

Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel Berbasis Biji Buah Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel

Pieter Y. Persulesy¹, Basri K. ¹, Edy Suprpto¹

¹) Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001

E-mail: pieterpersulesy@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel berbasis minyak biji buah nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) terhadap emisi gas buang CO, CO₂, NO_x, O₂, serta Opasitas mesin diesel. Dengan cara membagikan tiga sampel bahan bakar pertama solar murni diuji kadar emisi gas buang menggunakan alat uji emisi (Gas Analyzer), kemudian dilanjutkan dengan bahan bakar biodiesel murni dan, tahap terakhir dilakukan mix atau campuran bahan bakar solar 50% dan biodiesel nyamplung 50% pada putaran 1800 rpm. Lalu Pengamatan dilakukan pada tiap kelompok pengujian dengan mengukur emisi gas buang yang dihasilkan menggunakan alat gas detektor/ gas analyser. Penelitian menggunakan pola dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial yang diulang 3 kali, meliputi: X1 : Solar Murni (100%), X2 : Campuran Solar dan Biodiesel 50% (B50), X3 : Biodiesel 100% (B100), Y : Emisi Gas Buang (CO, CO₂, NO_x, O₂ dan Opasitas). Dari hasil analisis sidik ragam didapatkan bahwa penggunaan bahan bakar biodiesel biji buah nyamplung terhadap emisi gas buang CO, CO₂, NO_x, O₂, serta Opasitas berpengaruh nyata di taraf 1% dan 5% pada perlakuan dan tidak berpengaruh nyata pada kelompok uji. Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan biodiesel dapat mereduksi tingkat pencemaran emisi gas buang.

ABSTRACT

*The purpose of this study was to determine the effect of using biodiesel fuel based on nyamplung fruit seed oil (*Calophyllum Inophyllum*) on exhaust gas emissions of CO, CO₂, NO_x, O₂, and diesel engine opacity. By distributing the first three samples of pure diesel fuel, exhaust gas emission levels were tested using an emission test device (Gas Analyzer), then continued with pure biodiesel fuel and, in the last stage, a mixture of 50% diesel fuel and 50% biodiesel was added to the mixture. 1800 rpm rotation. Then observations were made in each test group by measuring the exhaust emissions produced using a gas detector/gas analyzer. The study used a non-factorial Randomized Block Design (RAK) basic pattern which was repeated 3 times, including: X1 : Pure Diesel (100%), X2 : Mixture of Diesel and 50% Biodiesel (B50), X3 : 100% Biodiesel (B100), Y : Exhaust Emissions (CO, CO₂, NO_x, O₂ and Opacity). From the analysis of variance, it was found that the use of nyamplung seed biodiesel fuel on exhaust gas emissions of CO, CO₂, NO_x, O₂, and Opacity had a significant effect at 1% and 5% levels in the treatment and had no significant effect on the test group. So it can be concluded that the use of biodiesel can reduce the level of pollution of exhaust gas emissions.*

Keywords: Biodiesel, Nyamplung Fruit Seeds, Exhaust Emissions

PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang digunakan sebagai bahan bakar. Sumber energi ini tidak dapat diperbaharui sehingga ketersediaan bahan bakar minyak bumi semakin hari semakin terbatas. Krisis energi dunia yang terjadi pada dekade terakhir memberikan dampak yang signifikan pada meningkatnya harga bahan

bakar minyak (BBM), Eksplorasi yang terus-menerus dan meningkat menyebabkan cadangan minyak bumi semakin menipis. Khususnya di Indonesia yang diperkirakan cadangan sumber daya minyak bumi yang ada tinggal 7,99 miliar barel dan dengan tingkat produksi 346 juta barel per tahun, maka cadangan ladang minyak bumi Indonesia tinggal 23 tahun mendatang (Jakfar dan Sudarmanta., 2014).

Kebijakan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar bukanlah merupakan langkah yang tepat. Hal ini dikarenakan konsumsi bahan bakar minyak dan pertumbuhan ekonomi bagaikan dua sisi mata uang yang tidak mungkin terpisahkan. Oleh karena itu perlu kehati-hatian dalam menerapkan kebijakan menggunakan bahan bakar minyak agar pertumbuhan ekonomi tetap terjaga. Solusi yang tepat untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan bahan bakar alternatif seperti biodiesel.

Biodiesel sebagai terobosan baru merupakan alternatif bahan bakar untuk mesin diesel. Biodiesel memberikan manfaat yang cukup besar diantaranya sebagai solusi mengatasi kelangkaan BBM yang seringkali terjadi. Biodiesel sebagai metil ester yang diproduksi dari minyak tumbuhan atau lemak hewan dan memenuhi kualitas untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel (Pinto et al., 2005).

Biodisel jika digunakan pada mesin diesel aman dan ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan berbahaya seperti Pb, bersifat Biodegradable, emisi gas buangnya juga lebih rendah dibandingkan emisi bahan bakar diesel. Biodiesel memiliki efek pelumasan yang tinggi sehingga dapat memperpanjang umur mesin dan memiliki angka setana yang tinggi (>50) (Aziz et al., 2011). Keunggulan biodiesel sebagai bahan bakar antara lain diproduksi dari bahan baku yang dapat diperbaharui, dapat digunakan pada kebanyakan mesin diesel tanpa modifikasi. Biodiesel bersifat lebih ramah lingkungan karena dapat terurai di alam, non toksik, efisiensi tinggi, emisi buang kecil, serta kandungan sulfur dan aromatik rendah (Pinto et al., 2005).

Setiap bahan bakar mempunyai sifat-sifat yang secara langsung mempengaruhi hasil pembakaran yang sempurna. Sifat-sifat tersebut sebagai berikut : Penguapan (*Volatility*), Berat Jenis (*Specific Gravity*), Nilai Kalori (*Calor Value*), Viskositas (*Viscosity*), Kandungan Belerang (*Sulphur Content*), Sisa Karbon (*Carbon Residu*), Titik Tuang (*Pour Point*), Titik Nyala (*Flash*

Point), Mutu Penyalaan (*Ignition*) (Muksin, 2014)

Sumber energi yang digunakan sebagai pengganti solar salah satunya adalah biodiesel yaitu sumber energi yang terbuat dari tumbuhan dan hewan. Dari jenis tumbuhan yang dapat dikembangkan untuk biodiesel yang ada di Indonesia salah satunya adalah pohon nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*). Pohon Nyamplung (*calophyllum inophyllum*) merupakan salah satu sumber bahan baku biodiesel. Bagian dari pohon Nyamplung yang dapat digunakan sebagai biodiesel adalah inti bijinya. Bahan ini (biji Nyamplung) selain tidak dapat dikonsumsi, tanaman jenis tersebut juga terdapat hampir di semua Negara tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Biji buah Nyamplung yang sering dianggap masyarakat tidak berguna, ternyata dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar alternatif minyak pengganti solar. Tanaman Nyamplung tersebut memiliki biji yang berpotensi menghasilkan minyak Nyamplung, terutama biji yang sudah tua. Kandungan minyaknya mencapai 50% hingga 70% (yang diperoleh secara mekanik, yaitu dengan proses pengepresan) dan mempunyai ketahanan bakar dua kali lipat lebih lama dibandingkan minyak tanah. Selain itu juga karena kandungan sulfur yang dimiliki oleh minyak Nyamplung tergolong sangat rendah, sehingga jika dijadikan bahan bakar alternatif maka emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran juga akan lebih ramah lingkungan (Jakfar dan Sudarmanta., 2014).

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka saya selaku peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biodisel Berbasis Biji Buah Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel".

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2021. Penelitian ini dilakukan di Laboraturium Pengujian Motor Bakar Politeknik Negeri Bali.

Prosedur Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan dibagi dalam tiga kelompok sampel, dimana kelompok pertama yaitu kelompok pengujian menggunakan bahan bakar diesel (solar), kelompok kedua yaitu kelompok pengujian menggunakan biodiesel biji buah nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan kelompok yang ketiga yaitu kelompok pengujian dengan menggunakan campuran biodiesel biji buah nyamplung dan solar. Pengamatan dilakuan pada tiap kelompok pengujian dengan mengukur emisi gas buang yang dihasilkan menggunakan alat gas detektor/ gas analyser.

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini adalah data primer, yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada unit instrumentasi dan alat ukur pada masing-masing pengujian.

Data, Instrumen dan Metode Pengumpulan Data

Alat :

Instrumen yang dibutuhkan dalam pengujian ini adalah :

- Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mesin Diesel Kubota G-1000 dengan Spesifikasi sebagai berikut:
Merk : Kubota
Model : G-1000
Siklus : 4 Langkah
Jumlah Silinder : 4 Buah
Volume Langkah Torak Total : 2164 cm³
Diameter Silinder : 83 mm
Panjang Langkah Torak : 100 mm
Perbandingan Kompresi : 22 : 1
Bahan Bakar : Solar
Pendingin : Air
Daya poros: 47 BHP / 3200 rpm

Negara pembuat : Jepang

Tahun Pembuatan : 1987

- Exhaust Gas Analyzer
- Probe (Pipa Sensor Emisi)

Bahan Baku :

Bahan yang Menjadi Objek Pengujian ini adalah:

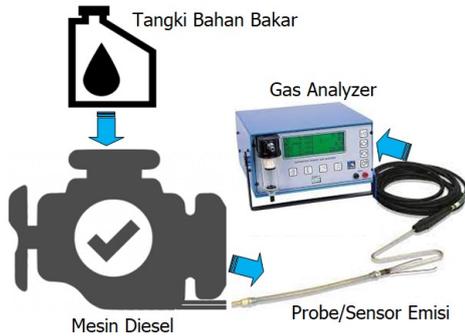
- Solar 100%
- Solar + Biodiesel Kedelai 50 % atau (B50)
- Biodiesel Nyamplung (B100)

Pengujian Emisi Gas Mesin Diesel

Metode yang dilakukan pada pengujian ini yaitu dengan melakukan pengamatan terhadap pembebanan (variable load) yang berubah. Langkah-langkah pengujian yang dilakukan untuk memperoleh data yang valid adalah sebagai berikut:

- Sebelum start, tangki bahan bakar diisi dengan 0,5 liter solar atau campuran solar dan biodiesel.
- Melakukan warming up (pemanasan) dengan cara memutar kunci kontak ke kiri selama 20 sampai 30 detik.
- Kunci kontak diputar ke kanan sampai maksimal.
- Mengatur throttle, sehingga putaran mesin pada kondisi idle yaitu 600 rpm selama 2-3 menit, agar pelumas mesin terdistribusi merata.
- Pembukaan throttle ditambah (putar ke kiri) hingga putaran mencapai 1500 rpm.
- Beban awal dikondisikan 0,165 MPa, serta putaran mesin tetap pada 1500 rpm
- Naikkan beban secara perlahan.
- Setelah pada suhu kerja probe (batang sensor) dimasukkan kedalam knalpot
- Pada setiap percobaan, alat uji emisi akan selalu mendeteksi kandungan emisi gas buang dan akan terlihat pada monitor jumlah kandungannya.
- Pada setiap penggantian bahan bakar, selalu dilakukan dengan cara yang sama (point 1 sampai 8), yang dimulai dengan bahan bakar solar 100%, yang dilanjutkan dengan bahan bakar campuran biodiesel dan solar 50% serta biodiesel 100%.

- Pengujian dilakukan dengan mengikuti skema eksperimental sebagai berikut:



Gambar 1. Skema Pengujian

Metode Pengumpulan Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan dibagi dalam tiga kelompok sampel, dimana kelompok pertama yaitu kelompok pengujian menggunakan bahan bakar diesel (solar), kelompok kedua yaitu kelompok pengujian menggunakan biodiesel biji buah nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan kelompok yang ketiga yaitu kelompok pengujian dengan menggunakan campuran biodiesel biji buah nyamplung dan solar. Pengamatan dilakukan pada tiap kelompok pengujian dengan mengukur emisi gas buang yang dihasilkan menggunakan alat gas detektor/ gas analyser.

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini adalah data primer, yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada unit instrumentasi dan alat ukur pada masing-masing pengujian.

Penelitian menggunakan pola dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial yang diulang 3 kali, meliputi:

- X1 : Solar Murni (100%)
- X2 : Campuran Solar dan Biodiesel 50% (B50)
- X3 : Biodiesel 100% (B100)
- Y : Emisi Gas Buang (CO, CO₂, NO_x, O₂ dan Opasitas)

Tabel 1. Instrumen Pengumpulan data

Perlakuan	Emisi	Ulangan (Kelompok)			Total
		I	II	III	
X1	CO (Y1)	X1Y1.1	X1Y1.2	X1Y1.3	
	CO ₂ (Y2)	X1Y2.1	X1Y2.2	X1Y2.3	
	NO _x (Y3)	X1Y3.1	X1Y3.2	X1Y3.3	
	O ₂ (Y4)	X1Y4.1	X1Y4.2	X1Y4.3	
	Opasitas (Y5)	X1Y5.1	X1Y5.2	X1Y5.3	
X2	CO (Y1)	X2Y1.1	X2Y1.2	X2Y1.3	
	CO ₂ (Y2)	X2Y2.1	X2Y2.2	X2Y2.3	
	NO _x (Y3)	X2Y3.1	X2Y3.2	X2Y3.3	
	O ₂ (Y4)	X2Y4.1	X2Y4.2	X2Y4.3	
	Opasitas (Y5)	X2Y5.1	X2Y5.2	X2Y5.3	
X3	CO (Y1)	X3Y1.1	X3Y1.3	X3Y1.3	
	CO ₃ (Y3)	X3Y3.1	X3Y3.3	X3Y3.3	
	NO _x (Y3)	X3Y3.1	X3Y3.3	X3Y3.3	
	O ₃ (Y4)	X3Y4.1	X3Y4.3	X3Y4.3	
	Opasitas (Y5)	X3Y5.1	X3Y5.3	X3Y5.3	

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian diolah menggunakan Rancangan Acak Kelompok, kemudian hasil dari perhitungan disajikan dalam bentuk Tabulasi dan Grafik.

Model linier untuk rancangan penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \Sigma_{ij}$$

Keterangan :

- Y_{ij} = Nilai pengamatan dari perlakuan ke-i dalam kelompok ke-j
- μ = Nilai tengah populasi
- T_i = Pengaruh bahan bakar dari perlakuan ke-i
- B_j = Pengaruh bahan bakar dari ulangan ke-j
- Σ_{ij} = Pengaruh galat dari perlakuan ke-i pada ulangan ke-j

Tabel 2. Analisis Varian (Anova) dari RAK

SK	db	JK	KT
Kelompok	2	JKK	KTK
Perlakuan	2	JKP	KTP
Galat	4	JKG	KTG
Total	8	JKT	

Sumber : Menurut Gomez dan Gomez (1995).

Pengujian Hipotesis

Hipotesis Statistic yang diajukan adalah :

$$H_0 : T1 = T2 = T3 = 0$$

H_1 : paling sedikit ada sepasang T_i yang tidak sama

Atau

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 0$$

H_1 : paling sedikit ada sepasang μ_i yang tidak sama, atau $\mu_i \neq \mu_j$ paling sedikit ada sepasang rata-rata perlakuan yang berbeda.

H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata antar perlakuan.

$F_{Tabel} < F_{Hitung}$ 5%, maka H_1 diterima

$F_{Tabel} > F_{Hitung}$ 5 %, maka H_0 diterima

Langkah-langkah perhitungan Analisis Ragam:

Langkah 1: Hitung Faktor Koreksi

$$FK = \frac{Y_{00}^2}{tb} \dots(1)$$

Langkah 2: Hitung Jumlah Kuadrat Total

$$= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (Y_{ij} - \bar{Y}_{00})^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - FK$$

Langkah 3: Hitung Jumlah Kuadrat Kelompok

$$JKK = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{0j} - \bar{Y}_{00})^2 = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{0j}^2}{t} - FK$$

Langkah 4: Hitung Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$JKP = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b (\bar{Y}_{i0} - \bar{Y}_{00})^2 = \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i0}^2}{b} - FK$$

Langkah 5: Hitung Jumlah Kuadrat Galat

$$JKG = JKT - JKP - JKK$$

Langkah 6: Buat Tabel Analisis Ragam beserta Nilai F-tabelnya

Tabel 3. Analisis Ragam beserta Nilai F-tabelnya

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F_{hitung}
Perlakuan	t-1	JKP	KTP	KTP/KTG
Kelompok	b-1	JKK	KTK	KTK/KTG
Galat	(t-1)(r-1)	JKG	KTG	-
Total	ab -1	JKT	-	-

Sumber : Vicent Gaspersz, 1991

Prosedur Pengujian ANOVA untuk model tatap percobaan faktorial RAK yang akan diuji sebagai berikut (Gaspersz,1991) :
Pengaruh Perlakuan

- Hipotesis

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

(tidak ada perbedaan perlakuan diantara perlakuan yang dicobakan) (minimal ada satu perbedaan perlakuan diantara perlakuan yang dicobakan)

- Taraf Signifikansi : α

- Statistik Uji Pengaruh Perlakuan

$$H_1: \text{Ada } \tau_i \neq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, a$$

$$F_{hitung(A)} = \frac{\frac{JKP}{a-1}}{\frac{JKG}{(t-1)(b-1)}} = \frac{KTP}{KTG}; F_{tabel} = F_{\alpha(abA, abG)}$$

- Kriteria Keputusan

Dengan demikian jika nilai maka Hipotesis nol ditolak dan berlaku sebaliknya. Penolakan Hipotesis nol berimplikasi bahwa perlakuan yang diberikan pada unit-unit percobaan memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon yang diamati.

Pengaruh Kelompok

- Hipotesis

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

(tidak ada perbedaan kelompok diantara kelompok yang dicobakan) (minimal ada satu perbedaan kelompok diantara kelompok yang dicobakan)

- Taraf Signifikansi : α

$$H_1: \text{Ada } \beta_j \neq 0 \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, b$$

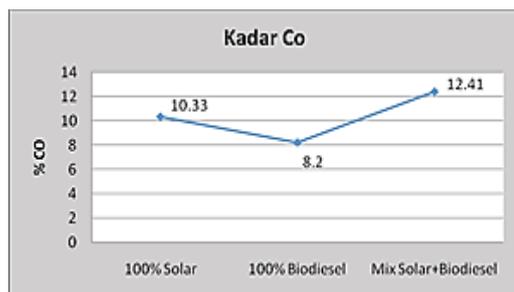
$$F_{hitung}(B) = \frac{\frac{JKK}{b-1}}{\frac{JKG}{(t-1)(b-1)}} = \frac{KTK}{KTG}; F_{tabel} = F_{\alpha(dbk,dbG)}$$

- Kriteria Keputusan

Dengan demikian jika nilai maka Hipotesis nol ditolak dan berlaku sebaliknya. Penolakan Hipotesis nol berimplikasi bahwa perlakuan yang diberikan pada unit-unit percobaan memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon yang diamati

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran kadar CO dari gas buang pembakaran dengan menggunakan 3 variasi bahan bakar pada putaran 1800 rpm dalam waktu 3 menit. Kadar CO terendah terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji nyamplung dengan rata-rata kadar CO sebesar 8,2%, sedangkan kadar CO tertinggi terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar B50 dengan rata-rata kadar CO sebesar 12,41%. Perbandingan kadar CO pada masing-masing variasi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



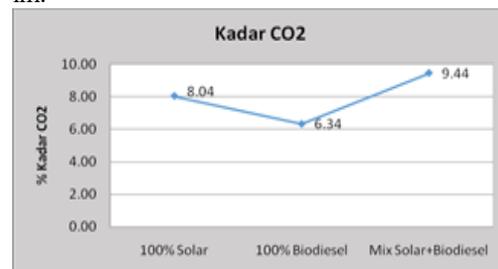
Gambar 1. Grafik Kadar CO

Dari Gambar 1 di atas, dapat dilihat bahwa kadar CO pada Biodiesel 100% (B100) lebih kecil bila dibandingkan dengan variasi bahan bakar yang lain. Emisi CO dipengaruhi oleh rasio udara-bahan bakar, semakin tinggi rasio udara bahan bakar, maka semakin tinggi kadar emisi CO.

Kandungan CO2 dalam Gas Buang

Data hasil pengukuran kadar CO2 dari gas buang pembakaran dengan menggunakan 3 variasi bahan bakar pada putaran 1800 rpm dalam waktu 3 menit.

Kadar CO2 terendah terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji nyamplung dengan rata-rata kadar CO2 sebesar 6,34%, sedangkan kadar CO2 tertinggi terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar B50 dengan rata-rata kadar CO2 sebesar 9,44%. Perbandingan kadar CO2 pada masing-masing variasi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Grafik Kadar CO2

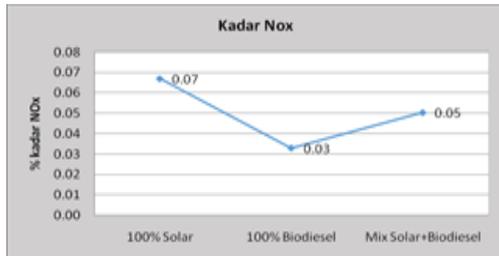
Dari grafik pada Gambar 2 di atas, dapat dilihat bahwa kadar CO2 pada Biodiesel 100% (B100) lebih kecil bila dibandingkan dengan variasi bahan bakar yang lain. Kadar emisi CO2 dipengaruhi oleh rasio udara-bahan bakar, kegagalan penyalaaan, dan masalah mekanik motor. Kadar emisi CO2 tertinggi dihasilkan ketika rasio udara-bahan bakar ideal.

Kandungan NOx dalam Gas Buang

Data hasil pengukuran kadar NOx dari gas buang pembakaran dengan menggunakan 3 variasi bahan bakar pada putaran 1800 rpm dalam waktu 3 menit.

Kadar NOx terendah terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji nyamplung dengan rata-rata kadar NOx sebesar 0,033%, sedangkan kadar NOx tertinggi terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar Solar 100% dengan rata-rata kadar NOx sebesar 0,067%. Perbandingan kadar NOx pada masing-masing

variasi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini :



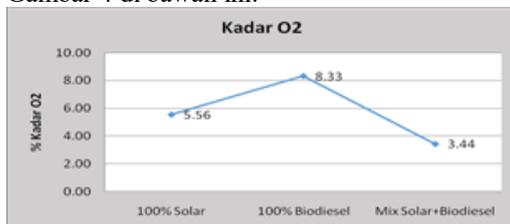
Gambar 3 Grafik Kadar NOx

Dari Gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa kadar NOx pada Biodiesel 100% (B100). Kadar emisi NOx dipengaruhi oleh rasio udara-bahan bakar, dan waktu pembakaran. Kadar emisi NOx maksimum terbentuk pada saat rasio udara-bahan bakar terjadi pada rasio kesetaraan.

Kandungan O2 dalam Gas Buang

Data hasil pengukuran kadar O2 dari gas buang pembakaran dengan menggunakan 3 variasi bahan bakar pada putaran 1800 rpm dalam waktu 3 menit

Kadar O2 terendah terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar B50 dengan rata-rata kadar O2 sebesar 3,44%, sedangkan kadar O2 tertinggi terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar Solar B100 dengan rata-rata kadar O2 sebesar 8,33%. Perbandingan kadar O2 pada masing-masing variasi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Grafik Kadar O2

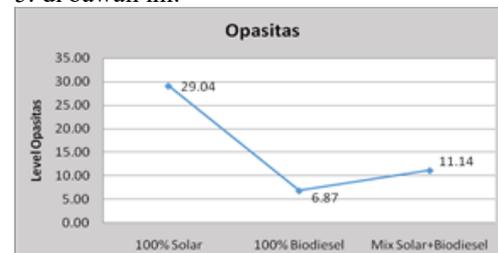
Dari Gambar 4 di atas, dapat dilihat bahwa kadar O2 tertinggi terjadi pada pengujian menggunakan bahan B100 dan yang terendah terjadi pada pengujian menggunakan bahan bakar B50. Kadar emisi

O2 berbanding terbalik dengan kadar emisi CO2. Semakin tinggi keluaran O2 pada buangan, semakin kecil CO2 dan semakin kecil campuran udara-bahan bakar.

Opasitas dalam Gas Buang

Data hasil pengukuran opasitas dari gas buang pembakaran dengan menggunakan 3 variasi bahan bakar pada putaran 1800 rpm dalam waktu 3 menit.

Opasitas terendah terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar B100 dengan rata-rata dengan tingkat kepekatan sebesar 6,87%, sedangkan kepekatan tertinggi terjadi pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar Solar dengan rata-rata kepekatan sebesar 29,04%. Perbandingan tingkat kepekatan (opasitas) pada masing-masing variasi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 5. di bawah ini:



Gambar 5. Grafik Kadar Opasitas

Dari Gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa opasitas tertinggi terjadi pada pengujian menggunakan bahan bakar solar dan yang terendah terjadi pada pengujian menggunakan bahan bakar B50. Opasitas yang dihasilkan dari putaran 1500 rpm cukup rendah dan bergerak naik seiring dengan naiknya putaran mesin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar biodisel biji nyamplung (*calophyllum inophyllum*) memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran mesin diesel dengan tolak ukur indikator emisi gas yaitu CO, CO2, NOx, O2

serta Opasitas, yang mana menunjukkan adanya penurunan volume gas kelompok perlakuan (Biodiesel (B 100%) dan Mix Solar-Biodiesel (B 50%)) dibandingkan dengan volume gas pada kelompok perlakuan menggunakan Solar (100%).

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arikunto, Suharsimi. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [2]. Allen, C. A.W., Watts, K. C. Ackman, R. G. And Pegg, M. J. (1999), Predicting Of The Viscosity Of Biodiesel Fuel From Their Fatty Acid Ester Composition, *Fuel* 78 : 1319-1336.
- [3]. Aziz, I., Nurbayti, S., dan Ulum, B. 2011, Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi, *Valensi* vol. 2 (3) : 443-448.
- [4]. Badan Standar Nasional Indonesia. 2015. Biodiesel. www.bsn.go.id. Jakarta.
- [5]. Darmawansyah. 2015, Pengaruh Pembebanan Dan Putaran Mesin Terhadap Torsi Dan Daya Yang Dihasilkan Mesin Matari Mgx200/SI, Skripsi, Muhammadiyah, Pontianak.
- [6]. Boedoyo, M. S. 2006. Teknologi Proses Pencampuran Biodiesel dan Minyak Solar di Indonesia. Dalam *Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak* (Editor: Hari Suharyono dan Agung Nurrohim). Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 51 – 61.
- [7]. Dirjen Migas. 2013. Keputusan Direktur Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Nomor 978.K/10/DJM.S/2013 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar 48 yang Dipasarkan di Dalam Negeri.
- [8]. Rabiman dan Arifin. 2011. *Sistem Bahan Bakar Motor Diesel*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [9]. Rohidin, 2011, "Emisi Gas Buang" Tersedia pada laman <http://viarohidinthea.blogspot.com/2011/05/emisi-gasbuang.html>, diakses tanggal 3 november 2019.
- [10]. Fanani, G. 2016, Uji Prestasi Dan Emisi Gas Buang Kendaraan Dengan Bahan Bakar Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*), Skripsi, Universitas Negeri, Semarang.
- [11]. Jakfar, A., dan Sudarmanta, B. 2014, Pembuatan dan Pengujian Biodiesel Biji Nyamplung Pada Mesin Diesel Multi Injeksi Dengan Variasi Komposisi Campuran Biodiesel dan Biosolar, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi xx*, Fakultas Teknologi dan Industri, ITS, Surabaya.
- [12]. Kurniawati, I, D., Nurullita, U. dan Mifbakhuddin. 2017, Indikator Pencemaran Udara Berdasarkan Jumlah Kendaraan Dan Kondisi Iklim (Studi di Wilayah Terminal Mangkang dan Terminal Penggaron Semarang), *Jurnal. Kesehatan Masyarakat Indonesia*, Volume 12 (2): ISSN 1693-3443.
- [13]. Litbang Pertanian (2008). *Bahan Baku Nabati: Nyamplung*. Tersedia pada laman <http://www.litbang.pertanian.go.id/buku/bahan-bakar-nabati/nyamplung>. Diakses pada tanggal 1 Oktober 2019.
- [14]. Muderawan, I. W., Daiwataningsih, Ni. K. 2016, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum l.*) dan Analisis Metil Esternya dengan Gc-Ms, *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, hal, 324.
- [15]. Muhammad, F, R., Jatranti, S., Qadariah, L., dan Mahfud. 2014, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro, *Jurnal TEKNIK POMITS* Vol. 3 (2), 2337-3539.
- [16]. Muksin, S. 2014, Kajian Pemakaian Bahan Bakar Pada Motor Diesel Generator Mak Di PLTD Gunung Patti Semarang Jawa Tengah, *Jurnal Teknologi*, Volume 11 (2) : 2030 – 2038.

- [17]. Murtiningrum dan Alfa Firdaus. 2015, Perkembangan Biodiesel di Indonesia Tinjauan Atas Kondisi Saat Ini, Teknologi Produksi & Analisis Prospektif, Jurnal PASTI Volume IX No 1, 35 – 45.
- [18]. Muziansyah, D., Sulistyorini, R., Sebyang, S. 2015. Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar Lampung), JRSDD, Vol. 3, (1), Hal:57-70. (ISSN:2303-0011).
- [19]. Morlok, Edward K., 1995, Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Erlangga, Jakarta.
- [20]. Muchta, A. 2017, Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah, Tersedia pada laman.<https://www.autoexpose.org/2017/01/mesin-diesel.html?m=1>, diakses pada 30 oktober 2019.
- [21]. Nurfadillah. 2011, Pemanfaatan Dan Uji Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah, Skripsi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Islam Negeri (Uin) Alauddin, Makassar.
- [22]. Özgül-Yücel, S., Türkay, S., 1993. "In situ esterification of rice bran oil with methanol and ethanol". J. Am. Oil Chem. Soc.70, 145-147.
- [23]. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 : Pengendalian Pencemaran Udara.
- [24]. Pinto, C. A., Guarieiro, I. N. L., Rezende, J. C. M., Ribeiro, M. N., Torres, A. E., Lopes, A. W., Pereira, A. De. P. P., Andre, B. De. J. 2005, Biodiesel, J. Braz. Chem soc. Vol.16 (6b) : 1313-1330.
- [25]. P3HH. (2008), Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) Telah Melaksanakan Penelitian Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* l.). Tersedia pada <http://www.dephut.go.id>. Diakses pada tanggal 1 Oktober 2019.
- [26]. Sarwono, E., Erzha, N., dan Widarti, B, N. 2017, Pengolahan Biodiesel Dari Biji Nyamplung (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM* L) Menggunakan Katalis KOH, Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV (34) : 2598-7410 ,Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- [27]. Samlawi, A. K. 2018, Buku Ajar Motor Bakar (Teori Dasar Motor Diesel) HMKB781, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjar Baru.
- [28]. Siswantoro., Lagiyono., dan Siswiyanti., (2013). Analisa Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor 4 Tak Berbahan Bakar Campuran Premium Dengan Variasi Penambahan Zat Aditif. Jurnal Upstegal, SM (1) : 117-231, Fakultas Teknik, Universitas Pancaskti Tegal. Tersedia pada laman <http://ejournal.upstegal.ac.id/index.php/eng/article/view/117>. Diakses pada tanggal 1 November 2019.
- [29]. Sudradjat, R., Sahirman., dan Setiawan, D. 2007, Pembuatan Biodiesel Dari Biji Nyamplung (The Manufacture of Biodiesel from Nyamplung Seed), Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol 25 (1) : 41-56.
- [30]. Sukoco dan Arifin. 2013, Teknologi Motor Diesel, Bandung: Alfabeta.
- [31]. World Health Organization (WHO). Ambient (Outdoor) Air Quality and Health. 2014.
- [32]. Vincent Gaspersz. 1991, Metode Perancangan Percobaan, Co. Armico, Bandung.
- [33]. Yuliasuti, Ambar, 2008, Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Semarang. Skripsi. Jurusan Perencanaan Wilayah Dan Kota. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [34]. Zuhdi M.F.A, Gerianto, I., dan Budiono, T., (2003) "Produksi dan Karakteristik Bio-diesel Serta Teknik Pencampurannya dengan Minyak Solar (Gas Oil)" Seminar Nasional Teori Aplikasi Teknologi Kelautan 2003 FTK ITS.