

Analisa Unjuk Kerja *Two Stroke Marine Diesel* Berbahan Bakar Campuran HSD dan Biodiesel Minyak Kesambi Pada Kondisi *Balast Load*

Edi Haryono

Jurusan Teknik Pernesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Email: kadir.me97@gmail.com

ABSTRAK

Pertambahan jumlah penduduk yang disertai dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat berdampak pada makin meningkatnya kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini tentu saja menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar cair juga semakin meningkat. Menurut data *Automotive Diesel Oil*, konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia sejak tahun 1995 telah melebihi produksi dalam negeri. Diperkirakan dalam kurun waktu 10-15 tahun ke depan, cadangan minyak Indonesia akan habis. Perkiraan ini terbukti dengan seringnya terjadi kelangkaan BBM di beberapa daerah di Indonesia. Berbagai penelitian telah dilakukan dalam usaha-usaha menemukan sumber energi alternatif terbarukan tersebut salah satu diantaranya adalah penggunaan bahan bakar nabati untuk mensubstitusi bahan bakar fosil tersebut. Salah satu energi alternatif diantaranya adalah biodiesel dari minyak kesambi. Biodiesel umumnya digunakan sebagai substitusi bahan bakar fosil dengan cara dicampurkan dengan rasio tertentu. Pencampuran dilakukan agar biodiesel dapat digunakan pada motor diesel tanpa perlu modifikasi. Pada penelitian ini biodiesel dari minyak kesambi dicampur dengan HSD dengan rasio prosentase 10%, 20%, 30%. Karakteristik biodiesel minyak kesambi yang dicampur dengan HSD mempunyai nilai *flash point* 145^oC, viskositas@40^oC sebesar 12,20 cst dan nilai kalori 41.650 kJ/kg. Semakin tinggi prosentase biodiesel minyak kesambi yang ditambahkan pada minyak solar (HSD) menyebabkan kenaikan viskositas yaitu pada B10 4,24 cst, B20 5,22 cst, dan B30 6,66 cst dan untuk nilai kalori dan *flash point* mengalami penurunan yaitu B10 42.561 kJ/kg, B20 41.782 kJ/kg, B30 40.510 kJ/kg dan B10 89^oC, B20 93^oC dan B30 90^oC. Bahan bakar campuran tersebut diuji cobakan pada motor diesel untuk mengetahui karakteristik unjuk kerjanya. *Eksperiment* dilakukan dengan variasi putaran pada kondisi *balast load*. *Balast load* adalah beban simulasi keadaan kapal tanpa muatan. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan berdasarkan uji Karakteristik *properties* dan *eksperiment* yang dilakukan pada masing-masing bahan bakar maka komposisi bahan bakar campuran yang memberikan unjuk kerja terbaik pada kondisi *balast load* adalah B10 disusul B30 yang terdiri dari 10 % biodiesel minyak kesambi dan 90 % minyak solar (HSD) dan B30 yang terdiri dari 30 % biodiesel minyak kesambi dan 70 % minyak solar (HSD).

Kata kunci: Biodiesel minyak kesambi, HSD, Karakteristik biodiesel, unjuk kerja, motor diesel.

ABSTRACT

The increase in the number of people accompanied by improvements in the welfare of the community has an impact on the increasing need for transportation and industrial activities. This of course causes the need for liquid fuel is also increasing. According to data from Automotive Diesel Oil, fuel consumption in Indonesia since 1995 has exceeded domestic production. It is estimated that within the next 10-15 years, Indonesia's oil reserves will be exhausted. This estimate proved by frequent fuel shortages in several regions in Indonesia. Various studies have been conducted in efforts to find alternative renewable energy sources that one of them is the use of biofuels for baha n s i mensubtitu the fossil fuels. One alternative energy such as biodiesel from kesambi oil. Biodiesel is commonly used as a substitution of fossil fuels by being mixed with a certain ratio. Mixing is done so biodiesel can be used on diesel motor without modification. In this study kesambi biodiesel from oil mixed with HSD with the percentage ratio of 10%, 20%, 30%. Characteristic kesambi oil biodiesel mixed with HSD has a flash point value of 145^o C, the viscosity @ 40^o C of 12.20 cst and a calorific value of 41 650 kJ / kg. The higher percentage of added kesambi oil biodiesel in diesel oil (HSD) caused a rise in viscosity of 4.24 cc B10, 5.22 cst and B30 6.66 cst B20 and for the calorie and flash point values decreased ie B10 42,561 kJ / kg, B20 41 782 kJ / kg, B30 40 510 kJ / kg and 89^o C B10, B20 B30 93^o C and 90^o C. The mixed fuel in diesel motors tested for its performance characteristics menegetahui. E ksperiment done by varying the ballast load rotation conditions. The ballast load was simulated load condition of the ship without charge. Thus it can be concluded based on the test characteristics of properties and experiments were performed on each - each fuel, the composition of the fuel mixture that gives the best performance on the condition of the ballast load is B10 followed by B30 consisting of 10% biodiesel oil kesambi and 90% petroleum diesel (HSD) and B30 consisting of 30% biodiesel kesambi oil and 70% petroleum diesel (HSD).

key: Biodiesel kesambi oil, HSD, characteristics of biodiesel, Performance, diesel motor.

1. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk yang disertai dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat berdampak pada makin meningkatnya kebutuhan akan sarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini tentu saja menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar cair juga semakin meningkat. Menurut data *Automotive Diesel Oil*, konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia sejak tahun 1995 telah melebihi produksi dalam

negeri. Diperkirakan dalam kurun waktu 10-15 tahun ke depan, cadangan minyak Indonesia akan habis. Perkiraan ini terbukti dengan seringnya terjadi kelangkaan BBM di beberapa daerah di Indonesia. Memasuki abad ke 21, dunia mulai mengalami krisis energi terutama energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Dimana cadangan bahan bakar yang masih tersisa di dalam bumi hampir tidak mampu mencukupi permintaan masyarakat akan energi yang terus meningkat dari hari ke hari.

Cadangan bahan bakar fosil yang semakin berkurang tentu saja berakibat pada peningkatan harga bahan bakar tersebut. Apalagi bahan bakar fosil termasuk kedalam kelompok energi yang tak terbarukan atau *unrenewable energy* yang berarti energi jenis ini dapat habis pada suatu waktu.

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam usaha-usaha menemukan sumber energi alternatif terbarukan tersebut salah satu diantaranya adalah penggunaan bahan bakar nabati untuk mensubstitusi bahan bakar fosil tersebut. Biodiesel dari kelapa sawit, minyak jarak, limbah minyak goreng dan alga dipromosikan sebagai bahan bakar di Indonesia. Hal itu terjadi karena ketersediaan keempat minyak tersebut diprediksi dapat dibudidayakan dengan kapasitas besar. Akan tetapi peluang untuk meneliti biodiesel yang berbahan minyak tumbuhan lain sangat terbuka lebar dan tetap perlu dilakukan dalam usaha menemukan bahan bakar apa yang paling optimal digunakan sebagai substitusi bahan bakar fosil. Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian terhadap biodiesel yang menggunakan campuran minyak nabati berupa minyak kesambi.

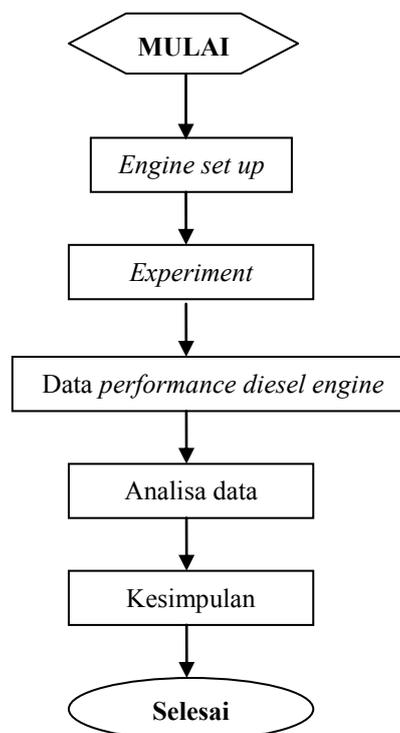
Biodiesel yang dibuat dari *metil ester* minyak kesambi dipilih karena memiliki *cloud point* yang lebih baik jika dibandingkan dengan biodiesel yang menggunakan beberapa minyak nabati lain seperti limbah minyak rumah tangga. *Cloud point* ini adalah titik dimana pada suhu tertentu biodiesel akan membentuk lapisan serupa awan (*biowax*) yang disebabkan oleh kondisi padatan yang tidak lagi terlarut sempurna karena berada pada suhu dingin. Umumnya biodiesel dari minyak nabati dicampur dengan minyak solar (*HSD*) dengan perbandingan tertentu, untuk dapat digunakan dalam mesin diesel konvensional tanpa perlu modifikasi atau perlakuan khusus. Minyak solar (*HSD*) dalam penelitian ini menggunakan minyak solar dengan merk dagang *pertamina dex*. Biodiesel dari metil ester minyak kesambi akan disubstitusikan ke minyak solar (*HSD*) dengan variasi persentase tertentu, kemudian diuji karakteristik *properties*-nya. Karakteristik

biodiesel tersebut kemudian dibandingkan dengan *standard* biodiesel ASTM untuk mengetahui kelayakannya untuk digunakan di mesin diesel konvensional. Selanjutnya bahan bakar biodiesel tersebut diuji cobakan ke mesin diesel untuk mendapatkan data unjuk kerjanya. *Experiment* dilaksanakan pada kondisi pembebanan *balast load* untuk mendapatkan gambaran karakteristik unjuk kerja mesin diesel berbahan bakar biodiesel campuran metil ester dari minyak kesambi dengan minyak solar (*HSD*). *Balast load* adalah beban simulasi keadaan kapal tanpa muatan. Parameter unjuk kerja yang akan diamati adalah daya mesin, torsi, *sfc* dan efisiensi *thermal*.

2. SIGNIFIKASI STUDI

2.1 Flowchart penelitian

Metode Penelitian merupakan langkah-langkah yang dijadikan pedoman untuk melakukan penelitian, agar dapat diperoleh hasil yang baik dan memperkecil kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi untuk mencapai tujuan penelitian yang direncanakan. Langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian akan diperlihatkan secara diagram berikut ini :



Gambar 1 Flowchart experiment

Pada tahap ini setelah bahan bakar siap dilanjutkan dengan *engine set up*, dalam *setup engine* perlu mengecek alat-alat yang digunakan, instrumen-instrumen dan pengkalibrasian alat alat ukur yang digunakan. Setelah semua siap maka baru dilanjutkan dengan pra-experimen. Pra-experimen ini perlu sekali dilakukan untuk mengetahui *performance* dari motor *diesel* yang diinginkan. *Engine* yang digunakan ini sudah lama digunakan sehingga prestasinya sudah bergeser, sehingga perlu pengujian khusus. Apabila *performance*-nya dapat diketahui maka kita dapat membandingkan dari bahan bakar yang dipergunakan dengan patokan jelas. Setelah semua diketahui maka baru eksperimen untuk mempelajari *performance* motor *diesel* dapat dimulai. Untuk lebih jelasnya *flowchart* pengerjaan penelitian tahap kedua ini akan di *brake down* sebagai berikut:

a) *Engine set up.*

Engine set up dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor diesel itu sendiri. Dengan demikian, dapat dianggap bahwa unjuk kerja engine pada saat ini, merupakan unjuk kerja mula-mula *engine*. Untuk keperluan ini digunakan sebuah motor *diesel* 2 langkah 4 silinder. Motor diesel dikopel dengan alternator/generator untuk mengukur besarnya *brake power* dari *engine*. *Daya*, *putaran (rpm)*, *sfoc engine* semua diukur dan bisa dilihat pada kontrol panel.

b) *Pra – experiment.*

Pra experiment dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar konvensional yaitu minyak solar (HSD). Diharapkan data yang dihasilkan dari percobaan ini dapat digunakan sebagai data pembanding dengan data yang dihasilkan pada *experiment* dengan B10, B20, B30.

c) *Komposisi bahan bakar.*

Efek pemakaian biodiesel pada motor *diesel*, tidak hanya terbatas pada pemakaian biodiesel untuk menggantikan bahan bakar konvensional secara total, namun juga terhadap pencampuran biodiesel dengan bahan bakar konvensional

pada berbagai variasi. Pada *experiment* disini menggunakan komposisi biodiesel 10%, 20%, 30% atau B10, B20, B30.

d) *Experiment.*

Experiment ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja *engine* dengan pemakaian biodiesel sebagai bahan bakar dengan berbagai variasi bahan bakar yang digunakan. Percobaan dilakukan pada *variable speed* pada *constand balast load*.

2.2 Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan dalam eksperimen ini adalah minyak solar (*HSD*) pertamina dex. Sedangkan biodiesel yang digunakan sebagai campuran yaitu biodiesel minyak kesambi. Bahan bakar yang berasal dari minyak solar (*HSD*) pertamina dex digunakan sebagai bahan pembanding dalam pengujian eksperimen motor diesel. Dalam uji karakteristik biodiesel akan diamati sifat-sifat fisik dari biodiesel dan campurannya.

Pengujian unjuk kerja motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel campuran B10, B20, B30. *Experiment* ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja *engine* dengan pemakaian biodiesel sebagai bahan bakar dengan berbagai variasi bahan bakar yang digunakan. Percobaan dilakukan pada *variable speed* pada *constand balast load*.

2.3 Motor Diesel



Gambar 2 Detroid Diesel Allison Dir. GMC

Tabel 1 Spesifikasi bahan bakar.

| SPECIFICATION | |
|----------------------------------|---|
| ENGINE | |
| Type | 2 Cycle, Detroit Diesel Allison Dir. GMC, USA |
| Bore(Inches) | 4,25 |
| Bore(mm) | 108 |
| Stroke(Inches) | 5 |
| Stroke(mm) | 127 |
| Total Displacement Cubic(Inches) | 284 |

| | |
|--------------------------------------|---------|
| Total Displacement Cubic(Lietres) | 4,46 |
| Number of Cylinder | 4 |
| Firing Order – RH Rotation | 1-3-4-2 |
| Firing Order – LH Rotation | 1-2-4-3 |
| Number of Main Bearing | 5 |
| Horse power | 100 |

| DYNAMOMETER | |
|-----------------|---|
| Type | ATS 225 M A 4, Nuova Saccardo Motori a.r.l, Italy |
| Rating | Continous |
| Output | 62 KVA |
| Voltage | 440 Volt |
| Ampere | 68,2 A |
| Number of Phase | 3 0 |
| Cycles | 60 Hz |
| Speed | 1800 rpm |
| Cos ϕ | 0,8 |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Bahan Bakar

Tahap selanjutnya adalah dilakukan uji properties minyak kesambi, biodiesel minyak kesambi, B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) dengan merk dagang pertamina dex di laboratorium.

Tabel 2 Karakteristik masing-masing bahan bakar.

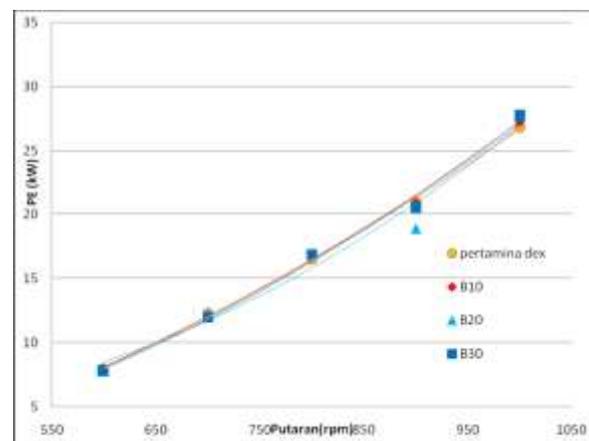
| Bahan | Properties | Nilai | Unit |
|----------------|--------------|--------|-----------------------------------|
| Minyak kesambi | Nilai kalori | 37.807 | <i>kJ/kg</i> |
| | Viskositas | 77,14 | @40 ⁰ C (<i>cst</i>) |
| | Flash point | 244 | ⁰ C |
| Biodiesel | Nilai kalori | 36.337 | <i>kJ/kg</i> |
| Minyak kesambi | Viskositas | 18,27 | @40 ⁰ C (<i>cst</i>) |
| | Flash point | 186 | ⁰ C |
| | Nilai kalori | 42.561 | <i>kJ/kg</i> |
| B10 | Viskositas | 4,24 | @40 ⁰ C (<i>cst</i>) |
| | Flash point | 89 | ⁰ C |
| | Nilai kalori | 41.782 | <i>kJ/kg</i> |
| B20 | Viskositas | 5,22 | @40 ⁰ C (<i>cst</i>) |
| | Flash point | 93 | ⁰ C |
| | Nilai kalori | 40.51 | <i>kJ/kg</i> |
| B30 | Viskositas | 6,66 | @40 ⁰ C (<i>cst</i>) |
| | Flash point | 90 | ⁰ C |
| | Nilai kalori | 43.548 | <i>kJ/kg</i> |
| Pertamina dex | Viskositas | 3,39 | @40 ⁰ C (<i>cst</i>) |
| | Flash point | 98 | ⁰ C |

3.2 Analisa Unjuk Kerja Motor Diesel

Analisa unjuk kerja motor diesel yang dibahas adalah konsumsi bahan bakar, daya motor, torsi, dan efisiensi *thermal*. Pengujian unjuk kerja motor diesel dilakukan dengan menggunakan bahan bakar campuran B10 (biodiesel minyak kesambi 10% dan minyak solar 90%), B20 (biodiesel minyak kesambi 20% dan minyak solar 80%), B30 (biodiesel minyak kesambi 30% dan minyak solar 70%) serta untuk pembandingan diuji cobakan juga bahan bakar minyak solar 100% memakai merk dagang pertamina dex. Penggunaan tiga campuran yang berbeda dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana perbedaan Karakteristik unjuk kerja motor diesel jika jumlah biodiesel minyak kesambi yang ditambahkan pada minyak solar dalam jumlah yang berbeda.

3.3 Daya Motor Diesel

Daya motor diesel yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex adalah sebagaimana digambarkan pada grafik berikut:



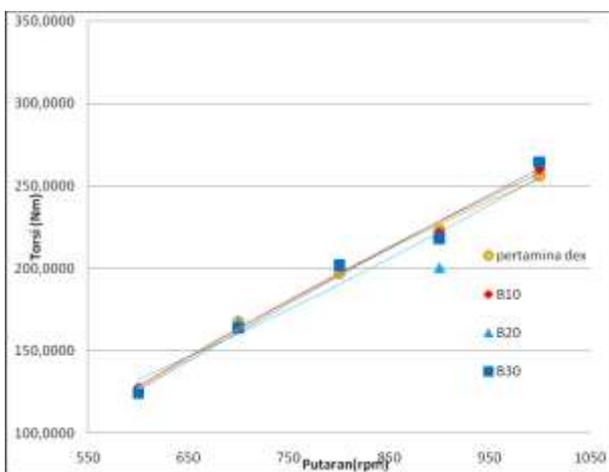
Gambar 3 Grafik daya vs rpm pada balast load

Dari gambar 3 grafik daya vs rpm, kita akan menganalisa daya mesin (PE) sebagai fungsi putaran motor (RPM) pada kondisi *balast load*. Pada penggunaan bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex pada kondisi *balast load* menunjukkan bahwa pada putaran 600 rpm yang mempunyai daya hampir sama untuk semua bahan bakar. Kalau kita melihat *trendline* daya masing-masing bahan

bakar, *trendline* daya B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex semuanya mengalami kenaikan. Kalau kita melihat pada putaran 600 rpm sampai 700 rpm *trendline* daya masing-masing bahan bakar dari paling kecil ke paling tinggi berturut-turut adalah B30, B20, minyak solar (HSD) pertamina dex dan B10. Dan pada putaran diatas 700 rpm sampai 1000 rpm *trendline* daya masing-masing bahan bakar dari paling kecil ke paling tinggi berturut-turut adalah B20, minyak solar (HSD) pertamina dex, B10 dan B30. Dari keempat bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex, kalau kita melihat dari *trendline* daya mesin pada *eksperimen* kondisi *balast load* ini yang menghasilkan daya rata-rata paling tinggi adalah B30.

3.4 Torsi Motor Diesel

Karakteristik yang dianalisa selanjutnya adalah torsi motor diesel. Dari *eksperimen* yang dilakukan, maka didapat data torsi yang dihasilkan oleh masing-masing penggunaan bahan bakar digambarkan pada grafik sebagai berikut:



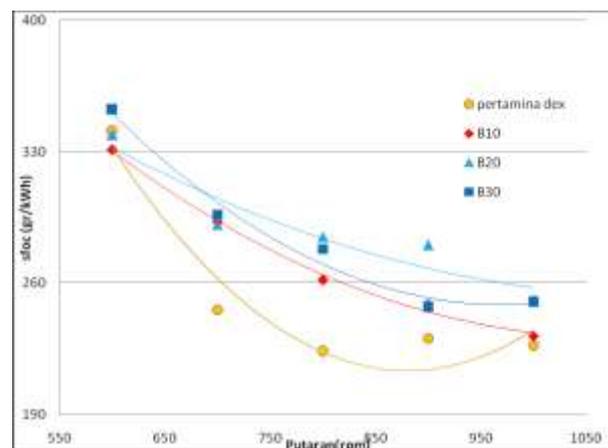
Gambar 4 Grafik torsi sebagai fungsi rpm pada *balast load*

Dari gambar 4 grafik torsi vs rpm, kita akan menganalisa torsi mesin sebagai *fungsi putaran motor rpm* pada kondisi *balast load*. Pada penggunaan bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex pada kondisi *balast load* menunjukkan bahwa pada putaran 600 rpm mempunyai torsi hampir sama untuk semua bahan bakar. Kalau kita melihat

trendline torsi masing-masing bahan bakar, *trendline torsi* B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex semuanya mengalami kenaikan. Kalau kita melihat pada putaran 600 rpm sampai 900 rpm *trendline* torsi masing-masing bahan bakar dari paling kecil ke paling tinggi berturut-turut adalah B20, B30, minyak solar (HSD) pertamina dex dan B10. Dan pada putaran diatas 900 rpm sampai 1000 rpm *trendline* torsi masing-masing bahan bakar dari paling kecil ke paling tinggi berturut-turut adalah B20, minyak solar (HSD) pertamina dex, B10 dan B30. Dari keempat bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex, kalau kita melihat dari *trendline* torsi mesin pada *eksperimen* kondisi *balast load* ini yang menghasilkan torsi rata-rata paling tinggi adalah B10 untuk kondisi pada putaran 600 rpm sampai putaran 900 rpm dan diatas putaran 900 rpm yang paling tinggi adalah B30.

3.5 Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)

Specific fuel oil consumption (SFOC) atau konsumsi bahan bakar spesifik adalah laju aliran berat bahan bakar yang digunakan untuk memproduksi satu unit daya dalam satu satuan waktu. Grafik konsumsi bahan bakar spesifik (*SFOC*) sebagai fungsi putaran motor rpm yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



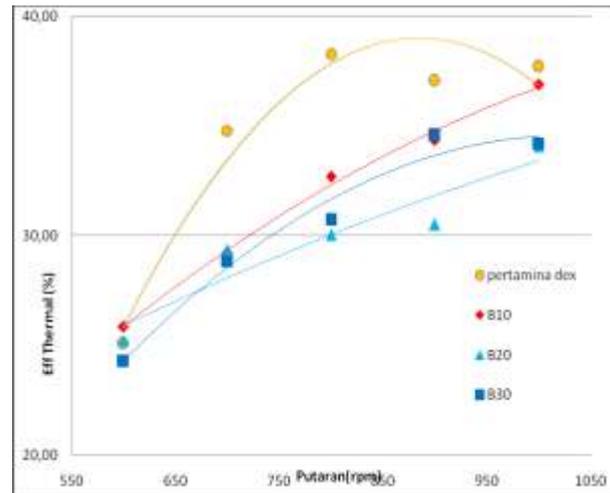
Gambar 5 Grafik sfoc sebagai fungsi rpm pada *balast load*

Dari gambar 5 grafik rpm vs *sfoc*, kita akan menganalisa *sfoc* sebagai fungsi putaran motor pada kondisi *balast load*. Pada penggunaan bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar

(HSD) pertamina dex pada kondisi *balast load* menunjukkan bahwa pada putaran 600 rpm yang mempunyai *sfoc* paling rendah adalah B10 baru disusul B20, minyak solar (HSD) pertamina dex dan yang mempunyai *sfoc* paling tinggi adalah B30. Kalau kita melihat *trendline* masing-masing bahan bakar, *trendline sfoc* B10 dan B20 pada putaran 700 rpm sampai 1000 rpm mengalami penurunan. Dan kalau kita melihat dengan seksama *trendline sfoc* B10 dan B20 untuk putaran mesin 1000 rpm masih mengalami penurunan sampai titik optimum *sfoc* bahan bakar. Untuk *trendline sfoc* B30 menurun pada putaran 700 rpm sampai putaran berkisar 950 rpm, baru setelah putaran berkisar 950 rpm akan mengalami kenaikan *trend sfoc*. Dan kalau kita melihat *trendline* minyak solar (HSD) pertamina dex mengalami penurunan *sfoc* pada putaran 700 rpm sampai titik optimum putaran berkisar 900 rpm, baru setelah putaran berkisar 900 rpm akan mengalami kenaikan. Dari keempat bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex, kalau kita melihat dari *trendline sfoc* mesin pada *eksperiment* kondisi *balast load* ini bahwa untuk jumlah konsumsi bahan bakar per satuan waktu yang paling rendah adalah minyak solar (HSD) pertamina dex disusul B10, B30 dan B20 untuk pada kondisi range putaran mesin 700 rpm sampai 1000 rpm dan untuk diatas putaran mesin 1000 rpm, bahan bakar B10 menunjukkan *trend* jumlah konsumsi bahan bakar per satuan waktu paling rendah baru disusul B20.

3.6 Efisiensi Thermal

Karakteristik unjuk kerja dari efisiensi *thermal* menunjukkan perbandingan antara daya efektif yang dihasilkan motor diesel dengan daya/energi yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar. Grafik efisiensi *thermal* dari penggunaan bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex adalah sebagai berikut:



Gambar 6 Grafik *eff thermal* sebagai fungsi rpm pada *balast load*

Dari gambar 6 grafik efisiensi *thermal* vs rpm, kita akan menganalisa efisiensi *thermal* mesin sebagai fungsi putaran motor (RPM) pada kondisi *balast load*. Pada penggunaan bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar(HSD) pertamina dex pada kondisi *idle load* menunjukkan bahwa pada putaran 600 rpm mempunyai *prosentase* efisiensi *thermal* hampir sama untuk semua bahan bakar. Kalau kita melihat *trendline prosentase* efisiensi *thermal* masing-masing bahan bakar, *trendline prosentase* efisiensi *thermal* B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex semuanya mengalami kenaikan. Kalau kita melihat pada putaran 600 rpm sampai 1000 rpm *trendline prosentase* efisiensi *thermal* masing-masing bahan bakar dari paling kecil ke paling tinggi berturut-turut adalah B20, B30, B10 dan minyak solar (HSD) pertamina dex. Untuk minyak solar (HSD) pertamina dex *trendline prosentase* efisiensi *thermal* menurun setelah pada putaran 900 rpm. Dari keempat bahan bakar B10, B20, B30 dan minyak solar (HSD) pertamina dex, kalau kita melihat dari *trendline prosentase* efisiensi *thermal* mesin pada *eksperiment* kondisi *balast load* ini yang menghasilkan *prosentase* efisiensi *thermal* paling tinggi adalah minyak solar (HSD) pertamina dex dengan nilai 25 – 38 %.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan eksperimen dalam pengujian terhadap karakteristik dan unjuk kerja motor diesel, untuk bahan bakar biodiesel dengan beberapa komposisi campuran maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan prosentase biodiesel pada campuran menyebabkan perbedaan Karakteristik *properties* dari masing-masing bahan bakar. Semakin tinggi prosentase biodiesel minyak kesambi yang ditambahkan pada minyak solar (HSD) pertamina dex menyebabkan kenaikan viskositas yaitu pada B10 4,24 cst, B20 5,22 cst, dan B30 6,66 cst dan untuk nilai kalori dan *flash point* mengalami penurunan yaitu B10 42.561 kJ/kg, B20 41.782 kJ/kg, B30 40.510 kJ/kg dan B10 89 °C, B20 93 °C dan B30 90 °C.
2. Unjuk kerja motor diesel menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar biodiesel campuran menunjukkan trend daya dan torsi yang lebih tinggi dari pada penggunaan bahan bakar minyak solar pertamina dex. Kalau kita melihat trend daya dan torsi dari kondisi balast load ini yang menghasilkan daya dan torsi rata-rata paling tinggi adalah B30 terutama untuk daya dengan variasi putaran diatas 900 rpm lebih. Untuk efisiensi thermal mesin menunjukkan penggunaan bahan bakar biodiesel campuran B10, B20 dan B30 yang mempunyai efisiensi thermal yang tinggi adalah B10 untuk putaran diatas 1000 rpm tapi untuk range 600 sampai 1000 rpm pertamina dex masih lebih unggul. Dan untuk sfoc menunjukkan bahwa untuk range putaran 700 sampai 1000 rpm minyak solar(HSD) pertamina dex yang paling rendah dan untuk putaran yang tinggi diatas 100 rpm adalah B10 yang mempunyai sfoc paling rendah.
3. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan berdasarkan uji Karakteristik *properties* dan eksperimen yang dilakukan pada masing-masing bahan bakar maka komposisi bahan bakar campuran yang memberikan unjuk

kerja terbaik adalah B10 disusul B30 yang terdiri dari 10 % biodiesel minyak kesambi dan 90 % minyak solar(HSD) pertamina dex dan B30 yang terdiri dari 30 % biodiesel minyak kesambi dan 70 % minyak solar(HSD) pertamina dex.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya probadi mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang ikut serta dalam penelitian, teknisi Jurusan Teknik Permesinan kapal. Secara khusus saya mengucapkan banyak terima kasih kepada Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, W., Tsuda, Koichi, (2002), *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Pradya Paramita, Jakarta, 10-27.
- [2] Annamalai, K., Iswar, K., Puri, (2002), *Advanced Thermodynamics Engineering*, CRC Press, Washington DC, 28-87.
- [3] Bozbas, K., (2005), *Biodiesel as an alternative motor fuel production and policies in the European Union*, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 1-12.
- [4] Buchori, L., Widayat, (2009), *Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas Dengan Proses Catalytic Cracking*, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia ,SNTKI,78-79.
- [5] Darmanto, S., Sigit, I., (2006), *Analisa biodiesel minyak kelapa sebagai bahan bakar alternatif*, Traksi, 4, 64-72.
- [6] Ehsan, M., Taposh, R.M., Islam, M.M., (2007), *Running a diesel engine with biodiesel*, *International Conference on Mechanical Engineering*, Dhaka, Bangladesh, 1-4.
- [7] Hamid, T.,Yusuf, R., (2002), *Preparasi karakteristik biodiesel dari minyak kelapa sawit*, *Makara*, Teknologi,6, 60-65.

- [8] Heywood, j. B.,(1988), *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw- Hill,Toronto, 517-550.
- [9] Kristanto, P., Winaya, R.,(2002), *Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif pada motor diesel sistem injeksi langsung*, Jurnal Teknik Mesin, 4, 99-103.
- [10] Kaufman, K.R., Ziejewski, (1984), *Sunflower metyl ester for direct injected diesel engines*, American Society of Agricultural engineers, 1, 2706-1626.
- [11] Knothe, G.H. (2006), "*Analyzing biodiesel; Standards and other methods*" Journal of the American Oil Chemists' Society. 83(10):823-833.
- [12] Lee, C.S., (2004), *Analysis of Engine Performance Using Palm Oil Methyl Ester*, Dissertation Bachelor of Engineering, Dissertation Bachelor of Engineering, University of Southenr Queensland, 19- 25.
- [13] PPKS, (2006), *Biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit*, Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 28, 1-4.
- [14] R. Sudrajat, Endro P, D. Hendra, D. Setiawan, (2010), *Pembuatan biodiesel dari biji kesambi*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Huta.
- [15] Suirta, (2007), *Preparasi Biodiesel dari minyak jelantah kelapa sawit* ,Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran,3,1-6.