TUGAS AKHIR – ME141501

ANALISA EMISI BERBASIS EKSPERIMEN DAN KELAYAKAN EKONOMIS BAHAN BAKAR BIODIESEL UMBI PORANG (*Amarphallus Onchophillus)*

Saif Alhaq
4212100127

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

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BACHELOR THESIS - ME141501

EMISSION ANALYSIS BASED ON EXPERIMENT AND ECONOMICAL STUDY OF PORANG BIODIESEL FUEL (*Amarphallus Onchophillus)*

Saif Alhaq
4212100127

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

MARINE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Emisi Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Umbi Porang (*Amarphallus Onchophillus*)

Skripsi
Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP) Program Studi S-1 Jurusan
Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Saif Alhaq
NRP. 4212 100 127

Disetujui oleh Dosen Pemimbing Skripsi :

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

Surabaya
Juli, 2016

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Emisi Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Umbi Porang (*Amarphallus Onchophillus*)

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant* (MPP) Program Studi S-1 Jurusan
Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Saif Alhaq
NRP. 4212 100 127

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan:

Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analisa Emisi Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Umbi Porang

Nama Mahasiswa : Saif Alhaq
NRP : 4212 100 127
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng, Ph.D

Abstrak

Pencemaran udara yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor, terutama di kota-kota besar di Indonesia semakin memburuk. Bahan bakar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keluaran emisi. Dewasa ini bahan bakar menjadi salah satu permasalahan yang serius dengan menipisnya cadangan minyak bahan bakar fosil. Oleh karena itu, tercipta inovasi dengan cara mencampur bahan bakar fosil dan bahan bakar nabati untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, untuk saat ini sedang di analisa dengan menggunakan minyak nabati umbi porang dengan nama bio diesel Bio Porang. Bio diesel tersebut dapat mengurangi asap hitam dari gas asap buang mesin diesel. Untuk mengetahui hasil emisi yang dihasilkan Bio Porang dilakukan metode berbasis eksperimen dan untuk analisa kelayakan ekonomis dengan menggunakan metode membandingkan *feedstock*. Hasil dari penelitian ini adalah berupa grafik yang menunjukan nilai emisi NO. dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa Bio Porang masih mempunyai emisi dengan 37,5% lebih tinggi dibandingkan bahan bakar solar dex dan 47,75% lebih tinggi dibandingkan biosolar pertamina. Dari analisa ekonomi Bio Diesel dihasilkan bahwa Bio Porang memiliki harga jual yang sedikit lebih mahal yaitu Rp 4849 dibandingkan bahan bakar dengan *feedstock* kelapa sawit, yaitu dengan harga Rp 4819.

Keyword : Biodiesel, *Engine Performance*, Emisi, NOx, Porang

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Emission Analisys Based On Experiment and Economical Study of orang biodiesel fuel (*Amarphallus Onchophillus)*

Student Name : Saif Alhaq
NRP : 4212 100 127
Departement : Marine Engineering
Academic Supervisor : Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng, Ph.D

Abstract

Air pollution from engine exhaust gas emission in big city in Indonesia is getting worst. Fuel is one of the factor that influence the gas emission from engine exhaust. Nowadays fuel is becoming serious issues because of the available is getting rare. Because of that, there is some innovation that mix the fuel oil fossil and bio fuel, in this experiment we discusses about fuel oil fossil that mix by porang oil, which it call by Bio Porang. The bio diesel can reduce the black smoke from engine exhaust. To know the result of Bio Porang gas emission it use some method that base on experiment, and for result of economical study use comparison method between the feedstock. The results of this experiment represent by graphic that show the value of NO emission. From the graphic can be analyzed, the Bio Porang have NO emission, 37,5% higher than solar dex fuel and 47,45% higher than biosolar pertamina. For the economical study, Bio porang still have a little much higher price with value Rp 4898 than the Bio Diesel with palm feedstock with price Rp 4818

Keyword : Biodiesel, Engine Performance, Emission, NOx, Porang

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Allah S.W.T berkat limpahan rahmat, hidayah dan bimbingan-Nya sehingga skripsi dengan judul **"Analisa Emisi Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Umbi Porang (*Amarphallus Onchophillus)"*** dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Bapak Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
3. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai.
4. Bapak, ibu dan saudara-saudara tercinta selaku ayah, ibu dan saudara dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat, masukan serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis.
5. selaku perempuan yang ada di hati penulis yang selalu memberikan dorongan, semangat, motivasi, serta doanya dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Kawan seperjuangan dan seangkatan BISMARCK '12 (*Best ITS Student of Marine Engineering with Creativity and Knowlegde*) yang menjadi keluarga setia penulis selama di Surabaya dan saling mendukung hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
7. Kawan-kawan anggota Laboratorium Marine Power plant yang selalu menemani dan memberi dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. 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, amin.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....ix

Abstract.....xi

KATA PENGANTAR xiii

DAFTAR ISI.....xv

BAB I.....1

1.1 Perumusan Masalah 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Permasalahan.....3

1.4 Manfaat Penulisan 3

BAB II.....5

TINJAUAN PUSTAKA 5

BAB III 19

METODELOGI PENELITIAN.....19

BAB IV 27

HASIL DAN PEMBASAHAN 27

4.1 Uji Emisi.....27

4.2 Kajian Ekonomis 30

BAB V 45

KESIMPULAN DAN SARAN 45

DAFTAR PUSTAKA.....46

LAMPIRAN.....49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 MARPOL Annex VI Batasan Emisi NOx 15
Gambar 3.1 *Flow Chart* 20
Gambar 3.2 *Engine Setup* 22
Gambar 3.3 Rasio *pulley* mesin dan generator 23

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Bio Diesel (BPPT. 2016).....6
Tabel 2.2 Properti Biodiesel Umbi Porang (Prasetio. 2015) 9
Tabel 2.3 MARPOL Annex VI Batasan Emisi NOx (IMO, 2016).....14
Tabel 2.4 MARPOL Annex VI, Appendix II Test Cycle 17
tabel 3.1 spesifikasi mesin 20
tabel 3.2 Spesifikasi alat uji emisi.....20
tabel 3.3 Variasi Pengujian 22
Tabel 4.1 Hasil Uji Emisi (ppm).....27
Tabel 4.2 Hasil Uji Emisi standar IMO (gr/kWh) 27
Tabel 4.3 Total Biaya Lahan dan Bangunan.....31
Tabel 4.4 Tabel Biaya Investasi Peralatan Utama 32
Tabel 4.5 Total Biaya Bare Module.....33
Tabel 4.6 Total Biaya Instalasi 33
Tabel 4.7 Total Biaya Peralatan Lain - Lain.....34
Tabel 4.8 Total Biaya Tak Berwujud.....35
Tabel 4.9 Total Biaya Plant Investment.....35
Tabel 4.10 Total Biaya *Working Capital*.....35
Tabel 4.11 Total Biaya Capital Investment 36
Tabel 4.12 Biaya Tenaga Kerja 36
Tabel 4.13 Total Biaya Operasional 37
Tabel 4.14 Total Biaya Fix Cost.....38
Tabel 4.15 Total Biaya Fix Factory Overhead (FOH).....39
Tabel 4.16Total Biaya *Direct Material CPO* 40

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan Antara SFOC dengan Daya Pada Putaran Maksimum 23
Grafik 4.2 Perbandingan Emisi dengan Persentase Daya.....28
Grafik 4.3 Grafik Perbandingan Harga.....43

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Perumusan Masalah

Aktivitas transportasi khususnya kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara di daerah perkotaan. Menurut Soedomo,dkk. (1990), transportasi darat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap setengah dari total emisi, yaitu CO, HC, dan NOx di daerah perkotaan. Konsentrasi utama terdapat di daerah lalu lintas yang padat, dimana tingkat pencemaran udara sudah hampir melampaui standar kualitas udara ambient.

Sejalan dengan itu pertumbuhan pada sektor transportasi, yang diproyeksikan sekitar 6% sampai 8% per tahun. Pada kenyataannya tahun 1999 pertumbuhan jumlah kendaraan di kota besar hampir mencapai 15% per tahun. Dengan menggunakan proyeksi 6-8% maka penggunaan bahan bakar di Indonesia diperkirakan sebesar 2,1 kali konsumsi tahun 1990 pada tahun 1998, sebesar 4,6 kali pada tahun 2008 dan 9,0 kali pada tahun 2018 (World Bank, 1993 cit KLH, 1997). Pada tahun 2020 setengah dari jumlah penduduk Indonesia akan menghadapi permasalahan pencemaran udara perkotaan, yang didominasi oleh emisi dari kendaraan bermotor (Nanny, 2008)

Mesin diesel merupakan mesin penyalaan kompresi dimana udara dikompresi sampai pada temperatur tertentu kemudian bahan bakar dikabutkan beberapa derajat sebelum TMA. Karena bahan bakar yang dikabutkan mempunyai titik nyala sendiri rendah, maka bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya dan akan mendorong piston pada langkah ekspansi. Selama dekade terakhir, peningkatan permintaan energi telah menghasilkan konsumsi bahan bakar fosil yang lebih tinggi dan, akibatnya, emisi yang lebih tinggi. Saat ini, diperkirakan pembakaran bahan bakar fosil melepaskan gas rumah kaca, terutama CO2 dan NO, pada laju

sekitar 46 miliar ton pada tahun 2014. Modifikasi telah dikembangkan dan dipergunakan untuk mengurangi emisi, contohnya peningkatan efisiensi konversi energi, inovasi teknologi, penggunaan energi terbarukan, dll. (Oktavianto, Aguk. 2015)

Oleh karena itu, untuk mengurangi resiko kesehatan akibat gas buang kendaraan bermotor tersebut, perlu ada langkah-langkah kongkrit untuk mengurangi tingkat pencemaran udara oleh kendaraan bermotor. Terdapat beberapa langkah yang dapat diambil salah satu diantaranya adalah mengembangkan teknologi yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui diantaranya penggunaan bahan-bakar biodiesel sebagai subtitusi motor diesel (Suharto. 2012)

Biodiesel salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebegai bahan bakar kendaraan bermotor dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel. Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui. Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodiesel adalah kelapa sawit, kedelai, jarak pagar, tebu, umbi porang, dan beberapa jenis tanaman lainnya.

Beberapa upaya telah dilakukan dalam penelitian dan pengembangan sumber energi alternatif, diantaranya adalah pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar pengganti solar. Namum ditemukan beberapa kekurangan dari minyak nabati, dimana bila digunakan secara langung akan menghasilkan senyawa yang dapat menyebabkan kerusakan pada mesin, karena membentuk deposit pada pompa injektor, disamping itu viskositas yang tinggi mengganggu kinerja pompa injektor pada proses pengkabutan bahan bakar sehingga hasil dari injeksi tidak beruwujud kabut yang mudah menguap melainkan tetesan bahan bakar yang sulit terbakar, oleh karena itu mesin-mesin kendaraan

bermotor komersial perlu di modifikasi jika menggunakan minyak nabati langsung sebagai pengganti bahan bakar solar. Hal ini tentu saja tidak ekonomis, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mengubah karakteristik minyak nabati sehingga dapat mengkonversi minyak nabati dalam bentuk metil ester asam lemak.

1.2 Perumusan Masalah

Biodiesel umbi porang (Amarphopallus Oncophilus) 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 hasil emisi yang dikeluarkan dari hasil pembakaran biodiesel umbi porang (Amarphopallus Oncophilus)?
2. Bagaimana hasil studi kelayakan ekonomis produksi dengan *feedstock* biodiesel umbi porang?

1.3 Tujuan Permasalahan

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

1. Untuk mengetahui nilai perbandingan hasil proses emisi yang dihasilkan dari hasil pembakaran antara biodiesel umbi porang.
2. Untuk mengatahui hasil studi kelayakan ekonomis bahan bakar biodiesel umbi.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menambah pengetahuan mengenai emisi yang di keluarkan oleh biodiesel umbi porang.
2. Menambah pengetahuan mengenai tingkat kelayakan ekonomis dari biodiesel porang.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran udara terutama di kota-kota besar di Indonesia semakin memburuk. Dan sumber utama pencemaran itu terutama berasal dari gas buang kendaraan bermotor. Disebutkan bahwa 80 % pencemaran udara disebabkan kendaraan bermotor, dan sisanya oleh aktivitas industri (Widiastono. 2003).

Permasalahan umum yang dihadapi dunia pada dewasa ini adalah semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak. Disamping dampak negatif yang ditimbulkan dari penggunaan bahan bakar minyak tersebut. Fenomena ini mendorong manusia untuk berusaha mencari bahan bakar alternatif yang diharapkan mampu mengatasi kedua permasalahan di atas secara serentak. Salah satu jenis bahan bakar alternatif yang dimungkinkan untuk menggantikan bahan bakar minyak terutama yang digunakan untuk kendaraan bermotor adalah bahan bakar Biodiesel (Kristanto. 2001).

Dalam kurun waktu dekat ini Indonesia telah mendekati krisis bahan bakar minyak. Stok cadangan minyak mentah yang berasal dari fosil dimana notabennya tidak dapat diperbaharui, 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 dan terus menurun. 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. (Presetio. 2015)

Bahan bakar solar mempunyai sifat- sifat utama, yaitu :

a. Tidak mempunyaik warna atau hanya sedikit kekuningan dan berbau
b. Encer dan tidak mudah menguap pada suhu normal
c. Mempunyai titik nyala (40°C sampai 100°C)
d. Terbakar secara sepontan pada suhu 350°C
e. Mempunyai berat jenis sekitar 0,82-0,86f
f. Mampu menimbulkan panas yang besar (10.500 kcal/kg)
g. Mempunyai kandungan sulfur yang lebih besar dari pada bensin.

Tabel 2.1 Standar Bio Diesel (BPPT. 2016)

Massa jenis Kg/m^3	850 - 890
Viskositas Kinematic (mm^2/s) Pada 40 ^{o}C	2,3 – 6,0
Cetane Number	Min 51
Titik Nyala ^{o}C	Min 100
Titik Kabut ^{o}C	Max 18
Sulfur mg/Kg	Max 100
Angka Iodine	115

Keunggulan biodiesel menurut Sitorus (2004). Bahwa Biodiesel memiliki beberapa keunggulanbila dibandingkan dengan diesel fuel (solar) . Antara lain adalah :

a. Angka *cetane* tinggi, yaitu angka yang menunjukan ukuran baik tidaknya kualitas solar berdasarkan sifat kecepatan bakar dalam ruang bakar motor diesel. Semakin tinggi bilangan

cetane, semakin cepat terjadi pembakaran semakin baik efisiensi termodinamisnya.

b. Titik penyalaan (*Flash Point*) tinggi, yaitu temperatur terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun pada saat didistribusikan dari pada solar.

c. Tidak mengandung sulfur dan benzene yang menyerupai sifat karsimogen, serta dapat diuraikan secara alami.

d. Menambah pelumasan mesin yang lebih baik dari pada solar sehingga akan memperpanjang umur pemakaian mesin.

e. Dapat dengan mudah dicampur dengan solarbiasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun.

f. Mengurangi asap hitam dari gas asap buang mesin diesel secara signifikan walaupun penambahan hanya 5% - 10% volume biodiesel kedalam solar.

Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati maupun lemak hewan, namun yang paling umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati. Minyak nabati dan biodiesel tergolong ke dalam kelas besar senyawa-senyawa organik yang sama, yaitu kelas ester asam-asam lemak. Akan tetapi, minyak nabati adalah triester asam-asam lemak dengan gliserol, atau trigliserida, sedangkan biodiesel adalah monoester asam-asam lemak dengan metanol (Saputra. 2009). Salah satu tanaman yang dapat dijadikan sebagai bio diesel adalah umbi porang.

Umbi porang (Amorphophallus muelleri) termasuk famili Araceae, merupakan jenis tanaman umbi yang mempunyai potensi untuk dikembangkan. Kelebihan umbi porang adalah mudah didapat, indeks panen tinggi dan juga mampu menghasilkan karbohidrat (Sumarwoo, 2005). Di Indonesia, umbi porang banyak ditemui di daerah Sumatera, Jawa, Madura, Bali, dan NTB). Di Jawa pengembangan porang telah dimulai di Jawa Timur seperti di Madiun, Nganjuk, Jember, Kediri dan Ngawi. Umbi porang banyak dimanfaatkan dibidang industri dan kesehatan (Anonimous, 2013). Di Jawa, umbi porang dengan nama porang atau iles-iles (Dwiyono, 2009). Umbi porang telah menjadi komoditas eksport khususnya ke jepang. Komoditas ini digunakan sebagai bahan pembuatan produk pangan yang disebut konnayaku. Kegunaan lain adalah sebagai pakan ternak, bahan baku industri farmasi dan kosmetika (Pitojo, 2007) dewasa ini umbi porang telah di lakukan penelitian sebagai bahan bakar alternatif biodiesel.

Tanaman porang merupakan tanaman lorong di antara tanaman tahunan sehingga lebih menyukai lingkungan dengan tingkat naungan tinggi dan kelembapan cukup. Di Jawa Timur, potensi hutanya masih sangat luas. (Direktorat Budidaya Aneka Kacang & Umbi, 2015).

Tabel 2.2 Properti Biodiesel Umbi Porang (Prasetio. 2015)

Parameter Uji	**Hasil**	**Satuan**	**Metode Pengujian**	**SNI**
Water Content	0,01	%	ASTM D 1796	Max 0,05%
Desity at 15°C	0,85	gr/cm^{2}	ASTM D 1480-81	850 – 890 kg/m^{3}
Viscosity	3,56	Cst	ASTM D 445	2,3 – 6 Cst
Flash Point	77	^{O}C	ASTM D 93	Min 100°C
Pour Point	-2	^{O}C	ASTM D 97-85	Max 18°C
Lower Heating Value	15.868	BTU /lbm	ASTM D 240	Max 18.288 BTU/lbm

Regulasi Emisi

Mesin diesel sama seperti mesin pembakaran dalam lainnya, yaitu dengan mengubah energi kimia yang tergkandung pada bahan bakar menjadi energy mekanik, bahan bakar diesel merupakan campuran dari hidrokarbon dimana pada kondisi proses pembakaran ideal akan menghasilkan karbon dioksida (CO2) dan uap air (H2O). pada saat kondisi ideal selain zat CO2 dan gas yang menyebabkan efek rumah kaca, hasil dari pembakaran pada motor diesel tidak berdampak pada kesehatan maupun lingkungan.

Pada kenyataanya yang terjadi adalah pembakaran motor diesel yang tidak ideal, gas buang pada motor diesel yang tidak ideal akan menyebabkan kerusakan dan dampak buruk untuk kesehatan maupun lingkungan, pembakaran yang tidak ideal bias dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna, suhu atau kompresi yang tidak sesuai, minyak pelumas atau zat aditif yang bukan merupakan zat hidrokarbon yang

ikut terbakar, ataupun zat yang terkandung pada bahan bakar yang kurang baik seperti sulfur dan lainnya.

Umumnya polutan dari gas buang motor diesel adalah hidrokarbon yang tidak terbakar (HC), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx) atau *Particulate Matter* (PM). Total konsentrasi dari gas pembuangan motor diesel (Heeb dkk, 2001)

Gas Nitrogen Oksida

Gas nitrogen oksida (NOx) ada dua macam yaitu gas nitrogen monoksida dan gas nitrogen dioksida. Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas NO berada dalam konsentrasi tinggi.

Sifat racun (toksisitas) gas NO2 empat kali lebih kuat daripada toksisitas gas NO. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO2 adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas NO2 akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematian.

Konsentrasi NO2 lebih tinggi dari 100 ppm bersifat letal pada hewan percobaan , dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala edema pulmonary. Pemberian sebanyak 5 ppm NO2 selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan sedikit kesukaran dalam bernafas.

Karbon Monoksida

Apabila bahan bakar fosil atau bahan organik terbakar, maka tiap atom karbon akan bereaksi dengan dua atom oksigen di atmosfir dan terbentuk gas CO2 (karbon dioksida). Apabila proses pembakaran tidak sempurna maka atom karbon akan bereaksi dengan satu atom oksigen dan terbentuk CO. gas ini mempunyai sidat yang lebih ringan dari udara, tidak berbau dan tidak bewarna (Mujono, 1997).

Karbon monoksida (CO) apabila terhirup ke dalam paru-pari akan ikut peredaran darah dan akan menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini dapat terjadi karena gas CO bersifat racun, ikut bereaksi secara metabolis dengan darah (hemoglobin) :

Hemoglobin + CO —> COHb (Karboksihemoglobin)

Ikatan karbon monoksida dengan darah (karboksihemoglobin) lebih stabil daripada ikatan oksigen dengan darah (oksihemoglobin). Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap gas CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu.

Bila karbon didalam bahan bakar terbakar dengan sempurna, akan terjadi reaksi yang menghasilkan CO_2 sebagai berikut :

$$C + O_2 \; CO_2$$

Apabila unsur oksigen udara tidakcukup, pembakaran tidak sempurna sehingga karbon di dalam bahan bakar terbakar dengan proses sebagai berikut:

$$C + \tfrac{1}{2} O_2 \; CO$$

Emisi CO dari kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran udara dengan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar (AFR). Jadi untuk mengurangi CO, perbandingan campuran harus dikurangi atau dibuat kurus (excess air). Namun akibatnya HCdan NO_x lebih mudah timbul serta output mesin menjadi berkurang.

Senyawa Hidrokarbon

Sumber emisi HC dapat dibagi menjadi dua bagian, sebagai berikut :

✓ Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah.

✓ Bahan bakar terpecah karenar eaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang :

C_8H_{18} H + C + H

Sebab utama timbulnya HC, sebagai berikut :
✓ Sekitar dinding-dinding ruang bakar bertemperatur rendah, dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran.
✓ Missing (missfire)
✓ Adanya overlaping katup (kedua katup bersama-sama terbuka) sehingga merupakan gas pembilas/pembersih

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dengan sempurna dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida (CO2) dan air (H20).Walaupun desain ruang bakar mesin kendaraan saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi pada kenyataanya proses pembakaran tidak ada yang ideal dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi. Hidrokarbon (HC) ,dapat menyebabkan iritasi mata, pusing, batuk, mengantuk, bercak kulit, perubahan kode genetik, memicu asma dan kanker paru-paru.

Partikulat

Partikulat terdiri dari unsur C (karbon) yang masih berupa butiran partikel, dan residu atau kotoran lain dihasilkan oleh pembakaran pada motor diesel. Partikulat sebagian besar dihasilkan oleh adanya residu dalam bahan bakar. Residu tersebut tidak ikut terbakar dalam ruang bakar, tetapi terbuang melalui pipa gas buang.

Pembakaran mesin diesel paling banyak menghasilkan partikulat karena didalam bahan bakar diesel mengandung banyak residu dengan kadar C yang banyak. Hal itu mengakibatkan setelah selesai proses pembakaran, karbon/arang yang tidak terbakar akan terbuang melalui pipa gas buang.

H2O

H_2O merupakan hasil reaksi pembakaran dalam ruang bakar, dimana kadar air yang dihasilkan tergantung dari mutu bahan bakar. Makin banyak uap air dalam pipa gas buang, mengindikasikan pembakaran semakin baik. Semakin besar uap air yang dihasilkan, pipa knalpot tetap kelihatan bersih dan ini sekaligus menunjukkan makin bersih emisi yang dihasilkan.

Keterkaitan antara pencemaran udara di perkotaan dan kemungkinan adanya resiko terhadap kesehatan, baru dibahas pada beberapa dekade belakangan ini. Pengaruh yang merugikan mulai dari meningkatnya kematian akibat adanya episod smog sampai pada gangguan estetika dan kenyamanan.

Gangguan kesehatan lain diantara kedua pengaruh yang ekstrim ini, misalnya kanker pada paru-paru atau organ tubuh lainnya, penyakit pada saluran tenggorokan yang bersifat akut maupun khronis, dan kondisi yang diakibatkan karena pengaruh bahan pencemar terhadap organ lain sperti paru, misalnya sistem syaraf.

Karena setiap individu akan terpajan oleh banyak senyawa secara bersamaan, sering kali sangat sulit untuk menentukan senyawa mana atau kombinasi senyawa yang mana yang paling berperan memberikan pengaruh membahayakan terhadap kesehatan. (Tugaswati, 2010)

Dalam rangka untuk pengendalian emisi terutama dalam mesin diesel yang digunakan untuk penggerak utama kendaraan di bidang maritime telah diatur oleh International Maritime Ogranization (IMO). IMO merupakan bagian dari Perserikatan Bangsa – Bangsa (PBB) yang bergerak pada bidang keselamatan maritime. IMO secara resmi didirikan oleh sebuah konverensi internasional di Geneva pada tahun 1948, dan aktif pada tahun 1958. Salah satu regulasi yang dikeluarkan IMO mengenai Emisi gas terkandung dalam "*International Convention on the Prevention of Pollution from Ships*" yang dikenal sebagai

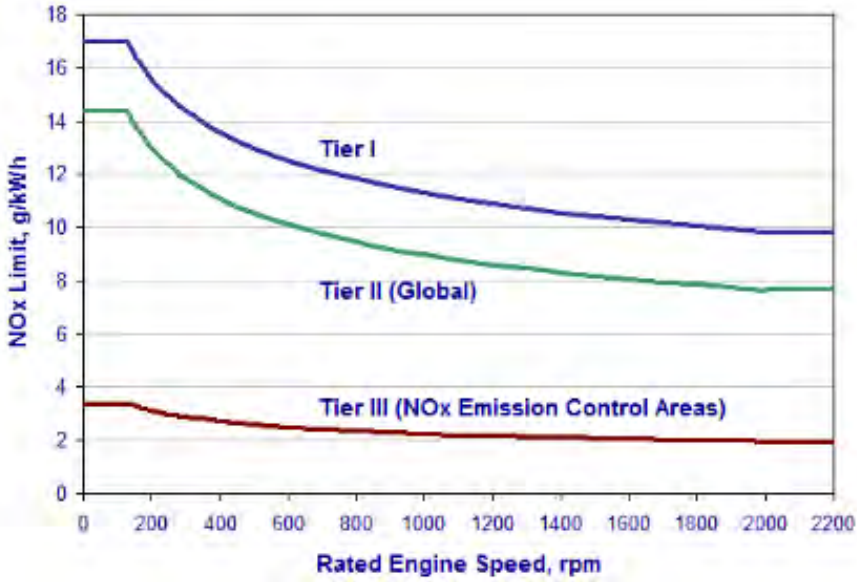
MARPOL 73/78 . pada 27 september 1997 konvensi MARPOL telah diubah oleh “1997 protokol” yang mencakup annex VI berjudul “*Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships”* MARPOL Annex VI menetapkan batas emisi NOx dan SOx dari gas buang kapal.

Standar Emisi Gas NOx

Batas NOx yang ditujukan pada mesn diesel bergantung pada putaran (n, RPM) maksimal yang digunakan pada mesin tersebut. Seperti yang ditunjukan pada table 2.2 dan presentasi grafik pada gambar 2.1 mengenai Tier 1, Tier 2, dan Tier 3.

Tabel 2.3 MARPOL Annex VI Batasan Emisi NOx (IMO, 2016)

Tier	Date	NOx Limit, g/kWh		
		n<130	130 ≤ n < 2000	n ≥ 2000
Tier I	2000	17.0	$45.n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44.n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016	3.4	$9.n^{-0.2}$	1.96



Gambar 2.1 MARPOL Annex VI Batasan Emisi NOx (IMO, 2016)

Untuk mengetahui nilai dari emisi mesin diesel berbahan bakar biodiesel menggunakan standar pengujian yang ditetapkan oleh regulasi IMO MARPOL annex VI regulasi 13 membahas mengenai peraturan kadar NO_x. Dalam regulasi ini untuk mengatur emisi dari NO_x dibagai menjadi 3 tingkatan, sebagai berikut:

a. Tier I

Tingakatan ini untuk mesin diesel yang dipasang dikapal dengan tahun pembangunan 1 januari 2000 sampai 1 januari 2011. Adapun batasan berat NO_x yang dikeluarkan mesin dalam tingkatan ini, sebagai berikut:

- Berat NO_x 17.0 g/kWh untuk putaran mesin kurang dari 130 rpm
- Berat NO_x $45.0 \times n^{(-0.2)}$g/kWh untuk putaran mesin lebih dari130 rpm tetapi kurang dari 2000 rpm.

- Berat NO_x 9.8 g/kWh untuk putaran mesin lebih dari 2000 rpm.

b. Tier II

Tingakatan ini untuk mesin diesel yang dipasang dikapal dengan tahun pembangunan setelah 1 januari 2011. Adapun batasan berat NO_x yang dikeluarkan mesin dalam tingkatan ini, sebagai berikut:

- Berat NO_x 14.4 g/kWh untuk putaran mesin kurang dari 130 rpm
- Berat NO_x $44{,}0 \times n^{(-0.23)}$g/kWh untuk putaran mesin lebih dari 130 rpm tetapi kurang dari 2000 rpm.
- Berat NO_x 7.7 g/kWh untuk putaran mesin lebih dari 2000 rpm.

c. Tier III

Tingakatan ini untuk mesin diesel yang dipasang dikapal dengan tahun pembangunan setelah 1 januari 2016. Adapun batasan berat NO_x yang dikeluarkan mesin dalam tingkatan ini, sebagai berikut:

- Berat NO_x 3.4 g/kWh untuk putaran mesin kurang dari 130 rpm
- Berat NO_x $9.0 \times n^{(-0.2)}$g/kWh untuk putaran mesin lebih dari130 rpm tetapi kurang dari 2000 rpm
  Berat NO_x 2.0 g/kWh untuk putaran mesin lebih dari 2000 rpm

Tabel 2.4 MARPOL Annex VI, Appendix II Test Cycle

Test cycle type E2	Speed	100%	100%	100%	100%
	Power	100%	75%	50%	25%
	Weighting factor	0.2	0.5	0.15	0.15

Test cycle type E3	Speed	100%	91%	80%	63%
	Power	100%	75%	50%	25%
	Weighting factor	0.2	0.5	0.15	0.15

Test cycle type D2	Speed	100%	100%	100%	100%	100%
	Power	100%	75%	50%	25%	10%
	Weighting factor	0.05	0.25	0.3	0.3	0.1

- Untuk mesin diesel kecepatan konstan dan digunakan untuk penggerak utama atau digunakan sebagai diesel electric menggunakan *Test Cycle* E2.
- Untuk *controllable-pitch propeller* menggunakan *Test Cycle* E2.
- Untuk *auxiliary engines* kecepatan konstan menggunakan *Test Cycle* D2.

Analisa ekonomi

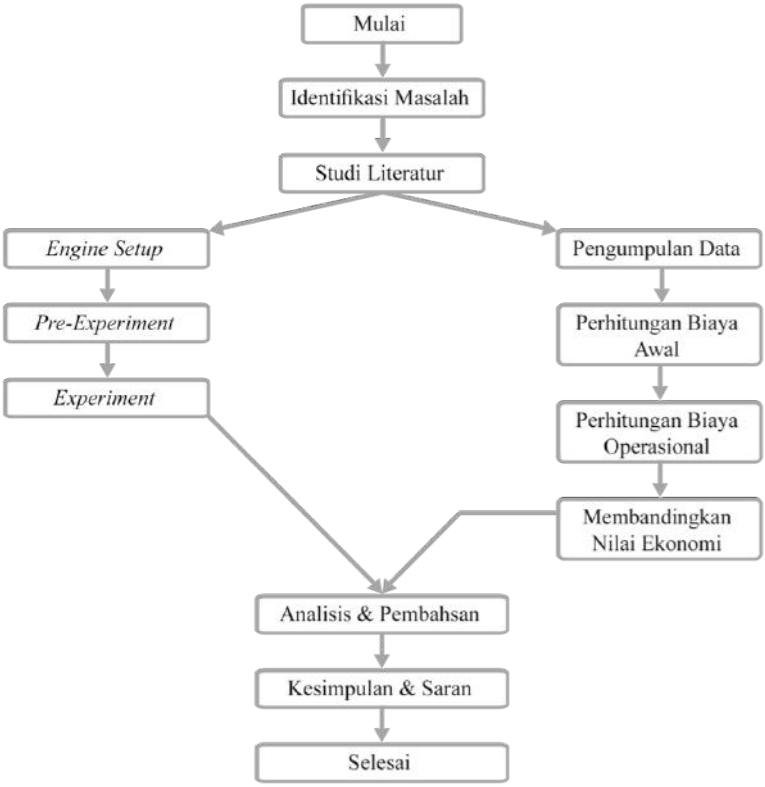
Menurut Oktovan (2012) aspek finansial sangat memegang peranan penting dalam melakukan studi kelayakan pendirian suatu usaha, perlu dilakukan pengkajian lebih mengenai aspek-aspek pendapatan dan biaya yang diperlukan dalam pengimplementasiannya. Untuk mengambil suatu keputusan dalam memilih suatu investasi diperlukan perhitungan dan analisis yang tepat untuk menilai dan menentukan investasi yang menguntungkan ditinjau dari segi

ekonomis. Ada beberapa metode yang biasa dipertimbangkan dalam penilaian suatu investasi.

Dalam melakukan analisa tingkat ke ekonomisan dari biodiesel berbahan baku umbi porang dapat kita bandingkan dengan penggunaan pabrik yang telah tersedia sebelumnya denga metode mengganti nilai dari harga feedstock pabrik tersebut.

BAB III
METODELOGI PENELITIAN

Salam penelitian ini untuk mengetahui hasil emisi yang dihasilkan Bio Porang dilakukan dengan metode berbasis eksperimen dan untuk analisa kelayakan ekonomis dengan menggunakan metode membandingkan dengan *feedstock* bahan bakar minyak nabati yang sudah menjadi komersial yang dijelaskan pada diagram alir gambar 3.1.



Gambar 3.1**.** *Flow Chart*

Identifikasi & Perumusan Masalah

Pengidentifikasian masalah pada penelitian ini untuk mengetahui emisi yang dikeluarkan oleh motor diesel dengan berbahan biodiesel umbi porang (*Amarphopallus Oncophyllus*) Serta studi kelayakan ekonomisnya membandingkan biodiesel umbi porang dengan biodiesel yang sudah ada sebelumnya yaitu biodiesel CPO.

Pada penelitian ini digunakan mesin dengan identifikasi spesifikasi pada table 3.1

tabel 3.1 spesifikasi mesin

Merk	:	YANMAR
Model	:	TF 85 MH
Type	:	In-line, Single Cylinder, 4 Stroke, Water Cooling, Direct Injection
Bore x Stroke	:	85 x 87
Piston Displacement	:	493 cc
Rated Power / Rated Speed	:	5,5 kW / 2200 RPM

Gas Analyzer untuk mendapatkan nilai NO dengan spesifikasi pada table 3.2

tabel 3.2 Spesifikasi alat uji emisi

Merk	:	ECOM
Model	:	J2Kn
Sensor Options	:	O2, CO, NO, NO2, SO2

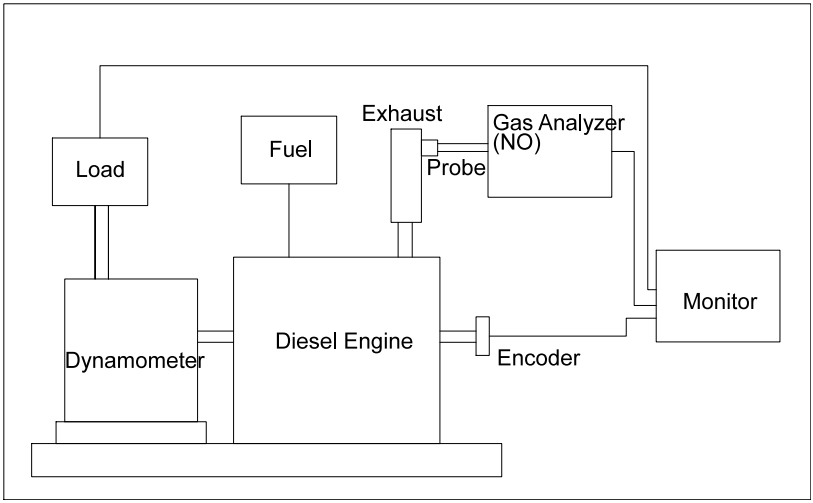
Studi Literatur

Studi literatur 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 karakteristik umbi porang (*Amarphopallus Oncophyllus*) serta emisi yang dikeluarkan oleh motor diesel dan studi kelayakan ekonomisnya.

Engine Setup

Mempersiapkan atau merencanakan eksperimen yang akan di lakukan, menyiapkan variabel tetap dan variabel bebas, mencari nilai daris daya, torsi, dan SFOC (*Specific Fuel Oil Consumption*). *Engine setup* dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan eksperimen serta mempersiapkan alat, bahan serta mesin sebelum dilakukan eksperimen, seperti mengisi *water cooling*, menyiapkan bahan bakar, mengisi oli, dan memeriksa segala hal yang bersangkutan dengan eskperimen agar berjalan lebih lancar.



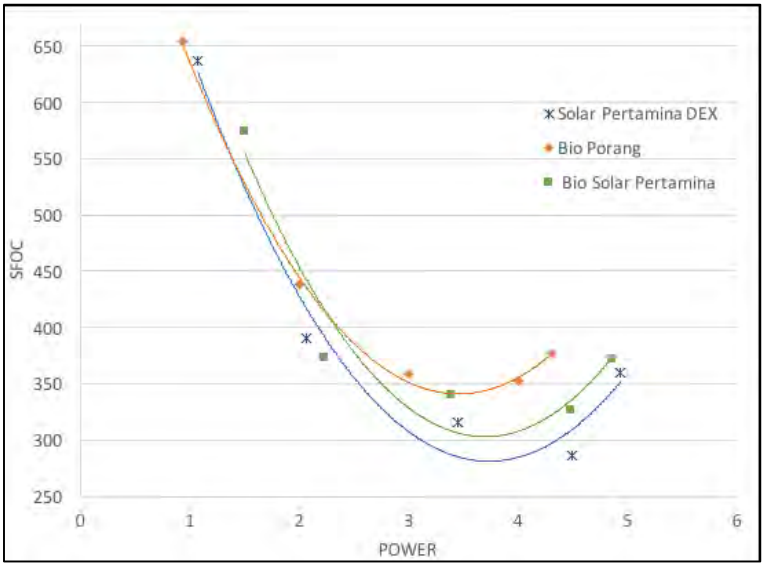
Gambar 3. 2 Engine Setup

tabel 3.3 Variasi Pengujian

Variasi Bahan Bakar	Variasi Bahan Bakar Referensi	Variabel Daya Pada Uji Emisi (kW)	Variasi Hasil
- Biosolar Umbi Porang 20%	- Mengunakan bahan bakar komersial (Solar DEX Pertamina dan Bio Solar Pertamina)	- 25% - 50% - 75% - 100%	- Daya - NOx

Pre Experiment

Pengujian emisi dengan standar International MaritimeOrganization (IMO) yang berlandaskan peraturan *marine pollution* (MARPOL) Annex VI , mewajibkan mesin diesel yang akan digunakan sebagai penggerak utama di uji dalam keadaan daya maksimum dan empat variasi kecepatan putaran mesin. Dalam menunjang penulisan ini, dilakukan eksperimen *engine performance* untuk mendapatkan daya maksimum pada mesin Yanmar menggunakan fungsi grafik perbandingan antara daya dan SFOC (*Specific fuel oil consumption)*



Grafik 4.1 Perbandingan Antara SFOC dengan Daya Pada Putaran Maksimum

Dalam menentukan daya maksimal pada putaran 100% Mesin dapat ditentukan dari grafik 4.1. Pada grafik 4.1 menunjukkan bahan bakar Bio Porang mempunyai daya maksimal yang paling rendah dibandingkan bahan bakar referensi. Dengan mengambil nilai yang berada pada titik puncak grafik Bio Porang dihasilkan daya 100% sebesar 3,6 kW maka dapat ditentukan nilai dari 75% daya sebesar 2.7 kW, 50% daya pada 1.8 kW, dan 25% daya pada 0.9 kW

Untuk bahan bakar Bio Solar Pertamina berdasarkan grafik diatas mempunyai daya yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar Solar DEX Pertamina. dengan mengambil nilai yang berada pada titik puncak grafik maka ditunjukkan daya maksimal sebesar 3.8 kW yang merupakan daya 100 %, maka dapat ditentukan 75% daya adalah sebesar 2.85 kW, 50% daya adalah sebesar 1.9 kW, dan 25% daya sebesar 0.95 kW.

Sedangkan untuk bahan bakar Solar DEX Pertamina menghasilkan daya dengan sebesar 4 kW berada di titik puncak grafik oleh karena itu dapat di tentukan daya maksimal atau daya 100% adalah 4 kW. Dengan data diatas dapat ditentukan daya 75% sebesar 3 kW , daya 50% sebesesar 2 kW dan daya 25% sebesar 1 kW.

Experiment

Melakukan eksperimen atau pengujian untuk mendapatkan hasil data yang di inginkan, dengan menggunakan *gas analyzer* untuk mendapatkan nilai NOx. Sebelum melakukan eksperimen pengujian emisi, dilakukan pengujian performa engine untuk mengetahui daya maksimal dan sfoc pada engine. Performa engine digunakan untuk mencari nilai daya maksimum dari mesin YANMAR TF 85 yang digunakan untuk uji performa emisi sesuai regulasi yang telah di keluarkan IMO dalam regulasi Annex MARPOL VI. Eksperimen ini dilakukan dengan untuk mendapatkan hasil emisi yang dikeluarkan oleh bahan bakar Bio Porang dan menggunakan bahan bakar komersial sebagai referensi (bahan bakar Solar DEX Pertamina dan Bio Solar Pertamina)

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 pembanding dari pabrik yang sudah ada.

Peritungan 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.

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.

Membandingkan Nilai Ekonomi

Mendapatkan hasil nilai ekonomi berdasarkan produksi dan operasional hingga mendapatkan harga jual dari biodiesel umbi porang lalu dengan proses yang sama dibandingkan dengan bahan bakar biodiesel yang sudah berlaku sebelumnya yaitu bahan bakar biodiesel *Crude Palm Oil* (CPO)

Analisis & Pembahasan

Pada penelitian ini analisa data yang dilakukan adalah mengamati hasil dari prores eksperimen emisi pada biodiesel dengan bahan bakar umbi porang (*Amarphopallus Oncophyllus*) dan solar, serta mengamati bagaimana nilai dari hasil kelayakan ekonomis penggunaan biodiesel umbi porang.

Kesimpulan & Saran

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

BAB IV
HASIL DAN PEMBASAHAN

4.1 Uji Emisi

Tabel 4.1 Hasil Uji Emisi (ppm)

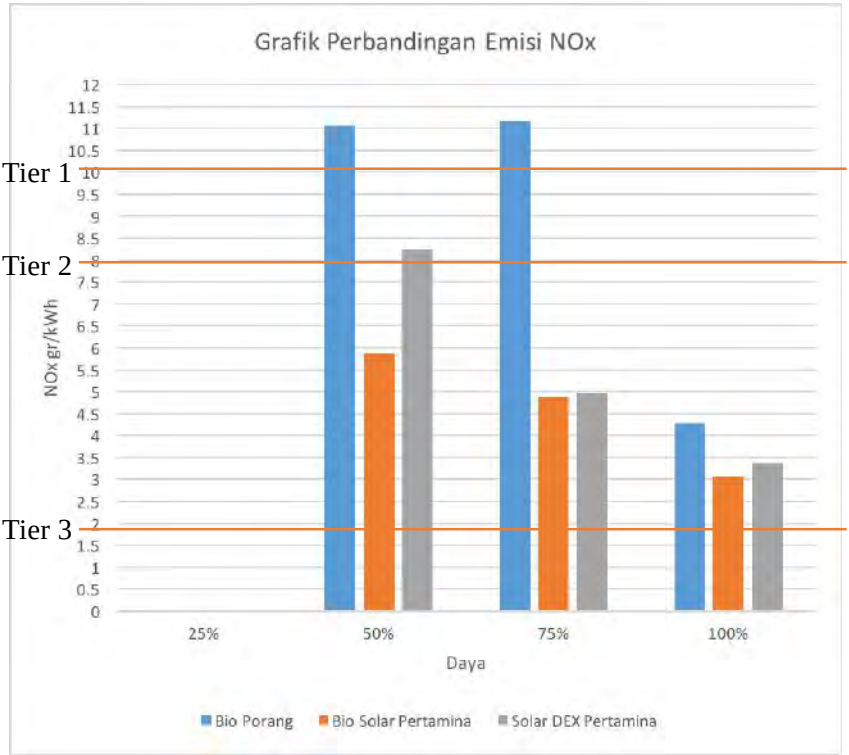
Load		Bio Porang	Bio Solar	Solar Dex
%	kW	(ppm)	(ppm)	(ppm)
25	0.9	0	0	0
50	1.8	6444	3425	4793
75	2.7	6510	2841	2883
100	3.6	2494	1787	1957

Pada tabel 4.1 merupakan nilai yang dihasilkan dari pengujian emisi menggunakan gas *analyzer*. Dari data yang dihasilkan oleh gas *analyser*, berupa nilai NO dengan satuan ppm. Untuk memenuhi persyaratan IMO, maka hasil uji emisi yang berupa ppm harus di konversi menjasi gr/kWh. hasil uji emisi rata – rata terbesar dihasilkan oleh bahan bakar Bio Porang, dengan nilai NO yang dihasilkan sebesar 5149 ppm. Bahan bakar referensi mempunyai nilai gas buang emisi NO yang jauh lebih kecil.

Tabel 4.2 Hasil Uji Emisi standar IMO (gr/kWh)

Load		Bio Porang	Bio Solar	Solar Dex
%	kW	(ppm)	(ppm)	(ppm)
25	0.9	0	0	0
50	1.8	11	5.88	8.23
75	2.7	11.17	4.87	4.9
100	3.6	4.28	3.06	3.36

Untuk memenuhi syarat dalam regulasi IMO maka perlu adanya konversi nilai NO dari ppm menjadi gr/kWh. Table 4.2 menunjukkan nilai emisi NO (gr/kWh) yang dihasilkan oleh 3 bahan bakar.



Grafik 4.2 Perbandingan Emisi dengan Persentase Daya

Pada grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil dari keluaran NOx antara tiga variasi bahan bakar, yaitu Bio Porang, Bio Solar Pertamina da SolarDEX Pertamina pada putaran 100% yaitu putaran 2200 RPM dan 4 variasi pembebanan dengan mengunakan metode pengujian yang dikeluarkan oleh IMO.

Pada grafik diatas ditunjukkan untuk beban sebesar 25% tidak mengeluarkan kandungan NO, untuk daya 50% pada putaran 2200 untuk bahan bakar Bio Porang menghasilkan NO sebesar 11 gr/kWh , jumlah NO yang dikeluarkan oleh bahan bakar ini merupakan nilai yang terbesar dibandingkan bahan bakar lainnya, dan jumlah NO bahan bakar ini pada daya 50% belum bisa memenuhi peraturan tier

1, tier 2, maupun tier 3. Untuk bahan bakar Bio Solar Pertamina pada daya 50% di putaran 2200 RPM menghasilkan emisi NO sebesar 5.88 gr/kWh, jumlah NO yang dikeluarkan bahan bakar ini merupakan nilai yang terkecil dibandingkan tiga bahan bakar lainnya, dan jumlah NO bahan bakar ini pada daya 50% belum bisa memenuhi peraturan tier 3, tetapi sudah bisa memenuhi syarat untuk tier 2 dengan batas maksimal NO 7,7 gr/kWh. Untuk bahan bakar Solar DEX Pertamina pada daya 50% mempunyai nilai NO dengan hasil yang lebih besar dibandingkan hasil yang dikeluarkan oleh Bio Solar Pertamina yaitu sebesar 8,23 gr/kWh, pada daya 50% ini NO yang diasilkan oleh bahan bakar ini masih belum masuk dalam peraturan IMO tier 1 dan tier 2, tetapi masih diterima dalam regulasi IMO tier 3.

Untuk daya 75 % Bio porang menghasilkan gas NO dengan nilai yang paling tinggi dibandingkan bahan bakar lainnya dalam praktikum ini, bahan bakar ini menghasilkan kandungan gas NO sebesar 11.17 gr/kWh pada pengujian ini gas NO yang dikeluarkan masih tidak bisa lolos dalam regulasi uji emisi yang dikeluarkan oleh IMO tier 1, tier 2, maupun tier 3.Untuk daya bahan bakar Bio Solar Pertamina pada daya 75% menghasilkan gas NO sebesar 4.87 gr/kWh dimana nilai ini adalah bahan bakar dengan nilai NO terendah dibandingkan dengan bahan bakar lainnya, bahan bakar ini sudah memenuhi regulasi IMO tier 1 dan tier 2, sedangkan untuk tier 3 masih belum memenuhi. Untuk daya 75% dengan menggunakan bahan bakar Solar DEX Pertamina pada putaran 2200 RPM menghasilkan gas NO sebesar 4.87 gr/kWh, regulasi ini sudah memenuhi syarat regulasi IMO tier 1 dan tier 2, tetapi belum memenuhi syarat untuk tier 3.

Untuk daya 100% menggunakan Bio Porang menghasilkan gas NO dengan nilai yangp aling tinggi yaitu sebesar 4.28 gr/kWh hasil keluaran ini merupakan nilai NO yang paling tinggi dibandingkan dengan bahan bakar lainnya, hasil NO pada bahan bakar ini masih

belum lolos dalam regulasi IMO tier 3, tetapi sudah memenuhi syarat untuk tier 1 dan tier 2. Untuk daya 100 % menggunakan bahan bakar Bio Solar Pertamina menghasilkan NO sebesar 3.06 gr/kWh , hasil ini merupakan nilai terendah dari NO yang dihasilkan, tetapi bahan bakar ini belum dapat memenuhi syarat IMO tier 3, bahan bakar ini hanya memenuhi tier 1 dan tier 2. Untuk daya 100% dengan menggunakan bahan bakar Solar DEX Pertamina menghasilkan NO sebesar 3.36 gr/kWh, hasil NO ini sudah memenuhi regulasi IMO tier 1 dan tier 2 tetapi belum memenuhi syarat untuk tier 3 dengan batas maksimal 1.97 gr/kWh. Dari grafik diatas menunjukan bahwa semakin tinggi daya mesin maka NO yang dihasilkan akan relatif lebih kecil.

Untuk bio porang mempunyai nilai rata-rata NO sebesar 8.81gr/kWh dimana nilai ini mempunyai nilai rata rata 37.5% lebih tinggi dibandingkan nilai rata rata NO solar DEX dan lebih besar 47.45% lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata bio solar. Untuk nilai rata rata NO bio porang masih dapat memenuhi regulasi IMO annex VI tier 1.

4.2 Kajian Ekonomis

a. Total Capital Investment (TCI)

Total Capital Investment merupakan nilai dari modal awal yang diperlukan untuk membangun sebuah investasi, dalam penulisan ini modal awal digunakan untuk membangun sebuah pabrik biodiesel yang memproduksi biodiesel porang. Tujuan dari menghitung TCI untuk menjadi dasar dalam menentukan nilai dari harga jual biodiesel Porang. TCI dibagi menjadi biaya pabrik dan modal kerja. TCI terdiri dari biaya lahan dan bangunan, biaya investasi peralatan utama, biaya instalasi, biaya peralatan lain, biaya tak berwujud, reinvestasi dan *working capital*.

Biaya Lahan dan Bangunan

Biaya lahan dan bangunan merupakan biaya yang dibutuhkan untuk membangun lahan dan bangunan yang akan digunakan untuk pabrik, kantor dan fasilitas lainnya.

Tabel 4.3 Total Biaya Lahan dan Bangunan

Jenis Biaya	Luas (m^2)	Harga (Rp/ m^2)	Harga (Rp)
Lahan Pabrik	10.000	1.000.000	10.000.000.000
Bangunan Pabrik	5000	3.000.000	15.000.000.000
Bangunan Kantor	3000	3.000.000	9.000.000.000
Fasilitas Umum	2000	3.000.000	6.000.000.000
Total			40.000.000.000

Biaya Investasi peralatan utama

Biaya investasi peralatan utama merupakan biaya yang digunakan untuk pembelian yang berkaitan dengan proses produksi biodiesel umbi porang. Dalam hal ini dibagi menjadi tiga yaitu total biaya alat dan alat yang di rancang, total biaya penyimpanan, total biaya alat cadangan (Cspare) (perhitungan menggunakan US dollar dengan konversi 1$ setara dengan Rp.13.000)

Tabel 4.4 Tabel Biaya Investasi Peralatan Utama

Nama Alat	Fungsi	Harga (US$)
Mixer (tangki pengaduk)	Mencampur NaOH padat dengan Metanol	9.575
Reaktor	Mereaksikan trigliserida dengan metanol adar menjadi metil ester dan gliserol dengan bantuan katalis NaOH	299.000
Dekanter silinder horisontal	Memisahkan fraksi ringan (metil ester) dengan fraksi berat (gliserol, NaOH, Metanol, Air dan Trigliserida)	10.590
Dekanter silinder horisontal 2	Memisahkan produk biodiesel dengan bahan lainnya	10.590
Washer Tank	Menghilangkan fraksi berat yang masih terikut pada fraksi ringan dengan pencucian	10.100
Single stage distilation flash drum	Memisahkan metanol dengan bahan lain yang tersisa	18.950

Netralizer dengan silinder tegak berpengaduk	menetralkan	28.525
Menara Distilasi	Memisahkan Metanol dan air yang akan di daur ulang kembali ke mixer	60.500
Total		447.830 $
Total		Rp 5.821.790.000

Total Biaya *Spare Part*

C_{spare} Merupakan biaya yang diperlukan untuk spare part yang yang bernilai 0.5% dari biaya investasi peralatan utama.

C_{spare} = 5% x 447.830

= 2239,15 $

Cost Total Bare Module

C_{TBM} = $C_{alat\ investasi}$ + C_{Spare}

= 450.069,15

Tabel 4.5 Total Biaya Bare Module

C_{TBM}	450.069,15 $
C_{TBM}	Rp 5.850.898.950

Biaya Instalasi

Biaya instalasi merupakan biaya yang diperlukan untuk sebagai jasa pemasangan alat investasi awal. Biaya insvetasi sebesar 10% dari biaya alat keseluruhan yaitu 44.783$

Tabel 4.6 Total Biaya Instalasi

Biaya Instalasi	44.783 $
Biaya Instalasi	Rp 582.179.000

Biaya Peralatan lain-lain

Biaya peralatan lain-lain atau dengan sebutan C_{serve} merupakan biaya yang diperlukan untuk membangun control room, laboratorium, *maintainance shop*, fasilitas medis, kantin, kantor, garasi, dan bangunan lainnya, biaya ini didapatkan dari 40% dari nilai total bare modul (C_{TBM})

C_{serve} = 40% C_{TBM}
= 180.027.66

Tabel 4.7 Total Biaya Peralatan Lain - Lain

C_{serve}	180.027.66 $
C_{serve}	Rp 2.340.359.580

Biaya Tak Berwujud

Biaya tak beruwuju merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pengurusan perizinan, kontraktor, dan konsultan.

- Biaya perizinan
  Untuk biaya perizinan di estimasikan sebesar Rp. 250.000.000 atau sebesar 18.656,202 $

- Biaya Kontraktor
- Biaya kontraktor merupakan biaya yang dikeluarkan sebagai pembayaran jasa kontraktor, biaya kontraktor dimasukan dalam biaya modal awal, untuk biaya kontraktor sebesar 25% dari C_{TBM} + C_{Serve} + Biaya Instalasi dengan total sebesar 337.327.984 atau sebesar 25.173,73 $

- Biaya Konsultan
  Untuk biaya konsultas di estimasikan sebesar Rp. 500.000.000 atau sebesar 37.313,43 $

Tabel 4.8 Total Biaya Tak Berwujud

Biaya Perizinan	18.656,71 $
Biaya Kontraktor	25.173,73 $
Biaya Konsultan	37.313,43 $
Total Biaya Tak Berwujud	81.143,83 $

***Total Plant Investment* (TPI)**

Tabel 4.9 Total Biaya Plant Investment

Jenis Biaya	Nilai (US$)
Biaya lahan dan bangunan	2.985.074,63 $
Biaya investasi peralatan utama	447.830 $
Biaya instalasi	44.783 $
Biaya peralatan lain-lain	180.027.66 $
Biaya tak berwujud	81.143,83 $
Total (TPI)	3.738.859,12 $

$\mathbf{C_{TPI}}$	3.738.859,12 $
$\mathbf{C_{TPI}}$	Rp 48.605.167.000

Working Capital

Working Capital C_{wc} bernilai 15% dari *total capital investment.*

C_{wc} = 15% C_{TPI}

= 560.828,868 $

Tabel 4.10 Total Biaya *Working Capital*

$\mathbf{C_{wc}}$	560.828,868 $
$\mathbf{C_{wc}}$	Rp 7.290.775.284

Total Capital Investment

Total Capital Investment (C_{TCI}) = C_{wc} + C_{TPI}

= 4.299.687,99 $

Tabel 4.11 Total Biaya Capital Investment

C_{TCI}	4.299.687,99 $
C_{TCI}	Rp 55.895.943.870

b. Biaya Operasional

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan untuk proses operasi dalam pabrik untuk menghasilkan produk biodiesel, dalam biaya operasional dibagi dua yaitu biaya variabel dan biaya tetap, biaya variabel dipengaruhi oleh besarnya volume produksi sementara biaya tetap adalah biaya manufaktur.

Biaya tenaga kerja

Tabel 4.12 Biaya Tenaga Kerja

Posisi	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total gaji/ Bulan (Rp)	Total/ tahun
Operator Kerja	10	2.400.000	24.000.000	288.000.000
Buruh Pabrik	10	1.500.000	15.000.000	180.000.000
total			39.000.000	468.000.000

Total Biaya Tenaga Kerja/ tahun	Rp 468.000.000

Biaya Tetap Pabrik

Pekerja Tidak Langsung

Total Biaya Tenaga Kerja tidak langsung	Rp 1.500.000.000

Biaya Operasional Utilitas

Biaya utilitas merupakan biaya yang dikeluarkan sebagai biaya untuk operasional utilitas dalam satu tahun biaya utilitas terdiri dari biaya operasional pertahun peralatan produksi dan biaya operasional dari penerangan pabrik.

Biaya operasional utilitas listrik

Tabel 4.13 Total Biaya Operasional

Fungsi	Jumlah (kW)	Waktu operasional (jam/hari)	Harga (Rp/kWh)	Total Biaya/hari (Rp)	Total/ Tahun (Rp)
Peralatan Produksi	90 kW	10	1.350	1.215.000	443.475.000
Penerangan Pabrik	2.25 kW	10	1350	30.375	11.086.875
Total					454.561.875

Biaya Operasional Utilitas Air

Fungsi	Kebutuhan m^3/Hari	Harga (Rp)	Total Harga/Tahun (Rp)
Cooler	200	1250	91.250.000

Total Biaya Operasional Utilitas

Utilitas	Total (Rp)
Listrik	454.561.875

Air	91.250.000
Total Biaya Utilitas	545.811.875

Total Biaya Utilitas (*variabel cost*)	Rp 545.811.875

Fixed Cost

Biaya yang digunakan untuk pembayaran pemakaian listrik dan penggunaan air untuk sanitasi.

Tabel 4.14 Total Biaya Fix Cost

Nama Alat	Jumlah Pemakaian Listrik (kW)	Jumlah Waktu Pemakaian (Jam/ Hari)	Harga (Rp/ kWh)	Total/ Hari (kW)	Total/ Tahun (Rp)
Penerangan Kantor	1	8	1350	108000	3.942.000
Komputer	1	8	1350	10800	3.942.000
AC	0.5	8	1350	5400	1.971.000
Printer	0.01	8	1350	108	394.2000
Total					13.797.000

Utilitas Air	Kebutuhan Air/Bulan (m^3)	Harga (Rp/m^3)	Kebutuhan air/tahun (Rp)
Sanitasi	5000	1250	7.500.000

Utilitas	Total (Rp)
Listrik	Rp 13.797.000
Air	Rp 7.500.000

Total Biaya utilitas (Fixed Cost)	Rp 21.297.000

Total Variabel	Variabel FOH (Rp)
Total Biaya Utilitas (*variabel cost)*	Rp 545.811.875

Total FOH = Total Biaya Utilitas (*fixed Cost*) + Total Biaya utilitas *(variable cost)*
= Rp 21.297.000 + Rp 545.811.875
= Rp 567.108.875

Biaya Perawatan Alat

Biaya perawatan alat secara tidak langsung berkaitan dengan biaya menghasilkan proses produksi. Untuk biaya perawatan alat dianggap 10% dari total biaya investasi pabrik, besaran dari nilai persentase yang dianggap 10% didapatkan berdasarkan data biaya proyek untuk pabrik. Dengan demikian berikut perhitungan biaya perawatan alat :

Biaya Perawatan Alat = 10% x C_{TPI}
= 10% x Rp Rp 48.605.167.000
= Rp 4.860.516.700 untuk satu tahun

Total Fix Factory Overhead

Tabel 4.15 Total Biaya Fix Factory Overhead (FOH)

Total Fix FOH	Fixed FOH (Rp)
Pekerja tidak Langsung	1.500.000.000
Biaya Utilitas Tetap	21.297.000
Maintanance	4.860.516.700
Total FOH	19.881.813.700

Total biaya Operasional CPO

Kapasitas pabrik menghasilkan 100.000 kl atau 400.000 kg Kelapa Sawit

Tabel 4.16Total Biaya *Direct Material CPO*

Bahan Baku	Harga (Rp/Unit satuan)	Jumlah/tahun	Total / Tahun (Rp)
TBS Kelapa Sawit (Kg)	2000	400.000 KG	800.000.000
Metil Asetat (kg)	1.400	40.000.000 kg	56.000.000.000
Katalis (Kg)	800.000	430.000 kg	344.000.000.000
			400.800.000.000

Jenis Operation Cost	Fixed FOH (Rp)
Direct Material	400.800.000.000
Pekerja langsung	468.000.000
Factory overhead	567.108.875
Total	401.835.108.875

Perhitungan Pendapatan Penjualan CPO

Perhitungan pendapatan penjualan CPO dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai dari harga jual produk yang dihasilkan pada pabrik ini, yang dimana akan dibandingkan dengan harga jual dari penjualan Bio CPO

Biaya Investasi	Rp 55.895.943.870
Biaya Operasional	Rp 401.835.108.875

Total	Rp 457.731.052.745
Harga Jual pada titik Impas/Liter	Rp 4577
Profit yang diharapkan (5%)	Rp 228
Harga Jual/Liter	Rp 4805

Total biaya Operasional Bio Porang

Kapasitas pabrik menghasilkan 100.000 kl atau 2.000.000 Kg Umbi Porang

Tabel 4.17 Total Biaya *Direct Material* Bio Porang

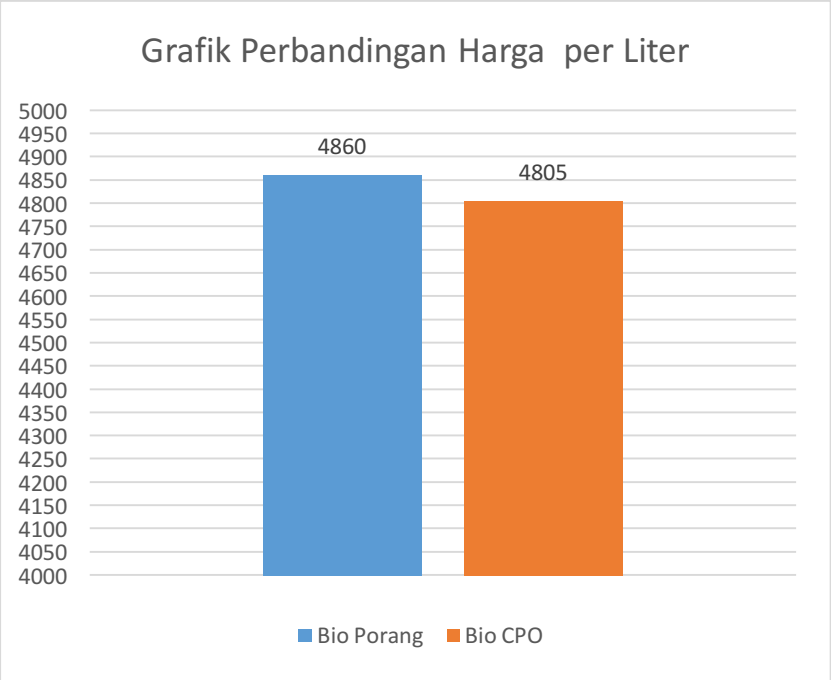
Bahan Baku	Harga (Rp/Unit satuan)	Jumlah/tahun	Total / Tahun (Rp)
TBS Porang (Kg)	3000	1.666.666 kg	6.000.000.000
Metil Asetat (kg)	1.400	40.000.000 kg	56.000.000.000
Katalis (Kg)	800.000	430.000 kg	344.000.000.000
Total			406.000.000.000

Jenis Operation Cost	Fixed FOH (Rp)
Direct Material	406.000.000.000
Pekerja langsung	468.000.000
Factory overhead	567.108.875
Total	407.035.108.875

Perhitungan Pendapatan Penjualan Bio Porang

Perhitungan pendapatan penjualan Bio Porang dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai dari harga jual produk yang dihasilkan pada pabrik ini, yang dimana akan dibandingkan dengan harga jual dari penjualan Bio Porang.

Biaya Investasi	Rp 55.895.943.870
Biaya Operasional	Rp 407.035.108.875
Total	Rp 462.931.052.745
Harga Jual pada titik Impas/Liter	Rp 4629
Profit yang diharapkan (5%)	Rp 231
Harga Jual/Liter	Rp 4860



Grafik 4.3 Grafik Perbandingan Harga

Pada grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil dari harga per liter Biodiesel yang di hasilkan tiap *feedstock* yang berbeda, yaitu biodiesel yang di hasilkan dari kelapa sawit dan umbi porang, dari data yang di dapat biodiesel dengan *feedstock* umbi porang mempunyai harga jual yang sedikit lebih mahal dengan nilai harga sebesar Rp 4860 dibandingkan dengan biodiesel dengan *feedstock* kelapa sawit yang sedikit lebih murah dengan nilai sebesar Rp 4805.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

Daya Mesin

Untuk mendapatkan daya mesin diperlukan beberapa variable yang didapatkan dari hasil eksperimen

$$\frac{V.I\ Cos\phi}{\eta\ Generator\ x\ \eta\ Belt}$$

Dimana :

V = Voltase

I = Arus

Cos ϕ = Sudut antara V dan I (0.9)

ηGen = Efesiensi Generator (0.85)

ηBelt = Efesiensi Belt

η Belt $= \frac{Putaran\ nyata}{Putaran\ Teori}$

Putaran Teori $= \frac{Putaran\ Motor\ x\ Diamater\ pulley\ motor}{Diameter\ pulley\ Generator}$

Putaran Teori $= \frac{Putaran\ Motor\ x\ Diamater\ pulley\ motor}{Diameter\ pulley\ Generator}$

$= \frac{2200\ x\ 11\ cm}{15\ cm}$

= 1613 RPM

- η Belt pada RPM 2200 beban 1000
  = 1590/1613
  = 0.98

- η Belt pada RPM 2200 beban 2000

= 1590/1613
= 0.98

- η Belt pada RPM 2200 beban 3000
  = 1584/1613
  = 0.98

- η Belt pada RPM 2200 beban 4000
  = 1572/1613
  = 0.97

- η Belt pada RPM 2200 beban 4500
  = 1571/1613
  = 0.97

Putaran Engine		Beban (watt)	Putaran Aluminator (Rpm)	Alternator		Volume Bahan Bakar (m3)	Waktu (Menit)	Waktu (Detik)	Waktu (Jam)	Densitas (gr/m3)	Effisiensi Slip (%)	Daya (Kw)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kwh)
(rpm) kontrol	(rpm) aktual			Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)									
1800	1805	0	1305	6	0	0.00001	2.110	126.6	0.0352	830000	0.9905	0.0000	236.0190	0.0000
1800	1800	1000	1302	182	3	0.00001	0.932	55.9	0.0155	830000	0.9910	0.5834	534.5259	#######
1800	1799	2000	1295	189	6.6	0.00001	0.777	46.6	0.0129	830000	0.9862	1.3393	641.2017	#######
1800	1801	3000	1295	191	10	0.00001	0.612	36.7	0.0102	830000	0.9851	2.0530	814.1689	#######
1800	1805	4000	1293	189	13.5	0.00001	0.463	27.8	0.0077	830000	0.9814	2.7528	########	#######
1800	1800	4500	1291	184	14.9	0.00001	0.445	26.7	0.0074	830000	0.9826	2.9543	########	#######
1800	1805	5000	1289	184	16.8	0.00001	0.363	21.8	0.0061	830000	0.9784	3.3454	########	#######
1900	1901	0	1379	178	0	0.00001	2.093	125.6	0.0349	830000	0.9938	0.0000	237.8981	0.0000
1900	1900	1000	1375	197	3.1	0.00001	0.967	58.0	0.0161	830000	0.9914	0.6522	515.1724	#######
1900	1900	2000	1370	203	6.8	0.00001	0.713	42.8	0.0119	830000	0.9878	1.4796	698.1308	#######
1900	1904	3000	1370	205	10.4	0.00001	0.562	33.7	0.0094	830000	0.9858	2.2900	886.6469	#######
1900	1903	4000	1364	202	14	0.00001	0.488	29.3	0.0081	830000	0.9820	3.0493	########	#######
1900	1902	4500	1362	197	15.5	0.00001	0.417	25.0	0.0069	830000	0.9810	3.2956	########	#######
1900	1903	5000	1360	198	17.4	0.00001	0.328	19.7	0.0055	830000	0.9791	3.7258	########	#######
2000	2000	0	1449	197	0	0.00001	2.193	131.6	0.0366	830000	0.9926	0.0000	227.0517	0.0000
2000	2004	1000	1447	210	3.3	0.00001	0.893	53.6	0.0149	830000	0.9892	0.7418	557.4627	#######
2000	2005	2000	1445	217	7.1	0.00001	0.647	38.8	0.0108	830000	0.9874	1.6522	770.1031	#######
2000	2003	3000	1438	218	10.8	0.00001	0.562	33.7	0.0094	830000	0.9836	2.5346	886.6469	#######
2000	2000	4000	1432	215	14.5	0.00001	0.447	26.8	0.0074	830000	0.9809	3.3651	########	#######
2000	2002	4500	1434	210	16.1	0.00001	0.352	21.1	0.0059	830000	0.9813	3.6481	########	#######
2000	2005	5000	1432	209	18	0.00001	0.337	20.2	0.0056	830000	0.9785	4.0709	########	#######
2100	2102	0	1525	215	0	0.00001	2.130	127.8	0.0355	830000	0.9939	0.0000	233.8028	0.0000
2100	2104	1000	1522	227	3.4	0.00001	0.898	53.9	0.0150	830000	0.9910	0.8246	554.3599	#######
2100	2104	2000	1517	230	7.3	0.00001	0.667	40	0.0111	830000	0.9878	1.7998	747.0000	#######
2100	2101	3000	1510	231	11.1	0.00001	0.500	30	0.0083	830000	0.9846	2.7573	996.0000	#######
2100	2105	4000	1507	228	15	0.00001	0.383	23	0.0064	830000	0.9808	3.6921	########	#######
2100	2102	4500	1502	223	16.6	0.00001	0.333	20	0.0056	830000	0.9789	4.0039	########	#######
2100	2100	5000	1499	225	18.6	0.00001	0.317	19	0.0053	830000	0.9779	4.5312	########	#######
2200	2204	0	1591	240	0	0.00001	1.965	117.9	0.0328	830000	0.9890	0.0000	253.4351	0.0000
2200	2204	1000	1590	242	3.6	0.00001	0.815	48.9	0.0136	830000	0.9883	0.9333	611.0429	#######
2200	2206	2000	1590	246	7.6	0.00001	0.567	34	0.0094	830000	0.9874	2.0047	878.8235	#######
2200	2202	3000	1584	245	11.5	0.00001	0.458	27.5	0.0076	830000	0.9855	3.0271	########	#######
2200	2201	4000	1572	241	16	0.00001	0.338	20.3	0.0056	830000	0.9785	4.1726	########	#######
2200	2201	4500	1571	236	17.2	0.00001	0.300	18	0.0050	830000	0.9779	4.3953	########	#######
2200	2187	5000	1558	232	19.1	0.00001	0.262	15.7	0.0044	830000	0.9760	4.8073	########	#######

	%	ppm	konversi	gr/kWh
Bio Porang	25%	0	1.717	0
	50%	6444	1.717	11.064348
	75%	6510	1.717	11.17767
	100%	2494	1.717	4.282198
Solar Dex	25%	0	1.717	0
	50%	4798	1.717	8.238166
	75%	2883	1.717	4.950111
Bio Solar	100%	1957	1.717	3.360169
	25%	0	1.717	0
	50%	3425	1.717	5.880725
	75%	2841	1.717	4.877997
	100%	1787	1.717	3.068279

Laboratorium Energi LPPM ITS
Jl. Teknik Kimia, Gedung Robotika lt.2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya, (031)9196931—32

Laporan Hasil Pengujian

Kode Sampel : E1- 395	Tanggal Terima : 22 Juni 2016
Nama Sampel : Gas Buang Biodiesel	Tanggal Pengerjaan : 24 Juni 2016
Jenis Uji : Uji Emisi	Tanggal Selesai : 24 Juni 2016
Metode Uji :	Diperiksa Oleh :

Porong 50%

```
**********************
* E C O M  -  J 2 K N *
**********************
Date        Time
09.25.00    01:58 AM
----------------------
Gas analysis
----------------------
Fuel type
Oil-Diesel
----------------------
T.Air          95  °F
T.Gas         682  °F
T.Sensor      103  °F
O2           19.4  %
NO  0%O2     6444  PPM
SO2 0%O2        0  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           1.2  %
Eff.          0.0  %
Losses      100.0  %
Exc. air    13.13
----------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Porong 75%

```
**********************
* E C O M  -  J 2 K N *
**********************
Date        Time
09.25.00    01:54 AM
----------------------
Gas analysis
----------------------
Fuel type
Oil-Diesel
----------------------
T.Air          94  °F
T.Gas         698  °F
T.Sensor      103  °F
O2           19.9  %
NO  0%O2     6510  PPM
SO2 0%O2        0  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           0.8  %
Eff.          0.0  %
Losses      100.0  %
Exc. air    19.09
----------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Porong 100%

```
**********************
* E C O M  -  J 2 K N *
**********************
Date        Time
09.25.00    01:50 AM
----------------------
Gas analysis
----------------------
Fuel type
Oil-Diesel
----------------------
T.Air          94  °F
T.Gas         799  °F
T.Sensor      102  °F
O2           19.4  %
NO  0%O2     2494  PPM
SO2 0%O2        0  PPM
H2  0%O2    31736  PPM
CO2           1.2  %
Eff.          0.0  %
Losses      100.0  %
Exc. air    13.13
----------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Laboratorium Energi LPPM ITS
Jl. Teknik Kimia, Gedung Robotika lt.2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya, (031)91996931—32

Laporan Hasil Pengujian

Kode Sampel : B1- 30%	Tanggal Terima : 22 JUNI 2016
Nama Sampel: Gas Buang Biodiesel	Tanggal Pengerjaan: 14 JULI 2016
Jenis Uji : Uji Emisi	Tanggal Selesai : 14 JULI 2016
Metode Uji :	Diperiksa Oleh :

Solar 100 %

```
************************
* E C O M - J 2 K N *
************************
Date        Time
10.14.00    10:23 PM
------------------------
Gas analysis
------------------------
Fuel type
Gas-Natural
------------------------
T.Air          88  °F
T.Gas         745  °F
T.Sensor       97  °F
O2           17.9  %
NO  0%O2     1707  PPM
SO2 0%O2      203  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           1.7  %
Eff.         14.1  %
Losses       85.9  %
Exc. air     6.77
------------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Solar 75 %

```
************************
* E C O M - J 2 K N *
************************
Date        Time
10.14.00    10:26 PM
------------------------
Gas analysis
------------------------
Fuel type
Gas-Natural
------------------------
T.Air          88  °F
T.Gas         678  °F
T.Sensor       97  °F
O2           17.6  %
NO  0%O2     2841  PPM
SO2 0%O2        0  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           1.9  %
Eff.         27.6  %
Losses       72.4  %
Exc. air     6.18
------------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Solar 50 %

```
************************
* E C O M - J 2 K N *
************************
Date        Time
10.14.00    10:29 PM
------------------------
Gas analysis
------------------------
Fuel type
Gas-Natural
------------------------
T.Air          88  °F
T.Gas         568  °F
T.Sensor       96  °F
O2           18.4  %
NO  0%O2     3425  PPM
SO2 0%O2        0  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           1.4  %
Eff.         24.2  %
Losses       75.8  %
Exc. air     8.08
------------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Laboratorium Energi LPPM ITS
Jl. Teknik Kimia, Gedung Robotika lt.2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya, (031)91996931—32

Laporan Hasil Pengujian

Kode Sampel : E1-205	Tanggal Terima : 22 Juni 2016
Nama Sampel : Gas Buang Biodiesel	Tanggal Pengerjaan : 14 Juli 2016
Jenis Uji : Uji Emisi	Tanggal Selesai : 14 Juli 2016
Metode Uji :	Diperiksa Oleh :

Dex 100%

```
**********************
* E C O M - J 2 K N *
**********************
Date        Time
10.14.00    10:16 PM
----------------------
Gas analysis
----------------------
Fuel type
Gas-Natural
----------------------
T.Air          88  °F
T.Gas         702  °F
T.Sensor       98  °F
O2           18.8  %
NO  0%O2     1957  PPM
SO2 0%O2       95  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           1.2  %
Eff.          0.0  %
Losses      100.0  %
Exc. air     9.55
----------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Dex 75%

```
**********************
* E C O M - J 2 K N *
**********************
Date        Time
10.14.00    10:18 PM
----------------------
Gas analysis
----------------------
Fuel type
Gas-Natural
----------------------
T.Air          88  °F
T.Gas         714  °F
T.Sensor       98  °F
O2           18.4  %
NO  0%O2     2883  PPM
SO2 0%O2        0  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           1.4  %
Eff.          4.1  %
Losses       95.9  %
Exc. air     8.08
----------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

Laboratorium Energi LPPM ITS
Jl. Teknik Kimia, Gedung Robotika lt.2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya, (031)91996931—32

Laporan Hasil Pengujian

Kode Sampel : E1-0395	Tanggal Terima : 22 JUNI 2016
Nama Sampel : Gas Buang Biodiesel	Tanggal Pengerjaan : 24 JUNI 2016
Jenis Uji : Uji Emisi	Tanggal Selesai : 24 JUNI 2016
Metode Uji :	Diperiksa Oleh :

Dor 50%

```
************************
* E C O M  -  J 2 K N  *
************************
Date        Time
09.25.00    01:10 AM
------------------------
Gas analysis
------------------------
Fuel type
Oil-Diesel
------------------------
T.Air          91  °F
T.Gas         668  °F
T.Sensor       94  °F
O2           19.7  %
NO  0%O2     4798  PPM
SO2 0%O2        0  PPM
H2  0%O2        0  PPM
CO2           1.0  %
Eff.          0.0  %
Losses      100.0  %
Exc. air    16.15
------------------------
ECOM America Ltd.
1628 Oakbrook Drive
Gainesville
Georgia 30507
Tel. 770-532-3280
Fax: 770-532-3620
Toll-Free 877-326-6411
www.ecomusa.com
```

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada bab ini akan diambil dari hasil penelitian uji eksperimental penggunaan bahan bakar Bio Porang, berikut merupakan kesimpulan yang didapat, yaitu :

1. Uji Emisi

   Penggunaan bahan bakar Bio Porang menghasilkan nilai emisi yang lebih buruk dibandingkan bahan bakar referensi dengan. Bio Porang mempunyai nilai sekitar rata-rata 37,5% lebih tinggi dibandingkan bahan bakar Solar dex, dan 47,45% lebih tinggi dibandingkan bio solar pertamina
2. Kajian Ekonomis

   Biodiesel dengan *feedstock* umbi porang mempunyai harga jual yang sedikit lebih mahal dengan nilai harga sebesar Rp 4849 dibandingkan dengan biodiesel dengan *feedstock* kelapa sawit yang sedikit lebih murah dengan nilai sebesar Rp 4819.

5.2 Saran

Dari hasil analisa performa mesin, emisi, dan studi kelayakan ekonomis pada penelitian ini disarankan untuk melakukan beberapa penelitian atau pengkajian lebih lanjut mengenai beberapa hal berikut :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi campuran yang berbeda antara biodiesel umbi porang dengan solar.
2. Melakukan penelitian uji emisi berbahan bakar biodiesel dengan menggunakan teknologi *emissions Reduction.*

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

[1] Soedomo M., Usman K, Djajadiningrat S T., Darwin, 1990, Model Pendekatan dalam Analisis Kebijakan Pengendalian Pencemaran Udara, Studi Kasus di Jakarta, Bandung dan Surabaya, Penelitian KLH – Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Bandung.

[2] The World Bank Country Studi, 1994, Indonesia Environment and Development, Washinton DC, p 67-93.

[3] Nanny Kusminingrum, G. Gunawan, 2008, Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Jawa dan Bali, Bandung, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

[4] Oktavianto, Ananta Pudi, 2015, Pengaruh Penggunaan Dual Fuel Terhadap Kinerja Mesin Dan Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel, Surabaya, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

[5] Suharto, R, 2012, Pengaruh Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel, Semarang, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.

[6] Widiastono, Tonnu D., 2003, Mendambakan Indonesia Berlangit Biru, Harian Kompas, Kamis 23 Agustus 2003, www.kompas.com/gayahidup/index.html.

[7] Prasetyo, Yudi. 2015. *"Analisa Properties Biodiesel dari Umbi Porang (Amarphopallus Onchophillus) dan Pengaruhnya Terhadap Uji Peformansi Motor Diesel"*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS-FTK. Surabaya.

[8] Putra, E, N. 2011. "Uji Eksperimental Bahan Bakar Campuran Biosolar Dengan Zat Aditif Terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel Putaran Konstan". Fakultas Teknologi Industri ITS. Surabaya

[9] Andriyanda, Oktovan. 2012. Study Kelayakan Untuk Pabrik Biodiesel Rute Non Alkokol Sistem Batch. Depok, Universitas Indonesia.

[10] Heeb, N.V., Zennegg, M., Haag, R., Seiler, R., Schmid, P., Wichser, A., Ulrich, A., Honegger, P., Zeyer, K., Emmeneggererb, L., Zimmerli, Y., Czerwinski, J., Kasper, M. and Mayer, A., 2011. "Parameters affecting the dioxin formation in diesel particle filters", Proc. 15th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich, June 26-29, 2011

[11] Mukono, Hj. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan.* Surabaya. Airlangga Univeristy press, 1997.

BIODATA PENULIS

Saif Alhaq, dilahirkan di Bogor (Jawa Barat), 24 September 1994, merupakan anak ke-3 dari 5 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Pertiwi Bogor, SMPN 1 Bogor, SMAN 1 Bogor. Setelah melewati beberapa ujian tes perguruan tinggi, penulis akhirnya berhasil diterima studi di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2012 dan terdaftar dengan Nomor Regristrasi Pokok 4212100127. Selama masa studi penulis juga aktif di berbagai kegiatan dan kepanitiaan seminar, seperti menjadi anggota pengurus Himpunan Jurusan Sistem Perkapalan di bidang Media Informasi 2013/2014 dan menjadi staf tim kreatif pada tahun 2014/2015 koordinator publikasi, dekorasi, dan dokumentasi Marine Icon 2016, penulis juga menjadi *chief* laboratorium Marine Power Plant. Pesan yang ingin penulis sampaikan adalah jangan pernah putus asa dalam melakukan apapun, karena usaha yang baik akan menghasilkan hasil yang baik juga.