



SKRIPSI - 141501

**ANALISA PEFORMA MESIN DIESEL BERBASIS EKSPERIMEN DAN
KELAYAKAN EKONOMIS BAHAN BAKAR BIODIESEL BIJI
NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L.*)**

**Asrija Wafiq
0421 1440 000062**

**Dosen Pembimbing 1 :
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.**

**Dosen Pembimbing 2 :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

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

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



SKRIPSI - 141501

**PERFORMANCE ANALYSIS OF DIESEL ENGINE BASED ON
EXPERIMENT AND ECONOMIC FEASIBILITY OF NYAMPLUNG
SEED BIODIESEL FUEL (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L.*)**

**Asrija Wafiq
0421 1440 000062**

**Academic Supervisor 1 :
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.**

**Academic Supervisor 2 :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**MARINE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Performa Mesin Diesel Berbasis Eksperimen Dan Kelayakan
Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Biji Nyamplung
(*Calophyllum inophyllum L.*)**

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:

Asrija Wafiq

NRP. 04211 44000 0062

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

Pembimbing 1

Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.

NIP : 197903192008011008

Pembimbing 2

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

NIP: 1956 0519 1986 10 1001



Surabaya

Juli, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Performa Mesin Diesel Berbasis Eksperimen Dan Kelayakan
Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Biji Nyamplung
(*Calophyllum inophyllum L.*).**

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:

Asrija Wafiq

NRP. 04211 44000 0062

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Surabaya
Juli, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analisa Performa Mesin Diesel Berbasis Eksperimen Dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*).

Nama Mahasiswa : Asrija Wafiq
NRP : 0421144000062
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng, Ph.D

ABSTRAK

Permasalahan dasar dalam pengoperasian motor diesel yakni semakin berkurangnya ketersediaan bahan bakar minyak bumi (konvensional). Biodiesel sebagai bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan (*Renewable*) telah mampu memberi jawaban dari permasalahan tersebut. Biodiesel bisa dihasilkan dari minyak nabati, seperti contohnya biodiesel biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). Dalam penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan terhadap mesin diesel Yanmar satu silinder. Pada penelitian ini Karakteristik dari biodiesel biji nyamplung sebagian besar sesuai dengan standar nasional Indonesia (SNI). Proses peforma motor diesel menggunakan bahan bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung) dan B20 (Nyamplung). Dari proses penelitian dari uji *properties* dan peforma ternyata saling berkaitan satu sama lain, dimana biosolar memiliki SFOC terendah dibandingkan dengan 3 bahan bakar lainnya. Tapi untuk B20 dan B15 sendiri memiliki SFOC lebih rendah dibandingkan HSD. Hal ini menunjukkan bahwa ada perubahan setelah pencampuran B100 (Nyamplung) dengan Solar murni (HSD) untuk dijadikan B15 dan B20. Untuk analisa kelayakan ekonomis dari minyak biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dengan menggunakan metode *Break Even Point*. Dalam kajian ekonomis, dilakukan perhitungan *Net Present Value* (NPV) yang menghasilkan nilai positif sebesar Rp 34.677.605.706, *Internal Rate of Return* (IRR) untuk perencanaan produksi memperoleh nilai sebesar 14,65 % atau 4,15 % lebih tinggi dari yang diasumsikan, dan *Break Even Point* (BEP) dari biodiesel Biji Nyamplung memiliki nilasi sebesar 63 % dengan waktu pengembalian modal 6,7 tahun.

Keywords : Biodiesel, Minyak Biji Nyamplung, *Properties*, Peforma, *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, *Break Even Point*.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Performance Analysis of Diesel Engine Based on Experiment and Economic Feasibility of Nyamplung Seed Biodiesel Fuel (*Calophyllum Inophyllum L.*)

Student Name : Asrija Wafiq
NRP : 04211 4400 00062
Department : Marine Engineering
Academic Supervisor 1 : Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.
Academic Supervisor 2 : Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng, Ph.D

Abstract

The basic problem in the operation of diesel engines is the decreasing availability of petroleum (conventional) fuel. Biodiesel as an alternative fuel that provides renewable has been able to answer the problems. Biodiesel can be produced from vegetable oils, such as the biodiesel of nyamplung seed (*Calophyllum inophyllum L.*). In this research is done by experimental method conducted on Yanmar one cylinder diesel engine. In this research, the characteristics of nyamplung seed biodiesel are among others by Indonesian national standard (SNI). Performance process of diesel motor using HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung) and B20 (Nyamplung) fuels. From the research process of the properties and performance tests Apparently know each other, where biosolar has the lowest SFOC compared with 3 other fuels. But for B20 and B15 itself has a lower SFOC than HSD. This shows that mixing B100 (Nyamplung) with pure Solar (HSD) to be B15 and B20. For feasibility analysis of Nyamplung seed oil (*Calophyllum inophyllum L.*) using Break Even Point method. In the economic study, Net Present Value (NPV) calculation resulted in positive values of Rp 34,677,605,706, Internal Rate of Return (IRR) for production planning obtained by 14.65% or 4.15% higher than that assumed, and Break Even Point (BEP) from Nyamplung seed biodiesel has a 63% nickel with a payback period of 6.7 years.

Keywords : Biodiesel, Nyamplung Seed Oil, Properties, Performance, Net Present Value, Internal Rate of Return, Break Even Point.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T berkat limpahan rahmat, hidayah dan bimbingan-Nya sehingga skripsi dengan judul “**Analisa Performa Mesin Diesel Berbasis Eksperimen Dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel - Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*)**” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam atas junjungan nabi besar Muhammad SAW yang diharapkan syafaatnya hingga diakhir kiamat.

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 Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 (satu) yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing 2 (dua) yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Raja Oloan Saut Gurning, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen wali penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS
4. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
5. Bapak Raja Oloan Saut Gurning, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen wali penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS
6. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai.
7. Ayah dan Ibu serta Aldinov Rian dan Farras Afif tercinta selaku, kakak, dan Adik dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat, masukan serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis.
8. Kawan seperjuangan dan seangkatan MERCUSUAR '14 yang menjadi keluarga setia penulis selama di Surabaya dan saling mendukung hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
9. Teman-teman Kosan Kejawan Gebang Gang 8 No. 7 (Kosan Cak Yet) yang selalu memberikan penulis hiburan dan masukan ketika penulis mulai merasa *Low Motivation*.
10. Saudara Hafizul Ihsan yang selalu mengingatkan penulis untuk menyelesaikan Tugas akhir.
11. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

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.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR GRAFIK	xxii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Permasalahan	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Overview	5
2.2. Biodiesel.....	6
2.3. Proses Degumming.....	8
2.4. Proses Esterifikasi	8
2.5. Proses Transesterifikasi	9
2.6. Biji Nyamplung	10
2.7. Analisa Peforma	12
BAB III.....	15
METODOLOGI	15
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	16
3.2. Studi Literatur.....	16
3.3. Persiapan Alat dan Bahan.....	16
3.4. Engine Set Up.....	17

3.5.	Pra Eksperimen.....	17
3.6.	Eksperimen.....	17
3.7.	Tahap Kelayakan Ekonomis.....	18
3.7.1.	Pengumpulan Data Ekonomis	18
3.7.2.	Perhitungan Biaya Awal.....	18
3.7.3.	Perhitungan Biaya Operasional	18
3.7.4.	Perhitungan NPV, IRR, dan BEP	18
3.8.	Analisa Dan Pembahasan	18
3.9.	Kesimpulan.....	18
BAB IV		19
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1.	Produksi Biodiesel.....	19
4.1.1.	Pengepresan Biji Nyamplung	19
4.1.2.	Proses Degumming (Pemisahan Gum atau Getah).....	20
4.1.3.	Proses Esterifikasi	21
4.1.4.	Proses Trans-Esterefikasi	22
4.1.5.	Proses Pencucian Biodiesel Biji Nyamplung	23
4.1.6.	Proses Pengeringan Biji Nyamplung.....	23
4.2.	Karakteristik Biodiesel Nyamplung	24
4.2.1.	<i>Density</i> (Berat Jenis)	24
4.2.2.	Viskositas	24
4.2.3.	<i>Flash Point</i> (Titik Nyala)	25
4.2.4.	<i>Pour Point</i> (Titik Tuang).....	25
4.2.5.	Lower Heating Value (Nilai Kalor/Panas)	25
4.3.	Pengaruh Biodiesel Nyamplung Dalam Uji Peformansi Motor Diesel	26
4.3.1.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD	27
4.3.2.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar	28
4.3.3.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Biji Nyamplung).....	29

4.3.4.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Biji Nyamplung).....	30
4.3.5.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 1800...	31
4.3.6.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 1900...	32
4.3.7.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2000...	33
4.3.8.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2100...	34
4.3.9.	Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2200...	35
4.3.10.	Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran Mesin	36
4.3.11.	Perbandingan Antara Torsi Maksimum dengan Putaran Mesin	37
4.3.12.	Perbandingan Antara BMEP Maksimum dengan Putaran Mesin	38
4.3.13.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD	39
4.3.14.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar	40
4.3.15.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Nyamplung).....	41
4.3.16.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B20 (Nyamplung).....	42
4.3.17.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1800	43
4.3.18.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1900	44
4.3.19.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2000	45
4.3.20.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2100	46
4.3.21.	Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2200	47
4.4.	Analisa Ekonomi Biodiesel Biji Nyamplung	48
4.4.1.	Penentuan Investasi Total (<i>Total Capital Investment</i>)	48

4.4.2.	Penentuan Investasi Total (<i>Total Capital Investment</i>)	49
4.4.3.	Analisa Ekonomi	50
4.4.4.	Perhitungan <i>Net Present Value</i> (NPV) dan Pengembalian Modal (<i>Internal Rate of Return</i> , IRR).....	52
4.4.5.	Waktu Pengembalian Modal (<i>Payout Time</i> , POT).....	55
4.4.6.	Analisa Titik Impas (<i>Break Even Point</i> , BEP)	55
BAB V		58
KESIMPULAN DAN SARAN		59
5.1.	Kesimpulan.....	59
5.2.	Saran.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pohon dan Buah Nyamplung (Atabani, 2014).....	6
Gambar 2.2. Diagram blok proses produksi Biodisel.....	10
Gambar 2.4. Perbandingan SFOC dengan daya terhadap jenis bahan bakar	13
Gambar 2.5. Perbandingan Daya Maksimum Dengan Putaran Engine Pada Setiap Jenis Bahan Bakar (Budi, 2016).....	14
Gambar 3. 1. Diagram Alur Penelitian.....	15
Gambar 3. 2. Engine Set Up.....	17
Gambar 4. 1 Proses Pengepresan Biji Nyamplung (<i>Calophyllum inophyllum</i> L)	20
Gambar 4. 2 Proses Pemisahan Gum atau Getah	21
Gambar 4. 3 Proses Esterifikasi Minyak Biji Nyamplung	22
Gambar 4. 4. Sempel Setiap Proses Pembuatan	23

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Karakteristik Biodiesel Sesuai SNI	7
Tabel 2. Properties Biodiesel Minyak Biji Nyamplung (Fatih, 2014).....	12
Tabel 4. 1. Alat dan Bahan Untuk Pembuatan Biodiesel	19
Tabel 4. 2. Propertis Biodiesel Nyamplung.....	24
Tabel 4. 3. Biaya Langsung.....	48
Tabel 4. 4. Biaya Produksi Langsung.....	49
Tabel 4. 5. Biaya Tetap	50
Tabel 4. 6. Biaya Plant Overhead.....	50
Tabel 4. 7. Biaya Operasi untuk Kapasitas 60%, 80%, dan 100%	51
Tabel 4. 8. Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi	51
Tabel 4. 9. Modal Sendidri Selama Masa Konstruksi	52
Tabel 4. 12. Commulative Cash Flow	55
Tabel 4. 13. Biaya FC, VC, SVC dan S	55
Tabel 4. 14. FC, VC, SVC, dan S berdasarkan kapasitas produksi nyamplung	56

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD	27
Grafik 4. 2. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar	28
Grafik 4. 3 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Biji Nyamplung).....	29
Grafik 4. 4. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Biji Nyamplung).....	30
Grafik 4. 5. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 1800.....	31
Grafik 4. 6. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 1900.....	32
Grafik 4. 7. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2000.....	33
Grafik 4. 8. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2100.....	34
Grafik 4. 9. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2200.....	35
Grafik 4. 10. Perbandingan Daya Maksimum dengan Putaran Mesin Pada Setiap Jenis Bahan Bakar	36
Grafik 4. 11 Perbandingan Torsi Dengan Putaran Mesin Pada Daya Maksimum	37
Grafik 4. 12. Perbandingan Antara Torsi Maksimum dengan Putaran Mesin.....	38
Grafik 4. 13. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD	39
Grafik 4. 14. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar.....	40
Grafik 4. 15. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Nyamplung)	41
Grafik 4. 16. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B20 (Nyamplung)	42
Grafik 4. 17. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1800	43
Grafik 4. 18. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1900	44
Grafik 4. 19. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2000	45

Grafik 4. 20. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2100	46
Grafik 4. 21. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2200	47
Grafik 4. 22. Garfik BMEP Biodiesel Biji Nyamplung	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor diesel, bahan bakar minyak, energi terbarukan dan polusi udara merupakan topik-topik yang diprioritaskan oleh banyak pihak khususnya para peneliti. Hal tersebut dilakukan untuk memberikan rekomendasi kepada pemerintah tentang teknologi terbarukan motor diesel yang ramah lingkungan. Dengan karakteristiknya yaitu efisiensi, ketahanan (*Durability*) dan kepercayaan (*Reliability*) yang tinggi, menjadikan motor diesel dapat diaplikasikan di berbagai area (*Zuhdi, et al, 1996*).

Namun, dari keunggulan motor diesel tersebut ternyata masih menggunakan bahan bakar yang konvensional (fosil). Banyak negara, terutama Indonesia mengalami masalah kekurangan bahan bakar tersebut. Impor bahan bakar untuk kebutuhan negara ini erbilang sangat besar. Bahan bakar yang memiliki sifat tidak bisa diperbarui (*Non-Renewable*) tersebut sangat terbatas keberadaannya dan dari waktu ke waktu akan semakin berkurang kapasitas sumbernya. Sehingga perlu adanya sumber energi terbaru yang memiliki sifat dapat diperbarui (*Renewable*).

Sebagai bahan bakar alternatif biodiesel memiliki beberapa keunggulan diantaranya: biodiesel yaitu salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan karena biodiesel dapat mengurangi emisi gas buang karbon monoksida dan gas karbon dioksida dan bebas kandungan sulfur dibandingkan dengan bahan petroleum diesel lainnya. Masalah utama yang dihadapi akibat pemakaian minyak nabati sebagai bahan bakar pada mesin diesel adalah rendahnya efisiensi termal dan tingginya opasitas gas buang jika dibandingkan dengan solar. “Road map” penelitian tentang kinerja mesin diesel dan analisis emisi gas buang mesin diesel yang menggunakan biodiesel dari berbagai bahan nabati seperti kelapa sawit, biji jarak, biji nyamplung, biji karet, dll telah dilakukan oleh berbagai peneliti.

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) merupakan salah satu tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia. Tanaman ini dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar cair pengganti minyak. Dengan adanya potensi nyamplung yang cukup melimpah di Indonesia, pemanfaatannya sebagai sumber bahan bakar pengganti solar, dapat menjadi alternatif mengatasi krisis energi di Indonesia.

Penelitian ini membahas tentang analisis performa pada mesin diesel serta kelayakan ekonomis dari produksi bahan bakar dengan menggunakan minyak biji nyamplung. Metode dilakukan dengan cara membuat biodiesel dengan campuran minyak biji Nyamplung dengan berbagai variasi takaran dari kedua campuran. Dengan harapan mampu memberikan hasil yang baik sehingga dapat menanggulangi ketersediaan bahan bakar dan juga mengatasi emisi yang dihasilkan dari mesin diesel.

1.2. Perumusan Masalah

Biodiesel minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang tentunya memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan bakar lainnya, oleh karena itu perlu adanya eksperimen tentang emisi dan studi kelayakan ekonomis ketika di gunakan pada motor diesel. Sehingga pada penelitian analisa emisi dan studi kelayakan ekonomis umbi porang memiliki rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara proses pembuatan bahan bakar Biodiesel minyak biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*)?
2. Bagaimana hasil tes peforma mesin diesel yang menggunakan biodiesel minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*)?
3. Bagaimana hasil studi kelayakan ekonomis biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dengan metode NPV, IRR, dan BEP?

1.3. Batasan Masalah

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup dari analisis peforma terdiri atas daya yang dihasilkan, torsi, dan SFOC akibat penggunaan bahan bakar minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*).
2. Variabel bahan bakar yang digunakan meliputi Pertamina Dex, biodiesel dari minyak biji nyamplung (15% dan 20%) serta biodiesel dari minyak kelapa sawit.
3. Variabel RPM meliputi pada RPM 1800, 1900 RPM, 2000 RPM, 2100 RPM, 2200 RPM.
4. Analisa kelayakan ekonomis hanya memperhitungkan biaya proses dari *crude oil* biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*).

1.4. Tujuan Permasalahan

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

1. Untuk mengetahui proses pembuatan bahan bakar minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*).
2. Untuk mengetahui performa yang dihasilkan oleh mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dan biodiesel dari minyak kelapa sawit (Crude Palm Oil)
3. Untuk mengetahui kelayakan ekonomis biodiesel biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menambah pengetahuan tentang sumber bahan bakar nabati sebagai pembuatan biodiesel dan cara membuat biodiesel

2. Mengetahui Properties, hasil & perbandingan hasil dari performa biodiesel minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dan biodiesel minyak kelapa sawit (Crude Palm Oil) saat digunakan sebagai bahan bakar pada motor diesel.
3. Mengetahui kelayakan ekonomis dari biodiesel minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*).
4. Mengetahui bagaimana penanganan untuk masing-masing biodiesel terhadap penggunaan sebagai bahan bakar di motor diesel pada umumnya.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Overview

Presetio (2015), menyatakan bahwa dalam kurun waktu dekat ini Indonesia telah mendekati krisis bahan bakar minyak, stok cadangan minyak mentah yang berasal dari fosil semakin hari semakin menipis. Hal ini diperkuat dengan besarnya bahan bakar minyak yang dikonsumsi oleh negeri ini sudah mencapai angka 1,6 juta barrel per hari, sementara produksi yang diolah oleh negeri ini hanya mencapai angka 812.000 barrel per hari, tidak seperti tahun 70-an yang produksinya mampu mencapai angka 1,5 juta barrel per hari. Dengan laju peningkatan konsumsi bahan bakar minyak sebesar 6-9% tiap tahunnya, maka diperkirakan negara Indonesia dalam kurun 11 tahun cadangan bahan bakar di negeri ini akan habis. Oleh karena itu untuk mengatasi hal ini agar tidak terjadi dalam waktu dekat perlu adanya pengembangan energi baru untuk mengurangi penyerapan cadangan minyak mentah yang telah menipis ini. Dimana salah satu pengembangan energi baru ini yaitu memanfaatkan minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan diolah menjadi bahan bakar nabati.

Sebuah solusi dari permasalahan mengenai bahan bakar minyak yang diperkirakan akan habis dalam kurun 11 tahun mendatang adalah minyak bahan bakar dari tumbuhan, seperti contohnya minyak kelapa sawit (Crude Palm Oil), minyak aren (Arenga Pinnata), minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*), minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas*), minyak kemiri sunan (*Aleurites Trisperma Blanco*), minyak tanaman sagu (*Metroxylon Spp.*). Walaupun bahan bakar ini belum berkembang secara luas namun cukup berpotensi untuk digunakan di kawasan tertentu serta dikembangkan di berbagai wilayah Indonesia dan hanya dengan sistem pengolahan yang tradisional. (Puslitbang Perkebunan, 2015)

Bahan bakar nabati yang berpotensi untuk dikembangkan dan telah dilakukan berbagai macam penelitian adalah yaitu biodiesel dari minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) Produktivitas biji nyamplung sangat tinggi bervariasi antara 40-150 kg/pohon/th atau sekitar 20 ton/ha/th dan lebih tinggi dibandingkan jenis tanaman lain seperti Jarak pagar (5 ton/ha/th) dan sawit (6 ton/ha/th). Rendemen minyak nyamplung dari 12 populasi di Indonesia mempunyai variasi yang tinggi yaitu antara 37-58 % dan lebih tinggi dibandingkan jarak pagar 25-40%, saga hutan 14-28%, kepuh 24-40%, kesambi 30-40% dan kelor 39-40%. Satu liter minyak nyamplung dapat dihasilkan dari 2-2,5 kg biji, sedangkan jarak pagar membutuhkan 4 kg untuk menghasilkan satu liter minyak.

Hasil analisis sifat fisiko-kimia biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi sebagian besar standar SNI 04-7182-2006. (Budi Leksono, 2013). Berikut gambar biji Nyamplung :



Gambar 2.1. Pohon dan Buah Nyamplung (Atabani, 2014)

2.2. Biodiesel

Biodiesel adalah suatu ester monokotil dari asal lemak rantai panjang yang berasal dari sumber yang dapat diperbarui. Seperti minyak tumbuhan dan lemak hewan, yang dapat digunakan di mesin diesel. Kandungan utama biodiesel adalah minyak nabati atau lemak hewani melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi dengan methanol. Biodiesel memiliki karakteristik yang sama dengan bahan bakar diesel konvensional. Sehingga biodiesel dapat dijadikan bahan bakar alternative untuk mesin diesel konvensional (Nathasya, 2008).

Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan bakar diesel petroleum. Kelebihan biodiesel merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan mempunyai bilangan setana yang tinggi. Biodiesel dapat mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NOx. Biodiesel juga merupakan bahan bakar dalam fase cair. Bahan bakar pada mesin diesel dikehendaki relatif mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan letikan api busi) jika disemprotkan ke ruang bakar. Tolok ukur dari sifat ini adalah bilangan setana. Minyak diesel dikehendaki memiliki kekentalan yang relatif rendah agar mudah mengalir melalui pompa injeksi dan mudah dikabutkan. (Haryanto, 2002).

Biodiesel yang digunakan sehari-hari ternyata memiliki kekuatan yang baik (Inergetic), ramah lingkungan (Enviromental) serta keuntungan harga produksi (Economic Advantages). Syarat yang penting dari biodiesel dalam penggunaan di mesin diesel salah satunya yaitu memiliki karakteristik bahan bakar yang sesuai dengan standar biodiesel. Hal ini dikarenakan untuk kestabilan mesin diesel saat berada di kondisi yang

tidak pada umumnya (Ramos. 2012). Adapun karakteristik biodiesel sesuai Standar Negara Indonesia (SNI) ada pada Tabel 1.1 Dibawah ini.

Tabel 1.1. Karakteristik Biodiesel Sesuai SNI

No	Parameter & Satuannya	Batas Nilai
1.	Densitas pada 15°C, Kg/m ³	850–890
2.	Viskositas kinematik pada 40°C (cSt)	2,3-6,0
3.	Angka Setana	Min. 51
4.	Titik nyala (flash point) pada 0°	Min.100
5.	Titik kabut (Cloud Point)	Max. 18
6.	Titik Tuang (Pour Point)	Max. 18
7.	Korosi bilah tembaga (3 jam, 500°C)	Max.3
8.	Residu karbon,%-berat,	Max.0,05
9.	Air dan sediman,%-volume	Maks.0,05
10.	Temperatur distilasi 90%, 0C	Maks.360
11.	Abu tersulfatkan,%-berat	Maks 0,02
12.	Belerang,ppm-b (mg/kg	Maks.100
13.	Fosfor,ppm-b (mg/kg)	Maks.10
14.	Angka asam,mg-KOH/gr	Maks.0,8
15.	Gliserol bebas,%-berat	Maks.0,02
16.	Gliserol total,%-berat	Maks.0,24
17.	Kadar ester alkil,%-berat	Min.96,5
18.	Lower Heating Value, BTU/lbm	Maks.18288

Sumber: *Standard Biodiesel Indonesia*

2.3. Proses Degumming

Pemisahan getah merupakan suatu proses pemisahan kotoran – kotoran minyak seperti getah atau lendir – lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, residu, karbohidrat, air dan resin, tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas dalam minyak supaya meringankan beban proses yang berpotensi merusak gugus gliserida. Biasanya proses ini dilakukan dengan cara dehidrasi Gum atau kotoran lain supaya lebih mudah terpisah dari minyak (Ketaren, 1986)

Getah mengandung fosfat, protein, karbohidrat, residu ai, dan resin. Untuk meningkatkan stabilitas oksidasi dari produk akhir, minyak dipisahkan dari getah melalui proses degumming. Dalam proses ini minyak mentah dipanaskan pada suhu 60° Celcius dan kecepatan pengadukan 1000 rpm. Kemudian, ditambahkan asam fosfat (H₃PO₄, 20%) sebanyak 0,5 % (v/v), proses dilanjutkan dengan pengadukan selama 30 menit dengan suhu stabil 60° Celcius dilanjutkan dengan proses pencucian dengan aquades hangat pada suhu 45° – 50° Celcius dan dimasukkan kedalam corong pemisah selama satu hari (Masjuki et al. 2014).

2.4. Proses Esterifikasi

Biodiesel memiliki persyaratan angka asam lemak bebas yaitu 0,5 % (SNI 7182 : 2015). Minyak biji Nyamplung (*Colophyllum inophyllum* L.) hasil degumming memiliki kadar FFA yang tinggi yaitu 21.47 % (Masjuki, 2014). Maka dari itu proses pre-treatment menggunakan esterifikasi katalis asam seperti Asam Klorida (HCL), Asam Sulfat (H₂SO₄) yang digunakan untuk mengkonversi dan mengurangi konten FFA hingga dibawah 2% berat dalam minyak (Majuki et al. 2014).

Esterifikasi memerlukan dua tahapan, tahap pertama dimulai dengan memanaskan minyak sampai pada suhu 35o C pada pada udara biasa. Kemudian sejumlah metil alcohol 0.008 liter/liter minyak nabati (8 % volume) campurkan kedalam minyak yang telah dipanaskan, aduk selama 5 menit. Untuk menghetikan reaksi tambahkan 1 mililiter sulphur acid (H₂SO₄) pada setiap liter minyak. Pengadukan pelan – pelan tetap dilakukan selama 1 jam (60 menit) dengan tetap mempertahankan temperature 35° C (Zuhdi et al. 2003).

Metil ester dapat disintesis dalam sebuah proses esterifikasi antarar bahan baku alcohol dan asam lemak dalam bentuk *Free Fatty Acid* (Solomon, 1996). Pada proses esterifikasi ini dibutuhkan katalis asam seperti asam sulfat pekat.

Reaksi dimulai dengan minyak nyamplung yang mengandung FFA (*Free Fatty Acid*) dicampur dengan methanol dan dipanaskan sampai suhu reaksi.

Campuran tersebut kemudian diupankan kebagian esterifikasi yang terdiri dari sebuah reactor esterifikasi.

Reaksinya sebagai berikut :



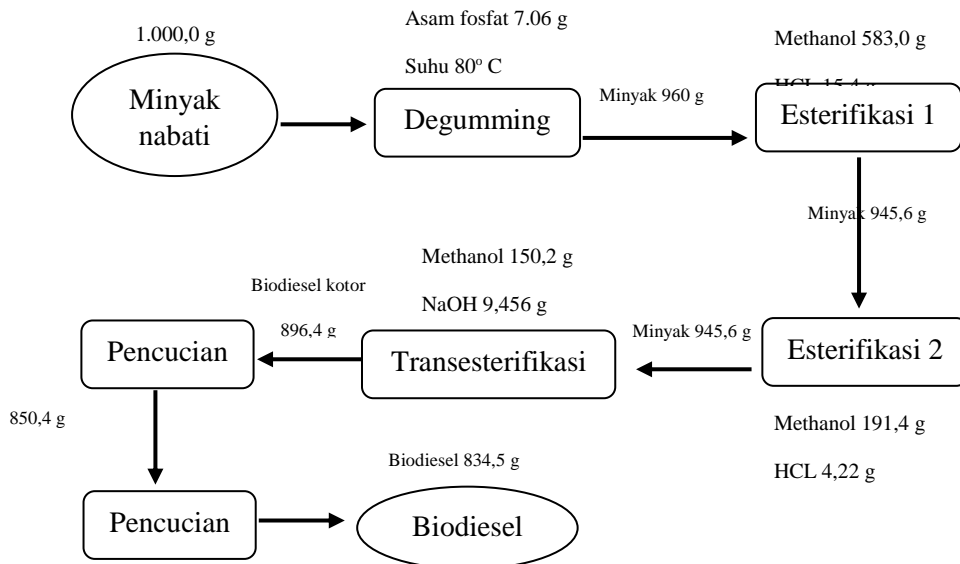
2.5. Proses Transesterifikasi

Dalam membuat biodiesel, metode yang sering digunakan adalah metode transesterifikasi. Dimana metode ini menggunakan methanol serta katalis yang bisa berupa homogen ataupun heterogen. Adapun reaksi kimia yang dihasilkan dari metode ini berupa alkohol rantai pendek (methanol), konsentrasi katalis, rasio molar dari minyak, perubahan suhu, tekanan serta perubahan waktu reaksi (Ramos. 2012).

Fatih (2014), Trans-esterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alcohol rantai pendek seperti metanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan methanol dikarenakan lebih ekonomis) menghasilkan metil ester asam lemak (Fatty Acids Methyl Esters/FAME) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping. Dimana untuk mendapatkan produk murni harus dipisahkan antara gliserol dengan metil esternya.

Katalis yang digunakan secara umum biasanya dalam bentuk liquid karena selain pengontrolan yang lebih mudah, katalis dalam bentuk liquid pada umumnya membutuhkan panas reaksi yang lebih kecil daripada katalis solid. Akan tetapi katalis liquid membutuhkan pencucian dan separasi yang cukup kompleks. Katalis solid jarang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Hal ini dikarenakan katalis padat membutuhkan panas reaksi yang lebih besar sehingga waktu reaksi sampai dicapai keadaan optimum membutuhkan waktu yang lebih lama.

Keunggulan katalis solid tidak membutuhkan pencucian dan separasi katalis relatif jauh lebih mudah. Selain itu katalis padat bersifat thermostabil, dan jauh lebih murah. Katalis yang digunakan adalah basa atau alkali, biasanya NaOH atau KOH. Kandungan ALB akan mempengaruhi proses produksi biodiesel dan bahan bakar yang dihasilkan seperti pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2.2. Diagram blok proses produksi Biodiesel

Pengujian performansi bahan bakar biodiesel minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dilakukan oleh Masjuki (2014). Pengujian dilakukan menggunakan Motor Yanmar TF 120 M dengan metode membandingkan variasi dari konsentrasi minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dengan solar dan dianalisa terkait peforma dan analisa emisi. Hasil yang diperoleh dengan membandingkan antara variasi minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dengan bahan bakar solar (CIB10, CIB20, CIB30 dan CIB50) adalah didapatkan CIB10 meningkatkan peforma mesin dengan BTE yang tinggi, sfoc yang rendah terhadap variasi CIB10 (Masjuki et al, 2014).

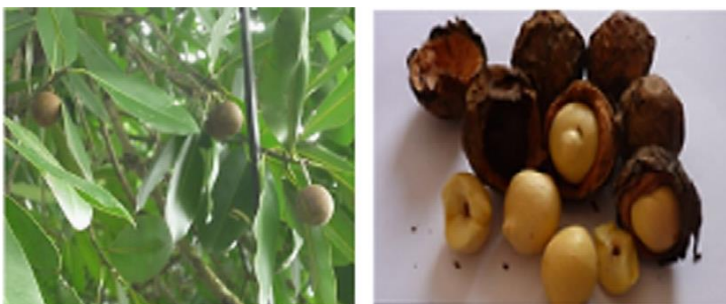
2.6. Biji Nyamplung

Tanaman nyamplung adalah jenis tanaman serba guna, disamping kayunya bagus digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dan meubel air, juga buahnya bermanfaat untuk kesehatan dan penghasil minyak (Biofuel). Tanaman nyamplung merupakan tanaman penghasil minyak yang potensial untuk dikembangkan menjadi biodiesel (Hambali et al., 2006).

Biji buah pohon nyamplung (*Colophyllum inophyllum*) selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Biji dari tanaman nyamplung memiliki banyak kandungan senyawa kimia, antara lain: senyawa laktone yaitu kolofiloida dan asam

kalofilat, tacamahin, asam tacawahol, bummi, resin minyak atsiri, senyawa pahit, calanolide A, sitosterol, lendir, gliserin, minyak lemak, tannin, takaferol, dan karatenoid (Sudrajat, 2008).

Tanaman Nyamplung dapat digunakan sebagai bahan baku biofuel karena kandungan minyak dalam inti bijinya yang cukup tinggi, yaitu bisa mencapai sebesar 45-73 % berat kering dan merupakan tanaman non pangan (non-edible oil). (Soerawidjaja, Tatang, dkk, 2005). Kandungan kimia pada bagian daun *Calophyllum inophyllum* yang berhasil diisolasi merupakan senyawa turunan kumarin (Patil et al., 1993 dan Itoigawa et al., (2001), benzodipiranon (Khan et al., 1996 dan Ali et al., 1999), flavonoid (Subramanian et al., 1971), triterpenoid (Li et al., 2010). Karakteristik minyak nyamplung dapat dilihat pada tabel 2.1.



Gambar 2.3. Biji Nyamplung (Atabani, 2014)

Tanaman porang merupakan tanaman pohon di antara tanaman tahunan sehingga lebih menyukai lingkungan seperti pesisir pantai. Di Indonesi, nyamplung banyak dijumpai didaerah sepanjang pantai yang beriklim tropic. Namun tanaman beradaptasi dengan baik pada ketinggian 100 – 350 dpl. (Syakir, 2009).

Fatih (2014), Mengatakan bahawasanya pembuatan biodiesel pada minyak biji nyamplung dilakukan dengan 2 tahap, yaitu pre-treatment dan tahap transesterifikasi. Pada tahap pre-treatment dilakukan 2 (dua) proses yaitu degumming (penambahan asam fosfat) dan esterfikasi (penambahan methanol dan asam sulfat). Setelah itu dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Dengan proses pemanasan minyak biji nyamplung, dan pemanasan methanol yang dicampur dengan Katalis CaO selama 30 menit, kemudian memasukan minyak nyamplung kedalam reactor dilanjutkan dengan pemanasan dalam oven selama 60 menit. Kemudian dilanjutkan pencucian dengan aquades hangat menggunakan corong pemisah. Dan dilakukan penguapan dengan suhu 105o Celcius untuk menghilangkan kandungan air nya.

Tabel 2. Properties Biodiesel Minyak Biji Nyamplung (Fatih, 2014)

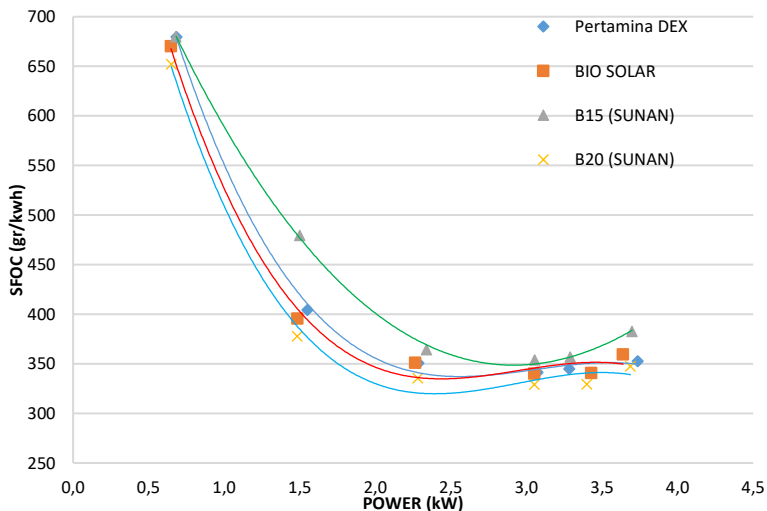
Parameter Uji	SNI 04-7182-2006	Produk Hasil Penelitian
Densitas (g/ml)	0,85-0,89	0,886
Viskositas Kinematik pada suhu 40° cSt)	2,3-6,0	4,545
<i>Cetane Number</i>	Min. 51	-
<i>Cetane Index</i>	Min. 45	46,95
<i>Flash Point (°C)</i>	Min. 100	>200

2.7. Analisa Peforma

Budi (2016), mengatakan semakin besar putaran mesin maka semakin besar daya yang bekerja. Dalam biosolar, kandungan minyak nabati sangat mempengaruhi peforma dari mesin diesel. Jenis bahan bakar yang digunakan pada penelitian sebelumnya adalah dilakukan dengan menggunakan 100% minyak solar B0, Biosolar, dan campuran biodiesel B15 dan B20 (Kemiri Sunan). Dari proses penelitian antara uji properties, proses pembakaran dan uji performansi, ternyata saling berkaitan antara satu sama lain. Biosolar mengalami prestasi kerja yang lebih bagus dibandingkan dengan B15 dan B20 . Nilai SFOC Biosolar paling rendah diantara bahan bakar yang lain. Parameter biodiesel kemiri sunan sendiri dijelaskan sebagai berikut :

1. HSD
2. B15 Fuel (15% Minyak kemiri sunan + 75% B0)
3. B20 Fuel (20% Minyak kemiri sunan + 80% B0)
4. B20 Fuel (Biosolar Peertamina)

Eksperimen menggunakan mesin diesel Yanmar Model 85 TF MH-di dengan maksimum power 5,59 Kw pada RPM 2200.). Adapun pengujian peforma kerja motor diesel, diperlukan rumus perhitungan yang terdapat pada lampiran untuk analisa dan pembahasan mengenai daya, torsi, konsumsi bahan bakar (SFOC), BMEP, serta efisiensi thermal. Untuk beberapa prosesnya da pada gambar 4 (Empat) dan 5 (Lima) dibawah ini :

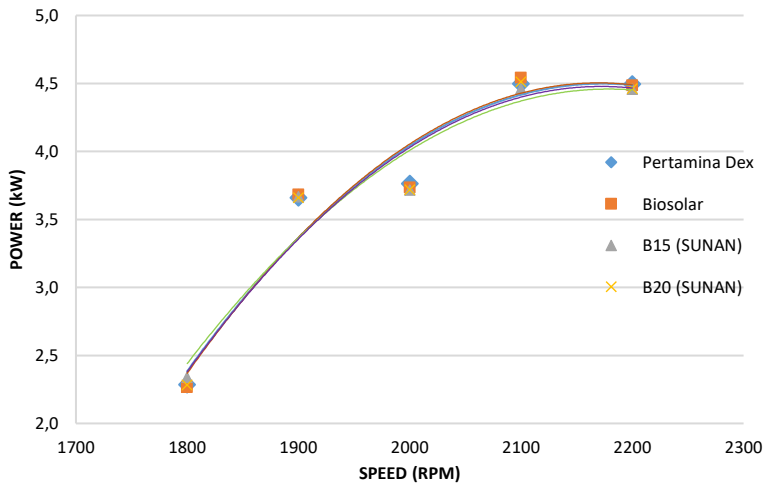


Gambar 2.4. Perbandingan SFOC dengan daya terhadap jenis bahan bakar

Pada gambar di atas diperlihatkan grafik perbandingan SFOC terhadap Daya dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX, Biosolar, B15 Kemiri Sunan, Dan B20 Kemiri Sunan Pada RPM 1800 (Budi, 2016)

Eksperimen menunjukkan bahwa biodiesel minyak kemiri sunan memiliki nilai di SFOC dan Daya dibawah Biosolar minyak kelapa sawit. Jenis bahan bakar yang menghasilkan daya paling besar yaitu biosolar CPO kemudian disusul dengan B20 (Kemiri sunan) kemudian B15 (Kemiri sunan). Sedangkan SFOC Jenis bahan bakar yang menghasilkan SFOC paling besar yaitu B15 (Kemiri Sunan). kemudian disusul dengan B20 (Kemiri Sunan).

Variable yang perlu diperhatikan lagi adalah bagaimana pengaruh putaran mesin (RPM) terhadap daya yang dihasilkan. Untuk variable ini diperlihatkan oleh gambar 2.5

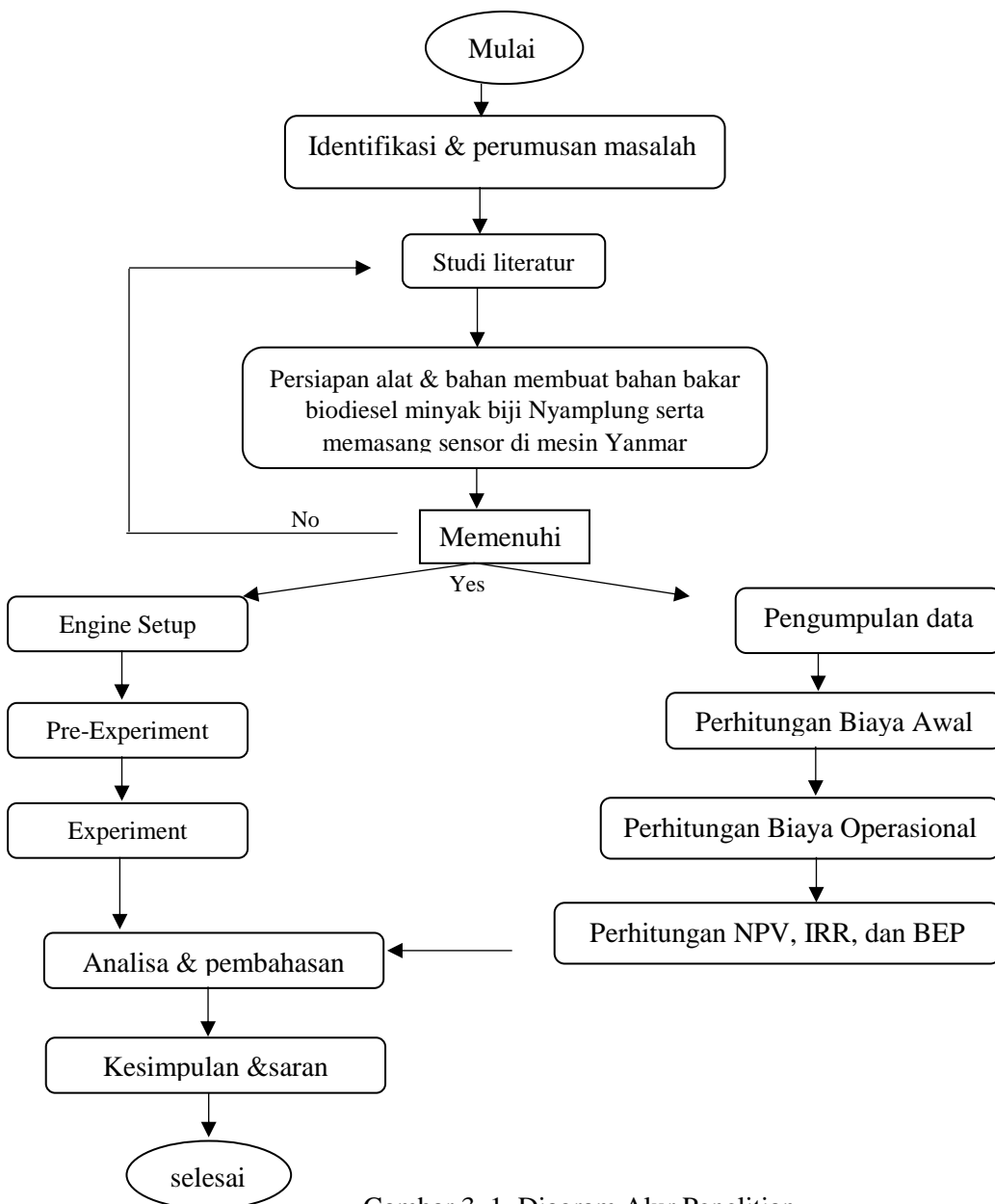


Gambar 2.5. Perbandingan Daya Maksimum Dengan Putaran Engine Pada Setiap Jenis Bahan Bakar (Budi, 2016)

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai daya maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai daya terbesar didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada setiap RPM. Titik puncak daya terjadi pada RPM 2100. Pada RPM 2100 merupakan daya dan RPM maksimum yang dimiliki oleh engine. Pertamina DEX menghasilkan daya sebesar 4,4956 Kw, Biosolar menghasilkan daya sebesar 4,5417 Kw, B15 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya sebesar 4,4592 Kw, dan B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya sebesar 4,51145 Kw. Dari keempat bahan bakar, Biosolar menghasilkan daya yang paling besar dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina DEX, B15 (Kemiri Sunan), dan B20 (Kemiri Sunan). Pada grafik 4.19 juga terlihat bahwa pada jenis bahan bakar B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya dibawah biosolar dengan selisih 0,0303 kW. Sedangkan B20 (Kemiri Sunan) menghasilkan daya lebih besar dengan pertamina DEX dengan selisih 0,01487 kW.

BAB III METODOLOGI

Seperti yang telah disampaikan pada bab 1 untuk menjawab permasalahan yang muncul, maka metode penelitian yang digunakan penulis yaitu eksperimen. Pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alur seperti pada gambar 3.1



Gambar 3. 1. Diagram Alur Penelitian

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pengidentifikasi masalah pada penelitian ini, untuk mengetahui kelayakan penggunaan biodiesel berbahan dasar minyak dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) yang menyangkut prestasi mesin (engine perform) dan kelayakan ekonomis. Selain itu, perumusan masalah ini nantinya akan dilakukan perbandingan oleh mesin berbahan dasar solar konvensional.

3.2. Studi Literatur

Studi literature dilakukan untuk mempelajari teori – teori yang dapat menunjang permasalahan yang ada. Studi literatur didapatkan dari beberapa sumber seperti, buku, jurnal, tugas akhir, dan internet. Pada penelitian ini, studi literatur tersebut mengacu pada kandungan yang dimiliki Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) dan proses eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan hasil proses prestasi mesin (engine perform) dan pertimbangan kelayakan ekonomis.

3.3. Persiapan Alat dan Bahan

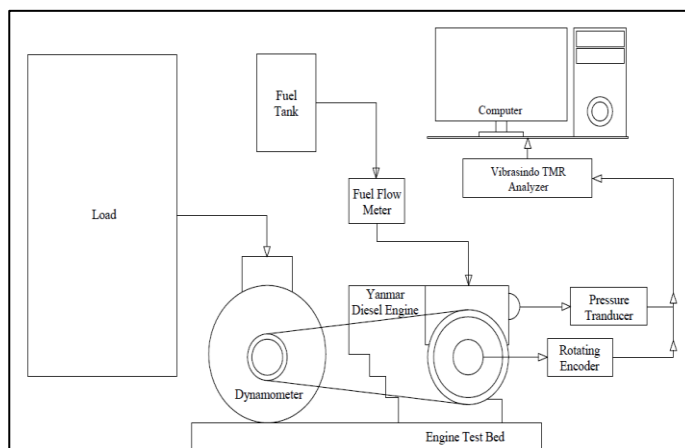
Pada tahap ini akan dilakukan semua perlengkapan sebelum dilaksanakannya percobaan pembuatan biodiesel dari bahan baku Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). Alat yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan merupakan peralatan dalam skala laboratorium yang terdiri dari peralatan transeseterifikasi dan peralatan uji karakteristik. Sementara untuk bahan yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi minyak lemak, alkohol, dan katalis. Dalam tahap persiapan ini diharapkan semua peralatan dan bahan mudah untuk didapatkan guna mempermudah saat melakukan percobaan. Dalam penelitian ini dibutuhkan antara lain :

- a. Variasi bahan bakar
 - HSD
 - Biosolar Pertamina
 - B15 : Campuran 15% bio nyamplung dan Solar
 - B20 : Campuran 20% bio nyamplung dan Solar
- b. Variabel RPM mesin yang di control
 - RPM 1800
 - RPM 1900
 - RPM 2000
 - RPM 2100
 - RPM 2200
- c. Variabel Kontrol
 - Analog set up
 - Engine set up
- d. Variabel hasil
 - SFOC
 - BMEP
 - Daya

- Torsi

3.4. Engine Set Up

Pada tahap ini dilakukan setting/pengaturan mesin. Pengaturan ini adalah memasang sensor-sensor yang terdiri Hardware Vibrasindo TMR-Card Board & TMR-Crankangle-Rotary Encoder pada mesin diesel YANMAR tipe TF 85 MH-di. Kemudian dilakukan proses pengistalan software/tool yang bernama TMR Instrumen untuk menampilkan hasil proses pembakaran mesin di layar computer. Pada Engine Set Up dilakukan pengecekan awal (Running Test) mesin terlebih dahulu mengenai kondisi mesin, basic performance mesin, full load dari mesin untuk mengetahui kondisi awal mesin sebelum dilakukan penelitian terhadap mesin yang akan digunakan. Data mesin yang digunakan dalam pengambilan data adalah YANMAR Diesel Engine dengan tipe TF 85 MH-di. Mesin ini berkapasitas 493 cc. Berikut gambar engine set up yang akan dirancang.



Gambar 3. 2. Engine Set Up

3.5. Pra Eksperimen

Pra Eksperimen dilakukan setelah mesin sudah dilakukan proses setting/pengaturan dan bahan bakar yang digunakan adalah solar konvensional. Pengujian ini dilakukan pada motor diesel yang terdapat pada Laboratorium Marine Power Plan ITS. Tujuan dilakukan pengujian prestasi mesin (engine perform) yaitu untuk sebagai identifikasi kinerja mesin ketika memakai bahan bakar solar konvensional dan nantinya akan digunakan sebagai pembandingan dengan bahan bakar biodiesel Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*)

3.6. Eksperimen

Eksperimen dilakukan setelah mesin sudah dilakukan proses setting/pengaturan dan bahan bakar biodiesel telah diproduksi . Pengujian ini dilakukan pada motor diesel yang terdapat pada Laboratorium Marine Power Plan ITS. Tujuan dilakukan pengujian yaitu untuk mengetahui antara lain :

1. Engine Perform yang didalamnya akan dilakukan uji prestasi mesin yang didalamnya akan diketahui daya, torsi, SFOC, BMEP, dan efisiensi thermal dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel dari biji nyamplung dengan minyak solar.

3.7. Tahap Kelayakan Ekonomis

Tahap kelayakan ekonomis dipertimbangkan dengan metode *feedstock* dari biji nyamplung, dengan mengacu dari berbagai literatur dan akan dibandingkan dengan harga jual dari Biosolar konvensional yang telah dipasarkan melalui Pertamina sekarang. Berikut beberapa pint yang akan menjadi titik acuan untuk kelayakan ekonomis dari Biosolar Minyak Biji Nyamplung :

3.7.1. Pengumpulan Data Ekonomis

Untuk mendapatkan nilai dari kelayakan ekonomis biodiesel diperlukan beberapa data penunjang seperti biaya investasi dan biaya operasional, data yang di peroleh menggunakan data pembandingan dari pabrik yang sudah ada.

3.7.2. Perhitungan Biaya Awal

Perhitungan biaya awal merupakan biaya inventasi yang di keluarkan seperti biaya lahan dan bangunan, biaya investasi peralatan, biaya spare part, biaya instalasi, biaya tak berwujud dan lainnya.

3.7.3. Perhitungan Biaya Operasional

Biaya operasional 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.

3.7.4. Perhitungan NPV, IRR, dan BEP

Mendapatkan nilai kelayakan dari bahan bakar biodiesel biji nyamplung yang dirancang mulai dari proses produksinya.

3.8. Analisa Dan Pembahasan

Pada penelitian ini analisa data yang dilakukan adalah mengamati hasil dari proses eksperimen emisi pada biodiesel dengan bahan bakar minyak biji nyamplung dan solar, serta mengamati bagaimana nilai dari hasil kelayakan ekonomis penggunaan biodiesel minyak biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L).

3.9. Kesimpulan

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Produksi Biodiesel

Untuk menjawab rumusan masalah yang terdapat pada BAB I, dalam penelitian ini dilakukan eksperimen berupa produksi biodiesel dari bahan baku Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). Pada tanaman Nyamplung ini diambil minyak lemaknya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan bantuan katalis methanol dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel, seperti yang ditunjukkan pada table 4.1 :

Tabel 4. 1. Alat dan Bahan Untuk Pembuatan Biodiesel

Alat	Bahan
Erlen meyer	Minyak Biji Nyamplung
Gelas ukur	Fenol Ptalein
Buret	Metanol
Pipet tetes	Aquades
Spatula	CaO
Beker Glass	H2SO4
Kaca Arloji	H3PO4
Timbangan aalitik	
Pengaduk kaca	
Hot plate	
Magnet stirer	
Corong Pemisah	
Termometer	

Dala membuat biodiesel dari bahan baku minyak biji nyamplung aa beberapa tathapan yang harus dilakukan antara lain :

4.1.1. Pengepresan Biji Nyamplung

Metode pengepresan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) adalah metode pengepresan berulir (screw press). Cara ekstraksi ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dari bahan dengan kadar rendamen di atas 10%. Prinsip oprasinya yaitu bahan mendapat tekanan dari ulir yang berputar dan dengan sendirinya terdorong keluar. Minyak keluar melaluai celah di antara ulir dan penutup yang dapat berupa pipa atau lempengan besi berongga yang mempunyai celah dengan ukuran tertentu, sedangkan ampasnya keluar dari tempat yang lain. Dengan biji nyamplung seberat 5 kg, didapatkan minyak cruide sebanyak 2 liter.

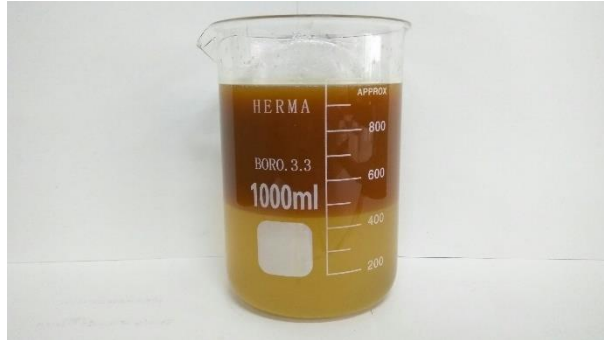


Gambar 4. 1 Proses Pengepresan Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L*)

4.1.2. Proses Degumming (Pemisahan Gum atau Getah)

Degumming adalah proses pemisahan gum, yaitu proses pemisahan getah atau lendir yang terdiri dari fosfolipid, protein, residu, karbohidrat, air dan resin. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk proses pemisahan gum antara lain adalah pemanasan, penambahan asam (H_3PO_4 , H_2SO_4 dan HCl) atau basa ($NaOH$). Dalam pemisahan Gum pada Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L*) ini menggunakan asam jenis H_3PO_4 kadar asam 85 %. Proses pemisahan gum ada beberapa tahap, di antaranya :

1. Minyak Crude biji nyamplung yang telah di press, dipanaskan pada suhu $\pm 80^\circ C$ selama 30 menit.
2. Tambahkan 5% (v/v) asam fosfat (H_3PO_4) pada minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L*) yang telah dipanaskan.
3. Aduk dan pertahankan suhu $\pm 80^\circ C$ selama 30 menit.
4. Setelah selesai pengadukan pindahkan kedalam corong pemisah dan endapkan selama ± 8 jam
5. Setelah pengendapan selama ± 8 jam lakukan pemisahan antara minyak dan getah.



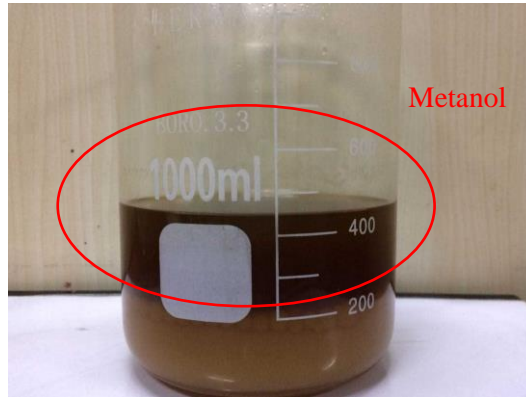
Gambar 4. 2 Proses Pemisahan Gum atau Getah

Proses degumming menghasilkan endapan sebanyak 8 mL dari minyak biji nyamplung sebanyak 1000 mL atau 4% dari volume minyak biji nyamplung. Didapatkan minyak hasil degumming sebanyak 935 mL.

4.1.3. Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi bertujuan menghentikan reaksi yang terjadi atau mengubah reaksi antara asam karboksilat dan alcohol menjadi suatu ester dengan menggunakan katalis asam. Berikut proses esterifikasi minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) dengan menggunakan minyak hasil proses degumming sebanyak 935 mL.

1. Panaskan minyak Cruide Nyamplung hasil Degumming sebanyak 480 mL (448.8 gram) hingga pada suhu 35°C
2. Menambahkan methanol kedalam minyak yang telah dipanaskan pada suhu 35°C dengan perbandingan mol minyak – methanol (1 : 10)
3. Lakukan pengadukan selama 5 menit
4. Lalu tambahkan asam sulfat H₂SO₄ sebanyak 1 mL untuk 1 liter minyak
5. Setelah itu dilakukan pengadukan secara perlahan selama 1 jam (60 menit) dengan suhu 35°C.
6. Setelah 1 jam pengadukan pada suhu 35°C, hentikan pemanasan tetapi pengadukan tetap dilakukan dalam waktu 1 jam.
7. Kemudian hentikan dan biarkan minyak hasil esterifikasi dalam waktu 12 jam



Gambar 4. 3 Proses Esterifikasi Minyak Biji Nyamplung

Dari proses esterifikasi didapatkan minyak sebanyak 892,5 mL. Setelah proses esterifikasi selesai lakukan pengujian FFA menggunakan larutan basa KOH. Dari proses titrasi didapatkan kadar FFA <2%.

4.1.4. Proses Trans-Esterifikasi

Proses transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel bertujuan untuk merubah minyak menjadi metil ester. Pada proses transesterifikasi ini menggunakan katalis metanol dan katalis basa yaitu KOH. Berikut proses transesterifikasi minyak Biji Nyamplung :

1. Panaskan minyak biji nyamplung yang sudah diesterifikasi sebanyak 1 liter hingga mencapai suhu 50-55 °C.
2. Buatlah larutan metoksida yaitu campuran katalis basa (KOH) sebanyak 34 gram dengan metanol sebanyak 465 ml
3. Ditambahkan campuran katalis basa (KOH) dan metanol kedalam minyak yang sudah dipanaskan 55-60 °C sedikit demi sedikit sambil diaduk.
4. Lanjutkan proses pemanasan dan pengadukan yang sudah tercampur dengan metoksida dan dipertahankan pada suhu 55 °C selama 1 jam.
5. Angkat dan diamkan hingga suhu ruangan, kemudian masukkan kedalam labu pemisah sambil dikocok, diamkan campuran hingga terjadi pengendapan/sparasi ± 8 jam.
6. Setelah terjadi separasi, lakukan pemisahan antara gliserol dan biodiesel minyak nyamplung.

Pada proses transesterifikasi didapatkan endapan gliserol sebanyak 85 mL dari minyak nyamplung awal 892,5 mL dan biodiesel nyamplung sebanyak 807,5 mL.

4.1.5. Proses Pencucian Biodiesel Biji Nyamplung

Proses pencucian biodiesel bertujuan untuk memurnikan biodiesel dengan memisahkan metanol dan zat-zat lain seperti kotoran. Proses pencucian ini menggunakan aquades. Untuk mendapatkan minyak biodiesel yang jernih, maka dilakukan proses pencucian sebanyak 3 kali dengan takaran aquades yang tidak ditentukan. Berikut proses pencucian biodiesel Biji Nyamplung :

1. Panaskan aquades hingga pada suhu 60°C
2. Tuangkan aquades kedalam biodiesel nyamplung dan kocok sampai merata.
3. Masukkan kedalam labu pemisah sambil dikocok. Kemudian diamkan campuran hingga terjadi sparasi/pengendapan selama 24 jam
4. Setelah terjadi sparasi,lakukan pemisahan.

Proses pencucian dari 807,5 mL biodiesel didapatkan biodiesel sebanyak 807 mL.

4.1.6. Proses Pengeringan Biji Nyamplung

Proses pengeringan biodiesel Nyamplung bertujuan untuk menghilangkan kandungan air yang ada didalam biodiesel yang setelah proses pencucian akan memiliki kandungan air yang tinggi. Proses pengeringan ini dilakukan dengan memanaskan biodiesel dan diaduk menggunakan adukan dari bahan stainless steel dengan suhu diatas suhu didih air berkisar antara 115°C – 120°C . Proses pencuciana ini dilakukan sampai tidak adanya air yang terkandung didalam biodiesel. Berikut gambar sempel dari crude oil nyamplung sampai hasil akhir B100 Nyamplung



Gambar 4. 4. Sempel Setiap Proses Pembuatan

4.2. Karakteristik Biodiesel Nyamplung

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah: sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, serta tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel yang tinggi. Dalam pembuatan biodiesel, secara umum memiliki parameter yang menjadi standar mutu biodiesel yaitu densitas, viskositas, titik nyala (flash point), titik kabut (pour point), kandungan air (water content), dan nilai kalor yang dihasilkan (low heating value).

Pada penelitian ini, minyak nabati diperoleh dari proses pengolahan Biji Nyamplung. Dari Biji Nyamplung tersebut akan dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dengan bantuan larutan metoksid melalui proses sesterifikasi dan transesterifikasi. Pengolahan dan pembuatan bahan bakar biodiesel kualitasnya harus dijaga sehingga memiliki properties yang memenuhi standar yang telah ditentukan. Setelah didapatkan biodiesel bahan baku Biji Nyamplung melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi, maka untuk menentukan kualitasnya diperlukan pengujian properties dari biodiesel tersebut. Pada penelitian ini, pengujian properties biodiesel dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

Tabel 4. 2. Propertis Biodiesel Nyamplung

Test Parameters	Results	Standard	Unit	Testing Methode
Density 15°C	860	850 – 890	Kg/m ³	Piknometer
Viscosity 40°C	7,23	2,0 - 6,0	Cst	ASTM D 445-97
Flash Point	85	100	°C	ASTM D 93-00
Pour Point	-7	18 (max)	°C	ASTM D 97-85
LHV	42,728	42,398 (max)	J/Kg	ASTM D 240

Data dari hasil uji properties biodiesel Biji Nyamplung ini akan dianalisa yang mengacu pada standar nasional biodiesel untuk setiap parameternya. Analisa parameter properties dalam pengujian ini meliputi densitas, viskositas, flash point, pour point, dan lower heating value.

4.2.1. Density (Berat Jenis)

Berat jenis (density) adalah perbandingan antara massa dengan volume bahan bakar. Density bahan bakar dipengaruhi oleh temperatur, dimana semakin tinggi temperatur, maka density semakin turun dan sebaliknya. Berat jenis biodiesel Nyamplung memiliki nilai sebesar 860 kg/m³. Nilai berat jenis biodiesel Nyamplung ini telah memenuhi standar dari SNI yang memiliki batas nilai 850 – 890 kg/m³.

4.2.2. Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Viskositas bahan bakar mempunyai pengaruh yang besar

terhadap bentuk semprotan bahan bakar. Dimana untuk bahan bakar dengan viskositas yang terlalu tinggi akan memberikan atomisasi yang rendah sehingga mengakibatkan mesin sulit di start. Jika viskositas bahan bakar terlalu rendah maka akan terjadi kebocoran pada pompa bahan bakarnya dan mempercepat keausan pada komponen pompa dan injektor bahan bakar.

Menurut standar biodiesel nasional menyebutkan bahwa viskositas dari biodiesel harus mempunyai nilai antara 2,3 – 6 Cst. Nilai viskositas pada bahan bakar biodiesel biodiesel Nyamplung menunjukkan angka sebesar 7,23 CSt, dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai viskositas dari biodiesel Nyamplung belum memenuhi standar kualitas berdasarkan SNI. Tingginya nilai viskositas yang terkandung dalam biodiesel nyamplung dikarenakan kesalahan dalam pencampuran kadar metanol dengan katalis KOH pada proses transesterifikasi dan kerakter biji Nyamplung sendiri yang kurang baik.

4.2.3. 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. Pada penelitian ini, nilai dari titik nyala biodiesel Nyamplung sebesar 85°C, Nilai flash point biodiesel nyamplung ini belum standar dari SNI yang memiliki standar batas minimal sebesar 100°C, tetapi telah melebihi nilai dari *flash point* dari Biosolar pertamina dengan nilai minimal 52°C.

4.2.4. Pour Point (Titik Tuang)

Titik tuang merupakan batas temperatur tuang dimana mulai terbentuk kristal-kristal paraffin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar dan injektor. Pada titik tuang yang tinggi bahan bakar tidak dapat mengalir sempurna dan tidak akan terjadi atomisasi yang baik ketika diinjeksikan ke ruang bakar. Pada biodiesel biodiesel Nyamplung memiliki nilai titik tuang sebesar -7°C, dimana nilai tersebut telah memenuhi standar dari biodiesel nasional yang memiliki batas nilai sebesar maksimal 18°C.

4.2.5. Lower Heating Value (Nilai Kalor/Panas)

Nilai panas (nilai pembakaran) atau HV (Heating Value) adalah jumlah panas yang dikeluarkan oleh 1 kg bahan bakar bila bahan bakar tersebut dibakar. Pada gas hasil pembakaran terdapat H₂O dalam bentuk uap atau cairan. Nilai kalor biasanya digunakan pada bahan bakar dan merupakan karakteristik dari bahan bakar tersebut. Terdapat dua macam nilai pembakaran yaitu nilai pembakaran atas atau Higher Heating Value (HHV) dan nilai pembakaran bawah atau Lower Heating Value (LHV). HHV merupakan nilai pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat H₂O berbentuk cairan, sedangkan LHV yaitu nilai pembakaran bila didalam gas hasil pembakaran terdapat H₂O berbentuk gas.

Pada penelitian ini, pengujian properties biodiesel Nyamplung hanya menguji nilai kandungan LHV. Nilai LHV pada biodiesel Nyamplung didapatkan sebesar 18,366 Btu/lb atau 42.177.358 J/Kg dimana nilai tersebut telah memenuhi standard biodiesel nasional yaitu maksimal 42.398.333,316 J/kg.

4.3. Pengaruh Biodiesel Nyamplung Dalam Uji Peformansi Motor Diesel

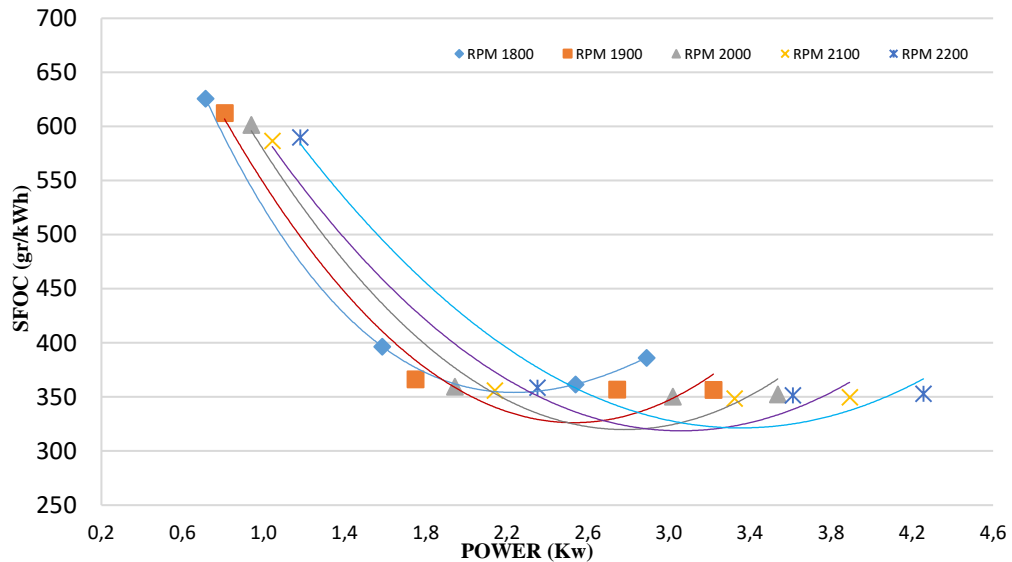
Motor diesel adalah jenis motor pembakaran dalam (internal combustion engine), dimana pembakaran dengan menyemprotkan bahan bakar cair ke dalam udara yang dipanaskan kompresi didalam silinder. Bahan bakar akan terbakar bersamaan dengan udara bertekanan kemudian akan menghasilkan suatu kerja.

Pada Penelitian ini akan dilakukan uji peformansi untuk mengetahui pengaruh biodiesel Nyamplung pada prestasi motor diesel. Hasil percobaan ini nantinya akan menentukan performa mesin secara menyeluruh terutama letak pembebanan pada masing-masing putaran. Putaran yang digunakan dalam percobaan ini dimulai pada putaran 1800 rpm sampai dengan 2200 rpm.

Jenis bahan bakar yang digunakan dalam percobaan ini ada 4 jenis bahan bakar. Yang pertama jenis bahan bakar 100% minyak Solar/HSD. Jenis bahan bakar yang kedua adalah Biosolar Pertamina yang di jual di SPBU. Jenis bahan bakar yang ketiga menggunakan campuran antara biodiesel nyamplung sebesar 15% dengan minyak HSD (High Speed Diesel) sebesar 85% (B15). Jenis bahan bakar yang keempat menggunakan campuran antara biodiesel nyamplung sebesar 20% dengan minyak HSD (High Speed Diesel) sebesar 80% (B20).

Untuk mengetahui unjuk kerja motor diesel, diperlukan rumus perhitungan yang terdapat pada lampiran untuk analisa dan pembahasan mengenai daya, torsi, konsumsi bahan bakar (SFOC), BMEP, serta efisiensi thermal.

4.3.1. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD

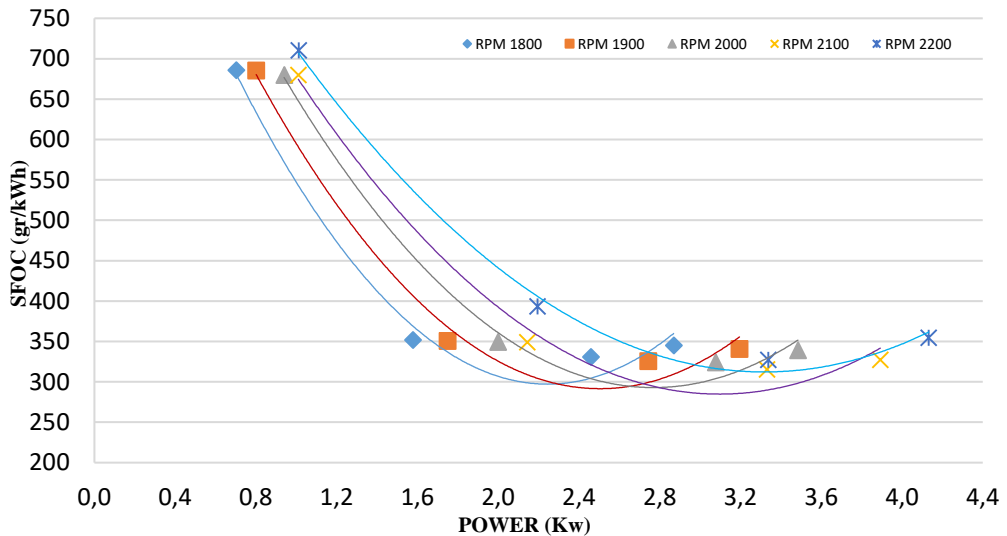


Grafik 4. 1 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.1) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada beban maksimal untuk setiap putaran engine. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 2,5388 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 2,7437 kW atau bertambah 0,2049 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 10-30% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 361,6922 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 357,0625 gr/kWh.

Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 4,6297 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

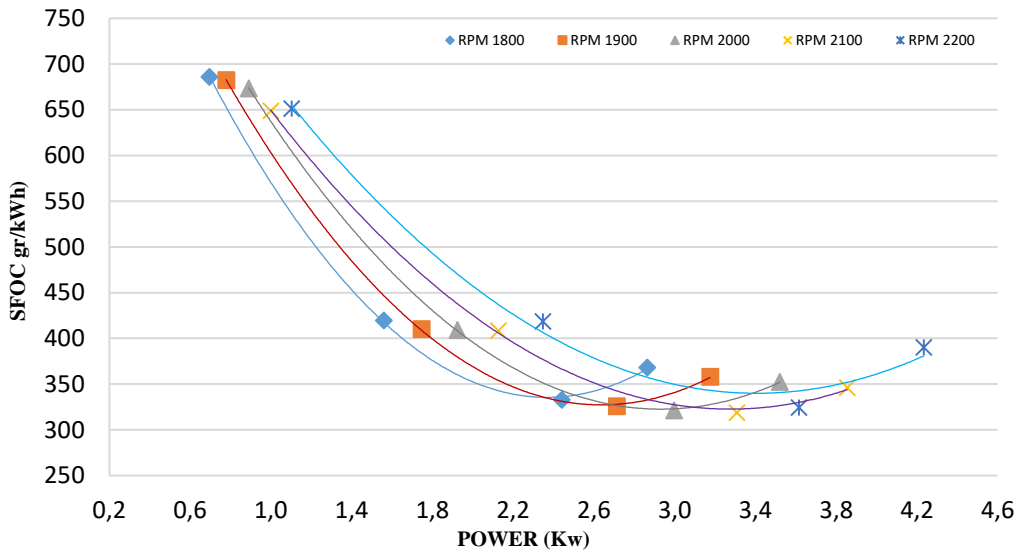
4.3.2. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar



Grafik 4. 2. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.2) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada beban maksimal untuk setiap putaran engine. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 2,4582 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 2,7429 kW atau bertambah 0,2846 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 11-43% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 331,0613 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 325,9189 gr/kWh. Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 5,1424 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

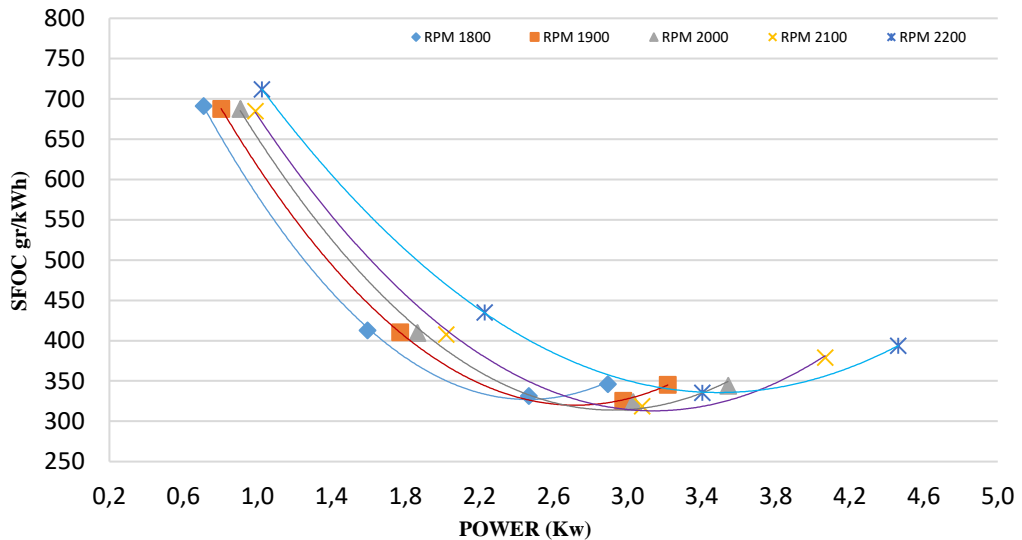
4.3.3. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Biji Nyamplung)



Grafik 4. 3 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B15 (Biji Nyamplung)

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.2) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada beban maksimal untuk setiap putaran engine. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 2,4406 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 2,7125 kW atau bertambah 0,2719 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 11-43% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 332,9746 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 325,9606 gr/kWh. Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 7,0141 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

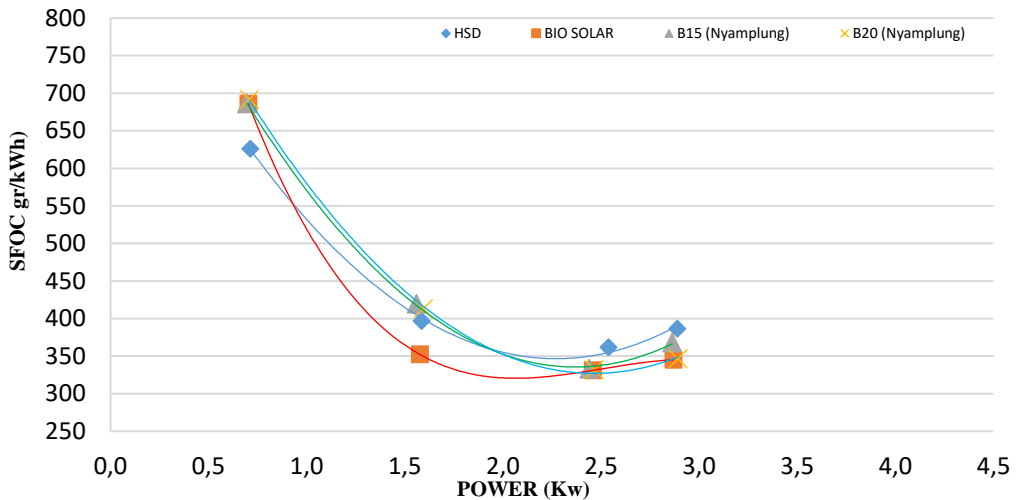
4.3.4. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Biji Nyamplung)



Grafik 4. 4. Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar B20 (Biji Nyamplung)

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya (grafik 4.4) tampak bahwa nilai daya terbesar didapatkan pada beban maksimal untuk setiap putaran engine. Nilai daya pada putaran 1800 rpm sebesar 2,4582 kW, sedangkan pada saat putaran 1900 rpm dihasilkan daya sebesar 2,9761 kW atau bertambah 0,5113 kW dari putaran 1800 rpm. Dengan demikian, berdasarkan grafik diatas dapat dikatakan bahwa nilai daya terus mengalami peningkatan sekitar 11-43% untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai SFOC terendah yang dihasilkan sebesar 331,5882 gr/kWh. sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai SFOC yang dihasilkan sebesar 325,670 gr/kWh. Dengan adanya selisih perbedaan nilai SFOC sebesar 5,9162 gr/kWh, maka berdasarkan grafik diatas disimpulkan bahwa bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine.

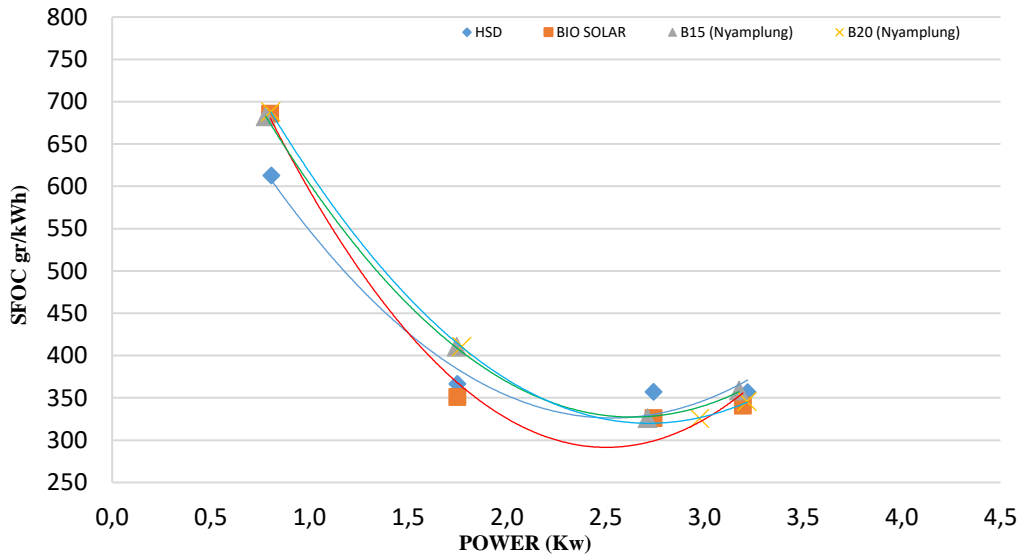
4.3.5. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 1800



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

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.4), Pada jenis bahan bakar Biosolar Pertamina memiliki nilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 331,061 gr/kWh. Diikuti oleh bahan bakar B20 (Biji Nyamplung) bernilai SFOC sebesar 331,588 gr/kWh. Pada urutan ketiga diikuti oleh bahan bakar B15 (Biji Nyamplung) memiliki nilai SFOC sebesar 332,975 gr/kWh. Sedangkan HSD memiliki SFOC tertinggi diantara bahan bakar lainnya yang bernilai 361,692 gr/kWh. Bahan bakar B20 (Biji Nyamplung) memiliki selisih sebesar 0,527 gr/kWh lebih besar dari pada bahan bakar biosolar pertamina dan memiliki selisih 30,104 gr/kWh lebih kecil dari pada bahan bakar HSD.

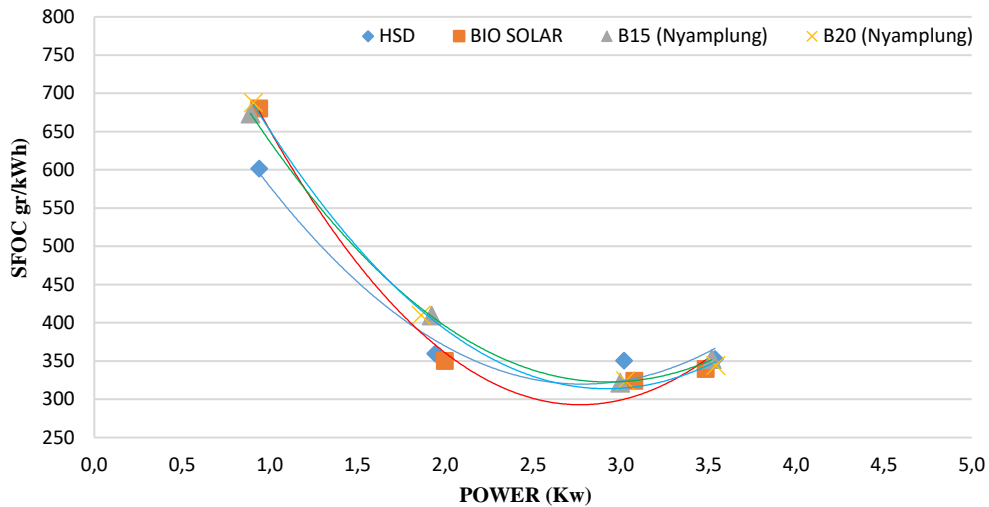
4.3.6. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 1900



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

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.4), Pada jenis bahan bakar B20 (Biji Nyamplung) memiliki nilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 325,672 gr/kWh. Diikuti oleh bahan bakar Biosolar bernilai SFOC sebesar 325,919 gr/kWh dengan selisih 0,247 gr/kWh lebih besar dari pada bahan bakar B20 (Biji Nyamplung). Pada urutan ketiga diikuti oleh bahan bakar B15 (Biji Nyamplung) yang memiliki nilai SFOC sebesar 325,961 gr/kWh. Sedangkan HSD memiliki SFOC tertinggi diantara bahan bakar lainnya yang bernilai 357,562 gr/kWh. Bahan bakar B20 (Biji Nyamplung) memiliki selisih sebesar 0,289 gr/kWh lebih kecil dari pada bahan bakar B15 (Biji Nyamplung) dan memiliki selisih 31,390 gr/kWh lebih kecil dari pada bahan bakar HSD.

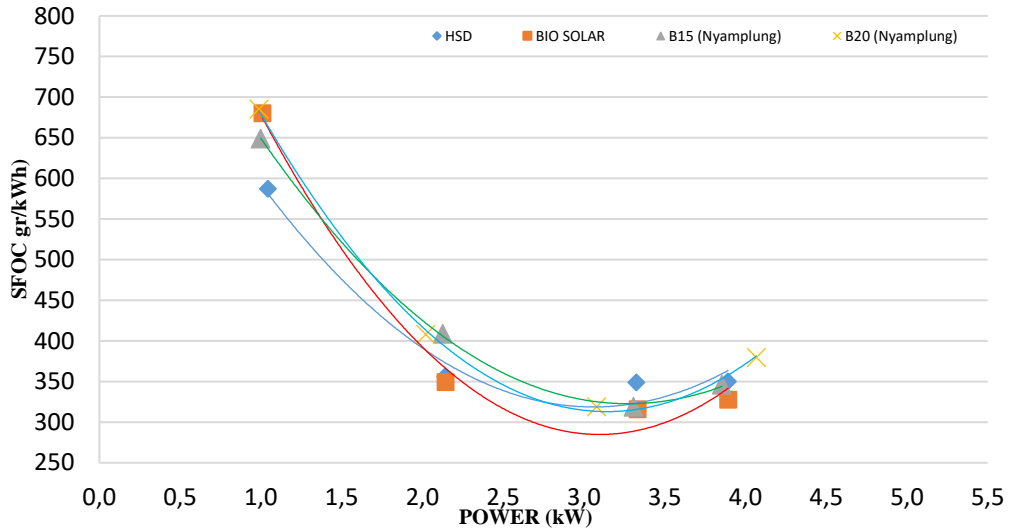
4.3.7. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2000



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

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.7), Pada jenis bahan bakar B15 (Biji Nyamplung) memiliki nilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 321,417 gr/kWh. Dikuti oleh bahan bakar B20 (Biji Nyamplung) bernilai SFOC sebesar 324,132 gr/kWh dengan selisih 2,715 gr/kWh lebih besar dari pada bahan bakar B15 (Biji Nyamplung). Pada urutan ketiga diikuti oleh bahan bakar Biosolar Pertamina yang memiliki nilai SFOC sebesar 324,215 gr/kWh. Sedangkan HSD memiliki SFOC tertinggi diantara bahan bakar lainnya yang bernilai 350,413 gr/kWh..

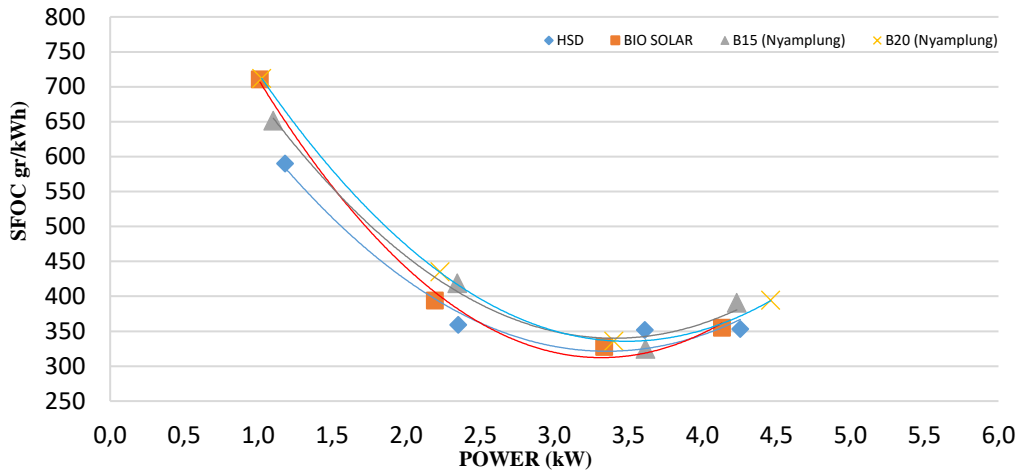
4.3.8. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2100



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

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.4), Pada jenis bahan bakar Biosolar memiliki nilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 315,635 gr/kWh. Dikuti oleh bahan bakar B15 (Biji Nyamplung) bernilai SFOC sebesar 318,785 gr/kWh dengan selisih 3,149 gr/kWh lebih besar dari pada bahan bakar Biosolar. Pada urutan ketiga diikuti oleh bahan bakar B20 (Nyamplung) yang memiliki nilai SFOC sebesar 318,957 gr/kWh. Sedangkan HSD memiliki SFOC tertinggi diantara bahan bakar lainnya yang bernilai 351,328 gr/kWh.

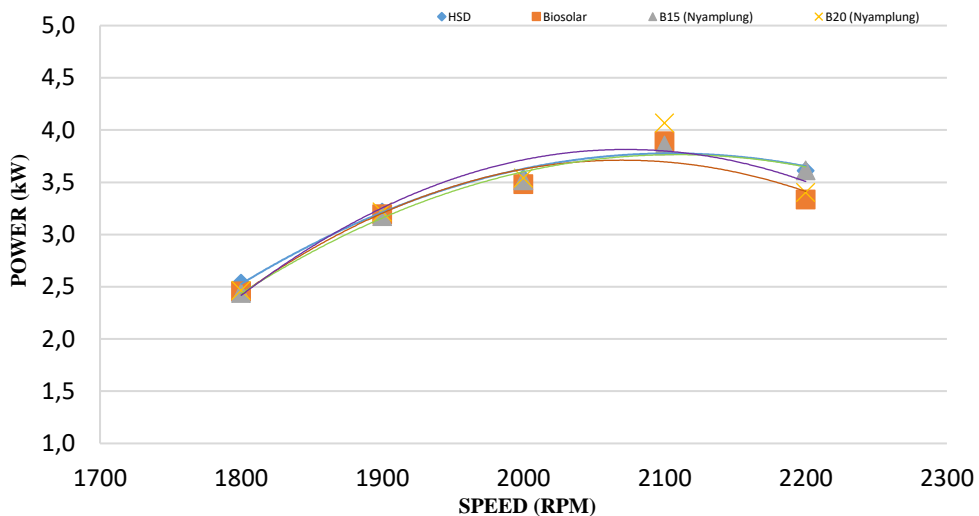
4.3.9. Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 Biji Nyamplung, Dan B20 Biji Nyamplung Pada RPM 2200



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

Dari grafik perbandingan daya dengan SFOC terhadap jenis bahan bakar (grafik 4.4), Pada jenis bahan bakar B15 (Biji Nyamplung) memiliki nilai SFOC paling kecil diantara bahan bakar yang lain. Dengan nilai SFOC paling rendah sebesar 324,478 gr/kWh. Dikuti oleh bahan bakar Biosolar bernilai SFOC sebesar 327,467 gr/kWh dengan selisih 2,989 gr/kWh lebih besar dari pada bahan bakar Biosolar. Pada urutan ketiga diikuti oleh bahan bakar B20 (Nyamplung) yang memiliki nilai SFOC sebesar 335,389 gr/kWh. Sedangkan HSD memiliki SFOC tertinggi diantara bahan bakar lainnya yang bernilai 351,511 gr/kWh.

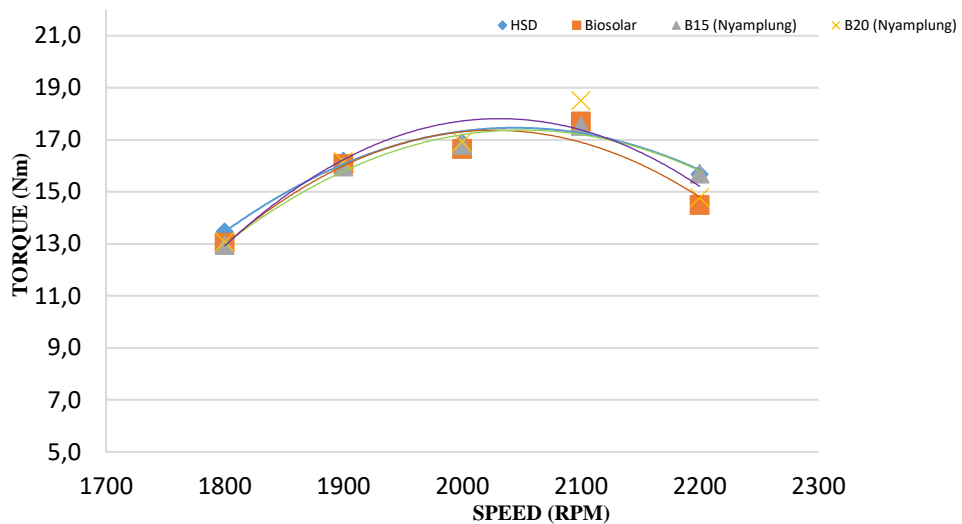
4.3.10. Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran Mesin



Grafik 4. 10. Perbandingan Daya Maksimum dengan Putaran Mesin Pada Setiap Jenis Bahan Bakar

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai daya maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai daya terbesar didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada setiap RPM. Titik puncak daya terjadi pada RPM 2100. Pada RPM 2100 merupakan daya dan RPM maksimum yang dimiliki oleh engine. HSD menghasilkan daya sebesar 3,8918 Kw, Biosolar menghasilkan daya sebesar 3,8927 Kw, B15 (Biji Nyamplung) menghasilkan daya sebesar 3,8543 Kw, dan B20 (Biji Nyamplung) menghasilkan daya sebesar 4,0675 Kw. Dari keempat bahan bakar, B20 (Biji Nyamplung) menghasilkan daya yang paling besar dibandingkan dengan bahan bakar HSD, Biosolar dan B20 (Biji Nyamplung) . Pada grafik 4.10 juga terlihat bahwa pada jenis bahan bakar B20 (Biji Nyamplung) menghasilkan daya dibawah biosolar dengan selisih 0,1748 kW. Sedangkan B20 (Biji Nyamplung) dengan HSD memiliki selisih sebesar 0,1757 kW.

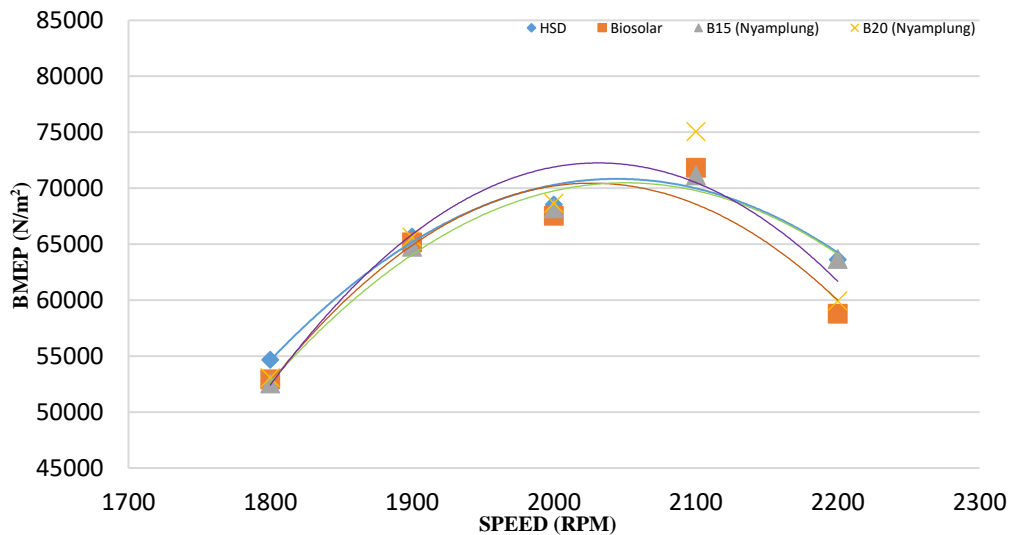
4.3.11. Perbandingan Antara Torsi Maksimum dengan Putaran Mesin



Grafik 4. 11 Perbandingan Torsi Dengan Putaran Mesin Pada Daya Maksimum

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai torsi maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai torsi maksimum didapatkan dari daya maksimum pada grafik 4.11 pada setiap RPM. Pada RPM 2100 merupakan torsi maksimum yang dimiliki oleh engine. Biosolar menghasilkan torsi sebesar 17,7102 Nm, HSD menghasilkan torsi sebesar 17,7062 Nm, B15 (Nyamplung) menghasilkan torsi sebesar 17,5357 Nm, dan B20 (Nyamplung) menghasilkan torsi sebesar 18,5057 Nm. Dari keempat bahan bakar, B20 (Nyamplung) menghasilkan torsi yang paling besar dibandingkan dengan bahan bakar HSD, Biosolar, dan B15 (Nyamplung). Pada grafik 4.11 terlihat bahwa pada jenis bahan bakar Biosolar menghasilkan torsi dibawah B20 (Nyamplung) dengan selisih 0,7955 Nm.

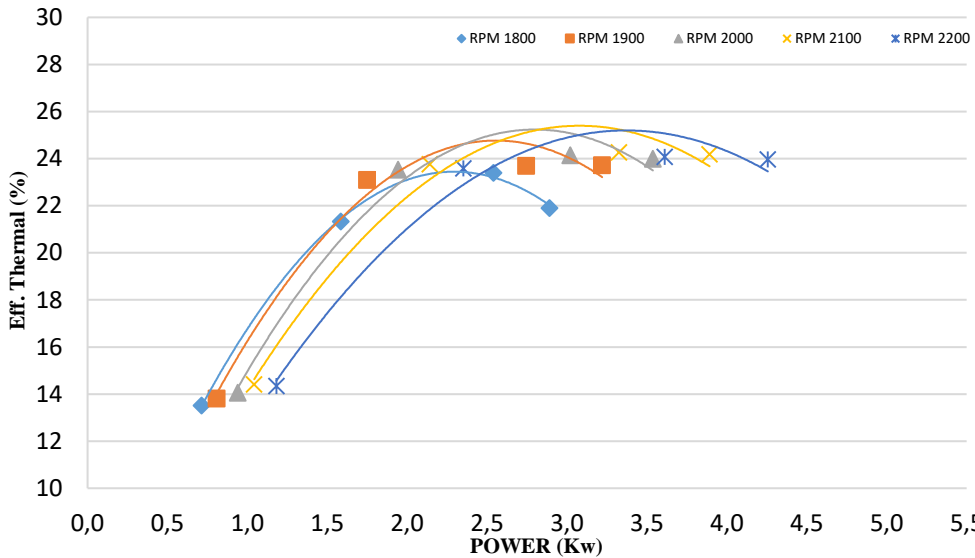
4.3.12. Perbandingan Antara BMEP Maksimum dengan Putaran Mesin



Grafik 4. 12. Perbandingan Antara Torsi Maksimum dengan Putaran Mesin

Grafik diatas merupakan perbandingan antara nilai BMEP maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai BMEP terbesar didapatkan pada saat RPM 2100. Jenis bahan bakar HSD memiliki nilai BMEP sebesar 71830,52241 N/m², Biosolar memiliki nilai BMEP sebesar 71846,7917 N/m², B15 (Biji Nyamplung) memiliki nilai BMEP sebesar 71138,8231 N/m², dan B20 (Biji Nyamplung) memiliki nilai BMEP sebesar 75073,8261 N/m². Dari keempat jenis bahan bakar B20 (Biji Nyamplung) memiliki nilai BMEP yang paling besar diantara jenis bahan bakar lainnya. Sedangkan B15 (Biji Nyamplung) menghasilkan BMEP terkecil diantara kedua bahan bakar.

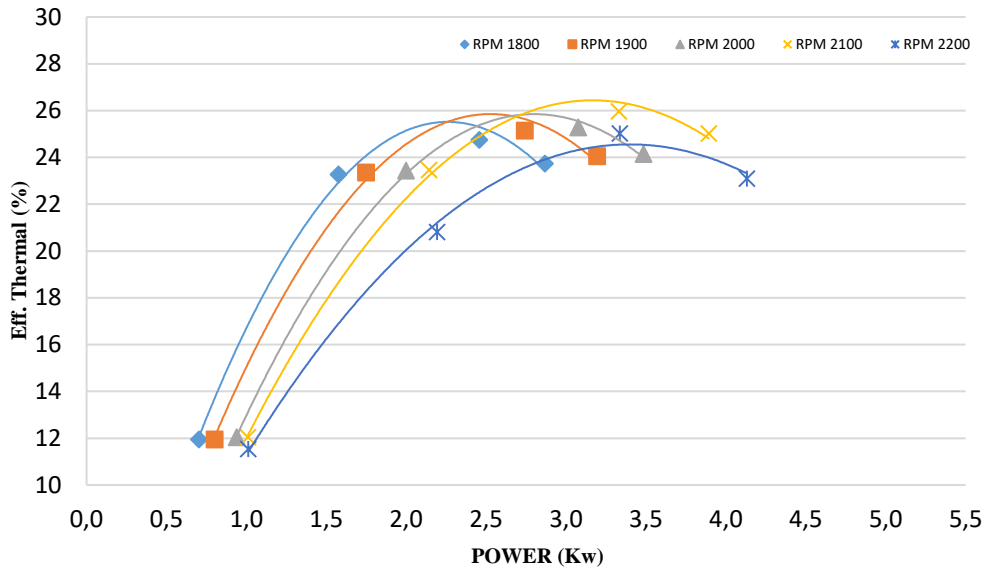
4.3.13. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD



Grafik 4. 13. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar HSD. Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 23,3985 %, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 23,7019 %. Dengan adanya selisih nilai efisiensi thermal sebesar 0,3034 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

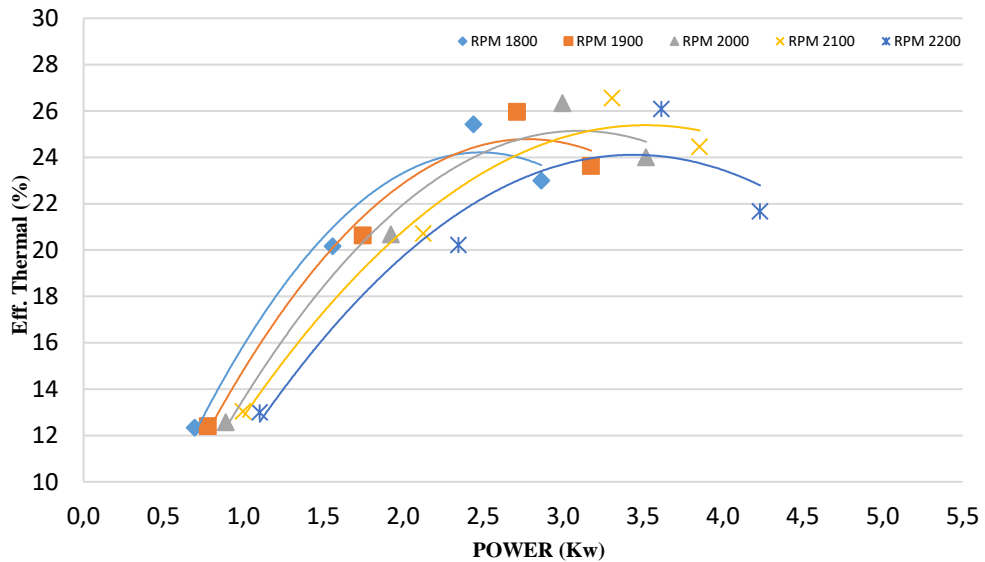
4.3.14. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar



Grafik 4. 14. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 24,7851 %, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,1487%. Dengan adanya selisih nilai efisiensi thermal sebesar 0,3900 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

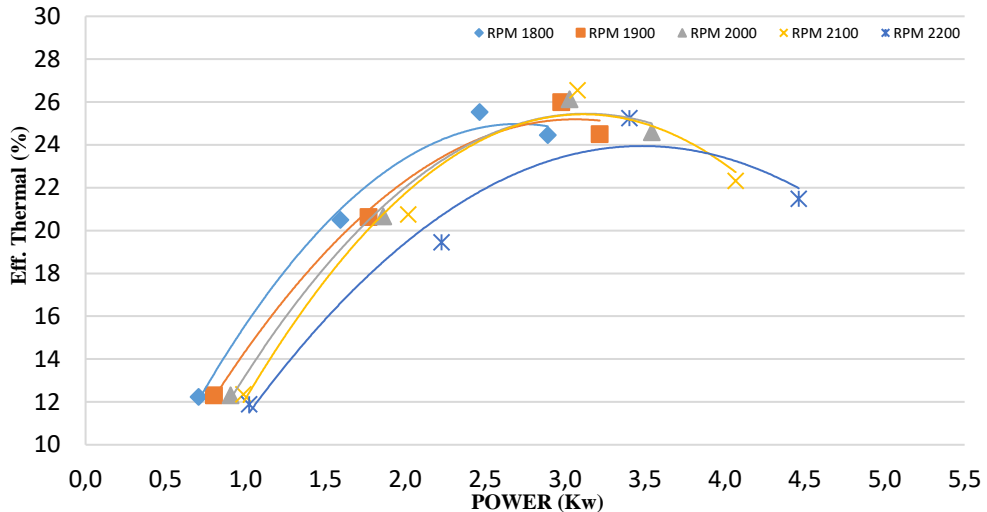
4.3.15. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Nyamplung)



Grafik 4. 15. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B15 (Nyamplung)

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,43 %, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,97%. Dengan adanya selisih nilai efisiensi thermal sebesar 0,5472 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

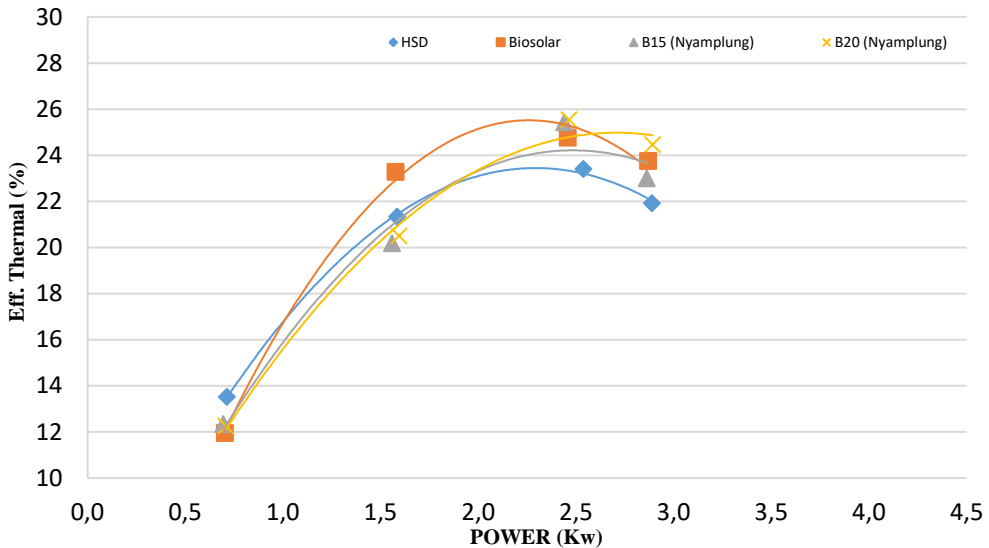
4.3.16. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B20 (Nyamplung)



Grafik 4. 16. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B20 (Nyamplung)

Grafik diatas merupakan perbandingan antara eff thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar Nilai efisiensi thermal terbesar didapatkan pada saat nilai SFOC terendah untuk setiap putarannya. Pada putaran 1800 rpm, nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 25,5417%, sedangkan pada putaran 1900 rpm nilai efisiensi thermal yang dihasilkan sebesar 26,0057%. Dengan adanya selisih nilai efisiensi thermal sebesar 0,464 %, maka berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai efisiensi thermal yang didapatkan semakin besar pula. Namun, pada RPM 2200 Eff Thesmis mengalami penurunan, hal ini terjadi RPM overload engine.

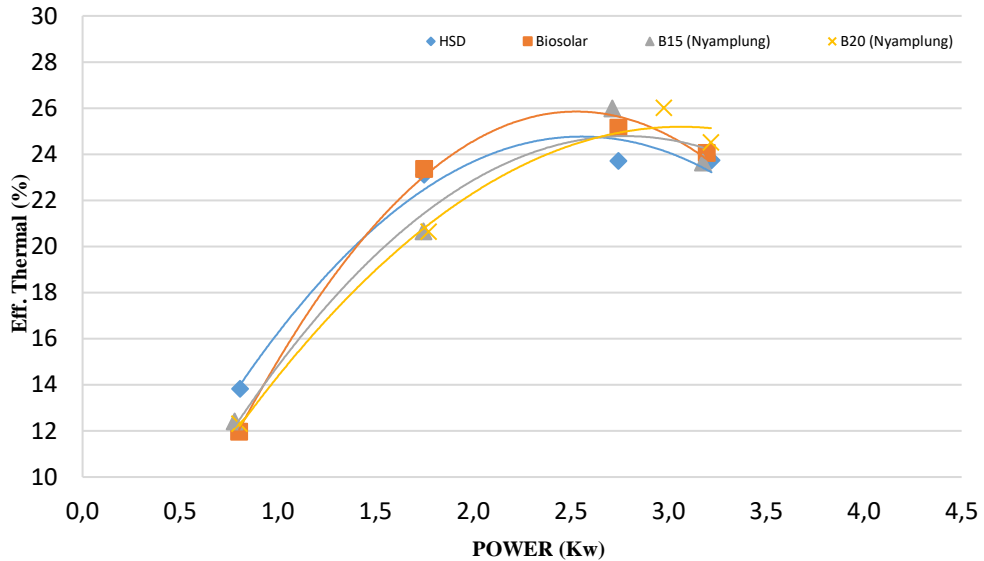
4.3.17. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1800



Grafik 4. 17. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1800

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B20 (Nyamplung) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B20 (Nyamplung) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 25,54 %. Sedangkan pada B15 (Nyamplung) bernilai Eff Thermal sebesar 25,43 %. Nilai Eff Thermal B20 (Nyamplung) lebih tinggi dengan HSD dengan selisih Eff Thermal sebesar 2,14 %. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,78%.

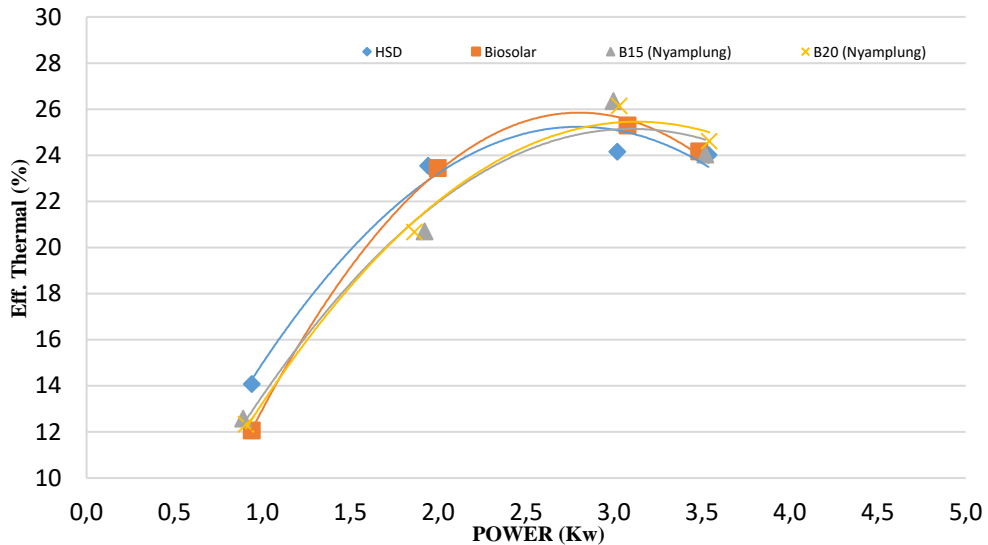
4.3.18. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1900



Grafik 4. 18. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 1900

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B20 (Nyamplung) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B20 (Nyamplung) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 26,00 %. Sedangkan pada B15 (Nyamplung) bernilai Eff Thermal sebesar 25,97 %. Nilai Eff Thermal B20 (Nyamplung) lebih tinggi dengan HSD dengan selisih Eff Thermal sebesar 2,3 %. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,85 %.

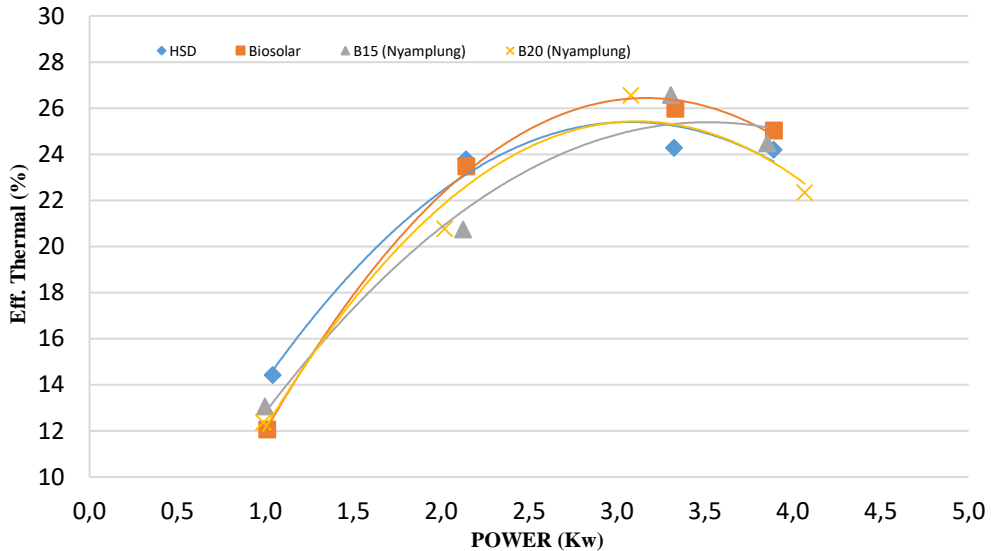
4.3.19. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2000



Grafik 4. 19. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2000

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B15 (Nyamplung) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B15 (Nyamplung) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 26,34 %. Sedangkan pada B20 (Nyamplung) bernilai Eff Thermal sebesar 26,13 %. Nilai Eff Thermal B15 (Nyamplung) lebih tinggi dengan HSD dengan selisih Eff Thermal sebesar 2,19 %. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 1,06 %.

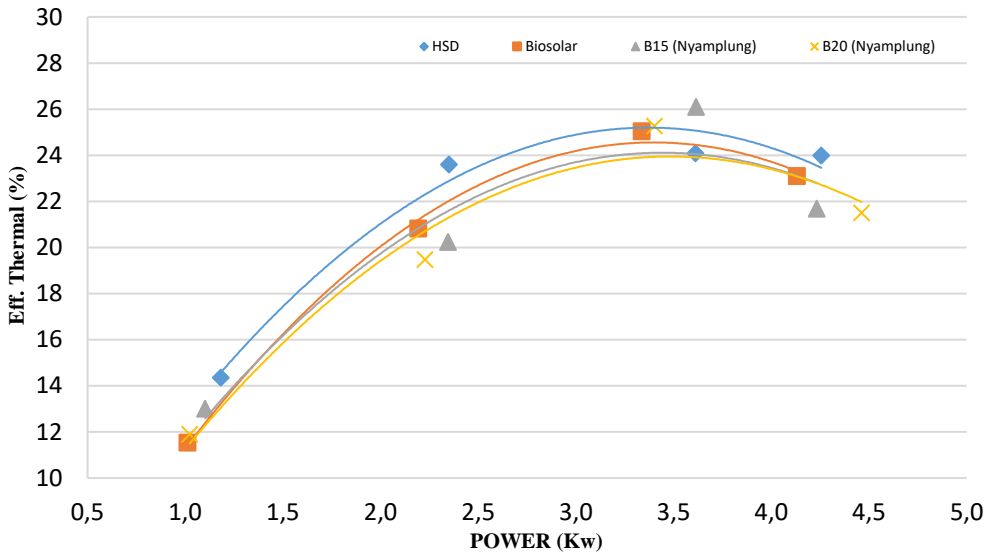
4.3.20. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2100



Grafik 4. 20. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2100

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B15 (Nyamplung) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B15 (Nyamplung) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 26,56 %. Sedangkan pada B20 (Nyamplung) bernilai Eff Thermal sebesar 26,55 %. Nilai Eff Thermal B15 (Nyamplung) lebih tinggi dengan HSD dengan selisih Eff Thermal sebesar 2,29 %. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 0,59 %.

4.3.21. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2200



Grafik 4. 21. Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar HSD, Biosolar, B15 (Nyamplung), dan B20 (Nyamplung) pada RPM 2200

Dari grafik perbandingan Eff Thermis dengan daya terhadap jenis bahan bakar. Pada jenis bahan bakar B15 (Nyamplung) memiliki nilai Eff Thermis paling tinggi diantara bahan bakar yang lain. B15 (Nyamplung) dengan nilai Eff Thermal paling tinggi sebesar 26,09 %. Sedangkan pada B20 (Nyamplung) bernilai Eff Thermal sebesar 25,25 %. Nilai Eff Thermal B15 (Nyamplung) lebih tinggi dengan HSD dengan selisih Eff Thermal sebesar 1,17 %. Dibandingkan dengan Biosolar juga lebih tinggi dengan selisih Eff Thermal sebesar 1,06%.

4.4. Analisa Ekonomi Biodiesel Biji Nyamplung

Analisa ekonomi digunakan untuk dapat mengetahui apakah suatu produk yang direncanakan layak untuk didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomis, diperlukan perhitungan 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 Nyamplung apabila dibuat dalam skala industri. Factor – factor yang ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah :

1. Laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return, IRR*)
2. Waktu pengembalian modal minimum (*Minimum Pay Out, MPO*)
3. Titik Impas (*Break Even Point, BEP*)

Sebelum dilakukan analisa terhadap ketiga factor diatas, perlu dilakukan peninjauan terhadap beberapa hal, yaitu sebagai berikut :

1. Penaksiran modal (*Total Capital Investment, TCI*)
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment, FCI*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment, WCI*)
2. Penentuan biaya produksi (*Total Production Cost, TPC*)
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya plant overhead (*Plant Overhead Cost*)
 - c. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses*)
3. Biaya Total

Untuk mengetahui besarnya titik impas (BEP) perlu dilakukan penaksiran terhadap :

- a. Biaya tetap (*Fixed Cost, FC*)
- b. Biaya semi variable (*semi variable cost, SVC*)
- c. Biaya variabel (*Variable Cost, VC*)
- d. Total Penjualan (*Sale, S*)
- e. Total pendapatan

Analisa ekonomi yang dilakukan menggunakan “*Metode Discounted Cash Flow*”.

Berikut penjelasan tentang analisa ekonomi beserta perhitungannya

4.4.1. Penentuan Investasi Total (*Total Capital Investment*)

a. Biaya Langsung

Tabel 4. 3. Biaya Langsung

1	Purchased equipment	21%	E	Rp	21.162.753.277
2	Instalasi, pengecatan, dan isolasi	9%	E	Rp	8.465.101.311
3	Instrumentasi dan kontrol	4%	E	Rp	4.232.550.655

4	Perpipaan	6%	E	Rp	6.348.825.983
5	Sistem kelistrikan	3%	E	Rp	3.174.412.992
6	Ongkos kapal laut	4%	E	Rp	4.444.178.188
7	Asuransi	0,4%	E	Rp	423.255.066
8	Biaya angkut barang ke plant	5%	E	Rp	4.867.433.254
9	Fasilitas pelayanan	11%	E	Rp	10.581.376.639
10	<i>Yard improvement</i>	3%	E	Rp	3.174.412.992
11	Bangunan	6%	E	Rp	6.137.198.450
12	Tanah	1%	E	Rp	1.269.765.197

Total Direct Cost adalah 75 % atau Rp 74.281.264.004

b. Biaya Tidak Langsung

1.	<i>Engineering and supervision</i>	7%	E	Rp	6.983.708.582
2.	Biaya konstruksi	7%	E	Rp	7.406.963.647
3.	Biaya kontraktor	3%	E	Rp	3.174.412.992
4.	Biaya tak terduga	7%	E	Rp	7.406.963.647
	<i>Total Indirect Cost</i>			Rp	24.972.048.867

$$\begin{aligned}
 \text{Model Tetap (FCI)} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp}74.281.264.004 + \text{Rp}24.972.048.867 \\
 &= \mathbf{\text{Rp} 99.253.312.871}
 \end{aligned}$$

c. Modala Kerja (*Working Capital Investment, WCI*)

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 15 \% \text{ TCI} \\
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 &= \text{Rp} 99.253.312.871 + 15\% \text{ TCI} \\
 \text{TCI} &= \text{RP} 116.768.603.378 \\
 \text{WCI} &= \text{Rp} 17.515.290.507
 \end{aligned}$$

Jadi,

$$\text{Total Investasi (TCI)} = \text{RP} 116.768.603.378$$

Modal investasi terbagi atas,

1. Modal sendiri (*equity*) 60% TCI = Rp 70.061.162.027
2. Modal Pinjaman Bank (*Loan*) 40% TCI = Rp 46.707.441.351

4.4.2. Penentuan Investasi Total (*Total Capital Investment*)

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

Tabel 4. 4. Biaya Produksi Langsung

1.	Bahan baku (1 tahun)			Rp	603.164.985.579
2.	Tenaga kerja (1 tahun)			Rp	14.160.000.000
3.	Utilitas	10%	OL		

4.	Pemeliharaan dan perbaikan	5%	TPC	Rp	4.962.665.644
5.	<i>Operating supplies</i>	1%	FCI	Rp	496.266.564
6.	Supervisor langsung	10%	FCI	Rp	1.416.000.000
7.	Patent dan royalti	1%	OL		
8.	Laboratorium	10%	TPC	Rp	1.416.000.000

Total Biaya produksi langsung (DPC) Rp 625.615.917.787

b. Biaya Tetap (*fixed charger*)

Tabel 4. 5. Biaya Tetap

Depresiasi (peralatan dan bangunan)	10%	FCI	Rp	9.925.331.287
Pajak daerah	2%	FCI	Rp	1.985.066.257
Asuransi	1%	FCI	Rp	992.533.129

Total Biaya Tetap (FC) Rp 12.902.930.673

c. Biaya Plant Overhead (*Plant Overhead Cost, POC*)

POC = 4% TPC

Total Biaya Pembuatan (MC) = DPC + FC + POC

Tabel 4. 6. Biaya Plant Overhead

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 1.167.686.034

Biaya PEngeluaran Umum (GE) Rp 1.167.686.034 + 0,09 TPC

Biaya produksi tanpa depresiasi = Rp 831.767.477.257

4.4.3. 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 = 60 %
 - Modal pinjaman = 40 %
2. Suku bunga bank = 10,5 % per tahun
3. Inflasi = 3,12%

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
 - Pada akhir tahun kedua masa konstruksi (tahun ke (-1)) digunakan sisa
 6. Pengembalian pinjaman dilakukan pada jangka waktu 10 tahun, yaitu 10 % tiap tahun
 7. Umur pabrik diperkirakan selama 15 tahun, depresiasi sebesar 10 % per tahun
 8. Kapasitas produksi pabrik :
 - Tahun ke-1 = 60 %
 - Tahun ke-2 = 80 %
 - Tahun ke-3 = 100 %
 9. Pajak pendapatan
 - Rp. 25.000.000 - Rp. 50.000.000 = 5%
 - Rp. 50.000.000 - Rp. 250.000.000 = 15 %
 - Rp. 250.000.000 - Rp. 500.000.000 = 25 %
 - Lebih dari Rp. 500.000.000 = 30 %
- Pajak penghasilan (Pasal 17 ayat 1, UU No. 36 Tahun 2008)

Tabel 4. 7. Biaya Operasi untuk Kapasitas 60%, 80%, dan 100%

No.	Kapasitas Produksi	Biaya Produksi (Rp)
1.	60%	499.060.486.354
2.	80%	665.413.981.806
3.	100%	831.767.477.257

Tabel 4. 8. Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Pinjaman		
		Biaya (Rp)	Bunga Bank 10,25%	Jumlah (Rp)
-2	30%	14.012.232.405	0	14.012.232.405

-1	70%	32.695.208.946	1.961.712.537	34.656.921.482
0	0	0	6.813.681.544	6.813.681.544
Modal pinjaman pada akhir masa konstruksi pabrik				55.482.835.432

Tabel 4. 9. Modal Sendidri Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Sendiri		
		Biaya (Rp)	Laju Inflasi 3,12%	Jumlah (Rp)
-2	50%	35.030.581.013	0	35.030.581.013
-1	50%	35.030.581.013	1.226.070.335	36.256.651.349
0	0	0	2.495.053.133	2.495.053.133
Modal sendiri pada akhir masa konstruksi pabrik				73.782.285.495

Total biaya pada akhir masa konstruksi = modal sendiri + modal pinjaman
= Rp 129.265.120.927

Perhitungan harga penjualan produk :

Untuk kapasitas produksi sebesar 100 % didapatkan harga penjualan produk sebesar :
Rp 871.294.417.650

4.4.4. Perhitungan *Net Present Value* (NPV) dan Pengambalian Modal (*Internal Rate of Return*, IRR)

NPV merupakan suatu nilai bersih dari hasil pengurangan manfaat serta biaya pada tingkat suku bunga tertentu yang dikumulatifkan dari tahun ke tahun. Kriteria nilai bersih sekarang (NPV) didasarkan atas dasar konsep diskonto semua arus kas masuk dan keluar selama umur proyek (investasi) kenilai sekarang, kemudian dihitung angka bersihnya akan diketahui selisih dengan memakai dasar yang sama yaitu harga pasar saat ini. Ada dua hal yang harus diperhatikan yaitu nilai waktu dari uang dan selisih besar arus kas masuk dan keluar.

Dalam investasi proyek apakah proyek tersebut layak atau tidak layak, dinyatakan oleh nilai net present value (NPV). Untuk NPV yang memberikan nilai positif atau lebih besar nol berarti proyek tersebut layak untuk dilaksanakan, apabila NPV memberikan nilai negative atau lebih kecil nol berarti proyek tersebut mengembalikan persis sebesar opportunity cost faktor produksi modal.

Net present value proyek dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan matematis berikut (Grant et.al, 1996):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(c)t}{(1+I')^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(c_o)}{(1+I')^t}$$

Dimana :

- NPV = Nilai sekarang netto
 (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 dilakukan selama 15 tahun. Dengan i 10 % dan 14%

Tabel 4. 10. Perhitungan NPV Pada Saat 10,5 %

Tahun Ke	Cash Income Setelah Pajak	DF 10,5%	Present Value Cash Income
0	-Rp127.019.777.452	1	-Rp127.019.777.452
1	Rp 10.733.505.062	0,905	Rp9.713.579.242
2	Rp 16.658.572.283	0,819	Rp13.643.105.000
3	Rp 22.583.639.504	0,7412	Rp16.738.136.245
4	Rp 22.974.935.070	0,6707	Rp15.410.090.193
5	Rp 23.366.230.636	0,607	Rp14.183.299.345
6	Rp 23.757.526.201	0,5493	Rp13.050.511.954
7	Rp 24.148.821.767	0,4971	Rp12.004.940.171
8	Rp 24.540.117.333	0,4499	Rp11.040.237.362
9	Rp 24.931.412.899	0,4071	Rp10.150.475.542
10	Rp 25.322.708.465	0,3684	Rp9.330.123.123
11	Rp 25.714.004.031	0,3334	Rp8.574.023.103
12	Rp 26.105.299.597	0,3018	Rp7.877.371.827
13	Rp 26.496.595.163	0,2731	Rp7.235.698.397
14	Rp 26.887.890.729	0,2471	Rp6.644.844.806
15	Rp 27.279.186.294	0,2236	Rp6.100.946.848
Total NPV			Rp34.677.605.706

Dari data diatas tahun ke-0 merupakan sisa modal setelah proses konstruksi, sehingga didapatkan *Net Present Value* (NPV) yang bernilai positif (+) sebesar Rp 34.677.605.706

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 15% dimana nilai dari NPV_2 negatif (-) . Untuk perhitungan NPV_2 sebagai berikut:

Tabel 4. 11. Perhitungan NPV Pada Saat 15 %

Tahun Ke	Cash Income Setelah Pajak	DF 15%	Present Value Cash Income
0	-Rp127.019.777.452	1	-Rp127.019.777.452
1	Rp 10.733.505.062	0,8696	Rp9.333.482.663
2	Rp 16.658.572.283	0,7561	Rp12.596.273.938
3	Rp 22.583.639.504	0,6575	Rp14.849.109.561
4	Rp 22.974.935.070	0,5718	Rp13.135.993.693
5	Rp 23.366.230.636	0,4972	Rp11.617.146.264
6	Rp 23.757.526.201	0,4323	Rp10.271.034.187
7	Rp 24.148.821.767	0,3759	Rp9.078.436.573
8	Rp 24.540.117.333	0,3269	Rp8.022.207.887
9	Rp 24.931.412.899	0,2843	Rp7.087.063.566
10	Rp 25.322.708.465	0,2472	Rp6.259.386.250
11	Rp 25.714.004.031	0,2149	Rp5.527.050.895
12	Rp 26.105.299.597	0,1869	Rp4.879.267.152
13	Rp 26.496.595.163	0,1625	Rp4.306.437.471
14	Rp 26.887.890.729	0,1413	Rp3.800.029.513
15	Rp 27.279.186.294	0,1229	Rp3.352.461.556
Total NPV			-Rp2.904.396.283

Maka dengan menggunakan persamaan :

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

NPV 1	Rp34.677.605.706
NPV 2	-Rp2.904.396.283
i1	10,5%
i2	15%

Didapatkan nilai IRR sebesar 14,65 % dari percobaan ini dapat dilihat bahwa nilai IRR yang dihasilkan melebihi IRR saat ini dengan nilai 10,5 % dengan nilai tersebut dapat dikatakan bahwa perencanaan pabrik biodiesel layak / *fleksibel*

4.4.5. Waktu Pengembalian Modal (*Payout Time, POT*)

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

Tabel 4. 12. Commulative Cash Flow

Tahun ke - n	Net Cash Flow	Cummulative Cash Flow
1	9.137.044.723	9.137.044.723
2	15.214.548.165	24.351.592.887
3	21.292.051.607	45.643.644.494
4	21.835.783.394	67.479.427.888
5	22.379.515.181	89.858.943.070
6	22.923.246.969	112.782.190.038
7	23.466.978.756	136.249.168.794
8	24.010.710.543	160.259.879.337
9	24.554.442.330	184.814.321.668
10	25.098.174.118	209.912.495.785

Dari tabel di atas, untuk total investasi = Rp 129.265.120.927, dengan cara interpolasi antara tahun ke-6 dan tahun ke-7, maka diperoleh waktu pengembalian model 6,7 tahun.

4.4.6. Analisa Titik Impas (*Break Even Point, BEP*)

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

Tabel 4. 13. Biaya FC, VC, SVC dan S

No.	KETERANGAN	JUMLAH	
1.	Biaya tetap (FC)	Rp.	12.902.930.673
2.	Biaya variabel (VC)		
	- Bahan baku	Rp.	603.164.985.579
	- Utilitas	Rp.	84.169.280.854
		Rp.	687.334.266.433
3.	Biaya semi variabel (SVC)		
	- Tenaga kerja	Rp.	14.160.000.000
	- Pemeliharaan dan perbaikan	Rp.	4.962.665.644
	- <i>Operating supplies</i>	Rp.	496.266.564
	- Laboratorium	Rp.	1.416.000.000

	- Paten dan royalti	Rp.	8.416.000.000
	- <i>Plant overhead cost</i>	Rp.	33.667.712.342
	- Pengeluaran umum	Rp.	75.752.352.768
		Rp.	138.871.925.404
4.	Total penjualan (S)	Rp.	871.294.417.650

Perhitutngan BEP secara analitis :

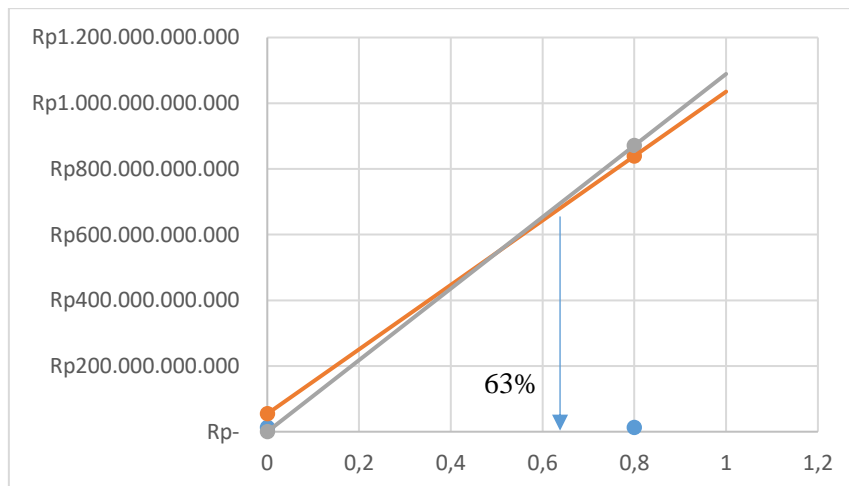
$$\text{BEP} = \frac{FC + 0.3 \text{ SVC}}{S - 0.7 \text{ SVC} - VC} \times 100\%$$

$$= 63\%$$

Tabel 4. 14. FC, VC, SVC, dan S berdasarkan kapasitas produksi nyamplung

Capacity	0%	100%
Fixed Cost	Rp 12.902.930.673	Rp 12.902.930.673
Fixed Expenses	Rp 54.564.508.294	Rp 839.109.122.511
Total Revenue	0	Rp 871.294.417.650

Dari nilai pada table 4.9 maka didapat kan grafik 4.22 yang memperlihatkan titik potong dimana penjualan total mulai melebihi pengeluaran total.



Grafik 4. 22. Garfik BMEP Biodiesel Biji Nyamplung

Dari perhitungan NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), POT (*Pay Out Time*), dan BEP. Untuk nilai NPV memiliki nilai positif (+) sebesar Rp 34.677.605.706 dengan suku bunga sebesar 10,5 % yang diasumsikan pada awal perhitungan, dengan nilai positif tersebut maka dapat dikatakan dengan metode NPV perencanaan pabrik biodiesel nyamplung layak untuk dilakukan/ *feasible*. Setelah mendapatkan harga NPV (*Net Present Value*) maka dilanjutkan dengan menghitung nilai dari IRR. Perhitungan IRR (*Internal Rate of Return*) dimulai dengan mencari nilai suku bunga (i) yang membuat NPV negative (-). Sehingga didapatkan nilai IRR sebesar 14,65 % dimana nilai tersebut lebih tinggi dari pada nilai i yang diasumsikan pada proyek ini sebesar 10,5 %. Dan untuk nilai POT (*Pay Out Time*) dengan menggunakan persamaan interpolasi sehingga didapatkan nilai 6,7 tahun untuk balik modal dengan BEP sebesar 63 %.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan proses pembuatan biodiesel yang didapatkan kandungan properties Nyamplung beserta pengaruh dalam performansi dan proses pembakaran motor diesel, maka dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji properties biodiesel Biji Nyamplung, telah didapatkan bahwa kandungan properties yang dihasilkan sebagian telah memenuhi standar dari biodiesel nasional yang ditetapkan. Hanya saja untuk viskositas dan *flash point* untuk biodiesel biji nyamplung masih belum memenuhi standar SNI. Dimana nilai yang diizinkan dari SNI untuk viskositas berkisar antar 2,3 sampai 6 cst. Sedangkan untuk *flash point* SNI memiliki standar minimal untuk biodiesel sebesar 100 °C. Nilai viskositas dan *flash point* yang tidak memenuhi disebabkan karena adanya kesalahan langkah – langkah serta kadar komposisi methanol dan katalis dalam proses pembuatan biodiesel sehingga menghasilkan nilai viskositas sebesar 7,23 cst dan flash point sebesar 85 °C.
2. Hasil proses uji performansi yang dapat diketahui dari 4 variabel diantaranya sebagai berikut:
 - a. Semakin besar putaran mesin, maka semakin besar daya yang bekerja pada mesin. Pada penelitian daya terbesar dihasilkan oleh Bahan bakar B20 (Nyamplung), dengan daya sebesar 4,067 kW pada RPM 2100. Tetapi pada RPM 2200 daya mesin berkurang dengan selisih sebesar 0,175 kW. Sedangkan untuk bahan bakar B15 (Nyamplung) memiliki daya paling rendah dengan nilai 3,854 kW.
 - b. Torsi didapatkan perhitungan dari daya, sehingga dapat disimpulkan bahwa torsi maksimum juga dicapai pada posisi RPM 2100 dengan menghasilkan torsi sebesar 18.5 Nm. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan torsi paling besar yaitu B20 (Nyamplung), kemudian disusul oleh bahan bakar B15(Nyamplung) dan Biosolar, pada penelitian ini bahan bakar HSD memiliki torsi paling terkecil . BMEP juga didapatkan perhitungan sama dengan daya dan torsi. Sehingga dihasilkan kesimpulan bahan bakar yang menghasilkan BMEP paling besar adalah B20 (Nyamplung), kemudian disusul dengan HSD, Biosolar dan B15 (Nyamplung).
 - c. SFOC pada uji performansi dihasilkan bahwa semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada RPM 2200 SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi RPM overload engine. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan SFOC paling besar yaitu HSD, kemudian disusul dengan

B20 (Nyamplung). dan yang paling kecil nilai SFOC adalah Biosolar 315,6354 gr/kwh.

- d. Efisiensi thermal akan cenderung meningkat sebanding dengan tingginya putaran mesin. Semakin tinggi putaran maka semakin banyak langkah kerja mesin yang dibutuhkan. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan efisiensi thermal paling besar yaitu B15 (Nyamplung). kemudian disusul dengan B20 (Nyamplung) kemudian Biosolar dan terakhir adalah bahan bakar HSD.

3. Kajian Ekonomis

Dengan memperhitungkan nilai dari *Net Present Value (NPV)* didapat sebesar Rp 34.677.605.706 dengan suku bunga sebesar 10,5 % yang diasumsikan pada awal perhitungan, dengan nilai positif tersebut maka dapat dikatakan dengan metode NPV perencanaan pabrik biodiesel nyamplung layak untuk dilakukan/*feasible*. *Internal Rate of Return (IRR)* dimulai dengan mencari nilai suku bunga (*i*) yang membuat NPV negative (-). Sehingga didapatkan nilai IRR sebesar 14,65 % dimana nilai tersebut lebih tinggi dari pada nilai *i* yang diasumsikan pada proyek ini sebesar 10,5 %. Dan untuk nilai POT (*Pay Out Time*) dengan menggunakan persamaan interpolasi sehingga didapatkan nilai 6,7 tahun untuk balik modal dengan BEP sebesar 63 %.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukannya penelitian tentang pengaruh jumlah ratio mol pada saat proses pembuatan biodiesel biji nyamplung baik itu proses esterifikasi maupun transesterifikasi. Sehingga kualitas dari biodiesel menjadi lebih baik dan *properties* dari biodiesel biji nyamplung memenuhi standar semua.
2. Perlu dilakukannya kajian ekonomis dengan menggunakan perhitungan atau metode lainnya untuk mengetahui kelayakan dari bahan bakar biodiesel bersaing di pasaran biodiesel Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- ani, Aditya. 2011. *Pengaruh penyiraman air laut terhadap bibit nyamplung (Calophyllum inophyllum L)*. Tekno Hutan Tanaman 4(2): 79-84.
- Jenkins, G.L., (1957), “*Scoville’s ; The Art Of Compounding’*, Ninth Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, Book page 314, 315.
- Klaus, Peters dan Timmerhaus, D. 1991. “Plant Design And Economics for Chemical Engineers”. Library of Congress Cataloging-in Publication Data. Singapore.
- Li, Penglin. 2011. *In Situ Biodiesel Production from Fast- Growing and High Oil Content Chlorella pyrenoidosa in Rice Straw Hydrolysate*. Journal of Biomedicine and Biotechnology, hal. 1-8
- Nurjanah, Santi, 2013. Studi Kelayakan Pengembangan Bisnis Pada PT Dagang Jaya Jakarta. Jurnal *The Winners*, Vol. 14 No. 1
- Ong Chyuan Hwa, dkk. 2013. *Optimization of biodiesel production and engine performance from high free fatty acid Calophyllum inophyllum oil in CI diesel engine*. Energy Conversion and Management, Science Direct. Malaysia
- Ong Chao Zhi dkk. 2016. *Identification of optimum Calophyllum inophyllum bio-fuel blend in diesel engine using advanced vibration analysis technique*. Renewable Energy, Science Direct. Malaysia
- Ong,Hwai,Chyuan dkk. 2014. “*Optimization of biodiesel production and engine performance from high free fatty acid Calophyllum inophyllum oil in CI diesel engine*”. Dalam *Energy Conversion and Management*. Jurnal Homepage : www.elsevier.com/locate/enconman
- Pahlevi, nauval, 2017. *Effect of Water in Fuel Emulsion on Performance and NOx of Diesel Engine. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol. 1(4), Sept. 2017. 221-232 (pISSN: 2541-5972, eISSN: 2548-1479*
- Performance and Emission Evaluation of a Diesel Engine Fueled with Methyl Esters of Rubber Seed Oil, International Journal of Renewable Energy, 30, 1789–1800, 2005.*
- Shodiq ,Ja’afar, As dan Selaksa, Raka. 2017. “*Pra Desain Pabrik Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung*”. Laporan Tugas Akhir. Departemen Teknik Kimia
- Sahirman, 2009, *perancangan proses produksi biodiesel dari minyak biji nyamplung (Calophyllum inophyllum L)*,Bogor Agrucultural University.
- Setio Ardian Fiki.2016. *Analisa Engine Perform dan Combustion Process dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel – Minyak Kemiri Sunan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Scarpete, D., 2013. *Diesel-water emulsion, an alternative fuel to reduce diesel engine emission.a review*. Machines, technologies, materials, ISSN 1313-0226.

Zuhdi, Aguk M.F., Tris Buwono, dll. 2003. *“Biodiesel sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil pada Motor Diesel”*. Laporan Riset – Riset Unggulan Terpadu VIII Bidang Teknologi Energi. Surabaya

LAMPIRAN



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Astrija Wafiq
 Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS
 Nama Contoh : **B100 Biodiesel Nyamplung** Tanggal Terima : 22 Juni 2018
 Deskripsi : Bentuk : **Padat/Cair/Gas** Tanggal Pengujian : 25 Juni 2018
 Contoh Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 05 Juli 2018
 Kemasan : Botol Jumlah Contoh : 01
 Kode Contoh : **EN-028**

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 Biodiesel Nyamplung	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	7,23	cSt	ASTM D 445-97
		<i>Densitas at 40°C</i>	0,860	-	Piknometer
		<i>Lower Heating Value</i>	18.336	BTU/lb	ASTM D 240
		<i>Flash Point</i>	85	°C	ASTM D 93-00
		<i>Pour Point</i>	-7	°C	ASTM D 97-85

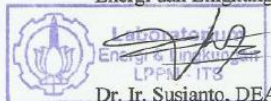
Catatan : Untuk Angka Cetane Range Pengujiannya 20-100

Suhu : 20,4°C
 Humidity : 43%
 Analisis : NRS, MBB, EVY, WNN

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

Koordinator Teknis

Vita Yuliana, S.Si
 NIP. 1990201822404

HSD																		
Putaran Engine (rpm) kontrol	(rpm) aktual	Beban (watt)	Putaran Alumunator (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m ³)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m ³)	Efisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m ²)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
				Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)													
1800	1799	0	1305	158	0	0,00001	1,447	86,79	0,0241	830000	0,9938	0,0000	344,2793	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
1800	1798	1000	1300	178	3,75	0,00001	1,115	66,9	0,0186	830000	0,9905	0,7135	446,6368	62,5,9705	3,7893	15,372,49	42537888	13,5199
1800	1802	2000	1297	189	7,81	0,00001	0,792	47,52	0,0132	830000	0,9861	1,5850	628,7879	396,7103	8,4223	34,167,69	42537888	21,3331
1800	1801	3000	1294	198	11,92	0,00001	0,542	32,54	0,0090	830000	0,9843	2,5388	918,2545	361,6922	13,4605	54,606,43	42537888	23,3985
1800	1799	4000	1290	193	13,89	0,00001	0,446	26,77	0,0074	830000	0,9824	2,8894	1116,1748	386,3031	15,3279	62,182,04	42537888	21,9078
1900	1901	0	1376	167	0	0,00001	1,419	85,14	0,0237	830000	0,9916	0,0000	350,9514	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
1900	1902	1000	1374	193	3,91	0,00001	1,007	60,42	0,0168	830000	0,9897	0,8073	494,5382	612,5464	4,0576	16,460,89	42537888	13,8162
1900	1900	2000	1365	201	8,09	0,00001	0,777	46,63	0,0130	830000	0,9842	1,7493	640,7892	366,3082	8,7872	35,647,80	42537888	23,1036
1900	1899	3000	1362	206	12,36	0,00001	0,508	30,5	0,0085	830000	0,9826	2,7437	979,6721	357,0625	13,7967	55,970,30	42537888	23,7019
1900	1898	4000	1360	207	14,42	0,00001	0,434	26,02	0,0072	830000	0,9817	3,2196	1148,3474	356,6789	16,1980	65,712,14	42537888	23,7273
2000	1999	0	1435	192	0	0,00001	1,395	83,71	0,0233	830000	0,9835	0,0000	356,9466	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
2000	2001	1000	1441	207	4,23	0,00001	0,881	52,86	0,0147	830000	0,9866	0,9397	565,2667	601,5290	4,4913	18,220,43	42537888	14,0692
2000	2003	2000	1440	215	8,41	0,00001	0,713	42,76	0,0119	830000	0,9849	1,9438	698,7839	359,4901	9,2811	37,651,61	42537888	23,5418
2000	2000	3000	1435	219	12,8	0,00001	0,471	28,24	0,0078	830000	0,9830	3,0195	1058,0737	350,4134	14,4028	58,429,06	42537888	24,1516
2000	1998	4000	1433	220	14,92	0,00001	0,399	23,96	0,0067	830000	0,9826	3,5371	1247,0785	352,5737	16,8968	68,547,01	42537888	24,0036
2100	2100	0	1541	209	0	0,00001	1,345	80,68	0,0224	830000	1,0053	0,0000	370,3520	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
2100	2102	1000	1515	222	4,38	0,00001	0,814	48,83	0,0136	830000	0,9874	1,0427	611,9189	586,8724	4,7438	19,244,45	42537888	14,4206
2100	2101	2000	1513	229	8,71	0,00001	0,653	39,2	0,0109	830000	0,9866	2,1406	762,2449	359,0826	9,7298	39,471,69	42537888	23,7671
2100	2101	3000	1507	233	13,24	0,00001	0,430	25,78	0,0072	830000	0,9827	3,2440	1159,0380	348,6888	15,1156	61,320,88	42537888	24,2711
2100	2099	4000	1506	234	15,44	0,00001	0,366	21,95	0,0061	830000	0,9830	3,8918	1361,2756	349,7780	17,6978	71,796,33	42537888	24,1955
2200	2198	0	1586	222	0	0,00001	0,830	49,77	0,0138	830000	0,9885	0,0000	600,3617	0,0000	0,0000	0,00	42537888	0,0000
2200	2198	1000	1585	236	4,67	0,00001	0,715	42,87	0,0119	830000	0,9879	1,1812	696,9909	590,0608	5,1345	20,829,43	42537888	14,3427
2200	2200	2000	1582	243	9	0,00001	0,591	35,43	0,0098	830000	0,9852	2,3505	843,3531	358,7909	10,2172	41,449,09	42537888	23,5877
2200	2201	3000	1580	245	13,69	0,00001	0,392	23,54	0,0065	830000	0,9835	3,6111	1269,3288	351,5108	15,6821	63,619,10	42537888	24,0762
2200	2203	4000	1574	247	15,93	0,00001	0,332	19,89	0,0055	830000	0,9788	4,2562	1502,2624	352,9558	18,4755	74,951,47	42537888	23,9776

BIOSOLAR																		
Putaran Engine (rpm)	Behan (watt)	Putaran Aluminator (Rpm)	Alternator			Volume Bahan Bakar (m ³)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m ³)	Efisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m ²)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
			Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)														
1800	0	1300	147	0	0.00001	1.428	85.67	0.0238	850000	0.9894	0.0000	357.1845	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	43921500	0.0000
1800	1803	1299	176	3.722	0.00001	1.058	63.49	0.0176	850000	0.9870	0.7027	481.9657	685.8632	3.7237	15106.28	43921500	11.9505	
1800	1802	2000	188	7.8	0.00001	0.918	55.1	0.0153	850000	0.9845	1.5770	555.3539	352.1513	8.3614	33920.35	43921500	23.2753	
1800	1800	3000	1295	11.9	0.00001	0.627	37.6	0.0104	850000	0.9841	2.4582	813.8298	331.0613	13.0480	52933.10	43921500	24.7581	
1800	1801	4000	1293	13.88	0.00001	0.515	30.9	0.0086	850000	0.9836	2.8689	990.2913	345.1867	15.2190	61740.46	43921500	23.7450	
1900	0	1374	168	0	0.00001	0.993	59.56	0.0165	850000	0.9907	0.0000	513.7676	0.0000	0.0000	0.00	43921500	0.0000	
1900	1901	1373	192	3.9	0.00001	0.928	55.7	0.0155	850000	0.9895	0.8013	549.3716	685.6237	4.0271	16337.03	43921500	11.9547	
1900	1898	2000	1366	201	0.00001	0.831	49.87	0.0139	850000	0.9860	1.7484	613.5953	350.9558	8.8009	35703.28	43921500	23.3546	
1900	1904	3000	1366	206	0.00001	0.571	34.23	0.0095	850000	0.9829	2.7429	893.9527	325.9189	13.7635	55835.79	43921500	25.1487	
1900	1901	4000	1364	206	0.00001	0.468	28.1	0.0078	850000	0.9830	3.1952	1088.9680	340.8118	16.0587	65146.79	43921500	24.0498	
2000	2003	0	1446	188	0.00001	0.976	58.56	0.0163	850000	0.9890	0.0000	522.5410	0.0000	0.0000	0.00	43921500	0.0000	
2000	2003	1000	1443	207	0.00001	0.798	47.9	0.0133	850000	0.9870	0.9394	638.8309	680.0762	4.4806	18176.99	43921500	12.0522	
2000	2003	2000	1439	216	0.00001	0.730	43.78	0.0122	850000	0.9842	1.9984	698.9493	349.7601	9.5320	38669.55	43921500	23.4345	
2000	2002	3000	1438	220	0.00001	0.511	30.67	0.0085	850000	0.9840	3.0773	997.7176	324.2152	14.6859	59577.85	43921500	25.2809	
2000	2002	4000	1433	220	0.00001	0.431	25.88	0.0072	850000	0.9806	3.4848	1182.3802	339.2997	16.6303	67465.90	43921500	24.1569	
2100	2098	0	1516	209	0.00001	0.968	58.08	0.0161	850000	0.9900	0.0000	526.8595	0.0000	0.0000	0.00	43921500	0.0000	
2100	2100	1000	1516	222	0.00001	0.743	44.56	0.0124	850000	0.9890	1.0101	686.7145	679.8471	4.5955	18643.20	43921500	12.0563	
2100	2103	2000	1508	228	0.00001	0.682	40.89	0.0114	850000	0.9824	2.1429	748.3492	349.2304	9.7352	39493.69	43921500	23.4700	
2100	2101	3000	1507	233	0.00001	0.485	29.1	0.0081	850000	0.9827	3.3315	1051.5464	315.6355	15.1498	61459.82	43921500	25.9681	
2100	2103	4000	1505	233	0.00001	0.400	24	0.0067	850000	0.9804	3.8927	1275.0000	327.5353	17.6850	71744.31	43921500	25.0246	
2200	2205	0	1596	230	0.00001	0.950	56.98	0.0158	850000	0.9916	0.0000	537.0305	0.0000	0.0000	0.00	43921500	0.0000	
2200	2212	1000	1593	230	0.00001	0.709	42.56	0.0118	850000	0.9866	1.0120	718.9850	710.4537	4.3711	17732.65	43921500	11.5369	
2200	2205	2000	1590	238	0.00001	0.591	35.43	0.0098	850000	0.9879	2.1938	863.6749	393.6954	9.5055	38361.68	43921500	20.8192	
2200	2207	3000	1588	239	0.00001	0.467	28	0.0078	850000	0.9858	3.3373	1092.8571	327.4668	14.4473	58609.56	43921500	25.0298	
2200	2202	4000	1575	239	0.00001	0.348	20.87	0.0058	850000	0.9799	4.1320	1466.2195	354.8471	17.9280	72730.24	43921500	23.0985	

B15 (NYAMPLUNG)																		
Putaran Engine (rpm)	Putaran Engine (rpm) aktual	Beban (watt)	Putaran Aluminium (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m ³)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m ³)	Efisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m ²)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)
				Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)													
1800	1799	0	1299	138	0	0,00001	1,482	88,91	0,0247	837500	0,9892	0,0000	339,1070	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
1800	1802	1000	1304	175	3,72	0,00001	1,053	63,2	0,0176	837500	0,9914	0,6953	477,0570	686,1342	3,6864	14954,82	42514164	12,3413
1800	1799	2000	1296	187	7,77	0,00001	0,768	46,08	0,0128	837500	0,9869	1,5588	654,2969	419,7426	8,2785	33584,22	42514164	20,1737
1800	1801	3000	1293	191	11,87	0,00001	0,618	37,1	0,0103	837500	0,9836	2,4406	812,6685	332,9746	12,9473	52524,66	42514164	25,4307
1800	1800	4000	1292	192	13,85	0,00001	0,477	28,6	0,0079	837500	0,9834	2,8633	1054,1958	368,1775	15,1979	61654,70	42514164	22,9991
1900	1898	0	1371	160	0	0,00001	1,337	80,2	0,0223	837500	0,9896	0,0000	375,9352	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
1900	1899	1000	1369	188	3,86	0,00001	0,946	56,78	0,0158	837500	0,9876	0,7780	530,9968	682,5308	3,9141	15878,86	42514164	12,4064
1900	1902	2000	1369	201	8,09	0,00001	0,702	42,1	0,0117	837500	0,9861	1,7460	716,1520	410,1574	8,7707	35581,06	42514164	20,6452
1900	1897	3000	1364	205	12,31	0,00001	0,568	34,1	0,0095	837500	0,9851	2,7125	884,1642	325,9606	13,6613	55421,11	42514164	25,9779
1900	1901	4000	1362	205	14,36	0,00001	0,442	26,5	0,0074	837500	0,9816	3,1755	1137,7358	358,2821	15,9597	64745,40	42514164	23,6344
2000	1998	0	1444	188	0	0,00001	1,220	73,18	0,0203	837500	0,9901	0,0000	411,9978	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
2000	1999	1000	1445	205	4,06	0,00001	0,838	50,3	0,0140	837500	0,9903	0,8899	599,4036	673,5836	4,2531	17254,00	42514164	12,5712
2000	1998	2000	1438	214	8,37	0,00001	0,638	38,3	0,0106	837500	0,9860	1,9234	787,2063	409,2698	9,1976	37312,82	42514164	20,6899
2000	1999	3000	1434	218	12,76	0,00001	0,522	31,3	0,0087	837500	0,9828	2,9969	963,2588	321,4172	14,3236	58107,97	42514164	26,3451
2000	2001	4000	1434	219	14,9	0,00001	0,405	24,3	0,0068	837500	0,9818	3,5191	1240,7407	352,5735	16,8026	68164,61	42514164	24,0170
2100	2097	0	1514	204	0	0,00001	1,136	68,16	0,0189	837500	0,9891	0,0000	442,3415	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
2100	2104	1000	1512	220	4,22	0,00001	0,776	46,54	0,0129	837500	0,9845	0,9985	647,8298	648,8269	4,5340	18393,36	42514164	13,0509
2100	2097	2000	1509	228	8,68	0,00001	0,579	34,72	0,0096	837500	0,9859	2,1255	868,3756	408,5459	9,6841	39286,47	42514164	20,7266
2100	2101	3000	1506	232	13,22	0,00001	0,477	28,6	0,0079	837500	0,9820	3,3069	1054,1958	318,7849	15,0380	61005,95	42514164	26,5626
2100	2098	4000	1504	232	15,41	0,00001	0,377	22,6	0,0063	837500	0,9821	3,8544	1334,0708	346,1207	17,5524	71206,64	42514164	24,4648
2200	2198	0	1585	221	0	0,00001	1,003	60,2	0,0167	837500	0,9879	0,0000	500,8306	0,0000	0,0000	0,00	42514164	0,0000
2200	2201	1000	1585	235	4,37	0,00001	0,700	42	0,0117	837500	0,9866	1,1022	717,8571	651,3208	4,7843	19408,76	42514164	13,0009
2200	2201	2000	1584	243	8,99	0,00001	0,512	30,7	0,0085	837500	0,9860	2,3460	982,0847	418,6153	10,1837	41313,17	42514164	20,2280
2200	2197	3000	1577	246	13,65	0,00001	0,428	25,7	0,0071	837500	0,9834	3,6155	1173,1518	324,4778	15,7228	63784,30	42514164	26,0966
2200	2204	4000	1579	246	15,95	0,00001	0,304	18,24	0,0051	837500	0,9815	4,2328	1652,9605	390,5118	18,3488	74437,43	42514164	21,6838

B20 (NYAMPLUNG)																			
Putaran Engine (rpm) kontrol	Putaran Engine (rpm) aktual	Beban (watt)	Putaran Aluminiator (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m3)	Efisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)	Torsi (Nm)	BMEP (N/m2)	LHV (J/kg)	Eff. Thermal (%)	
				Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)														
1800	1802	0	1301	140	0	0,00001	1,376	82,54	0,0229	840000	0,9891	0,0000	366,3678	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000	
1800	1804	1000	1300	177	3,73	0,00001	1,029	61,76	0,0172	840000	0,9873	0,7081	489,6373	691,5064	3,7500	15213,06	42506255,46	12,2477	
1800	1804	2000	1299	190	7,82	0,00001	0,765	45,9	0,0128	840000	0,9865	1,5947	658,8235	413,1220	8,4459	34263,28	42506255,46	20,5008	
1800	1801	3000	1297	193	11,9	0,00001	0,617	37	0,0103	840000	0,9866	2,4648	817,2973	331,5882	13,0755	53044,70	42506255,46	25,5417	
1800	1802	4000	1291	193	13,89	0,00001	0,503	30,2	0,0084	840000	0,9815	2,8920	1001,3245	346,2452	15,3330	62202,95	42506255,46	24,4605	
1900	1902	0	1378	165	0	0,00001	1,347	80,8	0,0224	840000	0,9926	0,0000	374,2574	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000	
1900	1902	1000	1373	192	3,91	0,00001	0,912	54,7	0,0152	840000	0,9890	0,8037	552,8336	687,8179	4,0374	16378,92	42506255,46	12,3133	
1900	1904	2000	1368	203	8,11	0,00001	0,693	41,6	0,0116	840000	0,9843	1,7709	726,9231	410,4759	8,8864	36050,27	42506255,46	20,6330	
1900	1902	3000	1367	207	13,37	0,00001	0,520	31,2	0,0087	840000	0,9846	2,9761	969,2308	325,6720	14,9495	60647,23	42506255,46	26,0057	
1900	1902	4000	1364	207	14,42	0,00001	0,453	27,2	0,0076	840000	0,9825	3,2169	1111,7647	345,6035	16,1591	65553,96	42506255,46	24,5059	
2000	1998	0	1448	190	0	0,00001	1,140	68,4	0,0190	840000	0,9929	0,0000	442,1053	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000	
2000	2002	1000	1448	208	4,08	0,00001	0,808	48,5	0,0135	840000	0,9909	0,9068	623,5052	687,5717	4,3276	17556,29	42506255,46	12,3178	
2000	2001	2000	1441	216	8,04	0,00001	0,660	39,58	0,0110	840000	0,9866	1,8638	764,0222	409,9303	8,8990	36101,36	42506255,46	20,6604	
2000	2000	3000	1437	220	12,8	0,00001	0,513	30,8	0,0086	840000	0,9843	3,0291	981,8182	324,1322	14,4701	58702,09	42506255,46	26,1293	
2000	2001	4000	1434	220	14,93	0,00001	0,413	24,8	0,0069	840000	0,9818	3,5423	1219,3548	344,2284	16,9133	68613,73	42506255,46	24,6038	
2100	2105	0	1510	212	0	0,00001	1,112	66,7	0,0185	840000	0,9828	0,0000	453,3733	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000	
2100	2199	1000	1516	226	3,9	0,00001	0,745	44,67	0,0124	840000	0,9445	0,9881	676,9644	685,1154	4,2931	17416,13	42506255,46	12,3619	
2100	2102	2000	1517	230	8,2	0,00001	0,612	36,7	0,0102	840000	0,9887	2,0197	823,9782	407,9659	9,1802	37245,07	42506255,46	20,7599	
2100	2101	3000	1511	231	12,4	0,00001	0,513	30,8	0,0086	840000	0,9853	3,0782	981,8182	318,9575	13,9979	56786,74	42506255,46	26,5532	
2100	2102	4000	1505	227	16,6	0,00001	0,327	19,6	0,0054	840000	0,9809	4,0676	1542,8571	379,3085	18,4881	75002,40	42506255,46	22,3284	
2200	2200	0	1593	228	0	0,00001	0,798	47,9	0,0133	840000	0,9920	0,0000	631,3152	0,0000	0,0000	0,00	42506255,46	0,0000	
2200	2200	1000	1588	239	4	0,00001	0,692	41,5	0,0115	840000	0,9889	1,0236	728,6747	711,8698	4,4453	18033,71	42506255,46	11,8973	
2200	2204	2000	1586	244	8,5	0,00001	0,520	31,2	0,0087	840000	0,9859	2,2775	969,2308	451,1180	9,6561	39172,68	42506255,46	19,4645	
2200	2205	3000	1583	245	12,9	0,00001	0,442	26,5	0,0074	840000	0,9835	3,4024	1141,1321	335,3895	14,7424	59807,08	42506255,46	25,2523	
2200	2204	4000	1576	240	17,2	0,00001	0,287	17,2	0,0048	840000	0,9796	4,4617	1758,1395	394,0536	19,3410	78462,33	42506255,46	21,4929	

ANALISIS EKONOMI

Kapasitas produksi	=	50.000,00 ton/tahun	
	=	152000,00 kg/hari	
Lama operasi	=	330 hari	
Basis	=	1 tahun	
Nilai tukar rupiah [1 US\$]	=	Rp 14.391,00 (12 Juli 2018, 01:17)	(bi.go.id)
Pengadaan peralatan, tahun	=	2019	
Mulai konstruksi, tahun	=	2019	
Lama konstruksi	=	2 tahun	
Mulai beroperasi, tahun	=	2021	

D.1 HARGA TANAH

Diperkirakan luas tanah yang diperlukan untuk pembangunan pabrik dan bangunan adalah sebesar 40000 m².

Harga tanah per m ²	=	Rp 500.000,00
Harga tanah total	=	Rp 500.000,00 x 4000
	=	Rp 2.000.000.000,00

D.2 HARGA PERALATAN

Dengan asumsi telah dilakukan perjanjian dengan *vendor* dan Asumsi telah dilakukan perjanjian mengenai pengadaan peralatan yang akan dimulai pada tahun 2018 akan dibeli dengan menggunakan kurs mata uang saat kontrak ditandatangani.

Harga peralatan pada setiap tahun dapat berubah tergantung pada perubahan ekonomi. Namun harga peralatan pada masa sekarang dapat ditaksir dengan menggunakan *Marshall and Swift Equipment Cost Index* jika harga alat pada beberapa tahun lalu diketahui.

Harga pada perhitungan analisa ekonomi ini merupakan harga yang didapatkan dari internet, yaitu pada website www.matche.com yang memberikan harga peralatan berdasarkan FOB (Fee on Board) dari Gulf Coast USA. Besarnya harga alat pada tertentu dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

Besarnya harga alat dapat dinyatakan sebagai berikut :

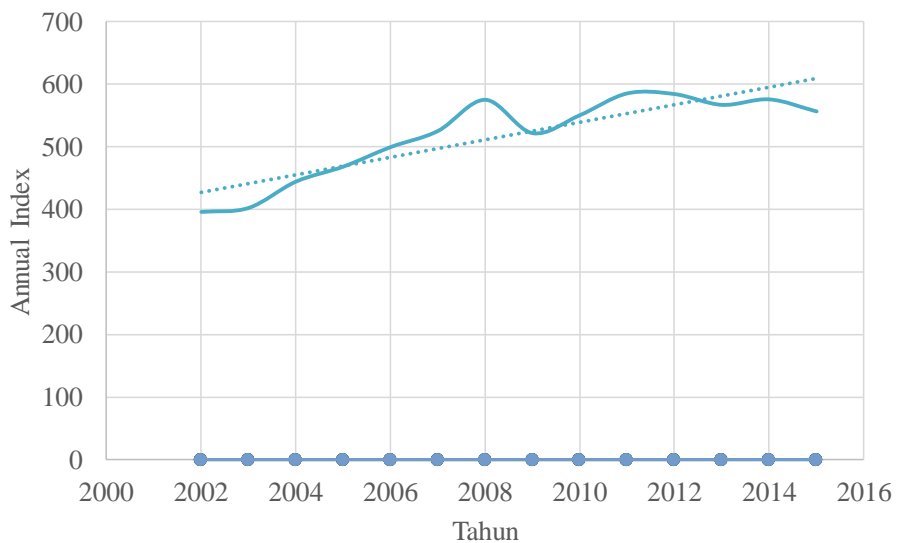
$$\text{Harga alat sekarang} = \frac{\text{Indeks harga tahun sekarang}}{\text{Indeks harga tahun ke -}} \times \text{Harga alat tahun ke -}$$

Tabel D.1. Marshall and Swift Equipment Cost Index

Tahun	Annual Index
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1

(Chemical Engineering Plant Cost Index)

sumber : <http://www.chemengonline.com/pci-home>

**Gambar D.1** Kurva Marshall and Swift Equipment Cost Index

Dengan metode *Least Square* (Perry, 3-83) dapat dilakukan penaksiran *index* harga rata-rata pada akhir tahun 2018. Penyelesaian dengan *Least Square* menghasilkan suatu persamaan berikut :

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

Keterangan : a = \bar{y} harga rata-rata y

$$b = \frac{\sum(\bar{x} - x)(\bar{y} - y)}{\sum(\bar{x} - x)^2} \text{ slope garis } \textit{Least Square}$$

Tabel D.2 Penaksiran Indeks Harga dengan Metode *Least Square*

Data	x	y	x ²	y ²	xy
1	1987	323,8	3948169	104846,4	643391
2	1988	342,5	3952144	117306,3	680890
3	1989	355,4	3956121	126309,2	706891
4	1990	357,6	3960100	127877,8	711624
5	1991	361,3	3964081	130537,7	719348
6	1992	358,2	3968064	128307,2	713534
7	1993	359,2	3972049	129024,6	715886
8	1994	368,1	3976036	135497,6	733991
9	1995	381,1	3980025	145237,2	760295
10	1996	381,7	3984016	145694,9	761873
11	1997	386,5	3988009	149382,3	771841
12	1998	389,5	3992004	151710,3	778221
13	1999	390,6	3996001	152568,4	780809
14	2000	394,1	4000000	155314,8	788200
Σ	27909	5149,6	55636819	1899614,6	10266794
\bar{x}	1994	367,8	3974059	135686,8	733342

Berdasarkan persamaan *Least Square* diperoleh :

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

$$a = \bar{y} = 367,8$$

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

$$\sum(\bar{x} - x)(\bar{y} - y) = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n} = 10266794 - \frac{143720186}{14} = 1065,9$$

$$\sum(\bar{x} - x)^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = ##### - \frac{778912281}{14} = 227,5$$

$$y = 367,8 + 4,7(x - 1994)$$

$$y = 367,8 + 4,7x - 9340,10$$

$$y = 4,7x - 8972,27$$

Untuk x = 2019 maka y = 487,30 463,88

Jadi *cost index* pada tahun 2018 = 487,30

D.2.1 Perhitungan Harga Peralatan Proses

Contoh Perhitungan Harga Peralatan

1 Tangki Metanol

Tipe =

Jumlah = 1 unit

Harga tahun 2014 = US\$ 12.000,0

Harga tahun 2019 = $\frac{\text{Indeks tahun 2019}}{\text{Indeks tahun 2014}}$ x Harga Alat Tahun 2014

$$= \frac{487,30}{463,88} \times \text{US\$ } 12.000,0$$

$$= \text{US\$ } 12.606,0$$

Tabel D.3 Perkiraan Harga Peralatan Proses						
No	Kode	Nama Alat	Tota	Harga US\$, 2014		Harga Total US\$, 2018
				Per Unit	Total	
1	F-110	<i>Storage</i>	1	1.000	1.000	1.051
2	L-111	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.362
3	M-120	<i>Mixer Purifikasi</i>	1	38.100	38.100	40.024
4	F-121	<i>Tangki Asam Fosfat</i>	1	15.000	15.000	15.758
5	H-122	<i>Centrifugal Separator</i>	1	21.400	21.400	22.481
6	F-123	<i>Tangki Sementara</i>	1	10.000	10.000	10.505
7	R-210	<i>Reaktor Esterifikasi</i>	1	57.900	57.900	60.824
8	F-211	<i>Tangki Metanol</i>	1	35.000	35.000	36.768
9	F-212	<i>Tangki Asam Sulfat</i>	1	15.000	15.000	15.758
10	L-214	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.362
11	H-215	<i>Decanter I</i>	1	25.000	25.000	26.263
12	F-216	<i>Tangki Sementara</i>	1	10.000	10.000	10.505
13	L-217	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.362
14	R-310	<i>Reaktor Transesterifikasi</i>	1	96.000	96.000	100.848
15	H-311	<i>Decanter II</i>	1	25.000	25.000	26.263
16	F-312	<i>Tangki Sementara</i>	1	10.000	10.000	10.505
17	L-313	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.362
18	F-320	<i>Tangki Mixing</i>	1	15.000	15.000	15.758
19	L-322	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.362
20	F-323	<i>Tangki NaOH</i>	1	9.000	9.000	9.455
21	F-330	<i>Tangki Pencuci</i>	1	20.000	20.000	21.010
22	H-331	<i>Decanter III</i>	1	25.000	25.000	26.263
23	F-332	<i>Tangki Sementara</i>	1	10.000	10.000	10.505
24	L-333	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.200	3.200	3.362
25	F-340	<i>Tangki Penampung I</i>	1	20.000	20.000	21.010
26	L-341	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.152
27	H-342	<i>Decanter IV</i>	1	25.000	25.000	26.263
28	F-343	<i>Tangki Penampung II</i>	1	18.000	18.000	18.909
29	L-344	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.152
30	F-410	<i>Flash Tank</i>	1	94.000	94.000	98.747
31	E-411	<i>Heater I</i>	1	21.400	21.400	22.481
32	E-413	<i>Condensor</i>	1	12.400	12.400	13.026
33	E-414	<i>Cooler I</i>	1	32.400	32.400	34.036
34	F-415	<i>Tangki Biodiesel</i>	1	50.000	50.000	52.525
35	D-510	<i>Kolom Distilasi</i>	1	98.000	98.000	102.949
36	E-511	<i>Heater II</i>	1	18.000	18.000	18.909
37	E-512	<i>Condensor Distilasi</i>	1	28.400	28.400	29.834
38	F-513	<i>Tangki Akumulator</i>	1	16.800	16.800	17.648
39	L-514	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.152
40	E-515	<i>Reboiler Distilasi</i>	1	17.100	17.100	17.964
41	E-516	<i>Cooler II</i>	1	27.500	27.500	28.889
42	L-517	<i>Pompa Centrifugal</i>	1	3.000	3.000	3.152
43	E-518	<i>Cooler III</i>	1	21.300	21.300	22.376
44	F-519	<i>Tangki Gliserol</i>	1	30.000	30.000	31.515
Total			44			1.050.396

Maka harga peralatan proses pada tahun 2018 adalah = \$ 1.050.396,24
= Rp 15.116.252.341,00

D.2.2 Perhitungan Harga Peralatan Utilitas

Utilitas yang digunakan pada pabrik ini antara lain adalah:

- 1 Air, digunakan sebagai air pendingin, air, air proses, steam, serta air sanitasi.
- 2 Listrik, digunakan sebagai sumber tenaga pada beberapa peralatan proses, serta sumber energi bagi penerangan di pabrik dan kantor

Untuk pabrik yang menggunakan proses *fluid-fluid* maka diperkirakan biaya peralatan utilitas adalah sebesar 40% dari harga peralatan proses

(Coulson & Richardson, 2005)

Harga peralatan utilitas = Rp 6.046.500.936,40

D.2.3 Total Harga Peralatan

Total harga peralatan = Harga peralatan prose + Harga peralatan utilitas
= Rp 21.162.753.277,40

#

D.3 HARGA BAHAN BAKU DAN PENJUALAN PRODUK

D.3.1 Biaya Bahan Baku

Tabel D.4 Perhitungan Biaya Bahan Baku

No	Bahan Baku	Kebutuhan/Hari (kg)	Harga (Rp/kg)	Total Harga (Rp/Hari)
1	Nyamplung	152.000,00	6.000,00	912000000
2	Metanol 99%	99.861,49	8.000,00	798891890
3	H2SO4 98%	308,36	97.500,00	30064829
4	KOH	1.508,27	50.000,00	75413451
5	H3PO4 20%	140,77	81.000,00	11402514
Total				1827772684

Biaya bahan baku = Rp 1.827.772.684 /hari
= Rp 603.164.985.579 /tahun

D.3.2 Perhitungan Hasil Penjualan Produk

No	Product	Capacity/Day (kg)	Price (Rp/kg)	Total (Rp/Hari)
1	Biodiesel	148.464,22	10.000,00	1484642213
2	Gliserol	3.535,78	215.000,00	760192415
3	Metanol	87.878,11	4.500,00	395451485
Total				2640286114

Hasil Penjualan Produk = Rp 2.640.286.114 /hari
= Rp 871.294.417.650 /tahun

D.4 Perhitungan Gaji Karyawan

Biaya untuk keperluan karyawan selama satu bulan, dapat diperkirakan dan direncanakan sebagai berikut:

Pada fig.6-9 Timmerhaus, untuk average condition dan fluid-fluid process dengan kapasitas produk 152 ton/day, dari grafik jumlah operating labor 50 pekerja-jam /day/proses, ada 3 tahapan proses (persiapan bahan baku, reaksi, pemurnian) jumlah operating labor 150 pekerja-jam/day. Karyawan bekerja 8 jam/hari tiap shiftnya, dan satu hari terdapat 3 shift. Sehingga jumlah pekerja operasi (proses) 56 per hari

Tabel D.4 Perhitungan Gaji Karyawan

No	Jabatan	Gaji	Jumlah	Total Gaji
1.	Dewan Komisaris			
	a. Komisaris Utama	50.000.000	1	50.000.000
	b. Anggota Komisaris	30.000.000	1	30.000.000
2.	Direksi			
	a. Direktur Utama	75.000.000	1	50.000.000
	b. Direktur Teknik	30.000.000	1	30.000.000
	c. Direktur Pemasaran	30.000.000	1	30.000.000
	d. Direktur Produksi	30.000.000	1	30.000.000
	e. Direktur Keuangan	30.000.000	1	30.000.000
3	Sekretaris Direksi	15.000.000	5	75.000.000
4	Manager			
	a. Manager Produksi	10.000.000	1	10.000.000
	b. Manager QA-QC	10.000.000	1	10.000.000
	c. Manager Operasi	10.000.000	1	10.000.000
	d. Manager Maintenance	10.000.000	1	10.000.000
	e. Manager Technical	10.000.000	1	10.000.000
	f. Manager Logistik	10.000.000	1	10.000.000
	g. Manager Pemasaran	10.000.000	1	10.000.000
	h. Manager HRD	10.000.000	1	10.000.000
	i. Manager Keuangan	10.000.000	1	10.000.000
5	Kepala Seksi			
	a. Proses	7.500.000	1	7.500.000
	b. Kontrol kualitas	7.500.000	1	7.500.000
	c. Utilitas	7.500.000	1	7.500.000
	d. Pemeliharaan	7.500.000	1	7.500.000
	e. Promosi &Penjualan	7.500.000	1	7.500.000
	f. Administrasi	7.500.000	1	7.500.000
	g. Keamanan	7.500.000	1	7.500.000
	h. Personalia	7.500.000	1	7.500.000
	i. Supply Chain	7.500.000	1	7.500.000
	j. Keuangan	7.500.000	1	7.500.000

6	Karyawan Operasional			
	a. Lulusan S-1	6.000.000	30	180.000.000
	b. Lulusan D-3	5.000.000	35	175.000.000
	c. Lulusan SMK/SMU	3.500.000	30	105.000.000
7	Health Safety and Env.	5.000.000	10	50.000.000
8	Karyawan Keamanan	4.000.000	15	60.000.000
9	Sopir	4.000.000	10	40.000.000
10	Karyawan Kebersihan	3.000.000	10	30.000.000
11	Karyawan Tidak Tetap	5.000.000	20	100.000.000
Total			191	1.230.000.000

*UMK 2018 Kabupaten= Rp 2.305.346

*Pembayaran Karyawan Tidak Tetap hanya 6 bulan

Pengeluaran Perusahaan untuk Gaji/Tahun = Rp 14.160.000.000,00

D.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 sebagai berikut :

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 Production Cost* , TPC) 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 Pont* , BEP) perlu dilakukan penaksiran terhadap :

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

D.5.1 Penentuan Invetasi Total (*Total Capital Investment*)

Termasuk *fluid processing plant* , maka berdasarkan Peters & Timmerhaus edisi 4 hal. 167

D.5.1.1 Modal Tetap**A. Biaya Langsung (*Direct Cost, DC*)**

1. Purchased equipment	####	21%	E	Rp	21.162.753.277	21,322
2. Instalasi, pengecatan, dan isolasi	40%	9%	E	Rp	8.465.101.311	8,5288
3. Instrumentasi dan kontrol	20%	4%	E	Rp	4.232.550.655	4,2644
4. Perpipaan	30%	6%	E	Rp	6.348.825.983	6,3966
5. Sistem kelistrikan	15%	3%	E	Rp	3.174.412.992	3,1983
6. Ongkos kapal laut	21%	4%	E	Rp	4.444.178.188	4,4776
7. Asuransi	2%	0,4%	E	Rp	423.255.066	0,4264
8. Biaya angkut barang ke plant	23%	5%	E	Rp	4.867.433.254	4,9041
9. Fasilitas pelayanan	50%	11%	E	Rp	10.581.376.639	10,661
10 <i>Yard improvement</i>	15%	3%	E	Rp	3.174.412.992	3,1983
11 Bangunan	29%	6%	E	Rp	6.137.198.450	6,1834
12 Tanah	6%	1%	E	Rp	1.269.765.197	+
Total Direct Cost (TDC)	####	75%		Rp	74.281.264.004	

B. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost, IC*)

1. <i>Engineering and supervision</i>	33%	7%	E	Rp	6.983.708.582	7,0362
2. Biaya konstruksi	35%	7%	E	Rp	7.406.963.647	7,4627
3. Biaya kontraktor	15%	3%	E	Rp	3.174.412.992	3,1983
4. Biaya tak terduga	35%	7%	E	Rp	7.406.963.647	7,4627
Total Indirect Cost (IC)	####			Rp	24.972.048.867	+

*E=FCI

$$\begin{aligned}
 \text{Fixed Capital Investment} &= \text{DC} + \text{IC} \\
 &= \text{Rp}74.281.264.004 + \text{Rp}24.972.048.867 \\
 &= \text{Rp } \mathbf{99.253.312.871}
 \end{aligned}$$

D.5.1.2 Modal Kerja (*Working Capital Investment, WCI*)

$$\begin{aligned}
 \text{WCI} &= 15\% \text{ TCI} \quad (15-20\%) \\
 \text{TCI} &= \text{FCI} + \text{WCI} \\
 &= \text{Rp } 99.253.312.871 + 15\% \text{ TCI} \\
 85\% \text{ TCI} &= \text{Rp } 99.253.312.871 \\
 \text{TCI} &= \text{Rp } 116.768.603.378 \\
 \text{WCI} &= \text{Rp } \mathbf{17.515.290.507}
 \end{aligned}$$

Jadi,

$$\begin{aligned}
 \text{Modal tetap (FCI)} &= \text{Rp } 99.253.312.871 \\
 \text{Modal kerja (WCI)} &= \text{Rp } 17.515.290.507 \quad + \\
 \hline
 \text{Total investasi (TCI)} &= \text{Rp } \mathbf{116.768.603.378}
 \end{aligned}$$

Modal investasi terbagi atas :

1. Modal sendiri (<i>equity</i>)	: 60%	TCI Rp	70.061.162.027
2. Modal pinjaman bank (<i>loan</i>):	40%	TCI Rp	46.707.441.351

D.5.2 Penentuan Biaya Produksi (*Total Production Cost*, TPC)

Timmerhauss edisi 4 hal. 210

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

1. Bahan baku (1 tahun)		Rp		603.164.985.579
2. Tenaga kerja (1 tahun)		OL	Rp	14.160.000.000
3. Utilitas	10%	TPC	0,1 TPC	
4. Pemeliharaan dan perbaikan	5%	FCI	Rp	4.962.665.644
5. <i>Operating supplies</i>	1%	FCI	Rp	496.266.564
6. Supervisor langsung	10%	OL	Rp	1.416.000.000
7. Paten dan royalti	1%	TPC	0,01 TPC	
8. Laboratorium	10%	OL	Rp	1.416.000.000
Total Biaya Produksi Langsung (DPC)		Rp		625.615.917.787
				+ 0,11 TPC

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

1. Depresiasi (peralatan dan bangunan)	###	FCI	Rp	9.925.331.287
2. Pajak daerah	2%	FCI	Rp	1.985.066.257
3. Asuransi	1%	FCI	Rp	992.533.129
Total Biaya Tetap (FC)			Rp	12.902.930.673

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

POC = 4% TPC

Total biaya pembuatan (MC) = DPC + FC + POC

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

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	1.167.686.034
Biaya Pengeluaran Umum (GE)			Rp	1.167.686.034
				+ 0,09 TPC

Dimana,

DPC = 625.615.917.787 + ### TPC

FC = 12.902.930.673

POC = 0,04 TPC +

MC = 638.518.848.460 + ### TPC

GE = 1.167.686.034 + 0,09 TPC +

TPC = 639.686.534.494 + ### TPC

TPC = Rp 841.692.808.544

Sehingga,

TPC = Rp 841.692.808.544

GE = Rp 76.920.038.803

POC = Rp 33.667.712.342

MC = Rp 764.772.769.742

TPC - Depresiasi = 841.692.808.544 - 9.925.331.287

Biaya produksi tanpa depresiasi = **Rp 831.767.477.257**

D.5.3 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 = 60 %
 - » Modal pinjaman = 40 %
 2. Suku bunga bank = 10,50% per tahun
 3. Laju inflasi = 3,50% per tahun
(<http://www.bi.go.id/id/moneter/inflasi/data/Default.aspx>)
 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 50 % 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 : (depresiasi nya straight line)
 - » Tahun ke - 1 = 60%
 - » Tahun ke - 2 = 80%
 - » Tahun ke - 3 = 100%
 9. Pajak pendapatan :
 - » Rp. 25.000.000 - Rp. 50.000.000 = 5%
 - » Rp. 50.000.000 - Rp. 250.000.000 = 15%
 - » Rp. 250.000.000 - Rp. 500.000.000 = 25%
 - » Lebih dari Rp. 500.000.000 = 30%
- Pajak Penghasilan (Pasal 17 Ayat 1, UU No.36 Tahun 2008)

D.5.3.1 Perhitungan Biaya Total Produksi

Biaya produksi tanpa depresiasi = TPC - Depresiasi
= Rp 831.767.477.257

Tabel D.7 Biaya Operasi Untuk Kapasitas Produksi Sebesar 60%, 80 %, dan 100 %

No.	Kapasitas Produksi	Biaya Produksi (Rp)
1.	60%	499.060.486.354
2.	80%	665.413.981.806
3.	100%	831.767.477.257

D.5.3.2 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 D.8 Modal Pinjaman Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Pinjaman		
		Biaya (Rp)	Bunga Bank 14%	Jumlah (Rp)
-2	30%	14.012.232.405	0	14.012.232.405
-1	70%	32.695.208.946	1.471.284.403	34.166.493.348
0	0	0	5.058.766.204	5.058.766.204
Modal pinjaman pada akhir masa konstruksi pabrik				53.237.491.958

Tabel D.9 Modal Sendiri Selama Masa Konstruksi

Masa Konstruksi	%	Modal Sendiri		
		Biaya (Rp)	Laju Inflasi 3,5%	Jumlah (Rp)
-2	50%	35.030.581.013	0	35.030.581.013
-1	50%	35.030.581.013	1.226.070.335	36.256.651.349
0	0	0	2.495.053.133	2.495.053.133
Modal sendiri pada akhir masa konstruksi pabrik				73.782.285.495

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

$$= \text{Rp } 127.019.777.452$$

Perhitungan harga penjualan produk :

Untuk kapasitas produksi sebesar 100 %, didapatkan harga

penjualan produk = Total harga penjualan produk

$$= \text{Rp } 871.294.417.650$$

D.5.4 Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return* , IRR)

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 :

$$\sum \frac{CF}{(1+i)^n} = \text{total modal pada akhir masa konstruksi}$$

Di mana :

n = tahun

CF = *cash flow* pada tahun ke - n

$$\frac{1}{(1+i)^n} = \text{discount factor (DF)}$$

Perhitungan Net Present Value untuk suku bunga (i) sebesar 10,5 %

Tahun ke -	Cash Income Setelah Pajak	DF 10,5%	Present Value Cash Income
0	-Rp127.019.777.452	1	-Rp127.019.777.452
1	Rp 10.733.505.062	0,905	Rp9.713.579.242
2	Rp 16.658.572.283	0,819	Rp13.643.105.000
3	Rp 22.583.639.504	0,7412	Rp16.738.136.245
4	Rp 22.974.935.070	0,6707	Rp15.410.090.193
5	Rp 23.366.230.636	0,607	Rp14.183.299.345
6	Rp 23.757.526.201	0,5493	Rp13.050.511.954
7	Rp 24.148.821.767	0,4971	Rp12.004.940.171
8	Rp 24.540.117.333	0,4499	Rp11.040.237.362
9	Rp 24.931.412.899	0,4071	Rp10.150.475.542
10	Rp 25.322.708.465	0,3684	Rp9.330.123.123
11	Rp 25.714.004.031	0,3334	Rp8.574.023.103
12	Rp 26.105.299.597	0,3018	Rp7.877.371.827
13	Rp 26.496.595.163	0,2731	Rp7.235.698.397
14	Rp 26.887.890.729	0,2471	Rp6.644.844.806
15	Rp 27.279.186.294	0,2236	Rp6.100.946.848
Total NPV			Rp34.677.605.706

Dengan perhitungan diatas dapat diketahui nilai total NPV sebesar Rp 34.677.605.706. Dengannilai tahun $k_3 - 0$ adalah sisa investasi setelah konstruksi.

Sedangkan perhitungan untuk IRR memperhitungkan nilai dari suku bunga yang membuat NPV negative (-) yang mengatakan bahwa pelaksanaan proyek tidak layak untuk dilanjutkan. Dengan nilai i sebesar 15 %. Sehingga untuk memperhitungkan menggunakan persamaan :

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

Dimana :

i_1 = Suku Bunga asumsi

i_2 = Suku Bunga untuk NPV negative (-)

sehingga untuk suku bunga (i) = 15 % didapatkan data sebagai berikut :

Tahun Ke	Cash Income Setelah Pajak	DF 15%	Present Value Cash Income
0	-Rp127.019.777.452	1	-Rp127.019.777.452
1	Rp 10.733.505.062	0,8696	Rp9.333.482.663
2	Rp 16.658.572.283	0,7561	Rp12.596.273.938
3	Rp 22.583.639.504	0,6575	Rp14.849.109.561
4	Rp 22.974.935.070	0,5718	Rp13.135.993.693
5	Rp 23.366.230.636	0,4972	Rp11.617.146.264
6	Rp 23.757.526.201	0,4323	Rp10.271.034.187
7	Rp 24.148.821.767	0,3759	Rp9.078.436.573
8	Rp 24.540.117.333	0,3269	Rp8.022.207.887
9	Rp 24.931.412.899	0,2843	Rp7.087.063.566
10	Rp 25.322.708.465	0,2472	Rp6.259.386.250
11	Rp 25.714.004.031	0,2149	Rp5.527.050.895
12	Rp 26.105.299.597	0,1869	Rp4.879.267.152
13	Rp 26.496.595.163	0,1625	Rp4.306.437.471
14	Rp 26.887.890.729	0,1413	Rp3.800.029.513
15	Rp 27.279.186.294	0,1229	Rp3.352.461.556
Total NPV			-Rp2.904.396.283

Dengan nilai total NPV sebesar (-) Rp2.904.396.283 dengan kata lain proyek tidak layak pada saat suku bunga sebesar 15 %.

Maka dari kedua perhitungan diatas didapatkan data Untuk IRR sebagai berikut :

NPV 1	Rp34.677.605.706
NPV 2	-Rp2.904.396.283
i1	10,5%
i2	15%

Sehingga akan didapatkan nilai IRR sebesar 14,65 %. Dalam hal ini IRR dari pabrik atau suku bunga yang dihasilkan lebih tinggi dari yang diasumsikan yang sebesar 10,5 % atau 4,15 % lebih tinggi. Dengan selisih sebesar itu dapat dikatakan pabrik biodiesel yang direncanakan layak untuk beroperasi.

D.5.5 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time, POT*)

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

Tabel D.11 *Cummulative Cash Flow*

Tahun ke - n	Net Cash Flow	Cummulative Cash Flow
1	10.733.505.062	10.733.505.062
2	16.658.572.283	27.392.077.345
3	22.583.639.504	49.975.716.849
4	22.974.935.070	72.950.651.918
5	23.366.230.636	96.316.882.554
6	23.757.526.201	120.074.408.755
7	24.148.821.767	144.223.230.523
8	24.540.117.333	168.763.347.856
9	24.931.412.899	193.694.760.755
10	25.322.708.465	219.017.469.220

Dari tabel di atas, untuk total investasi = Rp127.019.777.452 , dengan cara interpolasi antara tahun ke -3 dan ke -4, maka diperoleh waktu pengembalian modal

6,29 tahun

D.5.6 Analisa Titik Impas (*Break Event Point, BEP*)

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

Tabel D.12 Biaya Fixed Cost, Variable Cost, Semi Variable Cost, dan Sell

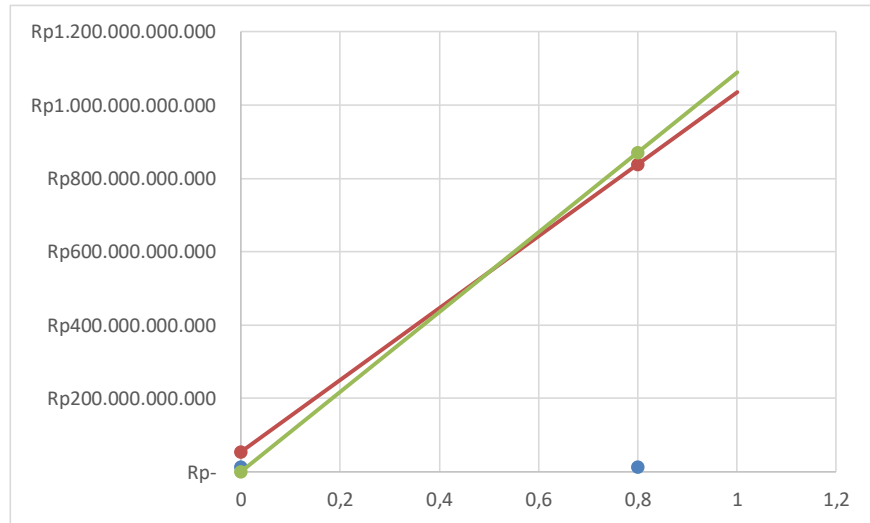
No.	KETERANGAN	JUMLAH
1.	Biaya tetap (FC)	Rp. 12.902.930.673
2.	Biaya variabel (VC)	
	- Bahan baku	Rp. 603.164.985.579
	- Utilitas	Rp. 84.169.280.854
		Rp. 687.334.266.433
3.	Biaya semi variabel (SVC)	
	- Tenaga kerja	Rp. 14.160.000.000
	- Pemeliharaan dan perbaikan	Rp. 4.962.665.644
	- <i>Operating supplies</i>	Rp. 496.266.564
	- Laboratorium	Rp. 1.416.000.000
	- Paten dan royalti	Rp. 8.416.928.085
	- <i>Plant overhead cost</i>	Rp. 33.667.712.342
	- Pengeluaran umum	Rp. 75.752.352.769
		Rp. 138.871.925.404
4.	Total penjualan (S)	Rp. 871.294.417.650

Perhitungan BEP secara analitis :

$$\begin{aligned}
 \text{BEP} &= \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}} \times 100\% \\
 &= \frac{54564508294}{86749803433} \times 100\% \\
 &= 63\%
 \end{aligned}$$

Tabel D.13 Data untuk membuat Grafik BEP

Capacity	0%	100%
Fixed Cost	Rp 12.902.930.673	Rp 12.902.930.673
Fixed Expenses	Rp 54.564.508.294	Rp 839.109.122.511
Total Revenue	0	Rp 871.294.417.650



Gambar D.1 Grafik BEP

Dari Grafik dapat ditentukan BEP dengan melalui 2 garis yang saling memotong yaitu

--- garis Pengeluaran total dan Penjualan total. BEP merupakan suatu keadaan dimana-----

Biaya total produksi sama dengan penjualan total. Persamaan garis yang didapat yaitu:

$$y_1 = 8712944176 \quad x$$

$$y_2 = 7845446142 \quad x + 545645083$$

$$y_1 = y_2$$

$$8712944176 \quad x = 7845446142 \quad x + 545645083$$

$$867498034,3 \quad x = 545645083$$

$$x = \text{BEP}$$

$$= 63\%$$

BIODATA PENULIS



Asrija Wafiq, dilahirkan di Pasar Rabaa, Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Agam (Sumatera Barat), 19 Agustus 1996 merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD 03 Koto Kaciak, SMPN 2 Tanjung Raya, SMAN Agam Cendekia. Setelah melewati beberapa ujian tes perguruan tinggi, penulis akhirnya berhasil diterima studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014 dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Pokok 04211440000062. Selama masa studi penulis juga aktif di berbagai kegiatan dan kepanitiaan seminar, seperti menjadi anggota pengurus Himpunan Jurusan Sistem Perkapalan di bidang Marine Technology and Inovation Club (METIC) 2015/2016 dan sering mengikuti lomba hobby yang diadakan di Indonesia, penulis juga menjadi technical manager untuk tim Batharasurya Hydron ITS tahun 2017. Pesan yang ingin penulis sampaikan adalah jangan pernah putus asa dalam melakukan apapun, karena usaha yang baik akan menghasilkan hasil yang baik juga. Dan jadikan kegagalan yang pernah terjadi sebagai motivasi dan pembelajaran untuk memperbaiki kedepannya.