



SKRIPSI - ME141501

Analisa Kadar Emisi NO_x Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*) dengan SCR System Berbasis Eksperimen

**Dedy Ardiansyah
0421 1440 000005**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Adhi Iswantoro ST., MT.**

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



BACHELOR THESIS - ME141501

Analysis of NO_x Emission Level Using Biodiesel Nyamplung Seed (*Calophyllum Inophyllum L.*) With SCR-System Based Experimental

**Dedy Ardiansyah
0421 1440 000005**

**Supervisor :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Adhi Iswantoro ST., MT.**

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KADAR EMISI NO_x MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR BIODIESEL MINYAK BIJI NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L.*) DENGAN SCR SYSTEM BERBASIS EKSPERIMEN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
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 :

Dedy Ardiansyah
NRP. 04211440000005

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

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



(.....)

Adhi Iswantoro ST., MT.
NIP. 1991 2017 11050



(.....)

SURABAYA
Juli 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KADAR EMISI NOX MENGGUNAKAN
BAHAN BAKAR BIODIESEL MINYAK BIJI
NYAMPLUNG (CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L.)
DENGAN SCR SYSTEM BERBASIS EKSPERIMEN
SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
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 :

Dedy Ardiansyah

NRP. 0421144000005

Disetujui oleh :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Analisa Kadar Emisi NOx Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*) dengan SCR System Berbasis Eksperimen

Nama Mahasiswa : Dedy Ardiansyah

NRP : 04211440000005

Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan

Dosen Pembimbing 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Dosen Pembimbing 2 : Adhi Iswantoro ST., MT.

ABSTRAK

Gas buang pada mesin diesel menghasilkan unsur polutan berupa Nitrogen Oksida (NOx), Sulfur Oksida (SOx), Particulate Matter (PM), Karbon Monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC), yang berpotensi mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara. Berbagai upaya mereduksi emisi NOx dilakukan, diantaranya menggunakan SCR (Selective Catalytic Reduction) *system*. SCR *system* merupakan teknologi reduksi selektif secara katalitik yang digunakan untuk mereduksi gas buang berbahaya. Dalam penelitian ini akan dibandingkan emisi biodiesel minyak biji nyamplung menggunakan SCR *system* maupun tanpa menggunakannya. Pembuatan katalis memadukan material batu alam sebagai pengemban, sedangkan logam besi ditambahkan sebagai material pengisi. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan menggunakan motor diesel satu silinder Yanmar TF85 MH-d dan standar MARPOL Annex VI. Hasil percobaan biodiesel minyak biji nyamplung menggunakan SCR *system* mempunyai nilai rata-rata NOx sebesar 7% lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata biodiesel minyak biji nyamplung tanpa menggunakan SCR *system*.

Kata kunci : Biodiesel, emisi, minyak biji nyamplung, NOx, SCR *system*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Analysis of NO_x Emission Level Using Biodiesel Nyamplung Seed (*Calophyllum Inophyllum L.*) With SCR-System Based Experimental

Student Name : Dedy Ardiansyah
NRP : 04211440000005
Department : Marine Engineering
Supervisor 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
Supervisor 2 : Adhi Iswantoro ST., MT.

ABSTRACT

Exhaust gas in diesel engines produces pollutant elements in the form of Nitrogen Oxide (NO_x), Sulfur Oxide (SO_x), Particulate Matter (PM), Carbon Monoxide (CO), and Hydrocarbons (HC), which have the potential to pollute the surrounding environment in the form of air pollution. Various efforts to reduce NO_x emissions were carried out, including using the SCR (Selective Catalytic Reduction) system. The SCR system is a catalytically selective reduction technology used to reduce harmful exhaust gases. In this research will compare the emissions of biodiesel nyamplung seed using the SCR system or without using it. Catalyst making combines natural stone material as a carrier, while iron metal is added as fill material. In this research, experiments were conducted using Yanmar TF85 MH-d one cylinder diesel engine and the standard MARPOL Annex VI. The results of the Nyamplung seed oil biodiesel experiment using the SCR system have an average NO_x value of 7% lower than the average value of nyamplung seed oil biodiesel without using the SCR system.

Keywords: Biodiesel, emissions, nyamplung seed oil, NO_x, SCR system

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya curahkan atas kehadiran Allah SWT karena atas segala limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“ANALISA KADAR EMISI NO_x MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR BIODIESEL MINYAK BIJI NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L.*) DENGAN SCR SYSTEM BERBASIS EKSPERIMEN”**. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dan motivasi dari berbagai pihak dari awal pengerjaan hingga akhirnya terselesaikan. Maka dari itu , dengan setulus hati penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan bantuan baik dalam bentuk do'a , materi, maupun motivasi. Serta saudara dan segenap keluarga yang selalu memberikan motivasi dan do'a hingga tugas akhir ini selesai.
2. Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing 1 , atas bimbingan, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.
3. Adhi Iswanto ST., MT. selaku dosen pembimbing 2, atas bimbingan, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.
4. Dr. Eng. M Badruz Zaman, S.T.,M.T selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan
5. Ir. Agoes Santoso, M.Sc. selaku dosen wali. atas segala motivasi dan bantuan yang telah diberikan selama kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini.
6. Seluruh teknisi, member dan grader Laboratorium Marine Power Plant (MPP) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman Mercusuar'14 yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir.
8. Perhimpunan Mahasiswa Banyuwangi ITS, yang membantu dalam memberikan arahan-arahan mengenai ruang lingkup kampus.

9. Hanifan Ardi Wibawa dan Asrija Wafiq, yang selalu membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini dan pembuatan biodisel minyak biji nyamplung.
10. Ribhi Naufal Azmi, yang membantu pengerjaan dalam detik-detik terakhir sidang tugas akhir ini.
11. Kosan 24 yang selalu memberikan support dan menemani selama perkuliahan di Surabaya
12. Kepada rekan – rekan dan serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah bersedia menemani saya untuk berdiskusi dan bertukar ide, gagasan dan pemikiran selama pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada para pembaca , bangsa dan negara.

Surabaya, 31 Juli 2018

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR ISTILAH PENTING	xxi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penulisan.....	3
1.5. Manfaat Penulisan.....	3
BAB II	5
2.1 Biji Nyamplung	6
2.2 Standar Emisi Gas NO _x	8
2.3 Zeolit	10
2.4 Zeolit Alam	11
2.5 Selective Catalytic Reduction (SCR)	12
2.6 Analisis Uji Emisi	14
BAB III.....	19
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	21
3.2 Studi Literatur	21
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	21

3.4	Pembuatan Catalytic Converter.....	22
3.5	Pembuatan Katalis.....	23
3.6	Engine Set up	25
3.7	Eksperimen.....	26
3.8	Pengumpulan Data	26
3.9	Analisa Data dan Pembahasan	27
3.10	Kesimpulan	27
BAB IV		29
4.1	Properties Biodiesel Minyak Biji Nyamplung.....	29
4.1.1	Hasil Pengujian Laboratorium	29
4.1.2	Pembahasan Properties Biodiesel Minyak Biji Nyamplung.....	30
4.2	Uji Emisi.....	31
4.2.1	Hasil Uji Emisi.....	31
4.2.2	Pembahasan Uji Emisi	32
4.3	Perbandingan Emisi NOx	33
4.3.1	Hasil Perbandingan Emisi NOx menggunakan SCR <i>system</i> dan tanpa SCR <i>system</i>	33
4.3.2	Pembahasan Perbandingan Emisi NOx menggunakan SCR <i>system</i> dan tanpa SCR <i>system</i>	34
BAB V.....		37
DAFTAR PUSTAKA.....		39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pohon, kayu, bunga, buah, daun, dan biji nyamplung (Balitbang Kehutanan, 2008).....	7
Gambar 2.2 Struktur Kimia Zeolit (Haag,1984)	11
Gambar 2.3 Mekanisme, penjelasan jumlah yang dikonversi besarnya NO ₂ dan NO selama reaksi <i>Fast SCR</i> . (Grossale, 2008)	13
Gambar 2.4 Engine Brake Power vs NO _x Emissions (Ingole, 2014) ...	14
Gambar 2.5 Engine Setup (Alhaq, 2016).....	15
Gambar 2.6 Perbandingan Emisi dengan Persentase Daya (Alhaq, 2016).....	16
Gambar 3.1 Diagram Alur Penilitaian.....	20
Gambar 3.2 <i>Catalytic Converter</i>	23
Gambar 3.3 Proses Aktivasi Katalis	24
Gambar 3.4 Katalis Fe-Zeolit.....	24
Gambar 3.5 <i>Engine Set Up</i>	25
Gambar 4.1 Grafik Uji Emisi SCR (ppm) berdasarkan Temperature...32	
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Emisi dengan Persentase Daya	33

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Karakteristik Biodiesel sesuai SNI.....	6
Tabel 2.3 Sifat fisiko kimia biodiesel nyamplung dibandingkan dengan standar SNI04-7182-2006.....	8
Tabel 2.4 MARPOL Annex VI, Appendix II Test Cycle	10
Tabel 2.5 Contoh zeolit alam yang umum ditemukan (Subagjo, 1993)	12
Tabel 2.6 Variasi Pengujian.....	15
Tabel 2.7 Hasil Uji Emisi (ppm).....	16
Tabel 2.8 Hasil Uji Emisi standar IMO (gr/kWh).....	16
Tabel 3.1 MARPOL Annex VI <i>test cycle</i>	26
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Laboratorium Minyak Biji Nyamplung.....	29
Tabel 4.2 Hasil Uji Emisi (ppm)	31
Tabel 4.3 Hasil Uji Emisi standar IMO (gr/kWh).....	31

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISTILAH PENTING

Al	: Aluminium
BBM	: Bahan bakar minyak
Fe	: Ferro, Ferrit, Besi
gr	: Gram
H ₂ O	: Air
Ha	: Hektare
IMO	: International Maritime Organization
kg	: Kilogram
kl	: Kiloliter
kWh	: Kilowatt Hour
Load	: Beban
MARPOL	: Marine Pollution
NO _x	: Gas NO dan NO ₂
PPM	: Part Per Million
RPM	: Revolution Per Minute
SCR	: Selective Catalytic Reduction
Si	: Silika

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Ana (2016), menyatakan bahwa Pada periode 2000-2014 konsumsi bahan bakar minyak (BBM) Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Peningkatan konsumsi BBM tidak diiringi dengan peningkatan produksi minyak mentah domestik. Salah satu solusi untuk menangani krisis bahan bakar adalah penggunaan biodiesel. Biodiesel adalah alternatif bahan bakar terbarukan untuk mesin diesel yang bisa diproduksi dari keduanya minyak tumbuhan dan lemak hewani.

Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung menjadi salah satu perhatian Pemerintah dalam rangka pengembangan bahan bakar alternatif. Nyamplung sebagai bahan baku biodiesel mempunyai keunggulan, antara lain dapat menghasilkan yield yang cukup tinggi, tersebar merata secara alami di Indonesia dan memiliki daya bertahan hidup yang tinggi, produktivitasnya tinggi hingga 20 ton/ ha jika dibanding dengan jarak pagar. Potensi minyak nyamplung yang dihasilkan di Indonesia cukup besar, yaitu 39.405,6 ton/ tahun atau 43.784.000 kl/tahun. (Permatasari dkk, 2013)

Gas buang pada mesin diesel menghasilkan unsur polutan berupa Nitrogen Oksida (NO_x), Sulfur Oksida (SO_x), Particulate Matter (PM), Karbon Monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC), yang berpotensi mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara. Dan penggunaan bahan bakar biodiesel juga meningkatkan kadar NO_x. Oleh sebab itu, perlu dilakukan solusi yang tepat untuk dapat memecahkan masalah tersebut.

Salah satu solusi untuk mereduksi gas buang berbahaya adalah penggunaan teknologi reduksi selektif secara katalitik atau dikenal dengan *Selective Catalytic Reduction* (SCR). Penggunaan

katalis *platinum* dan *palladiumrhodium* menghabiskan biaya relative lebih besar. Sementara itu zeolite yang merupakan mineral yang terdiri dari kristal *aluminosilicate* terbentuk secara alami dan tersedia secara melimpah. Pemilihan jenis pengemban didasarkan atas pertimbangan kemampuan untuk meningkatkan sifat katalitik, antara lain: luas permukaan yang besar, kestabilan thermal, kemampuan pertukaran kation dan sifat keasaman padatan.(Hidayat, 2013) Berdasarkan kriteria diatas, zeolite berpotensi menjadi pengemban pada katalis.

Agar mengetahui seberapa besar pengaruh SCR dengan menggunakan katalis Fe-Zeolit yang telah dipadukan terhadap engine yang berbahan bakar biodiesel minyak biji nyamplung, maka perlu dilakukan sebuah pengujian pada motor diesel sehingga diketahui nilai dari kadar NO_x pada motor 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 motor diesel. Sehingga pada penelitian analisa emisi minyak biji nyamplung memiliki rumusan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana properties biodiesel minyak biji nyamplung yang telah dibuat?
- Bagaimana hasil kadar emisi NO_x yang dihasilkan oleh penggunaan biodiesel minyak biji nyamplung dan saat menggunakan SCR *system*?
- Bagaimana perbandingan hasil kadar emisi NO_x minyak biji nyamplung saat menggunakan SCR *system* dengan tanpa menggunakan SCR *system*?

1.3. Batasan Masalah

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

- Penerapan teknologi yang telah dipilih yaitu motor diesel YANMAR type TF85-MHDI.
- Ruang lingkup analisis hanya meliputi kadar emisi NO_x sebelum dan setelah penggunaan *SCR system*.
- Variabel bahan bakar yang digunakan Pertamina Dex (100%) sebagai literatur, biodiesel dari minyak biji nyamplung sebanyak 20% (B20%)

1.4. Tujuan Penulisan

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

- Untuk mengetahui properties biodiesel minyak biji nyamplung yang telah dibuat.
- Untuk mengetahui hasil kadar emisi NO_x yang dihasilkan oleh penggunaan biodiesel biji nyamplung dan saat menggunakan *SCR system*.
- Untuk mengetahui perbandingan kadar emisi NO_x minyak biji nyamplung saat menggunakan *SCR system* dengan tanpa menggunakan *SCR system*.

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- Menambah pengetahuan pembuatan biodiesel dari biji minyak nyamplung
- Menambah pengetahuan pengaruh menggunakan *SCR system* dengan katalis Fe-Zeolit pada motor diesel berbahan bakar biodiesel biji nyamplung untuk pereduksi emisi NO_x .

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

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).

Menurut Ana (2016), menyatakan bahwa Pada periode 2000-2014 konsumsi bahan bakar minyak (BBM) Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. 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. Peningkatan konsumsi BBM tidak diiringi dengan peningkatan produksi minyak mentah domestik. Fenomena ini mendorong manusia untuk berusaha mencari bahan bakar alternatif yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut.

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) terdapat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Karakteristik Biodiesel sesuai SNI

No	Parameter uji	Satuan, min/maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1
7	Residu karbon - dalam percontoh asli; atau - dalam 10% ampas distilasi	%-massa, maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	50
12	Fosfor	mg/kg, maks	4
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24

Sumber: Standard Biodiesel Indonesia

2.1 Biji Nyamplung

Potensi alami nyamplung di Indonesia belum diketahui secara pasti. Namun dari hasil penafsiran awal potensinya sesuai tegakan mencapai 480.000 ha, seluas 255.300 di antaranya ha bertegakan hutan nyamplung. Potensi produksi buah dari tegakan alam berbeda-beda sesuai lokasi seperti Ciamis 60-110 kg/pohon/th, Banyuwangi 220 kg/pohon/thn, Purworejo 70-150 kg/pohon/thn, dan Papua Tanaman Perkebunan Penghasil BBN 43 130 kg/pohon/thn, sedang hasil penelitian (Leksono et al. 2009) terhadap beberapa ras, produksi buahnya rata-rata 50 kg/pohon. Apabila 10% dari luas hutan alam bertegakan nyamplung, maka dengan hasil buah 10 ton/ha hasil yang diuji oleh 50.000 x 10 ton biji = 500.000 ton biji.



Gambar 2.1 Pohon, kayu, bunga, buah, daun, dan biji nyamplung (Balitbang Kehutanan, 2008)

Karakteristik minyak nyamplung dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat fisiko kimia biodiesel nyamplung dibandingkan dengan standar SNI04-7182-2006

No.	Parameter	Satuan	Metode Uji	Nilai	Biodiesel Nyamplung
1.	Massa jenis pada 40° C	kg/m ³	ASTM D1298	850-890	880,6
2.	Viskositas kinematik pada 40° C	mm ² /s(cSt)	ASTM D445	2,3-6,0	5,724
3.	Bilangan setana	-	ASTM D613	Min. 51	71,9
4.	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	ASTM D93	Min. 100	151
5.	Titik kabut	°C	ASTM D2500	Maks. 18	38
6.	Korosi kepingan tembaga (3 jam pada 50° C)	-	ASTM D130	Maks.no 3	1 b
7.	Residu karbon dalam : - Contoh asli - 10% ampas distilasi	% massa	ASTM D4530	Maks.0,05 Maks.0,30	0,04
8.	Air dan sedimen	% volume	ASTM D1796	Maks.0,05	0
9.	Suhu distilasi 90%	°C	ASTM D1160	Maks. 360	340
10.	Abu tersulfatkan	% massa	ASTM D874	Maks.0,02	0,026
11.	Belerang	ppm-m (mg/kg)	ASTM D1266	Maks. 100	16
12.	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	ASTM D1091	Maks. 10	0,223
13.	Bilangan asam	mg KOH/g	AOCS Cd 3d-63	Maks. 0,8	0,76
14.	Gliserol total	% massa	AOCS Ca 14-56	Maks.0.24	0,222
15.	Kadar ester alkil	% massa	SNI04-7182-2006	Min. 96,5	96,99
16.	Bilangan iodium	% massa (g I ₂ /100 g)	AOCS Cd1-25	Maks. 115	85

Sumber : Balitbang Kehutanan (2008)

2.2 Standar Emisi Gas NO_x

Gas nitrogen oksida (NO_x) terbagi menjadi dua macam yaitu gas nitrogen monoksida dan gas nitrogen dioksida. Kedua macam gas tersebut memiliki sifat yang sangat berbeda dan keduanya berbahaya bagi kesehatan. Udara yang mengandung gas NO dalam batas normal relative aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas NO berada dalam konsentrasi tinggi. (Alhaq. 2015)

Batas jumlah NO_x yang diperbolehkan pada mesin diesel telah diregulasikan pada MARPOL Annex VI Batasan Emisi NO_x. Batasan NO_x bergantung kepada putaran RPM maksimal yang digunakan pada mesin tersebut. Sebagai mana ditunjukkan pada ;
Tier I

Tingkatan ini diperuntukkan kepada mesin diesel yang dipasang pada kapal dengan tahun pembangunan antara 1 januari 2000 hingga 1 januari 2011. Adapun batasan jumlah NO_x yang dikeluarkan mesin dalam tingkatan ini ialah 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 dari 130 rpm tetapi kurang dari 2000 rpm
- Berat NO_x 9,8 g/kWh untuk putaran mesin lebih dari 2000 rpm

Tier II

Tingkatan ini diperuntukkan kepada mesin diesel yang dipasang pada kapal dengan tahun pembangunan setelah 1 januari 2011. Adapun batasan berat NO_x yang dikeluarkan mesin dalam tingkatan ini ialah 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 namun kurang dari 2000 rpm
- Berat NO_x 7,7g/kWh untuk putaran mesin lebih dari 2000 rpm

Tier III

Tingkatan ini diperuntukkan kepada mesin diesel yang terpasang pada kapal dengan tahun pembangunan setelah 1 januari 2016. Adapun batasan berat NO_x yang dikeluarkan mesin dalam tingkatan ini ialah sebagai berikut:

- Berat NO_x 3,4 g/kWh untuk putaran mesin kurang dari 130 rpm
- Berat NO_x 9,0x_n(-0,2) g/kWh untuk putaran mesin
- Lebih dari 130 rpm namun berat NO_x 1,95 g/kWh untuk putaran mesin lebih dari 2000 rpm

Tabel 2.3 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

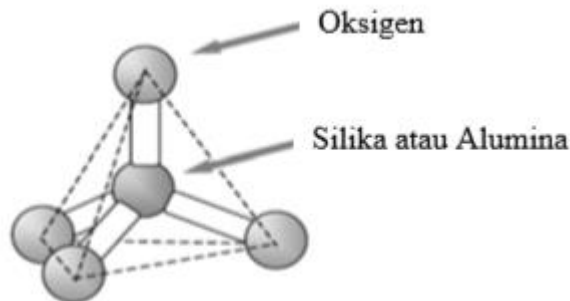
- Untuk mesin diesel kecepatan konstan dan digunakan untuk penggerak utama atau digunakan sebagai diesel electric menggunakan Test Cycle E2.
- Untuk controllable-pitch propeller menggunakan Test Cycle E2.
- Untuk auxiliary engines kecepatan konstan menggunakan Test Cycle D2.

2.3 Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral [SiO₄]⁴⁻ dan [AlO₄]⁵⁻. Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air

yang dapat bergerak bebas (Breck, 1974; Chetam, 1992; Scot et al., 2003).

Umumnya, struktur zeolit adalah suatu polimer anorganik berbentuk tetrahedral unit TO_4 , dimana T adalah ion Si^{4+} atau Al^{3+} dengan atom O berada diantara dua atom T, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur Kimia Zeolit (Haag,1984)

Struktur zeolit memiliki rumus umum $M_x/n [(AlO_2)_x(SiO_2)_y] \cdot wH_2O$, dimana M adalah kation alkali atau alkali tanah, n adalah jumlah valensi kation, w adalah banyaknya molekul air per satuan unit sel, x dan y adalah angka total tetrahedral per satuan unit sel, dan nisbah y/x biasanya bernilai 1 sampai 5, meskipun ditemukan juga zeolit dengan nisbah y/x antara 10 sampai 100 (Bekkum et al., 1991).

2.4 Zeolit Alam

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk mineral dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam nisbah Si/Al dan jenis logam yang menjadi komponen minor, seperti diperlihatkan dalam Tabel 2.4

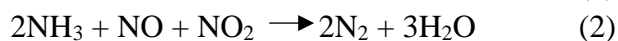
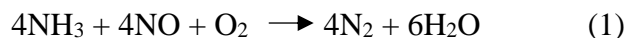
Tabel 2.4 Contoh zeolit alam yang umum ditemukan (Subagjo, 1993)

No.	Zeolit Alam	Komposisi
1	Analsim	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
2	Kabasit	$(\text{Na}_2, \text{Ca})_6(\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}) \cdot 40\text{H}_2\text{O}$
3	Klinoptilotit	$(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
4	Erionit	$(\text{Na}, \text{Ca}_5\text{K})(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$
5	Ferrierit	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
6	Heulandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
7	Laumonit	$\text{Ca}(\text{Al}_3\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
8	Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
9	Filipsit	$(\text{Na}, \text{K})_{10}(\text{Al}_{10}\text{Si}_{22}\text{O}_{64}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
10	Natrolit	$\text{Na}_4(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
11	Wairakit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

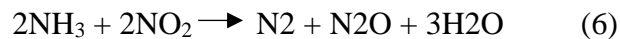
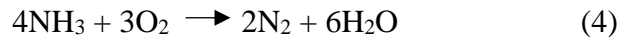
Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010). Sebagai produk alam, zeolit alam diketahui memiliki komposisi yang sangat bervariasi, namun komponen utamanya adalah silika dan alumina. Di samping komponen utama ini, zeolit juga mengandung berbagai unsur minor, antara lain Na, K, Ca (Bogdanov et al., 2009), Mg, dan Fe (Akimkhan, 2012).

2.5 Selective Catalytic Reduction (SCR)

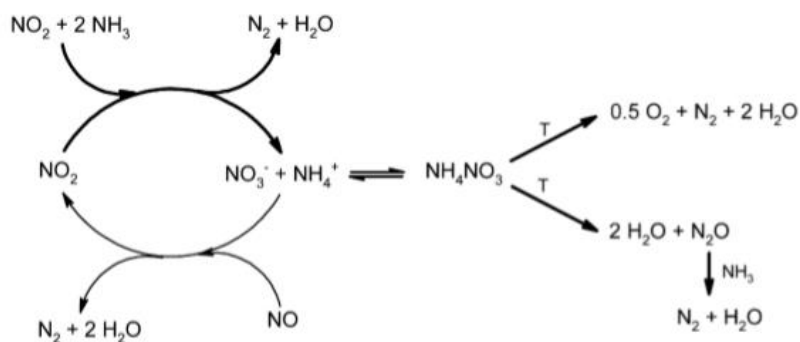
Selective Catalytic Reduction (SCR) digunakan dalam industri otomotif untuk mengurangi gas NO_x. Dalam proses SCR, amonia merupakan pereduksi, dihasilkan melalui hidrolisis urea. Rasio NO ke NO₂ dalam gas buang yang memasuki catalytic converter SCR mempengaruhi selektivitas reaksi utama, yaitu Standard SCR (1), *Fast* SCR (2), dan NO₂ SCR (3). (Nova, 2014)



Reaksi lainnya seperti oksidasi amonia (4) dan NO oksidasi / NO₂ dekomposisi (5) pada suhu tinggi (yaitu, > 400 ° C) (Colombo, 2010), atau pembentukan amonium nitrat pada suhu rendah (yaitu, <200 ° C), kembali membentuk molekul N₂O juga bisa terjadi. (Schuler, 2009)



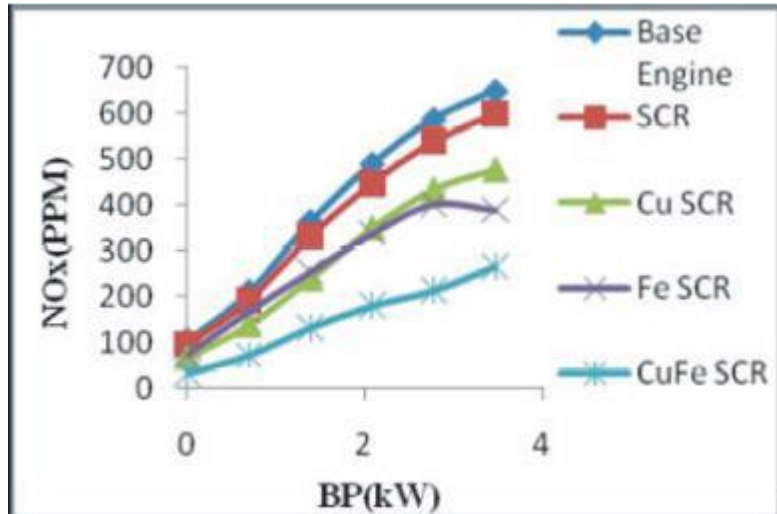
Sistem SCR terdiri dari katalis dan reduktan. Katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi/konversi NO_x menjadi N₂. Sedangkan reduktan adalah zat yang digunakan untuk mereduksi atau dengan kata lain yang melepaskan ion. Reduktan yang seringkali digunakan adalah ammonia. Tidak jarang larutan urea digunakan sebagai pengganti ammonia. Pada dasarnya hal ini sama, karena larutan urea yang diinjeksikan akan terhidrolisis kedalam gas buang (Ingole, 2017)



Gambar 2.3 Mekanisme, penjelasan jumlah yang dikonversi besarnya NO₂ dan NO selama reaksi *Fast* SCR. (Grossale, 2008)

Katalis Fe-Zeolit diperoleh dengan mengaktivasi zeolit sebagai substrat atau pengemban logam Fe. Proses aktivasi zeolit dilakukan melalui pengecilan ukuran butir. Tujuannya untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori-pori dan memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi secara kimia

dilakukan melalui pengasaman untuk menghilangkan kontaminan anorganik. Keunggulan dari katalis Fe-Zeolit adalah mampu mereduksi emisi NO_x dengan baik pada temperatur tinggi yang berkisar 300-600°C. Namun performa reduksi NO_x terbaik dari katalis ini terjadi pada temperature berkisar 500°C (Ravi, 2014).



Gambar 2.4 Engine Brake Power vs NO_x Emissions (Ingole, 2014)

SCR dengan katalis konvensional mengurangi produksi NO_x dari 650 ppm menjadi 599 ppm pada beban maksimum. Katalis Cu dengan NO_x upto 476 ppm. Fe SCR mengurangi NO_x hingga 389 ppm (Ingole, 2014). Dapat disimpulkan Fe SCR sangat efektif untuk mereduksi NO_x .

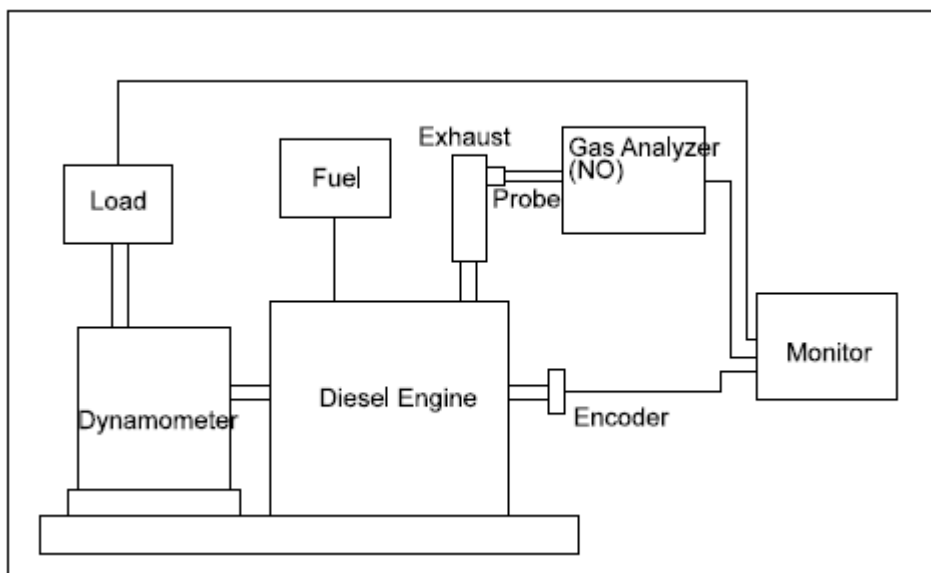
2.6 Analisis Uji Emisi

Alhaq (2016) melakukan eksperimen uji emisi pada biodiesel umbi porang dengan melakukan perbandingan dari beberapa komposisi bahan bakar seperti :

Tabel 2.5 Variasi Pengujian

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

Eksperimen ini menggunakan Mesin Diesel Yanmar TF85-MH L70-AE (Single Cylinder Direct Injection) dengan karakteristik maksimum power sebesar 5,5 kW pada 2200 RPM dengan pengaturan yang ada pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Engine Setup (Alhaq, 2016)

Adapun hasil dari uji emisi sebagai berikut.

Tabel 2.6 Hasil Uji Emisi (ppm)

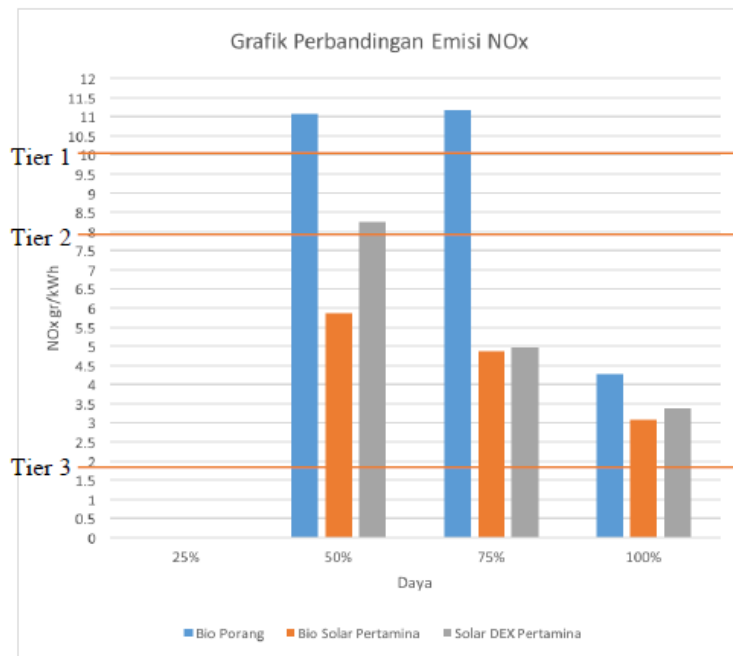
Load		Bio Porang (ppm)	Bio Solar (ppm)	Solar Dex (ppm)
%	kW			
25	0.9	0	0	0
50	1.8	6444	3425	4793
75	2.7	6510	2841	2883
100	3.6	2494	1787	1957

Sumber : Alhaq (2016)

Tabel 2.7 Hasil Uji Emisi standar IMO (gr/kWh)

Load		Bio Porang (ppm)	Bio Solar (ppm)	Solar Dex (ppm)
%	kW			
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

Sumber : Alhaq (2016)



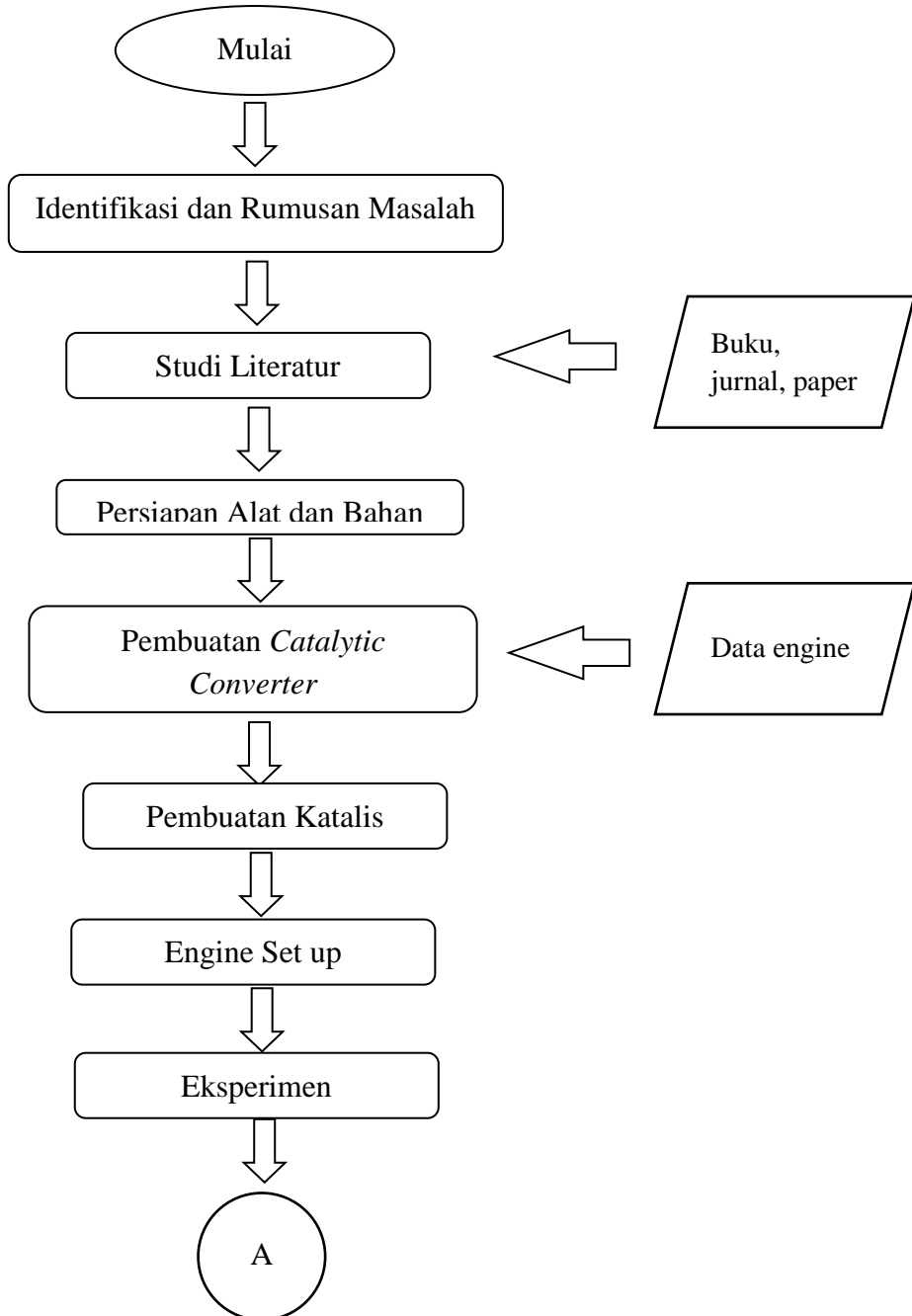
Gambar 2.6 Perbandingan Emisi dengan Persentase Daya (Alhaq, 2016)

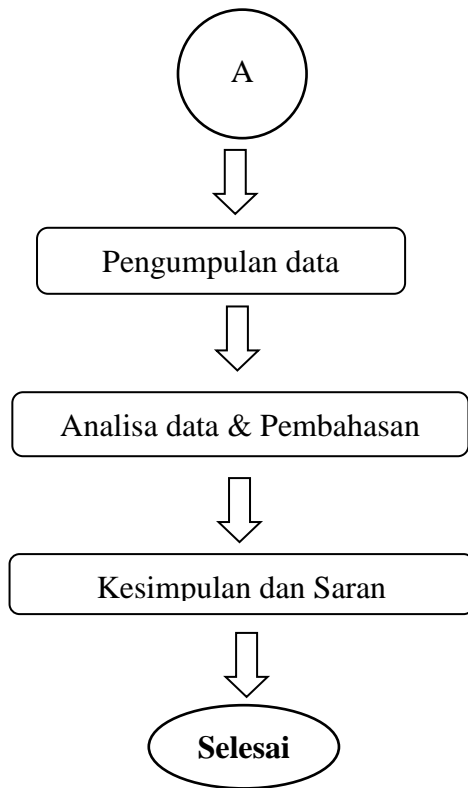
Ekspirimen ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar Biodiesel Umbi Porang menghasilkan nilai emisi yang lebih buruk dibandingkan bahan bakar referensi dengan. Bio Porang mempunyai nilai sekitar rata-rata 37,5% lebih tinggi dibandingkan bahan bakar Solar dex, dan 47,45% lebih tinggi dibandingkan bio solar pertamina. (Alhaq, 2016)

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dibawah ini adalah tahapan pengerjaan skripsi yang dijelaskan dengan diagram alir:





Gambar 3.1 Diagram Alur Penilaian

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan perumusan masalah adalah langkah awal yang dilakukan untuk mengetahui proses pembuatan biodiesel minyak biji nyamplung dan kadar emisi yang dihasilkan motor diesel berbahan bakar minyak biji nyamplung tanpa menggunakan sistem SCR dan menggunakan sistem SCR dengan katalis Fe-Zeolit. Tujuan penambahan Fe yaitu mengoptimalkan rentang temperatur pada suhu tinggi agar dapat mengkonversi NO_x lebih baik. Untuk mengetahui bahwa penambahan katalis kerja maksimal, maka akan dilakukan perbandingan antara hasil kadar emisi NO_x minyak biji nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* dan menggunakan SCR *system*.

3.2 Studi Literatur

Studi literature dilakukan guna untuk mempelajari teori yang menunjang permasalahan penelitian. Untuk penelitian ini, studi literturnya mengacu sistem SCR, penelitian hasil uji kadar emisi NO_x pada motor Diesel berbahan bakar minyak biji nyamplung. Literatur berupa sumber seperti journal, buku, dan tugas akhir. Yang didapatkan melalui internet maupun ruang baca. Dalam penelitian ini, studi literatur memuat karakteristik batu alam dalam bentuk batuan kecil apabila diberikan perlakuan pemanasan. Selain itu, studi literatur juga memuat kemampuan logam besi yang dimanfaatkan sebagai campuran katalis bersama batu alam.

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 transesterifikasi dan peralatan uji karakteristik. Sementara untuk bahan yang diperlukan untuk penelitian ini meliputi minyak lemak, alCaOol, 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 sebagai berikut
 - B20 : Campuran Biodiesel 20% dan Solar 80%
- b) Variable RPM Mesin yang Dikontrol
 - RPM 2200
- c) Variabel Pembebanan
 - 1000 watt
 - 2000 watt
 - 3000 watt
 - 4000 watt
- d) Variable Kontrol
 - i. *Analog Set Up*
 - ii. *Engine Set Up*
- e) Variable Hasil
 - Daya
 - NO_x

3.4 Pembuatan Catalytic Converter

Pada tahap pembuatan *catalytic converter* maka diperlukan informasi tentang motor bakar yang akan digunakan dalam eksperimen, agar saluran gas buang yang akan dibuat dapat dipasangkan pada motor bakar. Adapun informasi yang dimaksud diperoleh dari pengumpulan data berupa pengukuran langsung terhadap komponen motor bakar. Pertama, pengukuran dan penggambaran pola flens saluran gas buang. Kemudian mengukur jarak minimal pemasangan *elbow* pada saluran gas buang. Selain itu, dilakukan pengukuran ketinggian saluran gas buang yang akan dibuat. Informasi ini berguna untuk membuat dudukan *catalytic converter*.

Catalytic converter dibuat dengan menentukan ukuran diameter yang disesuaikan dengan diameter *muffler* pada motor bakar. Maka ditentukan diameter sebesar 9 cm. Pada bagian dalam *catalytic converter* diberikan sekat-sekat yang bertujuan sebagai tempat untuk menyebarkan katalis Fe-zeolit yang berbentuk kerikil. Selain itu, pada bagian belakang *catalytic converter* diberikan penyaring yang bertujuan katalis tidak keluar dari *catalytic converter*.



Gambar 3.2 *Catalytic Converter*

3.5 Pembuatan Katalis

Pembuatan katalis berupa material komposit diawali dengan pencampuran beberapa jenis material bertujuan agar seluruh material dapat bercampur secara merata. Semakin merata campuran material, maka campuran akan semakin homogen. Batu alam digunakan sebagai substrat atau pengemban dan filler berupa serbuk besi.

Selanjutnya adalah proses pemanasan. Hal ini bertujuan untuk membuat material komposit teraktifasi. Pemanasan material komposit diawali dengan menjemur dibawah terik matahari di ruang terbuka. Hal ini bertujuan sebagai pemanasan awal. Kemudian dilakukan pemanasan tahap lanjut dengan menggunakan oven. Setelah itu dibiarkan mengalami pendinginan dalam suhu ruang.

Setelah itu, ditentukan komposisi material penyusun katalis. Prinsip dalam menentukan komposisi material komposit logam dan batu alam adalah semakin banyak unsur logam, maka sifat katalisator semakin terlihat. Namun konsekuensinya adalah komposisi batu alam menjadi lebih sedikit. Akibatnya fungsi batu alam sebagai substrat atau pengemban menjadi tidak mampu mengikat material logam dengan baik, sehingga resikonya adalah katalis lebih rapuh dan mudah pecah. Sehingga diperoleh komposisi acuan berupa batu alam (*mesh* 80%) 80% + serbuk besi 20%.

Berdasarkan data acuan, maka hal yang pertama dilakukan dengan menimbang besarnya berat batu alam yang akan digunakan. Untuk besi dibutuhkan 100 gram dalam pembuatan campuran katalis. Sehingga diperoleh 400 gram untuk sebagai batu alam. Proses selanjutnya, memanaskan air 500 ml, kemudian mencampurkan serbuk besi bersamaan air. Atur suhu sampai 80°C , aduk selama 15 menit. Proses berikutnya campur batu alam ke dalam wadah yang berisi serbuk besi. Aduk wadah, hingga air di dalam wadah habis. Proses selanjutnya, jemur batu alam yang berubah warna di bawah sinar matahari.



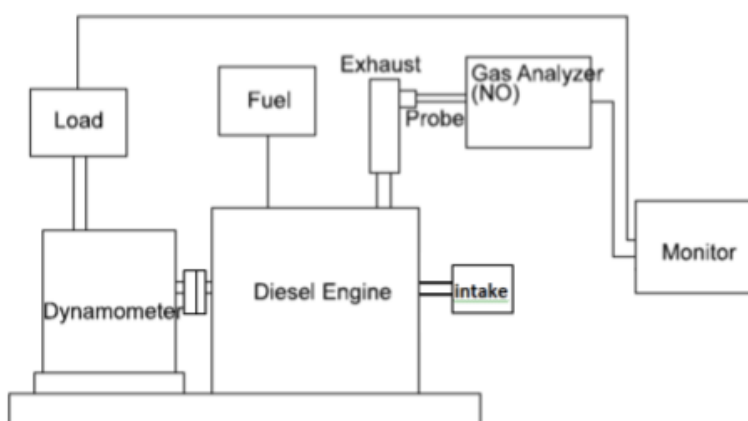
Gambar 3.3 Proses Aktivasi Katalis



Gambar 3.4 Katalis Fe-Zeolit

3.6 Engine Set up

Engine setup merupakan langkah persiapan dan merencanakan eksperimen yang diteliti, selanjutnya persiapan digunakan untuk memilih variable bebas dan variable tetap dari penelitian. Didalam langkah ini juga dilakukan perangkaian engine dan persiapan bahan bakar serta engine cooler yang akan dipakai. Engine yang akan digunakan dalam penelitian ialah Mesin Diesel satu silinder YANMAR TF85-MH Perangkaian engine dilakukan seperti rangkaian pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Engine Set Up*

Motor diesel disuplai menggunakan bahan bakar B20 minyak biji nyamplung yang diisi melalui gelas ukur. Bahan bakar didistribusikan ke dalam motor bakar menggunakan selang bahan bakar dan melalui penyaring sebelum masuk ke dalam motor bakar. Selama motor bakar beroperasi, energi mekanik motor bakar didistribusikan ke dynamometer untuk menghasilkan energi listrik. Selanjutnya energi listrik disalurkan ke beban atau *load cell* yang dilengkapi dengan multimeter untuk memantau tegangan dan arus listrik. Pipa gas buang telah dimodifikasi dan dilengkapi dengan *catalytic converter* yang dipasang menggantikan posisi muffler / knalpot motor bakar. Pada titik pipa gas buang sebelum

melewati *catalytic converter*, dipasang injektor cairan urea. Sedangkan katalis diletakkan di dalam *catalytic converter*.

Untuk mendeteksi kadar emisi gas buang, pada ujung saluran gas buang tepatnya diujung *catalytic converter* dipasangkan exhaust gas probe untuk mengambil sampel kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh motor bakar. Exhaust gas probe tersambung dengan gas analyzer untuk mendeteksi kadar gas buang motor bakar. Adapun instrumen yang digunakan adalah gas analyzer Stargas 898 dan ECOM, sedangkan kadar emisi yang diuji adalah NO_x.

3.7 Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan gas analyzer untuk mendapatkan nilai Emisi yang dihasilkan. Pada penelitian ini eksperimen dibagi menjadi dua bagian yaitu dengan menggunakan variable bahan bakar Biodiesel minyak biji nyamping sebesar 20% tanpa menggunakan SCR. Kemudian dilakukan pengumpulan data kandungan NO_x pada beban mesin yang bervariasi. Hal ini bertujuan untuk menjadi dasar dalam menganalisa data penerunan emisi NO_x setelah dipasang katalis dan pencampuran urea.

Kemudian dilakukan *running engine* pada tahap selanjutnya dengan melibatkan sistem SCR, dengan memasang *catalytic converter* (katalis Fe-Zeolit) dan mengijenkinsikan larutan urea. Lalu dilakukan pengumpulan data kandungan NO_x pada beban mesin yang bervariasi pada putaran 2200 rpm.

3.8 Pengumpulan Data

Pengumpulan data emisi dilakukan untuk mengetahui kemampuan material komposit dalam mereduksi emisi gas buang motor diesel. Oleh karenanya, diperlukan data sebagai acuan yaitu data emisi gas buang motor diesel sebelum dipasang katalis dan injeksi urea. Adapun untuk uji emisi kecepatan engine dan beban diatur sebagai berikut:

Tabel 3.1 MARPOL Annex VI *test cycle*

Test Cycle Type E2	Speed	100%	100%	100%	100%
	Power	100%	75%	50%	25%

	Weight Factor	0.2	0.5	0.15	0.15
--	---------------	-----	-----	------	------

*) Keterangan:

- 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.

Variabel tetap:

- jenis bahan bakar B20 Minyak Biji Nyamplung

Variabel berubah:

- Beban (25%, 50%, 75%, dan 100%)
- Penggunaan SCR *System* dan tanpa menggunakan SCR *System*

Pengumpulan data dilakukan dengan mencatat kandungan gas NO_x yang terbaca pada gas analyzer. Hal ini dilakukan pada setiap titik sampel pengujian. Adapun satu titik sampel dihitung pada setiap variasi load atau beban pada putaran motor bakar 100% RPM dan satu jenis katalis yang digunakan. Sehingga dalam pengujian emisi NO_x terdapat 8 titik sampel yang terdiri dari katalis batu alam+besi dan tanpa menggunakan katalis yang mana setiap variasi tersebut diambil 4 beban yang berbeda.

3.9 Analisa Data dan Pembahasan

Analisa Data dan Pembahasan Pada penelitian ini, analisa data dilakukan pada perubahan kadar emisi gas buang. Perubahan kadar emisi ini diukur menggunakan data acuan yaitu pada kondisi instalasi atau engine set up tanpa menyertakan katalis. Kemudian data yang dibandingkan adalah data emisi motor diesel yang sudah menyertakan katalis yang digunakan.

3.10 Kesimpulan

Setelah melakukan langkah eksperimen maka pada langkah analisa dan pembahasan akan dilakukan perbandingan hasil proses pembakaran serta nilai kadar emisi NO_x yang dihasilkan oleh mesin berbahan bakar biodiesel menggunakan SCR dan tanpa menggunakan SCR. Perbandingan ini akan dianalisa berdasarkan beberapa ketetapan dan rules Annex IV Marpol

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil pengujian laboratorium pada minyak biji nyamplung, hasil uji emisi tanpa SCR *system* maupun menungganakan SCR *system*, dan hasil perbandingan pada minyak biji nyamplung.

Sebelum melakukan pengujian laboratorium pada minyak biji nyamplung, biji nyamplung diproses terlebih dahulu. Untuk proses pembuatan biodiesel minyak biji nyamplung dijelaskan pada lampiran.

4.1 Properties Biodiesel Minyak Biji Nyamplung

4.1.1 Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Laboratorium pada Minyak Biji Nyamplung

No.	Jenis Uji	Satuan	SNI	Hasil	Metode Pengujian
1	<i>Kinematic Viscosity at 40°C</i>	cSt	2,3 – 6	7,23	ASTM D 445-97
2	<i>Densitas at 40°C</i>	-	0,85 - 0,89	0,86	Piknometer
3	<i>Lower Heating Value</i>	BTU/lbmm	Max 18,288	18,336	ASTM D 240
4	<i>Flash Point</i>	°C	Min 100	85	ASTM D 93-00
5	<i>Pour Point</i>	°C	Max 18	-7	ASTM D 97-85

Pada tabel 4.1 merupakan nilai yang dihasilkan dari pengujian untuk mengetahui nilai properties dari biodiesel minyak biji nyamplung. Data yang diambil berdasarkan 5 *point* syarat bahan bakar untuk menjadi sebuah bahan bakar biodiesel.

4.1.2 Pembahasan Properties Biodiesel Minyak Biji Nyamplung

Viscosity merupakan sifat internal fluida yang menolak untuk mengalir. Kata *viscosity* juga dipakai sebagai ukuran keengganan/resistensi suatu fluida untuk mengalir. *Kinematic viscosity* merupakan perbandingan *dynamic viscosity* terhadap density. Pada tabel diatas menunjukkan bahwa besarnya nilai *Kinematic Viscosity at 40°C* biodiesel minyak biji nyamplung sebesar 7,23 cSt dengan metode pengujian ASTM D 445-97. Nilai tersebut melebihi batas maksimal dari regulasi Standar Nasional Indonesia (SNI), belum memenuhi regulasi SNI.

Densitas adalah suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda per satuan volume benda tersebut. Besaran massa jenis dapat membantu menerangkan mengapa benda yang berukuran sama memiliki berat yang berbeda. Untuk besarnya nilai *Densitas at 40°C* biodiesel minyak biji nyamplung sebesar 0,86 dengan metode pengujian piknometer. Nilai yang dihasilkan tersebut telah memenuhi regulasi SNI.

Heating value merupakan jumlah energi panas yang terlepas untuk tiap satu satuan massa bahan bakar. Terdapat ada dua jenis heating value yang digunakan secara luas di dunia, yakni *higher heating value* (HHV) serta *lower heating value* (LHV). *Lower heating value* (LHV) adalah panas yang besarnya sama dengan nilai panas atas dikurangi panas yang diperlukan oleh air yang terkandung dalam bahan bakar dan air yang terbentuk dari pembakaran bahan bakar. Untuk besarnya nilai *Lower Heating Value* biodiesel minyak biji nyamplung sebesar 18,336 BTU/lbmm dengan metode pengujian ASTM D 240. Nilai yang dihasilkan tersebut melebihi batas maksimal dari regulasi SNI, belum memenuhi regulasi SNI.

Flash point adalah temperatur dimana fraksi akan menguap dan menimbulkan api bila terkena percikan api dan kemudian mati dengan sendirinya dengan rentan waktu yang cepat. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut belum mampu untuk membuat bahan bakar bereaksi dan menghasilkan api yang kontiniu. Untuk besarnya nilai *flash point* biodiesel minyak biji nyamplung sebesar 85°C dengan metode pengujian ASTM D 93-00. Nilai yang dihasilkan tersebut belum memenuhi regulasi SNI.

Pour point (titik tuang) adalah temperatur terendah dimana sampel produk minyak bumi masih bisa mengalir dengan sendirinya apabila didinginkan pada kondisi pemeriksaan. Titik tuang produk minyak bumi merupakan petunjuk tentang kemampuan produk minyak bumi untuk mengalir pada suhu rendah. Untuk besarnya nilai *pour point* biodiesel minyak biji nyamplung sebesar -7°C dengan metode ASTM D 97-85. Nilai yang dihasilkan tersebut telah memenuhi regulasi SNI.

4.2 Uji Emisi

4.2.1 Hasil Uji Emisi

Tabel 4.2 Hasil Uji Emisi (ppm)

Load		B20 Nyamplung (ppm)	B20 Biji Nyamplung SCR system (ppm)	Temperatur SCR ($^{\circ}\text{C}$)
%	kW			
25%	1,02	160	196	152,9
50%	2,17	210	205	181,8
75%	3,39	254	227	253,5
100%	4,49	276	259	322,6

Pada tabel 4.2 merupakan nilai yang dihasilkan dari pengujian emisi menggunakan gas analyzer. Dari data yang dihasilkan oleh gas analyser, berupa nilai NOx dengan satuan ppm. Untuk memenuhi persyaratan IMO, maka hasil uji emisi yang berupa ppm harus di konversi menjadi gr/kWh.

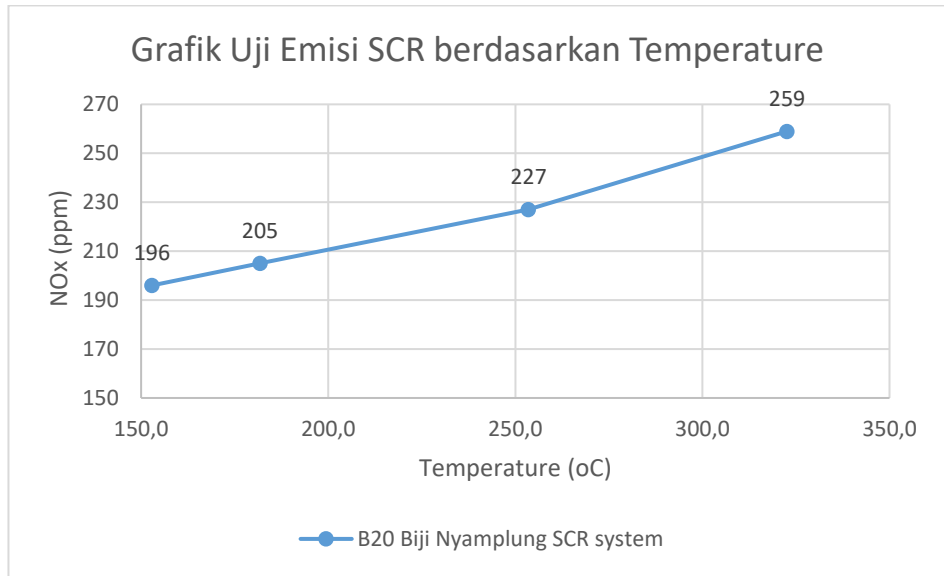
Tabel 4.3 Hasil Uji Emisi standar IMO (gr/kWh)

Load		B20 Nyamplung (gr/kWh)	B20 Biji Nyamplung SCR system (gr/kWh)
%	kW		
25%	1,02	1,06	1,30
50%	2,17	1,39	1,36
75%	3,39	1,69	1,51
100%	4,49	1,83	1,72

Untuk memenuhi syarat dalam regulasi IMO maka perlu adanya konversi nilai NOx dari ppm menjadi gr/kWh. Tabel 4.3

menunjukkan nilai emisi NO_x (gr/kWh) yang dihasilkan oleh kedua sistem yang berbeda.

4.2.2 Pembahasan Uji Emisi



Gambar 4.1 Grafik Uji Emisi SCR (ppm) berdasarkan Temperature

Pada grafik diatas, menunjukkan hasil dari emisi gas buang NO_x (ppm) menggunakan SCR *system*, pada suhu temperature antara 150 – 200°C rata-rata gas buang NO_x yang dihasilkan sebesar 205 ppm. Untuk suhu temperature antara 250 - 300°C dihasilkan gas buang NO_x sebesar 227 ppm. Untuk suhu temperature 300 – 350°C dihasilkan gas buang NO_x sebesar 259 ppm. Terjadi kenaikan signifikan pada suhu temperature antara 300 – 350 °C ini berkaitan dengan daya yang dihasilkan oleh motor.

Berdasarkan tabel 4.3, untuk daya sebesar 25% pada putaran 2200 rpm Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 160 ppm dan dikonversi sebesar 1,06 gr/kWh. Untuk Biodiesel biji nyamplung menggunakan SCR *system* merupakan data *outlier*. Disebabkan nilai yang dihasilkan lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan SCR *system* setelah mengalami proses *treatment*.

Untuk daya sebesar 50% pada putaran 2200 rpm Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system*

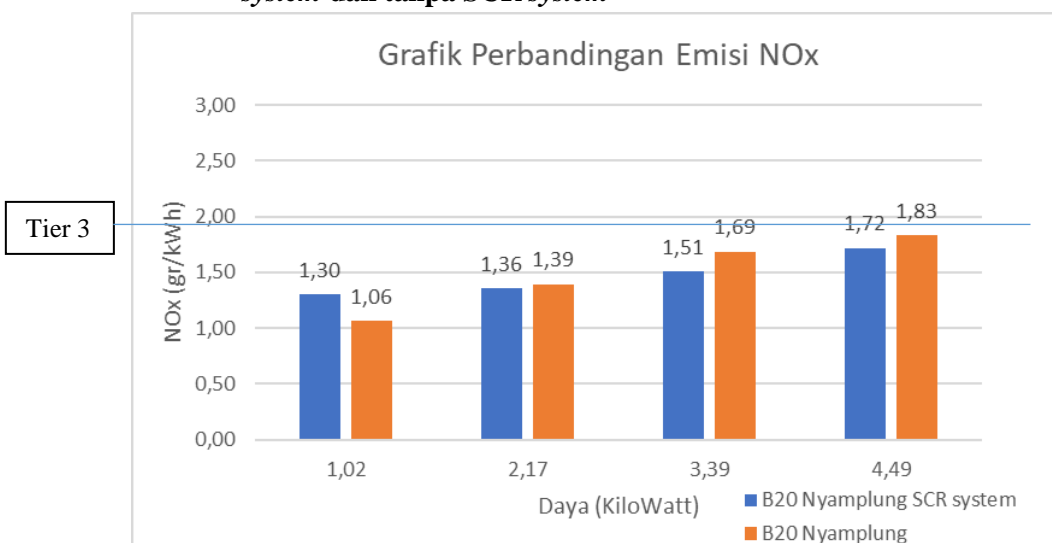
menghasilkan NO_x sebesar 210 ppm dan dikonversi sebesar 1,39 gr/kWh. Untuk Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 205 ppm dan dikonversi sebesar 1,36 gr/kWh.

Untuk daya sebesar 75% pada putaran 2200 rpm untuk Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 254 ppm dan dikonversi sebesar 1,69 gr/kWh. Untuk Biodiesel biji nyamplung menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 227 ppm dan dikonversi sebesar 1,51 gr/kWh.s

Untuk daya 100% pada putaran 2200 rpm untuk Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 276 ppm dan dikonversi sebesar 1,83 gr/kWh. Untuk Biodiesel biji nyamplung menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 259 ppm dan dikonversi sebesar 1,72 gr/kWh.

4.3 Perbandingan Emisi NO_x

4.3.1 Hasil Perbandingan Emisi NO_x menggunakan SCR *system* dan tanpa SCR *system*



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Emisi dengan Persentase Daya

Pada grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil dari keluaran NO_x antara 2 variasi sistem gas buang yang berbeda , yaitu Bio Diesel Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system*

dan menggunakan SCR *system*. Pada putaran 100% yaitu putaran 2200 RPM dan 4 variasi pembebanan dengan menggunakan metode pengujian yang dikeluarkan oleh IMO.

4.3.2 Pembahasan Perbandingan Emisi NO_x menggunakan SCR *system* dan tanpa SCR *system*

Pada grafik diatas ditunjukkan untuk daya sebesar 25% pada putaran 2200 rpm Biodiesel biji nyamplung menggunakan SCR *system* merupakan data *outlier*. Disebabkan nilai yang dihasilkan lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan SCR *system* setelah mengalami proses *treatment*.

Untuk daya sebesar 50% pada putaran 2200 rpm Biodiesel biji nyamplung menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 1,36 gr/kWh, jumlah NO_x yang dikeluarkan menggunakan SCR *system* lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan SCR *system* dan jumlah NO_x memenuhi tier 1, tier 2, maupun tier 3. Untuk Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 1,39 gr/kWh, jumlah NO_x memenuhi tier 1, tier 2, maupun tier 3. Selisih antara kedua sistem tersebut sebesar 0,03 gr/kWh atau mengalami penurunan sebesar 2%.

Untuk daya 75 % rpm Biodiesel biji nyamplung menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 1,51 gr/kWh, jumlah NO_x yang dikeluarkan menggunakan SCR *system* lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan SCR *system* dan jumlah NO_x memenuhi tier 1, tier 2, maupun tier 3. Untuk Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 1,69 gr/kWh, jumlah NO_x memenuhi tier 1, tier 2, maupun tier 3. Selisih antara kedua sistem tersebut sebesar 0,18 gr/kWh atau mengalami penurunan sebesar 12% .

Untuk daya 100% menggunakan Biodiesel biji nyamplung menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 1,72 gr/kWh, jumlah NO_x yang dikeluarkan menggunakan SCR *system* lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan SCR

system dan jumlah NO_x memenuhi tier 1, tier 2, maupun tier 3. Untuk Biodiesel Minyak Biji Nyamplung tanpa menggunakan SCR *system* menghasilkan NO_x sebesar 1,83 gr/kWh, jumlah NO_x memenuhi tier 1, tier 2, maupun tier 3. Selisih antara kedua sistem tersebut sebesar 0,11 gr/kWh atau mengalami penurunan sebesar 7%.

Untuk Biodiesel minyak biji nyamplung menggunakan SCR *system* mempunyai nilai rata-rata NO_x sebesar 1.53 gr/kWh dimana nilai ini mempunyai nilai rata rata 7% lebih rendah dibandingkan nilai rata rata Biodisel minyak biji nyamplung tanpa menggunakan SCR *system*. Untuk nilai rata rata NO_x biodisel minyak biji nyamplung menggunakan SCR *system* masih memenuhi tier 1, tier 2, maupun tier 3.

Pada eksperimen ini, besarnya NO_x yang dihasilkan Biodiesel Minyak Biji Nyampung menggunakan SCR *system* lebih rendah jika dibandingkan tanpa menggunakan SCR *system* untuk 3 variasi pembebanan pada putaran 2200 rpm. Penurunan yang paling besar terjadi pada saat katalis memiliki temperature sebesar 253,5 °C. Mengalami penurunan sebesar 0,18 gr/kWh atau 12%.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada bab ini akan diambil kesimpulan dari hasil penelitian uji eksperimental penggunaan bahan bakar Biodiesel minyak biji nyamplung berikut merupakan kesimpulan yang didapat yaitu :

1. Properties Biodiesel Minyak Biji Nyamplung

Hasil pengujian laboratorium properties pada minyak biji nyamplung dihasilkan beberapa *point* yang belum memenuhi regulasi SNI. Nilai *Kinematic Viscosity at 40°C* biodiesel minyak biji nyamplung melebihi 1,23 cSt dari batas maksimum regulasi SNI. Nilai *lower heating value* biodiesel minyak biji nyamplung sebesar 0,048 BTU/lbmm lebih besar dari batas maksimum regulasi SNI. Untuk nilai *flash point* biodiesel minyak biji nyamplung kurang dari batas minimum sebesar 15°C berdasarkan standar regulasi SNI.

2. Hasil Uji Emisi Minyak Biji Nyamplung dan saat menggunakan SCR *System*

Hasil uji emisi rata – rata terbesar dihasilkan oleh bahan bakar Biodiesel Biji Nyamplung, dengan nilai NOx yang dihasilkan sebesar 246,66 ppm. Dan hasil uji emisi rata – rata terbesar dihasilkan menggunakan SCR *system*, nilai NOx yang dihasilkan sebesar 230,33 ppm.

3. Perbandingan Kadar NOx

Untuk Biodiesel minyak biji nyamplung menggunakan SCR *system* mempunyai nilai rata-rata NOx sebesar 7% lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata Biodiesel minyak biji nyamplung tanpa menggunakan SCR *system*. Penurunan gas buang NOx terjadi pada suhu 253,5 °C sebesar 12%.

5.2 Saran

Dari hasil analisa pengujian laboratorium properties biodiesel minyak biji nyamplung 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 saat proses pembuatan biodiesel minyak biji nyamplung.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang pembuatan katalis pada SCR *system* terutama pengaruh luas permukaan katalis dan *substrat* atau pengikat dari campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Widiastono, Tonnu D., 2003, Mendambakan Indonesia Berlangit Biru, Harian Kompas, Kamis 23 Agustus 2003, www.kompas.com/gayahidup/index.html.
- Sahirman. 2009. *Perancangan Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.)*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hidayat , A., 2013. Sintesis Katalis CuO Zeolit alam untuk reaksi reduksi gas NO₂ menggunakan reduktor senyawa hidrokarbon. *Teknoin*, Volume 19, pp. 01-14
- Ingole, A. K., 2017. A review on Selective Catalytic Reduction technique for diesel engine exhaust after threatment. *International Journal of Current Engineering and Technology*, Issue 7, pp. 206-210
- Ravi, D., 2014. Selective Catalytic Reduction-An Affective Emission Controller in CI Engine. *Middle East Journal of Scientific Research*, 20(11), pp.1379-1385
- Sa'adah, A., F., 2016., Analisis Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia., Sekolah Pascasarjana., Institut Pertanian Bogor., Bogor.
- Alhaq,S., 2016.,Analisa Emisi Berbasis Eksperimen dan Kelayakan Ekonomis Bahan Bakar Biodiesel Umbi Porang (Amarphallus Onchopillus) ., Departemen Teknik Sistem Perkapalan., Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember., Surabaya
- Ramos, B. 2012. "Production Of Biodiesel From Vegetable Oils". Departement of Chemical Science and Tecnology, Royal Institute of Technology (KTH). Stockholn, Sweden

- Balitbang Kehutanan. 2008. *Elaeis Guineensis* Sumber energi Biofuel yang potensial Pusat Litbang Hutan Tanaman. Badan Litbang Kehutanan Departemen Kehutanan. Bogor
- Leksono, B., Y. Lisnawati, E. Rahman, K.P. Putri. 2011. Potensi tegakan dan karakteristik lahan enam populasi nyamplung (*Calopyllum inophyllum* l.) ras jawa. Prosiding Workshop Sintesa Hasil Penelitian Hutan Tanaman, Bogor 30 Nopember – 1 Desember 2010. Pusat Litbang Peningkatan Produktivitas Hutan Bogor. hal.397-408.
- SCR: The Leading Technology to Meet 2010 Emission Regulations. *Cummins Filtration*.
- M. Koebel, M. Elsener, M. Kleeman, Urea-SCR: a promising technique to reduce NO_x emissions from automotive diesel engines, *Catal. Today* 59 (2000) 335-345.
- M. Colombo, I. Nova, E. Tronconi. 2010. A comparative study of the NH₃-SCR reactions over a Cu-zeolite and a Fe-zeolite catalyst, *Catal. Today* 151. 223–230.
- A. Schuler, M. Votsmeier, P. Kiwic, J. Gieshoff, W. Hautpmann, A. Drochner, H. Vogel. 2009. NH₃-SCR on Fe zeolite catalysts -- From model setup to NH₃ dosing, *Chem Eng. J.* 154 333-340.
- I. Nova, E. Tronconi (Eds.). 2014. *Urea-SCR Technology for deNO_x After Treatment of Diesel Exhausts*, Springer.

LAMPIRAN

Proses Pembuatan Biodiesel

Pada tanaman Nyamplung ini akan 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, diantaranya:

- Alat :
- Neraca
 - *Erlen meyer*
 - Gelas ukur
 - Buret
 - Statis
 - Pipet tetes
 - Spatula
 - *Beker glass*
 - Kaca arloji
 - Timbangan analitik
 - Pengaduk kaca
 - *Hot plate*
 - Magnet stirer
 - Corong pemisah
 - Termometer
- Bahan :
- Minyak biji nyamplung
 - Fenol Ptalein
 - Metanol
 - Aquades
 - CaO
 - H_2SO_4
 - H_3PO_4

Dalam pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak biji nyamplung ada beberapa tahapan yang harus dilakukan, antara lain:

a) Pengepresan Biji Nyamplung

Metode pengepresan yang digunakan dalam pembuatan biodiesel Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) adalah metode pengepresan berulir (*screw press*). Metode ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dengan bahan dengan kadar rendamen di atas 10%. Prinsip pengoperasian yaitu bahan mendapat tekanan dari ulir yang berputar dan akan terdorong keluar. Minyak keluar melalui 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.



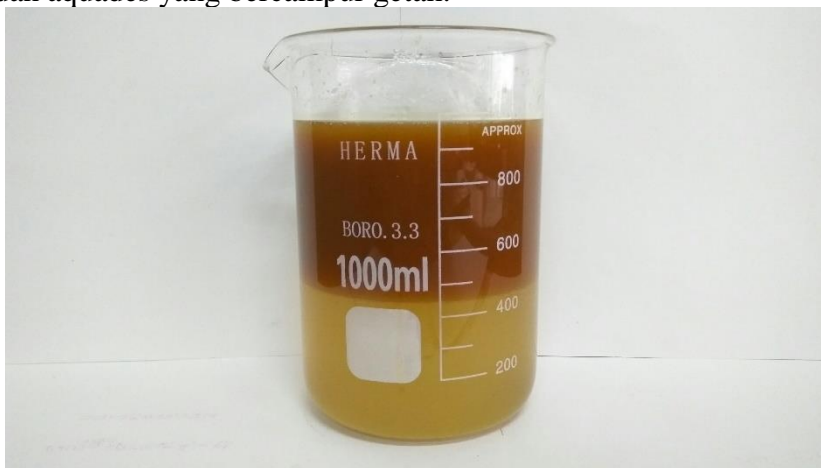
Gambar Proses Pengepresan Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*)

b) Degumming

Degumming adalah proses pemisahan *gum*, yaitu proses pemisahan getah atau lendir yang terdiri dari fosfolipid, protein, residu, karbohidrat, air dan resin. 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 *Cruide* biji nyamplung yang telah di press, dipanaskan pada suhu $\pm 80^\circ C$ selama 15 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. Masukkan kedalam corong pemisah dan ditambahkan aquades hangat untuk proses pencucian. Aduk aquades hangat dengan minyak selama 1 menit, dan endapkan selama 1 hari
5. Setelah proses pengendapan selesai pisahkan antara minyak dan aquades yang bercampur getah.



Gambar Proses Pemisahan *Gum* atau Getah

Proses degumming menghasilkan endapan sebanyak 8 mL dari minyak biji nyamplung sebanyak 200 mL atau 4% dari volume minyak biji nyamplung.

c) Proses Esterifikasi

Proses esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar FFA untuk proses transesterifikasi. Berikut proses esterifikasi minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*)

1. Panaskan minyak *Cruide* Nyamplung hasil Degumming sebanyak 200 mL (187 gram) hingga pada suhu 60°C
2. Buatlah larutan metoksida yaitu campuran katalis asam sulfat (H_2SO_4) sebanyak 10% (b/b) atau 18,7 gram dengan methanol (ratio mol minyak-metanol 1:40) atau setara dengan 357,68 mL.
3. Ditambahkan campuran katalis asam sulfat (H_2SO_4) dengan methanol kedalam minyak yang sudah dipanaskan $\pm 60^{\circ}C$ sedikit demi sedikit sambil diaduk.

4. Lanjutkan proses pemanasan pada suhu 60°C dan diaduk selama ± 1 jam
5. Angkat dan diamkan hingga suhu ruangan, kemudian masukan ke dalam labu pemisah. Diamkan selama ± 24 jam.
6. Setelah itu pisahkan antara minyak dan methanol, lapisan atas merupakan methanol yang dapat dimurnikan lagi, dan lapisan bawah merupakan campuran minyak dan metil ester. Lapisan bawah selanjutnya dilakukan pencucian dengan aquades hangat dan dilakukan pengadukan. Untuk melarutkan methanol yang bersisa, diamkan selama ± 3 jam.
7. Setelah pencucian pisahkan antara aquades dan minyak, lapisan atas berupa minyak dan lapisan bawah berupa aquades kotor.
8. Langkah terakhir lakukan penguapan pada suhu 105°C



Gambar Proses Esterifikasi Minyak Biji Nyamplung

Dari proses esterifikasi didapatkan minyak sebanyak 180 mL. Setelah proses esterifikasi selesai lakukan pengujian FFA menggunakan larutan basa CAO. Dari proses titrasi didapatkan kadar FFA $<2\%$.

d) **Proses Transesterifikasi**

Pada proses Transesterifikasi dilakukan pencampuran *crude oil* minyak biji nyamplung, methanol, dan CAO sebagai katalis

dengan perbandingan; minyak biji nyamplung : methanol : CAO = 250 : 40 : 6,45 dengan suhu tungku sebesar 55°C. Setelah proses pencampuran selesai maka hasil campuran di settling selama 14 jam untuk memisahkan antara FAME dengan gliserol. Berikut merupakan tahapan proses transesterifikasi:

1. Minyak biji nyamplung dipanaskan hingga temperature 55°C
2. Larutan metoksid dibuat dengan mencampurkan methanol dan katalis basa (CAO) dengan perbandingan berat minyak biji nyamplung : methanol : CAO = 250 : 40 : 6,45
3. Campur larutan methanol kedalam minyak biji nyamplung dan lakukan pengadukan dengan RPM konstan dengan temperature 55°C selama 1 jam
4. Diamkan minyak pencampuran di dalam beaker glass selama 24 jam hingga larutan FAME terpisah dengan gliserol terpisah secara sempurna, lalu gliserol yang terendapkan dibuang



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Asrija 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

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Dedy Ardiansyah, biasa disapa Dedy, dilahirkan di Banyuwangi, 12 Februari 1996. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 01 Mojopanggung Banyuwangi. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Banyuwangi, dan SMA Negeri 1 Banyuwangi. Saat ini penulis menempuh pendidikan jenjang Strata 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dimuai pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN. Penulis teregistrasi sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 04211440000005. Penulis mengambil konsentrasi bidang studi *Marine Power Plant* (MPP). Selama mengenyam pendidikan di bangku perkuliahan, penulis aktif berorganisasi jurusan Teknik Sistem Perkapalan pada tahun kedua perkuliahan sebagai dewan perwakilan angkatan. Kemudian pada tahun ketiga perkuliahan, penulis menjadi Program Mahasiswa Wirausaha ITS. Selain aktif berorganisasi, penulis juga berkontribusi aktif sebagai teknisi dan staff divisi lomba *Marine Diesel Assembling* dalam rangkaian *big event Marine Icon*. Pada tahun terakhir perkuliahan, penulis lebih banyak menghabiskan waktu untuk menyelesaikan tugas akhir di Laboratorium *Marine Power Plant* (MPP) dan *Workshop* Getaran Mesin.