Rp 26.087.375.817

$$\begin{aligned}
 \text{Fixed Capital Investment} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp } 77.598.889.082 + \text{Rp } 26.087.375.817 \\
 &= \text{Rp } 103.686.264.898
 \end{aligned}$$

B. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)

Pada penentuan *Working Capital Investment* pada penulisan kali ini yaitu sebesar 15% dari *Total Capital Investment*.

$$\text{WCI} = 15\% \text{ TCI}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 &= \text{Rp } 103.686.264.898 + 15\% \text{ TCI} \\
 85\% \text{ TCI} &= \text{Rp } 103.686.264.898 \\
 \text{TCI} &= \text{Rp } 121.983.841.057
 \end{aligned}$$

Jadi dari perhitungan diatas didapatkan:

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 15\% \text{ TCI} \\
 &= 15\% \times \text{Rp } 121.983.841.057 \\
 &= \text{Rp } 18.297.576.159
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai *Total Capital Investmet* untuk pabrik yang akan dibangun, maka untuk start-up dalam pembangunan pabrik membutuhkan modal. Dalam penelitian ini modal terbagi dua yaitu modal sendiri (*equality*) dan modal pinjaman bank (*loan*). Untuk modal sendiri (*equality*) sebesar 60% dari *Total Capital Investment* dan untuk modal pinjaman bank (*loan*) sebesar 40% dari *Total Capital Investment*.

1. Modal Sendiri = 60% x TCI
= Rp 73.190.304.634
2. Modal Pinjaman Bank = 40% x TCI
= Rp 48.793.536.423

4.3.7 Penentuan Biaya Produksi (*Total Manufacturing Cost, TMC*)

Untuk perhitungan biaya produksi ada empat perhitungan yaitu Biaya Produksi Langsung (*Direct Production Cost, DPC*), Biaya Tetap (*Fixed Charges, FC*), Biaya Plant Overhead (*Plant Overhead Cost, POC*), dan Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*). Untuk asumsi persenan didapatkan dari buku *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. Berikut perhitungan dari penentuan biaya produksi (*Total Production Cost*).

A. Biaya Produksi Langsung (*Direct Production Cost, DPC*)

Tabel 4. 9 Biaya Produksi Langsung

No	Komponen	%	Harga
1	Bahan baku (1 tahun)		Rp 491.273.735.426
2	Tenaga kerja (1 tahun)	OL	Rp 9.780.000.000
3	Utilitas	10% TPC	0,1 TPC
4	Pemeliharaan dan perbaikan	5% FCI	Rp 5.184.313.245
5	<i>Operating supplies</i>	1% FCI	Rp 518.431.324
6	Supervisor langsung	10% OL	Rp 978.000.000
7	Paten dan royalti	1% TPC	0,01 TPC
8	Laboratorium	10% OL	Rp 978.000.000
Total			Rp 508.712.479.995 + 0,11 TPC

B. Biaya Tetap (*Fixed Charges, FC*)

Tabel 4. 10 Biaya Tetap (Fixed Charge)

No	Komponen	%	Harga
1.	Depresiasi (peralatan dan bangunan)	10% FCI	Rp 10.368.626.490
2.	Pajak daerah	2% FCI	Rp 2.073.725.298
3.	Asuransi	1% FCI	Rp 1.036.862.649
	Total		Rp 13.479.214.437

C. Biaya Plant Overhead (*Plant Overhead Cost*)

POC = 4% TPC

D. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses, GE*)

Tabel 4. 11 Biaya Pengeluaran Umum (General Expenses, GE)

No	Komponen	%	Harga
1.	Biaya administrasi	2% TPC	0,02 TPC
2.	Biaya distribusi dan penjualan	2% TPC	0,02 TPC
3.	Biaya R & D	5% TPC	0,05 TPC
4.	Financing (interest)	1% TCI	Rp 1.219.838.411
Total			Rp 1.219.838.411 + 0,09 TPC

Dimana, Total biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*) = DPC + FC + FOC

$$MC = DPC + FC + POC$$

$$= (508.712.479.995 + 0,11 \text{ TPC}) + (13.479.214.437) + (0,004 \text{ TPC})$$

$$= \text{Rp } 522.191.694.432 + 0,15 \text{ TPC}$$

$$TMC = MC + GE$$

$$= (522.191.694.432 + 0,15 \text{ TPC}) + (1.219.838.411 + 0,09 \text{ TPC})$$

$$= 523.411.532.842 + 0,24 \text{ TPC}$$

$$= \text{Rp } 688.699.385.319$$

Sehingga didapatkan,

$$TMC = \text{Rp } 688.699.385.319$$

$$GE = \text{Rp } 63.202.783.089$$

$$POC = \text{Rp } 27.547.975.413$$

$$MC = \text{Rp } 625.496.602.230$$

$$TMC - \text{Depresiasi} = 688.699.385.319 - 10.368.626.490$$

$$\text{Biaya produksi tanpa depresiasi} = \text{Rp } 678.330.758.829$$

4.3.8 Perhitungan Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan dengan metode discounted cash flow, yaitu cash flow yang nilainya diproyeksikan pada masa sekarang. Adapun asumsi yang dipakai sebagai berikut:

1. Modal
 - Modal sendiri, sebesar 60%
 - Modal pinjaman sebesar 40%
2. Suku bunga bank, sebesar 11% per tahun
3. Laju inflasi, sebesar 3,5% per tahun
4. Masa konstruksi pabrik selama 2 tahun
 - Tahun pertama menggunakan 60 % modal sendiri dan 40 % modal pinjaman
 - Tahun kedua menggunakan sisa modal sendiri dan pinjaman
5. Pembayaran menggunakan modal pinjaman selama masa konstruksi dilakukan secara diskrit dengan cara sebagai berikut:
 - Pada awal masa konstruksi (awal tahun ke (-2)) dilakukan penggunaan 30 % dari modal pinjaman untuk pembelian tanah dan uang muka
 - Pada akhir tahun kedua masa konstruksi (tahun ke (-1)) digunakan sisa modal pinjaman
6. Pengembalian pinjaman dilakukan pada jangka waktu 10 tahun, yaitu 10% per tahun
7. Umur pabrik diperkirakan selama 15 tahun, depresiasi sebesar 10 % per tahun
8. Kapasitas produksi pabrik:
 - Tahun pertama, sebesar 60%
 - Tahun kedua, sebesar 80%
 - Tahun ketiga, sebesar 100%
9. Pajak pendapatan:
 - Rp. 25.000.000 - Rp. 50.000.000 sebesar 5%
 - Rp. 50.000.000 - Rp. 250.000.000 sebesar 15%
 - Rp. 250.000.000 - Rp. 500.000.000 sebesar 25%
 - Lebih dari Rp. 500.000.000 sebesar 30%

4.3.9 Perhitungan Biaya Total Produksi

Biaya produksi tanpa depresiasi = TMC - Depresiasi

$$= \text{Rp } 678.330.758.829$$

Tabel 4. 12 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Besar

No.	Kapasitas Produksi	Biaya Produksi (Rp)
1.	60%	Rp 406.998.455.298
2.	80%	Rp 542.664.607.063
3.	100%	Rp 678.330.758.829

4.3.10 Investasi

Investasi total pabrik tergantung pada masa konstruksi. Investasi yang berasal dari modal sendiri akan habis pada tahun pertama konstruksi. Nilai modal sendiri tidak akan terpengaruh oleh suku bunga bank. Sehingga modal sendiri pada masa akhir masa konstruksi adalah tetap. Untuk modal pinjaman dari bank, total pinjaman pada masa konstruksi adalah tetap. Untuk modal pinjaman dari bank, total pinjaman pada akhir masa konstruksi adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 13 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Pinjaman		
		Biaya (Rp)	Bunga Bank 11%	Jumlah (Rp)
-2	30%	14.638.060.927	0	14.638.060.927
-1	70%	34.155.475.496	1.610.186.702	35.765.662.198
0	0	0	5.544.409.544	5.544.409.544
Modal pinjaman pada akhir masa konstruksi pabrik				55.948.132.668

Tabel 4. 14 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Sendiri		
		Biaya (Rp)	Laju Inflasi 3,5%	Jumlah (Rp)
-2	50%	36.595.152.317	0	36.595.152.317
-1	50%	36.595.152.317	1.280.830.331	37.875.982.648
0	0	0	2.606.489.724	2.606.489.724
Modal sendiri pada akhir masa konstruksi pabrik				77.077.624.689

Total investasi pada akhir masa konstruksi pabrik = Modal sendiri + Modal pinjaman
 = Rp133.025.757.357

Untuk perhitungan harga penjualan produk dengan produksi sebesar 100% didapatkan harga:

Penjualan Produk = Total harga penjualan produk
 = Rp 728.856.960.352

4.3.11 Laju Pengembalian Modal (Internal Rate of Return, IRR)

Internal Rate of Return (IRR) berdasarkan *discounted cash flow* adalah tingkat suku bunga tertentu di mana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal. Untuk mengetahui nilai dari IRR maka terlebih dahulu menghitung nilai *Net Present Value* (NPV) dari pabrik yang akan dibuat. NPV adalah penilaian keuangan bersih yang ada di perusahaan setelah dikurangi oleh biaya lainnya sehingga nilai pertambahan atau kekurangan uang perusahaan yang ada ini dapat dijadikan acuan untuk menilai layak tidaknya keuangan perusahaan. NPV dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan sebagai berikut.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(c)t}{(1+I)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(c_o)}{(1+I)^t}$$

Dimana:

NPV = Net Present Value
 (C)t = Aliran kas masuk tahun ke-t
 (Co) = Aliran kas keluar tahun ke-t
 n = Umur unit usaha hasil investasi
 i = Arus pengembalian
 t = Waktu

Pada perhitungan NPV kali ini menggunakan trial i dimana i tersebut yaitu 11% dan 20% yang dilakukan selama 15 tahun.

Tahun Ke	Cash Income Setelah Pajak	DF 11%	Present Value Cash Income
0	-Rp133.025.757.357	1,0000	-Rp133.025.757.357
1	Rp14.859.573.726	0,9009	Rp13.387.003.356
2	Rp22.364.042.560	0,8116	Rp18.151.158.640
3	Rp29.868.511.395	0,7312	Rp21.839.598.104
4	Rp30.299.312.017	0,6587	Rp19.959.095.321
5	Rp30.730.112.638	0,5935	Rp18.236.826.156
6	Rp31.160.913.260	0,5346	Rp16.659.896.718
7	Rp31.591.713.881	0,4817	Rp15.216.414.705
8	Rp32.022.514.503	0,4339	Rp13.895.417.521
9	Rp32.453.315.124	0,3909	Rp12.686.804.797
10	Rp32.884.115.746	0,3522	Rp11.581.275.164
11	Rp33.314.916.367	0,3173	Rp10.570.267.078
12	Rp33.745.716.989	0,2858	Rp9.645.903.538
13	Rp34.176.517.610	0,2575	Rp8.800.940.488
14	Rp34.607.318.232	0,2320	Rp8.028.718.729
15	Rp35.038.118.854	0,2090	Rp7.323.119.139
Total NPV			Rp72.956.682.098

Dari data diatas tahun ke-0 merupakan sisa modal setelah proses produksi, sehingga didapatkan *Net Present Value* (NPV) yang bernilai positif (+) sebesar Rp 72.956.682.098

Sedangkan *Internal Rate of Return* berdasarkan *discounted cash flow* adalah tingkat suku bunga tertentu di mana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal. Cara yang dilakukan adalah dengan trial harga i , yaitu laju bunga sehingga memenuhi persamaan berikut:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_1 - i_2)$$

Dalam perhitungan ini menggunakan nilai i_2 sebesar 20% dimana nilai dari NPV_2 negatif. Untuk perhitungan NPV_2 sebaga berikut:

Tahun Ke	Cash Income Setelah Pajak	DF 20%	Present Value Cash Income
0	-Rp133.025.757.357	1	-Rp133.025.757.357
1	Rp14.859.573.726	0,833333333	Rp12.382.978.105
2	Rp22.364.042.560	0,694444444	Rp15.530.585.111
3	Rp29.868.511.395	0,578703704	Rp17.285.018.168
4	Rp30.299.312.017	0,482253086	Rp14.611.936.736
5	Rp30.730.112.638	0,401877572	Rp12.349.743.055
6	Rp31.160.913.260	0,334897977	Rp10.435.726.802
7	Rp31.591.713.881	0,279081647	Rp8.816.667.549
8	Rp32.022.514.503	0,232568039	Rp7.447.413.413
9	Rp32.453.315.124	0,193806699	Rp6.289.669.891
10	Rp32.884.115.746	0,161505583	Rp5.310.968.281
11	Rp33.314.916.367	0,134587986	Rp4.483.787.489
12	Rp33.745.716.989	0,112156655	Rp3.784.806.731
13	Rp34.176.517.610	0,093463879	Rp3.194.269.906
14	Rp34.607.318.232	0,077886566	Rp2.695.445.169
15	Rp35.038.118.854	0,064905472	Rp2.274.165.625
Total NPV			-Rp6.132.575.324

Maka dengan menggunakan persamaan:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_1 - i_2)$$

Didapatkan nilai IRR sebesar 19,30 % dari percobaan ini dapat dilihat bahwa nilai IRR yang dihasilkan melebihi IRR saat ini dengan nilai 11 % dengan nilai tersebut dapat dikatakan bahwa perencanaan untuk pabrik biodiesel layak untuk didirikan.

4.3.12 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time, POT*)

Untuk menghitung waktu pengembalian modal, maka dihitung akumulasi modal sebagai berikut.

Tabel 4. 15 *Commulative Cash Flow*

Tahun ke - n	<i>Net Cash Flow</i>	<i>Cummulative Cash Flow</i>
1	Rp14.859.573.726	Rp14.859.573.726
2	Rp22.364.042.560	Rp37.223.616.286
3	Rp29.868.511.395	Rp67.092.127.681
4	Rp30.299.312.017	Rp97.391.439.697
5	Rp30.730.112.638	Rp128.121.552.335
6	Rp31.160.913.260	Rp159.282.465.595
7	Rp31.591.713.881	Rp190.874.179.476
8	Rp32.022.514.503	Rp222.896.693.979
9	Rp32.453.315.124	Rp255.350.009.103
10	Rp32.884.115.746	Rp288.234.124.849

Dari tabel 4.16, untuk total investasi = Rp133.025.757.357, dengan cara interpolasi antara tahun ke -5 dan ke -6, maka diperoleh waktu pengembalian modal selama 5,16 tahun.

4.3.16 Analisa Titik Impas (*Break Even Point*) Biodiesel Biji Karet

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui jumlah kapasitas produksi, dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan.

Tabel 4. 16 Biaya *Fixed Cost*, *Variable Cost*, *Semi Variable Cost*, dan *Sell* Biodiesel Biji Karet

No.	KETERANGAN	JUMLAH
1.	Biaya tetap (FC)	Rp. 13.479.214.437
2.	Biaya variabel (VC) -Bahan baku -Utilitas	Rp. 491.273.735.426 Rp. 68.869.938.532
3.	Biaya semi variabel (SVC) - Tenaga kerja - Pemeliharaan dan perbaikan - <i>Operating supplies</i> - Laboratorium - Paten dan royalti - <i>Plant overhead cost</i> - Pengeluaran umum	Rp. 9.780.000.000 Rp. 5.184.313.245 Rp. 518.431.324 Rp. 978.000.000 Rp. 6.886.993.853 Rp. 27.547.975.413 Rp. 61.982.944.679
4.	Total penjualan (S)	Rp. 728.856.960.352

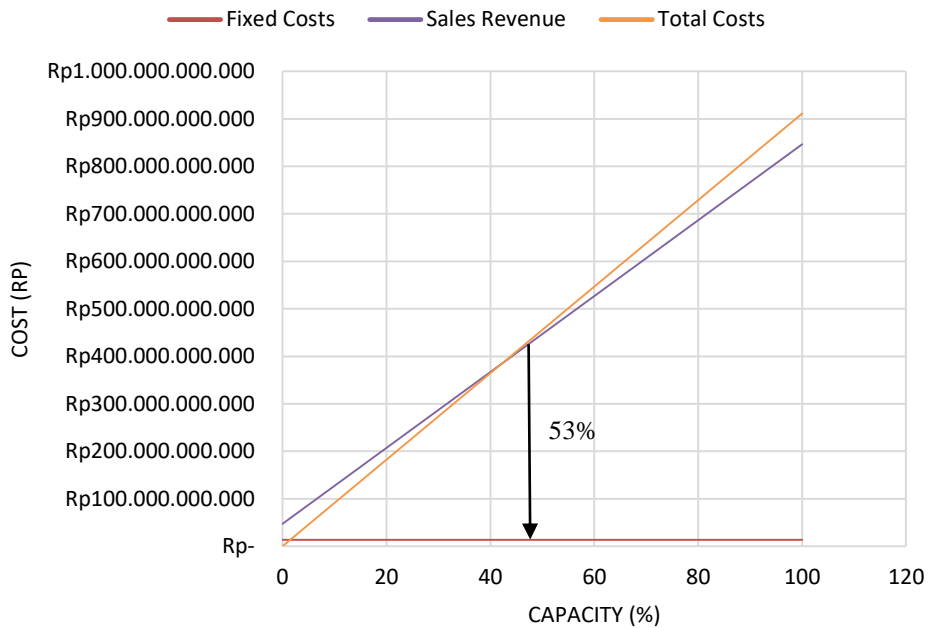
Untuk perhitungan BEP sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\ &= \frac{47342811991}{89698225434} \times 100\% \\ &= 53\% \end{aligned}$$

4.3.17 Grafik *Break Even Point* Biodiesel Biji Karet

Tabel 4. 17 Kapasitas Untuk 0% dan 100%

Kapasitas	0%	100%
Biaya tetap	Rp 13.479.214.437	Rp 13.479.214.437
Pengeluaran total	Rp 47.342.811.991	Rp 686.501.546.909
Penjualan total	0	Rp 728.856.960.352



Grafik 4. 22 Grafik *Break Even Point* Biodiesel Biji Karet

Pada perhitungan analisa ekonomis dari biodiesel biji karet dengan kapasitas 50000 ton/tahun didapatkan nilai IRR yaitu sebesar 19,30% dengan trial i_1 yaitu sebesar 11% dan i_2 sebesar 20% dengan nilai NPV masing-masing sebesar Rp 72.956.682.098 dan -Rp 6.132.575.324. setelah menghitung IRR dan NPV lalu menghitung BEP dari biodiesel biji karet dengan nilai didapatkan yaitu di angka 53%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian dari penulis yang sudah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Setelah melakukan proses pembuatan biodiesel biji karet didapatkan karakteristiknya yaitu sebagian hasil properties yang diujikan di laboratorium telah memenuhi standar, standar yang dipakai yaitu Standar Nasional Indonesia. Pada hasil uji properties terdapat lima nilai yang diujikan yaitu viskositas, flash point, pourpoint, densitas dan nilai kalor. Untuk nilai viskositas yaitu berada pada nilai 5,16 cst yang dimana standar dari SNI yaitu berada pada nilai 2,3-6 cst. Selanjutnya untuk nilai flash point yaitu berada pada nilai 173 °C dimana standar dari SNI yaitu berada pada nilai minimal 100 °C. Setelah itu untuk nilai dari pour point yaitu berada pada 3°C dimana standar dari SNI yaitu berada pada maksimal di 18 °C. Lalu untuk nilai pada densitas yaitu 883 kg/m³ dimana standar dari SNI yaitu sebesar 850-890 kg/m³. Yang terakhir untuk nilai pada nilai kalor yaitu berada di 39.682.473,2259 dimana nilai tersebut telah memenuhi SNI yaitu maksimal 42.398.333,316 J/kg.
2. Untuk hasil uji performansi pada penelitian kali ini dapat diketahui lima variable diantaranya daya, torsi, SFOC, efisiensi thermal, dan BMEP. Untuk bahan bakar yang dipakai yaitu B15 Biji Karet dan B20 Biji Karet sedangkan untuk bahan bakar pembandingnya yaitu menggunakan bahan bakar Solar HSD dan Biosolar Pertamina
 - A. Daya, dipengaruhi oleh putaran engine, semakin tinggi putaran dari engine maka daya yang dihasilkan semakin besar. Tetapi pada rpm 2100 menuju rpm 2200 mengalami penurunan dikarenakan pada rpm 2100 telah mencapai peak power dari engine tersebut. Daya terbesar yang dihasilkan yaitu pada bahan bakar Solar HSD dengan nilai yaitu 3,875 kW. Sementara itu untuk bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan daya yaitu 2,308 kW. Lalu untuk bahan bakar B15 Biji Karet dan B20 Biji Karet didapatkan nilai masing – masing yaitu sebesar 2,347 kW dan 2,364 Kw.
 - B. Torsi, didapatkan dari perhitungan daya dimana jika putaran pada engine semakin besar maka torsi yang dihasilkan semakin tinggi. Dapat disimpulkan bahwa torsi maksimum bebrbanding lurus dengan daya

yaitu torsi maksimum didapatkan pada rpm 2100. Torsi tertinggi yang dihasilkan yaitu pada bahan bakar Solar HSD senilai 17,639 Nm. Sedangkan pada bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan torsi yaitu 10,002 Nm. Lalu untuk bahan bakar B15 Biji Karet dan B20 Biji Karet didapatkan nilai torsi masing – masing sebesar 10,182 Nm dan 10,260 Nm.

- C. BMEP, dipengaruhi oleh daya yang dikeluarkan dimana jika semakin besar daya yang dikeluarkan maka BMEP yang akan dihasilkan akan semakin besar. Pada rpm 2100 merupakan nilai tertinggi dari nilai tersebut dimana BMEP paling besar didapatkan pada bahan bakar Solar HSD 701264,77 N/m². Sedangkan untuk pada bahan bakar Biosolar Pertamina didapatkan torsi yaitu 604325,78 N/m². Lalu untuk bahan bakar B15 Biji Karet dan B20 Biji Karet didapatkan nilai BMEP masing – masing sebesar 602306,25 N/m² dan 600379,72 N/m².
- D. SFOC, pada putaran terendah yaitu rpm 1800, SFOC terendah didapatkan pada bahan bakar B20 Biji Karet dengan nilai SFOC sebesar 328,2 gr/kwh disusul oleh Biosolar Pertamina sebesar 340,1 gr/kwh lalu yang ketiga untuk bahan bakar B15 Biji Karet sebesar 344,2 gr/kwh dan yang terakhir yaitu pada bahan bakar Solar HSD dengan nilai sebesar 343,95 gr/kwh. Sementara untuk rpm maksimal yaitu rpm 2200 didapatkan SFOC terendah pada bahan bakar Solar HSD yaitu sebesar 352,4 gr/kwh lalu disusul oleh bahan bakar B20 biji karet dengan nilai 358,2 gr/kwh setelah itu ada bahan bakar B15 Biji Karet dengan nilai SFOC sebesar 365,9 gr/kwh dan yang terakhir yaitu pada bahan bakar Biosolar Pertamina dengan nilai yaitu 367,2 gr/kwh.
- E. Effisiensi Thermmal, pada putaran terendah yaitu rpm 1800, effisiensi thermal tertinggi didapatkan pada bahan bakar B20 Biji Karet dengan nilai effisiensi thermal sebesar 24,92% disusul oleh Biosolar Pertamina sebesar 23,9% lalu yang ketiga untuk bahan bakar B15 Biji Karet sebesar 23,62 dan yang terakhir yaitu pada bahan bakar Solar HSD sebesar 23,21%. Sementara untuk rpm maksimal yaitu rpm 2200 didapatkan SFOC terendah pada bahan bakar Solar HSD yaitu sebesar 22,65% lalu disusul oleh bahan bakar B20 Biji Karet dengan nilai 22,84% setelah itu ada bahan bakar B15 Biji Karet dengan nilai effisiensi thermal sebesar 22,22% dan yang terakhir yaitu pada bahan bakar Biosolar Pertamina dengan nilai yaitu 22,13%.

3. Untuk hasil analisa ekonomi biodiesel biji karet dapat dikatakan bahwa dari perhitungan di bab pembahasan, pabrik tersebut layak didirikan dikarenakan nilai dari IRR pada perhitungan lebih besar dibandingkan dengan nilai IRR saat ini yaitu sebesar 19,30%. Sementara itu untuk nilai break event point dari perhitungan didapatkan pada angka 53%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk proses pembuatan dari biodiesel biji karet agar performansi untuk mesin diesel bias menyamai atau lebih bagus dari bahan bakar fossil.
2. Perlu dilakukan kajian ekonomis dengan metode lain untuk biodiesel biji karet untuk kelayakan dari biodiesel biji karet dipasaran.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Alhaq, S., 2016., *Analisa Emisi Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Umbi Porang (Amarphallus Onchopillus)*., Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) ., Surabaya.
- Cahyasasmita, Noah., *Unjuk Kerja Diesel Engine Type Direct Injection Dengan Metode Simulasi dan Eksperimen.*, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) ., Surabaya.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017*.
- Duffy, 2006., *Modern Automotive Technology Fundamentals, Service, Diagnostics* 1st English edition, Germany.
- El-Galad, M.I., El-Khatib, K.M., Zaher F.A., 2015, *Economic feasibility study of biodiesel production by direct esterification of fatty acids from the oil and soap industial sector.*, Fats and Oils Dept., Food Technology and Nutrition Div., National Research Center., Dokki., Giza., Egypt.
- Firoz, Shafaque., 2017., *A review: Advantage and Disadvantage of Biodiesel.*, UG Student, School of Mechanical Engineering, KIIT University, Patia, Bhubaneswar, Odisha.
- Gerpen J, Van., Knothe, G., 2005., *Basics of the transesterification reaction. Di dalam: Knothe G, Gerpen J van, Krahl Jurgen, editor, The Biodiesel Handbook. Illinios: AOCS Press. hlm 34 – 49.*
- Hidayat, R., Mulyadi, E., Soemargono., 2009. *Optimasi Pengolahan Pasca Panen Biji Karet Menjadi Minyak Biji Karet, Prosiding Seminar Nasional Revitalisasi Teknologi Berwawasan Lingkungan.*, LPPM UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya.
- Kumar, S. Senthil., Purushothaman, K., Devan, P. K., 2015., *Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine using Rubber Seed oil and its Diesel Blends.*, Department of Mechanical Engineering, St Peter's Collage of Engineering and Tech., Chennai, India.
- Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D.E., Suwannakarn, K., Bruce, D.A., & Goodwin, J.G., Jr., 2005, *Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44(14), 5353-5363.

- S. Peters, Max., D. Timmerhaus., *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, McGraw-Hil Internaitional Editions
- Santoso, Herry., Ingrid, Maria., Witono, Judy Retti., 2013., *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Karet Menggunakan Katalis Berbahan Dasar Gula.*, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Katolik Prahayangan.
- Setyawardhani, Dwi Ardiana., Distantina, Sperisa., 2012., *Uji Kinerja Biodiesel Dari Minyak Biji Karet.*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret., Surakarta.
- Setyawardhani, D.A., Distantina, S., Henfiana, H., & Dewi, A.S., 2010, *Pembuatan Biodiesel Dari Asam Lemak Jenuh Minyak Biji Karet*, Prosiding Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses 2010., Teknik Kimia UNDIP., Semarang.
- Siahaan, Sarma., Setyaningsih, Dwi., Hariyadi., 2011., *Potency for The Utilization of Ruber (Havea Brasiliensis Muell.Arg) Seed as an Alternative Energy Source of Biokerosene.*, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB., Bogor.
- Soemargono., Edy Mulyadi., 2011., *Proses Produksi Biodiesel Berbasis Biji Karet.*, Teknik Kimia UPN Veteran., Surabaya.
- Standar Nasional Indonesia., 2015., *Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015.*
- Sudik., 2013., *Perbandingan Performa Dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Satu Silinder Dengan Variasi Tekanan Injeksi Bahan Bakar Dan Variasi Campuran Bahan Bakar Solar, Minyak Kelapa Dan Minyak Kemiri.*, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Swem, D. Bailey's., 1964., *Industrial Oil and Fat Product. New York. Intersciense Publ.*
- Ula, Shofiatul., Kurniadi, Waspada., 2017., *Studi Kelayakan Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Skala Industri Kecil.*, Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya., Tasikmalaya.
- Yusuf MF, Muhammad., 2010., *Sintesis dan Karakterisitk Biodiesel dari Minyak Biji Karte (Havea Brasiliensis) Melalui Progress Estrans*, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Pembuatan Biodiesel Biji Karet

1. Produksi Biodiesel

Dalam penelitian kali ini, bahan baku pembuatan biodiesel menggunakan minyak biji karet (*Havea Brasiliensis*). Biji karet berasal dari tanaman karet dan diambil bijinya untuk kemudian dipres untuk diambil minyaknya. Kemudian minyak biji karet akan melalui tahapan pretreatment kemudian dilanjutkan dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pada proses pembuatan biodiesel menggunakan beberapa katalis untuk mempercepat reaksi, katalis dalam pembuatan biodiesel kali ini menggunakan katalis asam dan basa.

2. Pengupasan Biji

Pada proses pemecahan biji, yaitu biji karet dipecahkan untuk memisahkan antara kulit luar dengan inti biji. Bagian yang akan dipakai yaitu inti biji karet. Dari hasil yang didapatkan, 127 kg biji karet dihasilkan 48 kg inti biji karet. Dari data tersebut hanya sekitar 30-40% inti biji karet yang didapatkan dari proses pemecahan biji karet. Pengolahan biji yang tidak tertata baik terkadang membuat biji karet menjadi rusak. Kerusakan yang terdapat pada biji dapat menyebabkan kadar minyak yang terkandung menjadi berkurang. Maka dari itu untuk menghasilkan minyak biji karet yang baik harus ada pemisahan biji yang masih bagus dan sudah rusak.

3. Penjemuran Biji

Pada proses penjemuran biji, yaitu biji karet yang sudah dipecahkan dijemur agar kandungan air yang terkandung pada biji karet berkurang dan hasilnya akan maksimal jika dipres nantinya. Air yang masih terkandung nantinya akan merusak kualitas dari minyak biji karet nantinya. Lamanya proses penjemuran sendiri tergantung dari kondisi cuaca. Semakin lama penjemuran maka semakin bagus juga minyak biji karet yang dihasilkan.

4. Pengepresan Biji

Pengepresan yang dilakukan dalam pembuatan minyak biji karet dengan metode pengepresan ulir. Prinsip kerja dari metode ulir ini yaitu biji yang masuk mendapat tekanan dari ulir yang berputar dan dengan sendirinya ampas dan minyak akan terpisah dan terdorong keluar. Kelebihan dari pengepresan ulir ini yaitu bisa dilakukan secara kontinu sehingga kapasitas produksi bisa besar dan menghasilkan rendemen yang tinggi. Rendemen adalah perbandingan antara minyak biji karet yang dihasilkan dengan bobot biji karet sebelum diekstrak. Dari hasil pengepresan rendemen yang dihasilkan sekitar 22-24% dengan menggunakan metode pengepresan ulir.

5. Proses Degumming

Pada proses degumming, minyak biji karet mentah (CRSO) diproses kembali untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terkandung seperti getah dan sifat emulsifier lainnya seperti protein dan fosfatida (M. Yusuf, 2010). Pada proses degumming menggunakan asam yaitu H_3PO_4 (Asam Phospat kandungan 20%) sebanyak 0,2-0,3 % dari berat minyak biji karet (v/b). Pada proses degumming kali ini dilakukan proses pemanasan agar mempercepat laju reaksi dengan pemberian katalis asam yaitu asam phospat. Berikut tahapan-tahapan dari proses degumming:

- a) Masukkan minyak biji karet kedalam wadah lalu panaskan minyak biji karet dengan menggunakan pemanas hingga mencapai suhu 70-80 °C.
- b) Tambahkan katalis asam yaitu H_3PO_4 (Asam Phospat kandungan 20%) sebanyak 0,2-0,3% dari berat minyak biji karet.
- c) Aduk minyak biji karet selama 30 menit secara merata dan perlahan dengan menggunakan pengaduk dengan tetap menjaga suhu 70-80 °C.
- d) Setelah itu tuangkan minyak biji karet ke wadah terpisah lalu diamkan hingga gum berwarna putih keluar, lalu pisahkan gum tersebut.

6. Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi adalah proses yang dilakukan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak. Pada proses esterifikasi menggunakan katalis asam yang dicampur dengan metanol atau biasa disebut dengan larutan metoksid. Katalis asam sendiri ini berguna untuk reaksi hidrolis trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol. Proses esterifikasi ini dimaksudkan untuk menekan kadar asam lemak bebas hingga kurang dari satu persen. Berikut tahapan-tahapan dari proses esterifikasi:

- a) Buat larutan metoksid terlebih dahulu dengan perbandingan volume metanol yaitu dengan rasio molar 20:1 terhadap minyak yang digunakan dan dicampur dengan asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 2-3% dari massa minyak.
- b) Masukkan minyak hasil degumming kedalam wadah lalu panaskan minyak hasil degumming dengan menggunakan pemanas hingga suhu 50-55 °C.
- c) Tambahkan larutan metoksid kedalam minyak hasil degumming lalu aduk selama 120 menit dengan suhu terjaga yaitu 50-55 °C.
- d) Setelah itu pindahkan minyak yang sudah dipanaskan tadi ke wadah terpisah dan diamkan hingga 24 jam.
- e) Setelah terlihat sparasi lakukan pemisahan.

7. Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi adalah pengkonversian triglesirida minyak biji karet yang sudah diproses esterifikasi menjadi metil ester dan gliserol. Pada proses transesterifikasi menggunakan katalis basa yang dicampur dengan metanol (metoksid). Katalis basa yang digunakan pada proses transesterifikasi yaitu menggunakan KOH. Berikut tahapan-tahapan dari proses transesterifikasi:

- a) Buat larutan metoksid terlebih dahulu dengan perbandingan volume metanol yaitu dengan rasio molar 6:1 terhadap minyak yang digunakan dan dicampur dengan katalis basa KOH sebanyak 1% dari bobot minyak.
- b) Maukkan minyak hasil esterifikasi kedalam wadah lalu panaskan minyak hasil esterifikasi hingga suhu 55-60 °C.
- c) Tambahkan larutan metoksid kedalam minyak hasil esterifikasi lalu aduk selama 30-45 menit dengan suhu terjaga yaitu 55-60 °C.
- d) Setelah itu pindahkan minyak yang sudah dipanaskan tadi ke wadah terpisah dan diamkan selama 24 jam.
- e) Setelah terlihat sparasi antara minyak dan gliserol yang mengendap.

8. Proses Pencucian



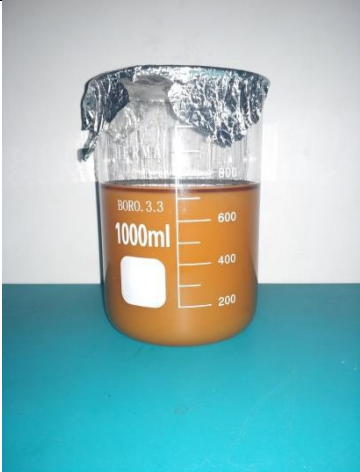
Proses pencucian adalah proses penjernihan minyak hasil transesterifikasi dari larutan metoksid yang tersisa. Proses pencucian alangkah baiknya dilakukan 2-3 kali agar sisa dari larutan metoksid benar benar hilang. Proses pencucian ini menggunakan air aquades. Berikut tahapan-tahapan dari proses pencucian:




- a) Tuangkan aquades dengan perbandingan 1:1 dengan volume minyak yang akan dicuci.
- b) Kocok minyak dan aquades hingga merata.
- c) Diamkan selama kurang lebih 12 jam hingga terjadi sparasi antara minyak dan air.
- d) Setelah itu pisahkan minyak dan air lakukan hingga 2-3 kali.


9. Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses penghilangan kandungan air yang masih terkandung dalam minyak. Proses pengeringan dilakukan dengan menggunakan pemanas dengan suhu 90-100 °C. Dalam proses pengeringan ini harus hati-hati dan dijaga suhu nya agar tidak terlalu panas.

Lampiran 2: Tabel Hasil Proses Dari Pembuatan Biodiesel Biji Karet

No	Jenis	Gambar
1	Minyak Biji Karet	
2	Degumming	
3	Esterifikasi	

4	Transesterifikasi	
5	Biodiesel	
6	Solar HSD	

7	B20 Biji Karet	
---	----------------	--

Lampiran 3: Hasil Uji Laboratorium Biodiesel Biji Karet (B100)



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

SURAT KETERANGAN

No. 0A3784/IT2.VII/TU.00.08/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa pengujian contoh telah dilakukan oleh Laboratorium Energi dan Lingkungan – LPPM ITS (Jl.Teknik Kimia, Gedung LPPM It.2 & Jl. Teknik Kimia Gedung Robotika It.2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111) dengan rincian sebagai berikut:

1. Nama Pelanggan : Benjamin Harianja
2. Alamat Pelanggan : Teknik Sistem Perkapalan ITS
3. Kegiatan Pengujian :
 - a. Contoh diterima tanggal : 15 Mei 2018
 - b. Contoh diuji tanggal : 17 Mei 2018
 - c. Contoh selesai diuji tanggal : 21 Mei 2018
 - d. Jumlah dan jenis yang diuji : 01/ Terlampir
 - e. Standar Metode yang digunakan : Terlampir
 - f. Laporan Hasil Pengujian : Terlampir

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya

Yang menerangkan,

Kepala LPPM

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Benjamin Harianja
Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Nama Contoh : **B 100 Biji Karet** Tanggal Terima : 15 Mei 2018
Deskripsi : Bentuk : Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 17 Mei 2018
Contoh Volume :- Tanggal Selesai :
Kemasan : Botol Pengujian : 17 Mei 2018
Kode Contoh : **EN-019** Jumlah Contoh : 1

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.


No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1.	B 100 Biji Karet	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	5,12	eSt	ASTM D 445-97
		<i>Flash point</i>	173	°C	ASTM D 93-00
		<i>Pour point</i>	3		ASTM D 97-85
		Densitas at 15°C	0,883	gr/cm ³	Piknometer
		Nilai Kalor	9.478	Cal/gr	Bomb Kalorimeter

Suhu : 25,1 °C
Humidity : 57%
Analisis : WNN, MBB, NRS

Catatan :

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Kepala Laboratorium
Energi dan Lingkungan


Dr. Ir. Susianto, DEA
NIP.19620820 198903 1 004

FR/LEL-ITS/7.8-01 Laporan Hasil Pengujian

Koordinator Teknis



Vita Yuliana, S.Si
NIP. 1990201822404

Ter/Rev./TP:2/1/30/04/2018

Lampiran 4: Perhitungan Performansi

1. Daya Motor

Daya motor adalah parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor dalam kurun waktu tertentu.

$$P = \frac{v \times i \times \cos \phi}{\text{eff gen} \times \text{eff slip}}$$

Dimana :

P : daya (kW)

V : tegangan listrik (Volt)

I : arus listrik (Ampere)

Cos ϕ : 0.9

Eff Gen : efisiensi generator (0.85)

Eff Slip : efisiensi slip (hitung)

2. Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)

Konsumsi bahan bakar spesifik atau Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) adalah parameter unjuk kerja motor yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah motor, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.

$$FCR = \frac{v \times \rho}{t}$$

Dimana :

FCR : laju aliran bahan bakar (gr/h)

ρ : massa jenis bahan bakar (gr/m³)

v : volume bahan bakar (m³)

t : waktu yang diperlukan menghabiskan bahan bakar sebanyak 10 ml

$$SFOC = \frac{FCR}{\rho}$$

Dimana :

SFOC : konsumsi spesifik bahan bakar (gr/kWh)

FCR : laju aliran bahan bakar (gr/h)

P : daya (kW)

3. Torsi

Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya.

$$T = \frac{P \times 60000}{2\pi \times rpm}$$

Dimana :

T : torsi (Nm)

P : daya (kW)

Rpm : putaran motor diesel (rpm)

4. BMEP

Tekanan efektif rata-rata didefinisikan sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap piston sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja per-siklus.

$$BMEP = \frac{P \times Z \times 1000}{V \times 2 \times 3,14 \times rps \times i} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Dimana :

BMEP : tekanan efektif rata-rata (kg/m²)

P : daya (kW)

Z : konstanta 2 untuk 4-stroke

V : volume langkah (m³)

I : jumlah silinder

1 kg : 9,8 N

Lampiran 5: Hasil Perhitungan Performa

1. Tabel Perhitungan Bahan Bakar HSD

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip	Daya (kw)	FCR (mf) (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/Kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (volt)	Arus (ampere)													
1800	1799	0	1305	158	0	0,00001	86,79	1,447	0,0241	839000	0,994	0,0	348,0	0	0,000	0,00	45091200	0
1800	1798	1000	1300	178	3,75	0,00001	66,9	1,115	0,0186	839000	0,991	0,7	451,5	633	3,791	150734,16	45091200	13
1800	1802	2000	1297	189	7,81	0,00001	47,52	0,792	0,0132	839000	0,986	1,6	635,6	401	8,404	334100,12	45091200	20
1800	1801	3000	1294	198	11,92	0,00001	34,59	0,577	0,0096	839000	0,984	2,5	873,2	344	13,468	535440,16	45091200	23
1800	1799	4000	1290	193	13,89	0,00001	26,77	0,446	0,0074	839000	0,982	2,9	1128,3	390	15,345	610061,50	45091200	20
1900	1901	0	1376	167	0	0,00001	85,14	1,419	0,0237	839000	0,992	0,0	354,8	0	0,000	0,00	45091200	0
1900	1902	1000	1374	193	3,91	0,00001	60,42	1,007	0,0168	839000	0,990	0,8	499,9	619	4,055	161231,95	45091200	13
1900	1900	2000	1365	201	8,09	0,00001	46,63	0,777	0,0130	839000	0,984	1,7	647,7	370	8,796	349716,16	45091200	22
1900	1899	3000	1362	206	12,36	0,00001	30,11	0,502	0,0084	839000	0,983	2,7	1003,1	366	13,804	548797,80	45091200	22
1900	1898	4000	1360	207	14,42	0,00001	26,02	0,434	0,0072	839000	0,982	3,2	1160,8	361	16,207	644318,31	45091200	22
2000	1999	0	1435	192	0	0,00001	83,71	1,395	0,0233	839000	0,983	0,0	360,8	0	0,000	0,00	45091200	0
2000	2001	1000	1441	207	4,07	0,00001	52,86	0,881	0,0147	839000	0,987	0,9	571,4	632	4,317	171634,48	45091200	13
2000	2003	2000	1440	215	8,41	0,00001	42,76	0,713	0,0119	839000	0,985	1,9	706,4	363	9,272	368617,32	45091200	22
2000	2000	3000	1435	219	12,8	0,00001	27,84	0,464	0,0077	839000	0,983	3,0	1084,9	359	14,424	573463,73	45091200	22
2000	1998	4000	1433	219	14,92	0,00001	23,96	0,399	0,0067	839000	0,983	3,5	1260,6	358	16,837	669376,59	45091200	22
2100	2100	0	1521	209	0	0,00001	80,68	1,345	0,0224	839000	0,992	0,0	374,4	0	0,000	0,00	45091200	0
2100	2102	1000	1515	222	4,23	0,00001	48,83	0,814	0,0136	839000	0,987	1,0	618,6	614	4,577	181963,58	45091200	13
2100	2101	2000	1513	229	8,71	0,00001	39,2	0,653	0,0109	839000	0,987	2,1	770,5	360	9,734	387006,70	45091200	22
2100	2101	3000	1507	233	13,24	0,00001	25,23	0,421	0,0070	839000	0,983	3,3	1197,1	360	15,116	600944,59	45091200	22
2100	2099	4000	1506	233	15,44	0,00001	21,95	0,366	0,0061	839000	0,983	3,9	1376,0	355	17,639	701264,77	45091200	22
2200	2198	0	1586	222	0	0,00001	49,77	0,830	0,0138	839000	0,989	0,0	606,9	0	0,000	0,00	45091200	0
2200	2198	1000	1585	236	4,38	0,00001	43,46	0,724	0,0121	839000	0,988	1,1	695,0	627	4,816	191452,32	45091200	13
2200	2200	2000	1582	243	9	0,00001	35,45	0,591	0,0098	839000	0,985	2,4	852,0	362	10,208	405831,80	45091200	22
2200	2201	3000	1580	247	13,69	0,00001	23,54	0,392	0,0065	839000	0,983	3,6	1283,1	352	15,803	628271,11	45091200	23
2200	2203	4000	1574	245	15,93	0,00001	19,57	0,326	0,0054	839000	0,979	4,2	1543,4	366	18,309	727915,40	45091200	22

2. Tabel Perhitungan Biosolar Pertamina

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip	Daya (kw)	FCR (mf) (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/Kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (volt)	Arus (ampere)													
1800	1800	0	1300	147	0	0,00001	81,11	1,352	0,0225	840000	0,989	0,0	372,8	0	0,000	0,00	44296008	0
1800	1803	1000	1299	176	3,72	0,00001	68,57	1,143	0,0190	840000	0,987	0,7	441,0	628	3,722	147962,01	44296008	13
1800	1802	2000	1295	188	7,81	0,00001	51,87	0,865	0,0144	840000	0,985	1,6	583,0	369	8,372	332845,65	44296008	22
1800	1800	3000	1293	192	11,92	0,00001	36,11	0,602	0,0100	840000	0,984	2,5	837,4	340	13,070	519616,26	44296008	24
1800	1801	4000	1293	193	13,88	0,00001	26,79	0,447	0,0074	840000	0,984	2,9	1128,8	391	15,298	608207,86	44296008	21
1900	1900	0	1374	168	0	0,00001	71,57	1,193	0,0199	840000	0,991	0,0	422,5	0	0,000	0,00	44296008	0
1900	1901	1000	1373	192	3,9	0,00001	60,05	1,001	0,0167	840000	0,989	0,8	503,6	628	4,027	160102,85	44296008	13
1900	1898	2000	1366	201	8,09	0,00001	45,87	0,765	0,0127	840000	0,986	1,7	659,3	378	8,790	349460,15	44296008	22
1900	1904	3000	1366	206	12,36	0,00001	31,11	0,519	0,0086	840000	0,983	2,7	972,0	354	13,764	547190,77	44296008	23
1900	1901	4000	1364	206	14,4	0,00001	23,78	0,396	0,0066	840000	0,983	3,2	1271,7	398	16,059	638438,57	44296008	20
2000	2003	0	1446	188	0	0,00001	61,45	1,024	0,0171	840000	0,989	0,0	492,1	0	0,000	0,00	44296008	0
2000	2003	1000	1443	207	4,23	0,00001	51,52	0,859	0,0143	840000	0,987	0,9	587,0	625	4,481	178134,55	44296008	13
2000	2003	2000	1439	216	8,6	0,00001	39,98	0,666	0,0111	840000	0,984	2,0	756,4	378	9,532	378961,58	44296008	21
2000	2002	3000	1438	220	13	0,00001	28,05	0,468	0,0078	840000	0,984	3,1	1078,1	350	14,686	583862,96	44296008	23
2000	2002	4000	1433	220	14,67	0,00001	19,87	0,331	0,0055	840000	0,981	3,5	1521,9	437	16,630	661165,80	44296008	19
2100	2098	0	1516	204	0	0,00001	56,11	0,935	0,0156	840000	0,990	0,0	538,9	0	0,000	0,00	44296008	0
2100	2100	1000	1516	222	4,25	0,00001	46,21	0,770	0,0128	840000	0,989	1,0	654,4	648	4,596	182703,34	44296008	13
2100	2103	2000	1508	228	8,72	0,00001	36,89	0,615	0,0102	840000	0,982	2,1	819,7	383	9,735	387038,14	44296008	21
2100	2101	3000	1507	233	13,27	0,00001	25,15	0,419	0,0070	840000	0,983	3,3	1202,4	361	15,150	602306,25	44296008	23
2100	2103	4000	1505	233	15,47	0,00001	17,87	0,298	0,0050	840000	0,980	3,9	1692,2	435	17,685	703094,19	44296008	19
2200	2205	0	1596	222	0	0,00001	48,9	0,815	0,0136	840000	0,992	0,0	618,4	0	0,000	0,00	44296008	0
2200	2212	1000	1593	235	4,7	0,00001	40,7	0,678	0,0113	840000	0,987	1,2	743,0	627	5,120	203541,85	44296008	13
2200	2205	2000	1590	242	8,9	0,00001	35,67	0,595	0,0099	840000	0,988	2,3	847,8	367	10,002	397660,11	44296008	22
2200	2207	3000	1588	244	13,56	0,00001	20,05	0,334	0,0056	840000	0,986	3,6	1508,2	424	15,385	611649,74	44296008	19
2200	2202	4000	1575	246	15,45	0,00001	16,99	0,283	0,0047	840000	0,980	4,1	1779,9	433	17,819	708413,47	44296008	19

3. Tabel Perhitungan Biodiesel B15 Biji Karet

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m ³)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Densitas (gr/m ³)	Efisiensi Slip	Daya (kw)	FCR (mf) (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m ²)	LHV (J/Kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (volt)	Arus (ampere)													
1800	1796	0	1299	147	0	0,00001	85,23	1,421	0,0237	845600	0,991	0,0	357,2	0	0,000	0,00	44279891	0
1800	1796	1000	1298	177	3,73	0,00001	67,85	1,131	0,0188	845600	0,990	0,7	448,7	635	3,756	149317,66	44279891	13
1800	1803	2000	1296	185	7,8	0,00001	50,85	0,848	0,0141	845600	0,985	1,6	598,7	386	8,222	326862,51	44279891	21
1800	1795	3000	1290	191	11,88	0,00001	36,24	0,604	0,0101	845600	0,985	2,4	840,0	344	12,99	516373,41	44279891	24
1800	1802	4000	1292	192	13,78	0,00001	27,28	0,455	0,0076	845600	0,982	2,9	1115,9	391	15,121	601162,26	44279891	21
1900	1901	0	1373	162	0	0,00001	69,17	1,153	0,0192	845600	0,989	0,0	440,1	0	0,000	0,00	44279891	0
1900	1900	1000	1371	192	3,91	0,00001	60,01	1,000	0,0167	845600	0,989	0,8	507,3	631	4,043	160747,53	44279891	13
1900	1898	2000	1364	200	8,1	0,00001	47,02	0,784	0,0131	845600	0,985	1,7	647,4	372	8,770	348661,84	44279891	22
1900	1901	3000	1366	205	12,34	0,00001	30,64	0,511	0,0085	845600	0,984	2,7	993,5	365	13,675	543653,39	44279891	22
1900	1896	4000	1360	206	14,38	0,00001	26,59	0,443	0,0074	845600	0,983	3,2	1144,9	359	16,084	639427,00	44279891	23
2000	1998	0	1445	179	0	0,00001	66,08	1,101	0,0184	845600	0,991	0,0	460,7	0	0,000	0,00	44279891	0
2000	2005	1000	1446	205	4,06	0,00001	53,7	0,895	0,0149	845600	0,988	0,9	566,9	636	4,250	168972,25	44279891	13
2000	2003	2000	1444	216	8,42	0,00001	42,39	0,707	0,0118	845600	0,988	1,9	718,1	368	9,300	369745,10	44279891	22
2000	2000	3000	1435	218	12,34	0,00001	30,76	0,513	0,0085	845600	0,983	2,9	989,6	342	13,842	550330,43	44279891	24
2000	2002	4000	1436	220	14,94	0,00001	22,53	0,376	0,0063	845600	0,983	3,5	1351,2	382	16,901	671927,81	44279891	21
2100	2103	0	1523	207	0	0,00001	65,18	1,086	0,0181	845600	0,985	0,0	467,0	0	0,000	0,00	44279891	0
2100	2096	1000	1512	222	4,21	0,00001	47,87	0,798	0,0133	845600	0,986	1,0	635,9	633	4,576	181943,90	44279891	13
2100	2099	2000	1508	229	8,69	0,00001	39,12	0,652	0,0109	845600	0,981	2,1	778,2	362	9,777	388687,03	44279891	22
2100	2096	3000	1503	233	13,21	0,00001	27,38	0,456	0,0076	845600	0,984	3,3	1111,8	336	15,101	600379,72	44279891	24
2100	2102	4000	1505	233	15,43	0,00001	18,99	0,317	0,0053	845600	0,981	3,9	1603,0	413	17,639	701276,24	44279891	20
2200	2201	0	1589	221	0	0,00001	62,65	1,044	0,0174	845600	0,989	0,0	485,9	0	0,000	0,00	44279891	0
2200	2202	1000	1587	240	4,4	0,00001	42,54	0,709	0,0118	845600	0,987	1,1	715,6	632	4,913	195339,81	44279891	13
2200	2202	2000	1586	243	9	0,00001	35,45	0,591	0,0098	845600	0,987	2,3	858,7	366	10,182	404808,27	44279891	22
2200	2198	3000	1576	246	13,67	0,00001	21,82	0,364	0,0061	845600	0,982	3,6	1395,1	385	15,756	626399,18	44279891	21
2200	2202	4000	1577	247	15,96	0,00001	17,36	0,289	0,0048	845600	0,981	4,3	1753,5	412	18,458	733840,92	44279891	20

4. Tabel Perhitungan Biodiesel B20 Biji Karet

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (detik)	Waktu (menit)	Waktu (jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip	Daya (kw)	FCR (mf) (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/Kg)	Eff. Thermal (%)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (volt)	Arus (ampere)													
1800	1805	0	1303	148	0	0,00001	84	1,400	0,0233	847800	0,989	0,0	363,3	0	0,000	0,00	44009455	0
1800	1804	1000	1302	176	3,73	0,00001	71	1,183	0,0197	847800	0,989	0,7	429,9	611	3,723	148017,92	44009455	13
1800	1804	2000	1298	188	7,81	0,00001	54	0,900	0,0150	847800	0,986	1,6	565,2	358	8,353	332076,36	44009455	23
1800	1800	3000	1290	191	11,88	0,00001	38	0,633	0,0106	847800	0,982	2,45	803,2	328	12,99	516373,41	44009455	25
1800	1801	4000	1291	192	13,88	0,00001	29	0,483	0,0081	847800	0,982	2,9	1052,4	366	15,243	605993,87	44009455	22
1900	1905	0	1378	172	0	0,00001	74	1,233	0,0206	847800	0,991	0,0	412,4	0	0,000	0,00	44009455	0
1900	1904	1000	1374	191	3,91	0,00001	62	1,033	0,0172	847800	0,989	0,8	492,3	615	4,013	159561,15	44009455	13
1900	1902	2000	1369	201	8,1	0,00001	48	0,800	0,0133	847800	0,986	1,7	635,9	364	8,782	349125,37	44009455	22
1900	1902	3000	1365	206	12,36	0,00001	33	0,550	0,0092	847800	0,983	2,7	924,9	337	13,774	547591,65	44009455	24
1900	1905	4000	1365	205	14,41	0,00001	26	0,433	0,0072	847800	0,982	3,2	1173,9	368	15,980	635314,79	44009455	22
2000	2001	0	1454	186	0	0,00001	63	1,050	0,0175	847800	0,995	0,0	484,5	0	0,000	0,00	44009455	0
2000	2004	1000	1453	209	4,08	0,00001	53	0,883	0,0147	847800	0,993	0,9	575,9	634	4,333	172283,87	44009455	13
2000	1995	2000	1443	217	8,42	0,00001	42	0,700	0,0117	847800	0,991	2,0	726,7	372	9,350	371714,30	44009455	22
2000	2002	3000	1433	219	12,75	0,00001	30	0,500	0,0083	847800	0,981	3,0	1017,4	337	14,388	572020,88	44009455	24
2000	2001	4000	1428	220	14,92	0,00001	22	0,367	0,0061	847800	0,978	3,6	1387,3	390	16,973	674787,57	44009455	21
2100	2105	0	1511	208	0	0,00001	58	0,967	0,0161	847800	0,988	0,0	526,2	0	0,000	0,00	44009455	0
2100	2105	1000	1518	223	4,25	0,00001	47	0,783	0,0131	847800	0,981	1,0	649,4	635	4,644	184622,37	44009455	13
2100	2105	2000	1507	229	8,69	0,00001	39	0,650	0,0108	847800	0,981	2,1	782,6	364	9,751	387655,35	44009455	22
2100	2102	3000	1507	234	13,24	0,00001	27	0,450	0,0075	847800	0,981	3,3	1130,4	338	15,201	604325,78	44009455	24
2100	2100	4000	1505	233	15,43	0,00001	20	0,333	0,0056	847800	0,982	3,9	1526,0	394	17,639	701276,24	44009455	21
2200	2199	0	1589	223	0	0,00001	57,55	0,959	0,0160	847800	0,990	0,0	530,3	0	0,000	0,00	44009455	0
2200	2198	1000	1587	237	4,4	0,00001	42,88	0,715	0,0119	847800	0,989	1,1	711,8	638	4,852	192898,06	44009455	13
2200	2201	2000	1584	244	9,02	0,00001	36,05	0,601	0,0100	847800	0,986	2,4	846,6	358	10,260	407891,79	44009455	23
2200	2195	3000	1576	246	13,67	0,00001	22,05	0,368	0,0061	847800	0,984	3,6	1384,2	382	15,756	626399,18	44009455	21
2200	2203	4000	1576	246	15,95	0,00001	18,99	0,317	0,0053	847800	0,980	4,2	1607,2	379	18,384	730875,42	44009455	22

Lampiran 6: Perhitungan Analisa Ekonomi

1. Cost Index Marshall and Swift (Max D. Peters dkk)

TABLE 3
Cost indexes as annual averages

Year	Marshall and Swift installed-equipment indexes, 1926 = 100		Eng. News-Record construction index			Nelson-Farrar refinery construction index, 1946 = 100	Chemical engineering plant cost index 1957-1959 = 100
	All- industry	Process- industry	1913 = 100	1949 = 100	1967 = 100		
1975	444	452	2412	464	207	576	182
1976	472	479	2401	503	224	616	192
1977	505	514	2576	540	241	653	204
1978	545	552	2776	582	259	701	219
1979	599	607	3003	630	281	757	239
1980	560	675	3237	679	303	823	261
1981	721	745	3535	741	330	904	297
1982	746	774	3825	802	357	977	314
1983	761	786	4066	852	380	1026	317
1984	780	806	4146	869	387	1061	323
1985	790	813	4195	879	392	1074	325
1986	798	817	4295	900	401	1090	318
1987	814	830	4406	924	412	1122	324
1988	852	870	4519	947	422	1165	343
1989	895	914	4606	965	429	1194	355
1990 (Jan.)	904†	924	4673	979	435	1203	356

† All costs presented in this text are based on this value of the Marshall and Swift index unless otherwise indicated.

2. Typical Percentage of Fixed Capital Investment (Max D. Peters dkk)

TABLE 4
Typical percentages of fixed-capital investment values for direct and indirect cost segments for multipurpose plants or large additions to existing facilities

Component	Range, %
Direct costs	
Purchased equipment	15-40
Purchased equipment installation	6-14
Instrumentation and controls (installed)	2-8
Piping (installed)	3-20
Electrical (installed)	2-10
Buildings (including services)	3-18
Yard improvements	2-5
Service facilities (installed)	8-20
Land	1-2
Total direct costs	
Indirect costs	
Engineering and supervision	4-21
Construction expense	4-16
Contractor's fee	2-6
Contingency	5-15
Total fixed-capital investment	

3. Operating Labor Requirements for Chemical Process Industries (Max D. Peters dkk)

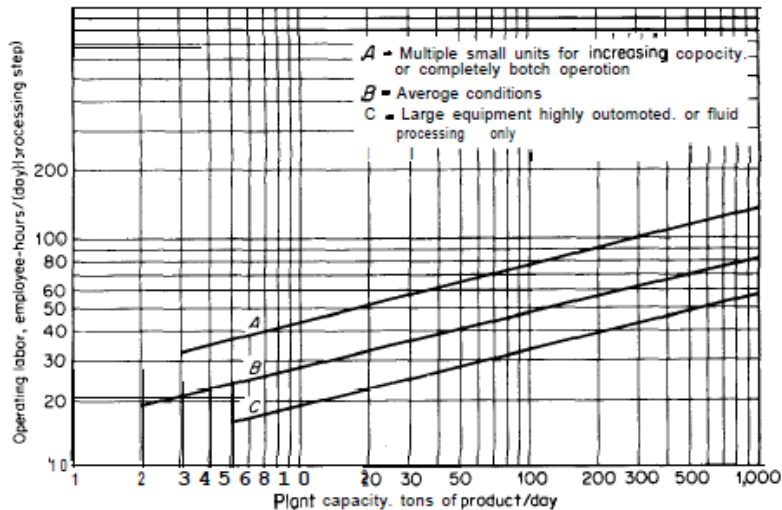


FIGURE 6-8
Operating labor requirements for chemical process industries.

4. Estimation of Capital Investment Cost (Max D. Peters dkk)

TABLE 26
Estimation of capital investment cost (showing individual components)

The percentages indicated in the following summary of the various costs constituting the capital investment are approximations applicable to ordinary chemical processing plants. It should be realized that the values given can vary depending on many factors, such as plant location, type of process, complexity of instrumentation, etc.

-
- I. **Direct costs = material** and labor involved in actual installation of complete facility (70-85% of fixed-capital investment)
 - A. Equipment + installation + instrumentation + piping + electrical + insulation + painting (50-60% of fixed-capital investment)
 1. Purchased equipment (15-40% of fixed-capital investment)
 2. Installation, including insulation and painting (25-55% of purchased-equipment cost)
 3. Instrumentation and controls, installed (6-30% of purchased-equipment cost)
 4. Piping, installed (10-80% of purchased-equipment cost)
 5. Electrical, installed (10-40% of purchased-equipment cost)
 - B. Buildings, process and auxiliary (10-70% of purchased-equipment cost)
 - C. Service facilities and yard improvements (40-100% of purchased-equipment cost)
 - D. Land (1-2% of fixed-capital investment or 4-8% of purchased-equipment cost)
 - II. **Indirect costs = expenses** which are not directly involved with material and labor of actual installation of complete facility (15-30% of fixed-capital investment)
 - A. Engineering and supervision (5-30% of direct costs)
 - B. Construction expense and contractor's fee (6-30% of direct costs)
 - C. Contingency (5-15% of fixed-capital investment)
 - III. Fixed-capital investment = direct costs + indirect costs
 - IV. Working capital (10-20% of total capital investment)
 - V. Total **capital investment** = fixed-capital investment + working capital
-

5. Estimation of Total Production Cost (Max D. Peters dkk)

TABLE 27

Estimation of total product cost (showing individual components)

The percentages indicated in the following summary of the various costs involved in the complete operation of manufacturing plants are approximations applicable to ordinary chemical processing plants. It should be realized that the values given can vary depending on many factors, such as plant location, type of process, and company policies.

Percentages are expressed on an annual basis.

-
- I. Manufacturing cost = **direct** production costs + **fixed** charges + plant overhead costs
- A. Direct production costs (about 60% of total product cost)
1. Raw materials (**10-50%** of total product cost)
 2. Operating labor (**10-20%** of total product cost)
 3. Direct supervisory and clerical labor (**10-25%** of operating labor)
 4. *Utilities (10-20% of total product cost)*
 5. *Maintenance and repairs (2-10% of fixed-capital investment)*
 6. Operating supplies (**10-20%** of cost for maintenance and repairs, or **0.5-1%** of **fixed-capital investment**)
 7. Laboratory charges (10-20% of operating labor)
 8. Patents and royalties (**0-6%** of total product cost)
- B. Fixed charges (**10-20%** of total product cost)
1. Depreciation (depends on **life** period, salvage **value**, and method of calculation-about 10% of **fixed-capital investment** for machinery and equipment and **2-3%** of building value for buildings)
 2. Local taxes (**1-4%** of fixed-capital investment)
 3. Insurance (**0.4-1%** of **fixed-capital investment**)
 4. Rent (**8-12%** of value of rented **land** and buildings)

TABLE 27

Estimation of total product cost (showing individual components) (Continued)

-
- C. Plant-overhead costs (50-70% of cost for operating labor, supervision, and maintenance, or **5-15%** of total product cost); includes costs for the following: general plant upkeep and overhead, payroll overhead, packaging, medical services, safety and protection, restaurants, recreation, salvage, laboratories, and storage facilities.
- II. General expenses = administrative costs + distribution and selling costs + research and development costs
- A. Administrative costs (about 15% of costs for operating labor, supervision, and maintenance, or **2-6%** of total product cost); includes costs for executive salaries, clerical wages, legal fees, office supplies, and communications
- B.** Distribution and selling costs (**2-20%** of total product cost); includes costs for sales offices, salesmen, shipping, and advertising
- C. Research and development costs (**2-5%** of every sales **dollar** or about 5% of total product cost)
- D. Financing (interest)? (**0-10%** of total capital investment)
- III. Total product **cost†** = manufacturing cost + general expenses
- IV. **Gross-earnings cost** (gross earnings = total income - total product cost; amount of gross-earnings cost depends on amount of gross earnings for entire company and income-tax regulations; a general range for gross-earnings cost is **30-40%** of gross earnings)
-

† Interest on borrowed money is often considered as a fixed charge.

‡ If desired, a contingency factor can be included by increasing the total product cost by 1-5%.

Biodata Penulis



Penulis bernama lengkap Muhammad Reza Fahlevi, lahir di Jakarta, pada tanggal 1 Mei 1996 merupakan anak bungsu dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDIT Baiturrahman Jakarta, SMPN 30 Jakarta, SMAN 13 Jakarta dan melanjutkan ke jenjang perkuliahan S1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan pada tahun 2014 dan terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 4214100021. Pada tahun keempat penulis mengambil konsentrasi bidang studi *Marine Power Plant* (MPP). Selama dibangku perkuliahan aktif mengikuti kegiatan mahasiswa baik itu lingkup jurusan dan lingkup ITS. Selain itu penulis juga mengikuti beberapa pelatihan seperti “*Training Course of*

Marine Corrosion and Coating Engineering” serta melaksanakan beberapa kali kerja praktek, yang pertama dilaksanakan di PT. Batam Expresindo Shipyard selama sebulan dalam bidang Quality Control Kapal dan yang kedua dilaksanakan di CNOOC SES Ltd selama sebulan dalam bagian Logistic. Selama semester akhir, penulis banyak menghabiskan waktu untuk menyelesaikan Tugas Akhir di Laboratorium *Marine Power Plant* dan *Workshop Marine Power Plant*.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar – besarnya atas terselesaikannya skripsi ini, semoga dengan penulisan tugas akhir ini dapat dan mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan. Penulis juga sadar, bahwa penulis tak luput dari kekurangan oleh karena itu untuk kritik, saran dan pertanyaan mengenai skripsi ini dapat dikirimkan melalui *email* mrezafahlevinasution@gmail.com