

Analisa Performa Motor Diesel Berbahan Bakar Komposisi Campuran Antara Minyak Tuak

Yusuf Isnaini F, Agung Zuhdi M.Fathallah, Indrajaya Gerianto

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: fathalaz@its.ac.id

Abstrak—Solar merupakan salah satu jenis minyak bumi yang berasal dari fosil dan diperkirakan akan habis dalam jangka beberapa tahun kedepan. Selain itu, solar juga melepaskan gas-gas antara lain karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO_2) yang menyebabkan pencemaran udara. Untuk mengantisipasi semakin menipisnya cadangan minyak bumi dan semakin meningkatnya pencemaran udara, dilakukan upaya penelitian terhadap bahan bakar alternatif. Penelitian ini mendiskusikan secara detail tentang perbandingan antara bio solar dengan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak melalui proses pengujian performa motor diesel yang meliputi torsi, daya dan kebutuhan bahan bakar spesifik serta kadar nilai NO_x yang terkandung dalam kedua bahan bakar dan disesuaikan dengan standar nilai dari IMO (*International Marine Organization*) yang tertera dalam *MARPOL Annex IV Regulation 13* mengatakan untuk motor diesel dengan putaran diatas 2000 rpm, maka kadar NO_x yang diperbolehkan tidak kurang dari 7,7 g/kWh. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terhadap performa motor bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih baik dibandingkan bio solar sedangkan terhadap pengujian emisi bio solar lebih baik dari pada emulsi 10% minyak tuak dan dari standart IMO kedua bahan bakar ini masih memenuhi toleransi berat No_x .

Kata Kunci—Minyak tuak, motor diesel, performa motor diesel, nitrogen oksida.

I. PENDAHULUAN

MINYAK Diesel merupakan jenis bahan bakar yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat untuk keperluan transportasi dan industri. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi Lemigas telah diinformasikan bahwa cadangan minyak bumi Indonesia hanya tersisa 6 miliar barrel dan diproduksi sebanyak 1 juta barrel per hari yang diperkirakan bakal habis dalam kurun waktu 12 tahun kedepan. Sehingga bila pada 10 tahun kedepan masih belum ditemukan cadangan minyak bumi yang baru maka akan terjadi kenaikan impor minyak mentah yang dapat mengurangi devisa negara.

Selain menghasilkan energi, pembakaran sumber energi fosil khususnya bahan bakar minyak diesel juga melepaskan gas-gas, antara lain karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO_2) yang menyebabkan pencemaran udara. Sehingga diperlukan upaya untuk menggunakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

minyak tuak bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk campuran minyak diesel. Minyak tuak merupakan bahan alternatif sebagai campuran minyak diesel, penelitian akhir tentang bahan bakar alternatif berbahan baku minyak tuak. Hasil fermentasi sari bunga

pohon siwalan ini, ternyata mampu menghasilkan bahan etanol bermutu tinggi hingga 90%. Untuk mendapatkan kandungan etanol 99.65% diperlukan proses lanjutan untuk menghilangkan kadar air dengan menggunakan kapur tohor (zeolit sintesis) lalu didistilasi ulang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Minyak Tuak

Minyak tuak adalah alkohol/etanol yang diambil dari tuak melalui proses distilasi/penyulingan. Minyak tuak termasuk dalam kategori biofuel karena berasal dari tumbuhan. Minyak tuak dapat sebagai campuran bahan bakar karena memiliki kadar alkohol yang cukup tinggi.

Jika etanol ingin digunakan sebagai bahan bakar (*biofuel*) perlu dimurnikan hingga mencapai 99% yang lazim disebut *fuel grade etanol* (FGE). etanol sebagai campuran bahan bakar harus betul-betul kering dan anhidrat supaya tidak korosif. Jika bioetanol masih mengandung air sebesar 4 – 5% akan mempengaruhi kinerja mesin dan dapat menyebabkan terjadinya korosi [1]. Untuk memperoleh etanol dengan kemurnian lebih tinggi dari 99,5% atau yang umum disebut fuel based etanol, masalah yang timbul adalah sulitnya memisahkan hidrogen yang terikat dalam struktur kimia alkohol dengan cara destilasi biasa, oleh karena itu untuk mendapatkan fuel grade etanol dilaksanakan pemurnian lebih lanjut dengan cara Azeotropic distilasi [2].

B. Blending

Untuk memcampur minyak tuak dengan minyak diesel. Ada dua cara dalam memblending yaitu emulsi dan *solution technique* [3]. Emulsi adalah campuran antara partikel-partikel suatu zat cair (fase terdispersi) dengan zat cair lainnya (fase pendispersi). Emulsi tersusun atas tiga komponen utama, yaitu: Fase terdispersi, fase pendispersi, dan emulsifier/emulgator [3]. Dalam pembuatan suatu emulsi, pemilihan emulgator merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan karena mutu dan kestabilan suatu emulsi banyak dipengaruhi oleh emulgator yang digunakan. Salah satu emulgator yang aktif permukaan atau lebih dikenal dengan surfaktan [4]. *Solution technique* dilakukan dengan cara memisahkan campuran bahan bakar. Kedua bahan bakar dapat larut tanpa separasi apabila temperatur dipanaskan hingga 50°C [3].

C. Performa Motor Diesel

Untuk mengetahui performa engine maka diperlukan parameter seperti torsi, daya dan sfoc.

a. Torsi

Torsi merupakan perkalian dari gaya dengan panjang lengan [5].

$$T = fb$$

Dimana: T = Torsi (kN.m)

f = Gaya (N)

b = Panjang Lengan (m)

b. Daya/BHP

$$BHP = Ne = \frac{V.I.\cos\phi}{\eta}$$

Dimana: V = tegangan (Volt)

I = arus (ampere)

$\cos \phi$ = sudut antara V dan $I = 1$

η = efisiensi motor diesel-generator = 1

c. SFOC

Pada uji peforma mesin, konsumsi bahan bakar adalah pengukuran massa flow rate bahan bakar. SFOC adalah pengukuran seberapa efektifnya mesin menyuplai bahan bakar untuk memproduksi daya [6].

$$SFOC = m_f/P$$

Dimana: P = Daya (KW)

m_f = Massa Flow Rate (gr/h)

D. Emisi

Nitrogen oksida (NO_x) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2). Walaupun ada bentuk oksida nitrogen lainnya, tetapi kedua gas tersebut yang paling banyak diketahui sebagai bahan pencemar udara. Nitrogen monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau sebaliknya nitrogen dioksida berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Nitrogen monoksida terdapat diudara dalam jumlah lebih besar daripada NO_2 . Pembentukan NO dan NO_2 merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO , yang bereaksi lebih lanjut dengan lebih banyak oksigen membentuk NO_2 .

MARPOL annex VI regulasi 13 membahas mengenai peraturan kadar NO_x baik yang dikeluarkan oleh mesin maupun akibat dari karakteristik bahan bakar. Apabila nilai NO_x yang dikeluarkan oleh bahan bakar tidak masuk dalam nilai yang di atur pada MARPOL, maka bahan bakar tersebut tidak layak pakai dan akan mengakibatkan pencemaran lingkungan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

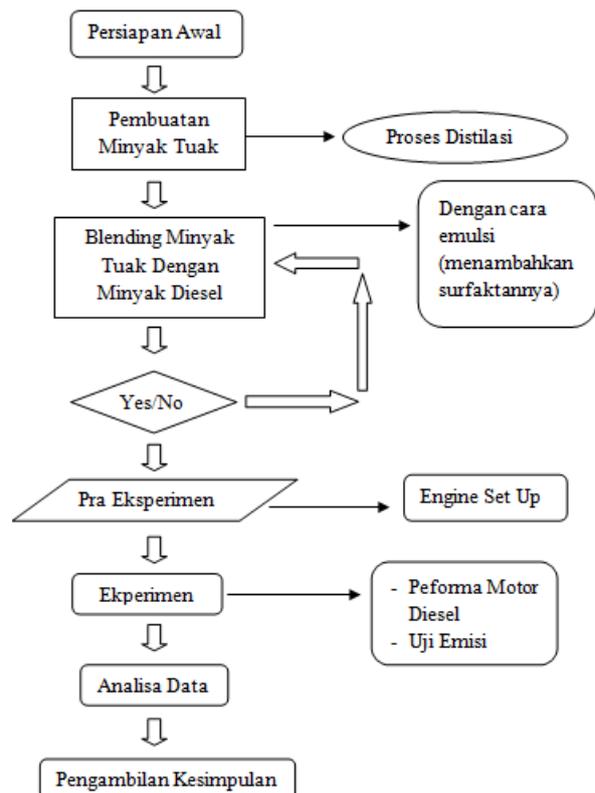
Detail pengerjaan adalah sebagai berikut :

A. Persiapan Awal

Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan-bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian serta pembelajaran mengenai cara/proses penelitian.

B. Pembuatan Minyak Tuak

Pada tahap ini dilakukan proses distilasi untuk pengambilan minyak tuak yang terkandung dalam tuak. Dalam pengambilan minyak tuak, temperatur dari alat distilasi tersebut harus di set 77-78 derajat celsius karena pada temperature tersebut minyak tuak akan menguap. Proses ini dilakukan di laboratorium teknologi proses - Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.



Gambar. 1. Flow Chart Penelitian.

C. Pembuatan Bahan Bakar Emulsi 10% Minyak Tuak

Pada tahap ini dilakukan proses pencampuran minyak tuak dengan minyak diesel dengan cara mengemulsikan (dengan menambahkan surfaktannya) dalam skala kecil. Apabila blending berhasil, maka perlu dibuatkan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak dalam skala besar. Ini bertujuan untuk mengurangi pemborosan bahan. Serta mencari komposisi yang tepat sehingga bahan bakar ini tidak terjadi separasi dan dapat teremulsi dengan sempurna.

D. Pra Eksperimen

Pada tahap ini akan dilakukan pengecekan awal mesin terlebih dahulu mengenai kondisi mesin, basic performa mesin, full load dari mesin untuk mengetahui kondisi awal mesin sebelum dilakukan penelitian terhadap mesin yang akan digunakan. Data mesin yang digunakan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut.

Merk	:	Kipor Diesel Engine
Model	:	KM 178 F
Type	:	In line, single cylinder, 4 stroke, air cooled, direct injection
Bore x Stroke (mm)	:	78 x 64
Piston Displacement (L)	:	0,305
Rated Power/Rated Speed (kW/t/min)	:	3,68/3000 4/3600

E. Eksperimen

Pada tahap ini akan dilakukan pengambilan data berupa perbandingan performa dan kandungan emisi dari penggunaan bahan bakar yang berbeda pada mesin diesel. Data yang akan diambil nantinya mengenai perbandingan dengan menggunakan variabel beban dan rpm yang berbeda pada mesin.

F. Analisa Data

Pada bagian ini dilakukan analisa dengan berbekal data-data yang telah diperoleh dari hasil performa motor diesel dan besarnya nilai NOx untuk menjawab pertanyaan yang mendasari penelitian ini, yaitu bagaimanaperforma motor diesel berbahan dasar komposisi campuran antara minyak tuak dengan minyak diesel dan besar nilai NOx nya.

G. Pengambilan Kesimpulan

Pada tahap ini telah dapat dilakukan penarikan kesimpulan dan jawaban yang mendasari penelitian ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Minyak Tuak

Untuk mengambil etanol dari tuak diperlukan proses distilasi yang berfungsi untuk memisahkan etanol yang terkandung pada tuak. Untuk proses pengambilan etanol dari tuak dibutuhkan 3 tahapan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2-4.

Hasil dari pengukuran ini. Untuk 100 ml tuak yang sudah didistilasikan, minyak tuak yang terkandung sebanyak 71%. Sedangkan maksimal minyak tuak (etanol) yang bisa diambil dalam proses detilasi sebanyak 96%.

Minyak tuak (etanol) yang dianjurkan sebagai campuran bahan bakar minimal 99.65%. Sedangkan minyak tuak yang dapat diambil pada proses ini 71%. Maksimal minyak tuak (etanol) yang dapat didistilasi 96%, untuk mendapatkan kandungan minyak tuak 99.65% diperlukan proses lanjutan untuk menghilangkan kadar air dengan menggunakan kapur tohor (zeolit sintesis) lalu didistilasi ulang.

Maka dapat disimpulkan bahwa minyak tuak yang diambil dari tuak yang dilakukan dalam proses ini tidak dapat digunakan untuk campuran bahan bakar dikarenakan kandungan minyak tuak tidak mencapai 99.65% dan dibutuhkan proses lanjutan, sehingga untuk solusinya membeli etanol berkadar 99.65% atau lebih.

B. Blending Minyak Tuak Dengan Minyak Diesel

Pada tahap ini tercatat proses pemblandingan minyak tuak dengan minyak diesel dengan cara mengemulsikan (menambahkan surfaktannya). Eksperimen yang dilakukan dalam tahap ini yaitu mencari surfaktan beserta komposisi yang tepat sehingga minyak tuak dengan minyak diesel dapat teremulsi dengan sempurna dan tidak terjadi separasi serta mencari nilai ekonomis dari komposisi surfaktannya. Untuk minyak tuak diganti dengan etanol (analytical reagent) dikarenakan kandungan etanol dalam minyak tuak tidak memenuhi sebagai campuran bahan bakar.

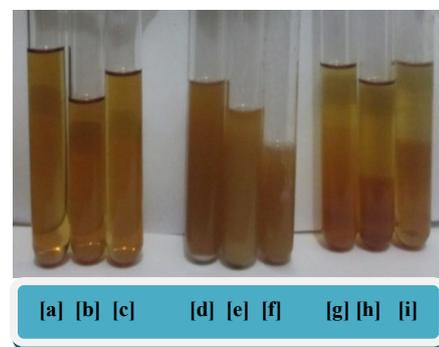
Pada gambar 4.3 adalah hasil eksperimen pengemulsian menggunakan komposisi bahan bakar 10% emulsi minyak tuak dan 90% minyak diesel dengan menambahkan surfaktan yang divariasikan jenis beserta komposisinya. Untuk surfaktan tween 80 (gambar 4.5 [g], [h], [i]) dan surfaktan span 80 (gambar 4.5 [d], [e], [f]) dapat dinyatakan gagal karena terjadi separasi, sedangkan untuk surfaktan tween 80 + span 80 (gambar 4.5 [a], [b], [c]) dapat dinyatakan berhasil karena tidak terjadi separais.



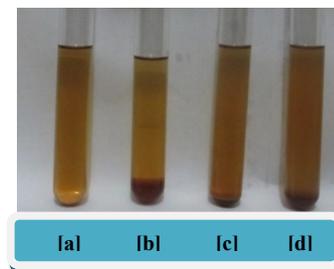
Gambar. 2. Tahapan proses pembuatan minyak tuak.



Gambar. 3. Proses pembuatan minyak tuak.

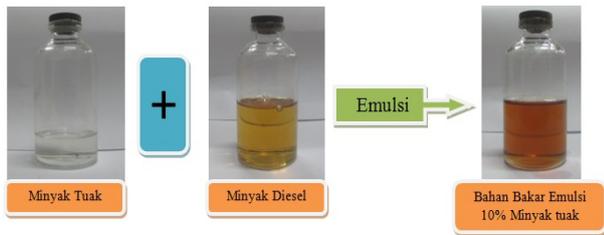


Gambar. 4. Hasil eksperimen pengemulsian dalam mencari surfaktan yang tepat.



Gambar. 5. Hasil eksperimen pengemulsian dalam mencari mencari nilai ekonomis dari surfaktan.

Hasil eksperimen pengemulsian menggunakan komposisi bahan bakar 10% emulsi minyak tuak dan 90% minyak diesel dengan menambahkan surfaktan jenis span 80 dan tween 80. Untuk mencari nilai ekonomis dari surfaktan, maka surfaktan divariasikan 0.5%, 1%, 1.5%, dan 2%. Hasilnya dengan komposisi 2% surfaktan dapat mengemulsikan 10% minyak tuak dengan 90% minyak diesel, sedangkan untuk variasi surfaktan 0.5%, 1%, dan 1.5% tidak dapat mengemulsikan 10% minyak tuak dengan 90% minyak diesel.



Gambar. 6. Proses blending minyak tuak dengan minyak diesel.

Hasil dari proses blending antara minyak tuak dengan minyak diesel dinamakan bahan bakar emulsi 10 % minyak tuak karena bahan bakar ini terdiri dari 10% minyak tuak dengan melalui proses emulsi.

C. Uji Peforma Motor Diesel

Pada uji peforma motor diesel proses pertama yang harus dilakukan yaitu mengetahui beban full load dan rpm maksimum. Data yang akan didapat adalah tegangan, arus, rpm alternator, dan waktu konsumsi 50 ml bahan bakar dalam satuan menit. Data-data tersebut akan digunakan untuk menghitung daya, sfoc dan torsi.

Setelah data hasil dari uji peforma berbahan bakar emulsi 10% minyak dan bahan bakar bio solar sudah didapatkan, langkah selanjutnya yaitu menganalisa data dan membuat grafik perbandingan daya vs sfoc, rpm vs torsi, dan rpm vs daya dari bahan bakar bio solar dan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak. Hasil yang diperoleh dari perbandingan grafik tersebut yaitu mengetahui titik dimana penggunaan bahan bakar yang efisien, mengetahui nilai maksimum torsi dan daya.

Hasil Uji Peforma Motor Diesel

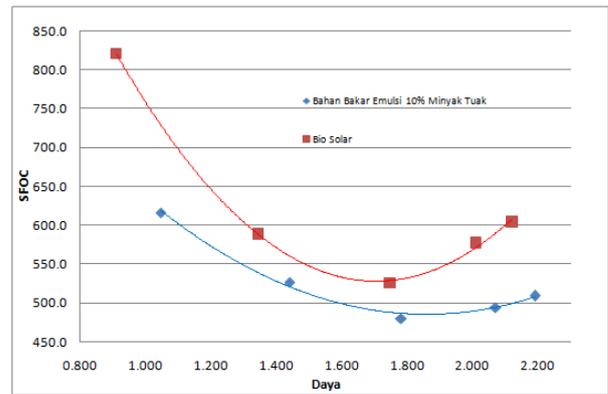
Dari Gambar 7 dapat diketahui penggunaan bahan bakar bahan bakar emulsi 10% minyak tuak pada putaran 3300 rpm titik optimum bahan bakar terletak pada daya 1.782 KW dan SFOC 479.4 gr/kWh. Sedangkan dengan penggunaan bio solar pada putaran 3300 rpm titik optimum bahan bakar terletak pada daya 1.748 KW dan SFOC 525.2 gr/kWh.

Dilihat dari Gambar 8, yang menunjukkan bahwa dengan menggunakan bahan bakar bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih baik/efisien dibandingkan menggunakan bio solar.

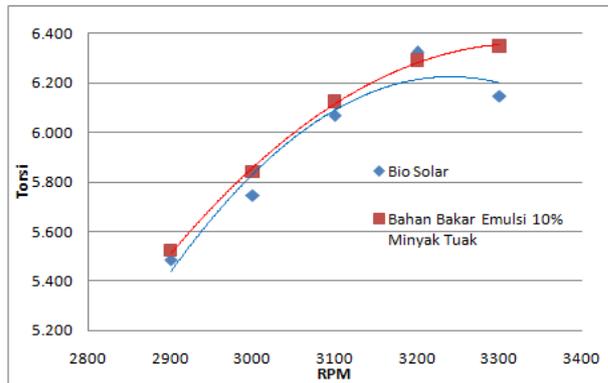
Dari Gambar 9 dapat diketahui penggunaan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak pada putaran 3300 rpm dengan beban full load menghasilkan daya 6.348 kN.m. Sedangkan penggunaan bio solar pada putaran 3300 rpm dengan beban full load menghasilkan daya 6.146 kN.m.

Dilihat dari grafik, nilai torsi yang diperoleh menggunakan bahan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih tinggi dibandingkan menggunakan bio solar. Dari gambar 9 dapat diketahui penggunaan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak pada putaran 3300 rpm dengan beban full load menghasilkan daya 2.192 KW. Sedangkan penggunaan bio solar pada putaran 3300 rpm dengan beban full load menghasilkan daya 2.123 KW.

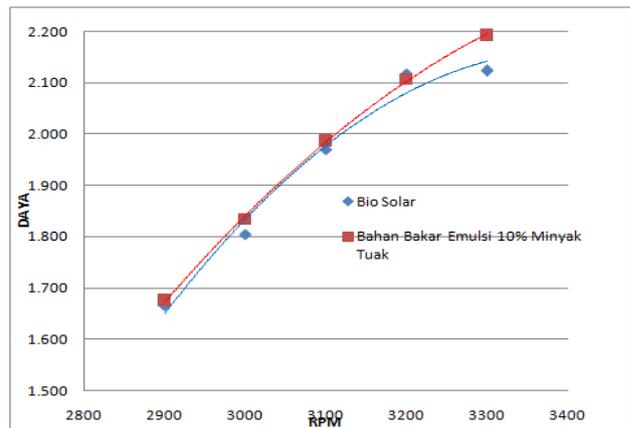
Dilihat dari grafik, nilai daya yang dihasilkan menggunakan bahan bakar bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih tinggi dibandingkan menggunakan bio solar.



Gambar. 7. Grafik daya vs SFOC pada RPM 3300.



Gambar. 8. Grafik RPM vs torsi maksimum dengan beban full load.

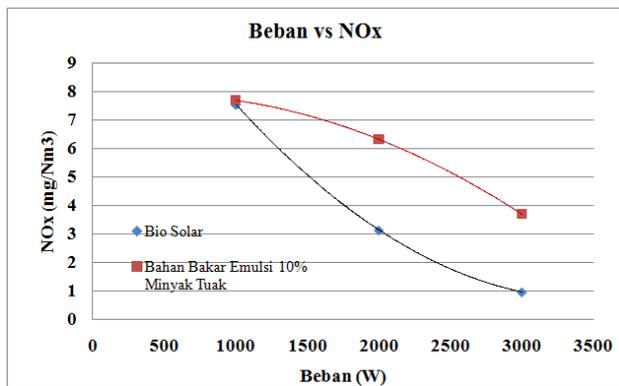


Gambar. 9. Grafik RPM vs daya maksimum dengan beban full load.

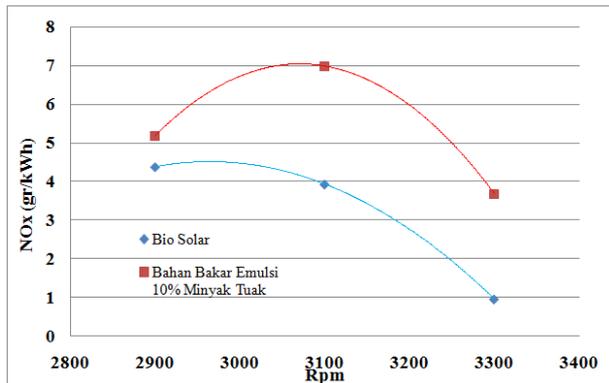
D. Uji Emisi NOx

Dalam melakukan pengujian emisi NOx data awal yang di butuhkan adalah variasi rpm (2900, 3100 dan 3300) dan beban yang divariasikan. Setelah hasil uji emisi NOx didapatkan, langkah selanjutnya yaitu membuat grafik perbandingan beban vs NOx dan rpm vs NOx menggunakan bio solar dan bahan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak dan sesuaikan dengan standart yang diatur IMO yang tertera dalam MARPOL Annex VI Regulasi 13, apakah kedua bahan bakar ini masuk dalam batasan standart tersebut atau tidak.

Adapun hasil grafik dalam pengujian NOx diberikan dalam Gambar 10.



Gambar. 10. Grafik Beban Vs NOx.



Gambar. 11. Grafik Rpm Vs NOx.

Pada Gambar 10 diketahui Perbandingan emisi gas buang pada motor diesel berbahan bakar emulsi 10% minyak tuak dan berbahan bakar bio solar pada putaran 3300 rpm dan beban 1000 watt.

- Untuk bahan bakar emulsi 10% minyak tuak berat NOx yang dihasilkan sebesar 7.68 gr/kWh
- Untuk bahan bakar bio solar berat NOx yang dihasilkan sebesar 7.52 gr/kWh

Dari Gambar 11 diketahui perbandingan emisi gas buang pada motor diesel berbahan bakar emulsi 10% minyak tuak dan berbahan bakar bio solar pada putaran 3300 rpm dengan beban full load.

- Untuk bahan bakar emulsi 10% minyak tuak berat NOx yang dihasilkan sebesar 3.68 gr/kWh
- Untuk bahan bakar bio solar berat NOx yang dihasilkan sebesar 0.95 gr/kWh
- Untuk bahan bakar bio solar berat NOx yang dihasilkan sebesar 4.38 gr/kWh

Pada kedua gambar 4.9 dan 4.10 dapat disimpulkan bahwa kadar NOx pada bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih tinggi dibandingkan dengan kadar NOx dari bio solar.

Standart IMO

MARPOL Annex VI Regulasi 13 mengatakan, untuk mesin dengan putaran diatas 2000 rpm batasan berat NOx nya adalah kurang dari 7.7 gr/kWh. Hasil dari uji emisi yang dilakukan dalam penelitian ini, untuk bahan bakar bio solar berat NOx tertinggi yaitu 7.52 gr/kWh, sedangkan untuk bahan bakar emulsi 10% minyak tuak yaitu 7.68 gr/kWh. Jadi, dapat disimpulkan bahwa kedua bahan bakar ini masih memenuhi standart dari IMO.

E. Pembahasan

Pada pengujian performa dan emisi NOx terhadap motor diesel, bahan bakar yang digunakan yaitu bio diesel dan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak. Perbedaan utama pada performa motor diesel dengan menggunakan kedua bahan bakar tersebut adalah SFOC, torsi, dan daya. Serta perbedaan nilai NOx yang dihasilkan oleh kedua bahan bakar tersebut, sehingga point-point diatas harus dipertimbangkan dan dibahas lebih lanjut.

Pada Gambar 8 nilai SFOC yang dihasilkan oleh bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih rendah dibandingkan menggunakan bahan bakar bio solar, sedangkan daya yang dihasilkan oleh bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih tinggi dibandingkan menggunakan bio solar. Dalam kasus ini dapat dikatakan bahwa bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih baik dibandingkan bio solar.

Pada gambar 11 torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar emulsi 10% minyak tuak terletak putaran 3300 rpm sedangkan torsi maksimum yang dihasilkan oleh bio solar terletak putaran 3200 rpm. Sehingga dapat diketahui bahwa torsi beserta putaran yang dihasilkan bahan bakar 10% minyak tuak lebih tinggi dibandingkan dengan bio solar.

Dari data diatas dapat dikatakan bahwa dalam pengujian performa motor diesel, bahan bakar emulsi 10% minyak tuak lebih baik apabila dibandingkan dengan bio solar dikarenakan dalam pembuatan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak menggunakan proses emulsi. Proses tersebut dapat mempengaruhi karakteristik dari bahan bakar 10% minyak tuak sehingga nilai torsi dan daya lebih tinggi sedangkan SFOC lebih rendah apabila dibandingkan bio solar.

Sedangkan dalam pengujian NOx dapat dikatakan biosolar lebih baik dan ramah terhadap lingkungan apabila dibandingkan dengan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak dikarenakan nilai NOx yang dikeluarkan oleh bio solar lebih rendah dibandingkan dengan nilai NOx yang dikeluarkan oleh emulsi 10% minyak tuak. Nilai tinggi yang dialami oleh bahan bakar emulsi 10% minyak tuak diakibatkan oleh proses emulsi yang digunakan dalam pembuatan minyak tuak.

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan eksperimen dalam pembuatan bahan bakar komposisi campuran antara minyak tuak dengan minyak diesel atau disebut dengan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak serta pengujian terhadap performa motor diesel dan emisi NOx, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari eksperimen yang telah dilakukan dalam pembuatan bahan bakar komposisi campuran antara minyak tuak dengan minyak diesel (bahan bakar emulsi 10% minyak tuak), diperoleh kesimpulan sebagai berikut:
 - a. Surfaktan yang digunakan dalam pengemulsian minyak dengan minyak diesel adalah surfaktan jenis tween 80 dan span 80.
 - b. Komposisi yang tepat dalam mengemulsikan minyak dengan minyak diesel adalah 90% minyak diesel dan 10% etanol dengan menambahkan surfaktannya 2% (1% tween dan 1% span).
2. Bahan bakar emulsi 10% minyak tuak menghasilkan SFOC (*specific fuel oil consumption*) yang lebih rendah

dibandingkan biosolar dengan penurunan SFOC sebesar 8.7% dan peningkatan daya sebesar 1.9% pada putaran 3300 rpm. Torsi yang dihasilkan bahan bakar emulsi 10% minyak tuak pada pengujian beban penuh motor diesel mengalami kenaikan torsi sebesar 3.3% pada putaran 3300 rpm dibandingkan dengan biosolar. Torsi maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar emulsi 10% minyak tuak terletak putaran 3300 rpm sedangkan torsi maksimum yang dihasilkan oleh bio solar terletak putaran 3200 rpm. Bahan bakar emulsi 10% minyak tuak menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan biosolar pada percobaan beban penuh motor diesel dan putaran 3300 rpm dengan kenaikan daya sebesar 3.25%. Daya maksimum yang dihasilkan oleh bahan bakar emulsi 10% minyak tuak terletak putaran 3300 rpm sedangkan daya maksimum yang dihasilkan oleh bio solar terletak putaran 3200 rpm.

3. Dalam pengujian emisi NO_x pada variasi rpm dengan beban tetap dan variasi beban pada rpm tetap, bahan bakar emulsi 10% minyak tuak memiliki kadar NO_x

yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar bio solar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfian, M.P. 2008. "*Emulsifikasi*". Laporan Praktikum, Laboratorium Framaseutika, Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin, Makassar. <http://ebookbrowse.com/emulsi-doc-d159743001> diakses pada tanggal 26 juni 2013
- [2] Atmojo, S.T. 2011. "*Pengertian Distilasi*". <http://chemistry35.blogspot.com/2011/08/pengertian-distilasi.html> diakses pada tanggal 19 mei 2013
- [3] Heywood, J.R. 1998, "Internal Combustion Engine Fundamentals". Newyork.
- [4] IMO 1998, Annex VI MARPOL 77/78 Regulation for the Prevention of Air Pollution from Ship and NO_x Technical Code. International Maritime Organization, London.
- [5] Sumarsono, M. 2008. "*Analisa Pengaruh Campuran Bahan Bakar Solar-Minyak Jarak Pagar Pada Kinerja Motor Diesel Dan Emisi Gas Buang*". Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jurusan Teknik Lingkungan, Jakarta
- [6] Zuhdi, M.F.A. 2003. "*Biodiesel Sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil Pada Motor Diesel*". Riset Unggulan Terpadu VIII Bidang Teknologi Energi, Surabaya.