

**M8-020 Re-formulasi Biodiesel Untuk Aplikasi Mesin Diesel Penggerak**

**Kapal Nelayan Dengan Putaran Medium/Tinggi**

**Muhamad As'adi<sup>1)</sup>**  
**Rizqon Fajar<sup>2)</sup>**

Program Studi Teknik Mesin UPN "Veteran" Jakarta  
Jl.RS Fatmawati Pondok Labu  
Jakarta Selatan 12450 Telp. 021 7656971 ext.195 Fax.021 75904177  
Email :adi\_shiddiq@yahoo.com<sup>1)</sup>  
Balai Termodinamika Motor dan Propulsi – BPPT  
Gedung 230 Puspiptek Serpong Tangerang 15314<sup>2)</sup>

**ABSTRACT**

*Pada paper ini dipaparkan sebuah strategi untuk formulasi biodiesel campuran methyl ester sawit dan jarak pagar (Jarak pagar Curcas) yang ditujukan untuk aplikasi mesin perkapalan, khususnya dengan kecepatan medium sampai tinggi. Efisiensi pembakaran mesin diesel ditentukan antara lain oleh kualitas bahan bakar, selain desain ruang bakar dan parameter operasional mesin. Kualitas bahan bakar biodiesel ditentukan terutama oleh key-properties seperti stabilitas oksidasi, viskositas dan bilangan setana. Berdasarkan hal tersebut dapat ditentukan komposisi campuran methyl ester sawit dan jarak pagar dimana nilai key-propertisnya memenuhi kualitas standar. Kualitas biodiesel campuran yang digunakan dapat mengacu standar nasional SNI, Eropa (EN) dan Amerika ASTM. Stabilitas oksidasi merupakan key-properties yang terpenting karena mempengaruhi kinerja mesin dalam jangka panjang (injector fouling, deposit, korosi, dll). Metode yang digunakan untuk menentukan komposisi campuran adalah perhitungan key-properties campuran berdasarkan model sederhana (Mixing Rule) dan pengukuran (stabilitas oksidasi). Hasil perhitungan dan pengukuran tersebut selanjutnya dipetakan dan optimasi sehingga dapat dipilih daerah komposisi beserta key-properties yang diinginkan. Pemetaan key-properties dilakukan dengan bantuan software MATLAB.*

*Kata kunci: Biodiesel campuran, efisiensi termal, key-properties, stabilitas oksidasi, viskositas, bilangan setana*

**I. PENDAHULUAN**

Tingginya harga minyak bumi di pasar internasional telah memberi dampak yang meluas di segala sektor industri, termasuk di industri perikanan. Tingginya harga minyak bumi khususnya minyak diesel (solar) juga diikuti kelangkaan solar sebagai bahan bakar mesin diesel yang digunakan oleh kapal-kapal kecil. Kapal kecil yang digunakan oleh para nelayan biasanya digerakkan oleh mesin diesel dengan putaran sedang atau tinggi. Banyak dari kapal kecil digerakkan oleh mesin diesel otomotif seperti Mitsubishi yang biasa digunakan pada truk-truk. Mesin diesel kecepatan sedang atau tinggi tersebut memerlukan bahan bakar dengan kualitas yang baik, yaitu bahan bakar diesel dengan bilangan setana

yang cukup tinggi. Bilangan setana yang tinggi akan meningkatkan efisiensi pembakaran, dan viskositas yang memenuhi standar.

Para nelayan membutuhkan bahan bakar yang mempunyai stabilitas oksidasi tinggi, karena daerah operasinya cenderung mempunyai kelembaban yang tinggi, cenderung bersentuhan dengan air, dimana air mempunyai sifat asam dan menimbulkan korosif.

Problem selanjutnya yang dihadapi oleh semua jenis industri (perikanan) adalah tentang masalah kesehatan lingkungan. Emisi gas buang dari mesin diesel dikenal sangat mengganggu kesehatan, yaitu jelaga/asap hitam. Emisi gas CO, Hidrokarbon dan Nox juga dikenal membahayakan bagi kesehatan dan lingkungan (green house effect). Penggunaan minyak bumi (solar) pada mesin kapal juga berisiko dapat meracuni lingkungan air dan berbahaya bagi biota air. Selain itu minyak diesel mineral juga merupakan material yang tidak terbaru sehingga persediannya terbatas, sehingga perlu dicarikan pengganti yaitu bahan bakar yang dapat diperbarui, yaitu campuran biodiesel yang berbasis sawit dan jarak pagar. Sawit termasuk komoditi food oil dan persediannya cukup banyak sehingga mudah untuk mendapatkannya, namun harganya cenderung tidak stabil, sedangkan jarak pagar termasuk komoditi non food oil dan stabilitas oksidasinya rendah.

Pada penelitian ini, diupayakan re-formulasi campuran methyl ester sawit dan jarak pagar sebagai penggerak kapal nelayan dengan putaran medium/tinggi yang dapat memenuhi standar. Metode yang digunakan untuk menentukan komposisi campuran adalah perhitungan key-properties campuran berdasarkan model sederhana (Mixing Rule) dan pengukuran (stabilitas oksidasi). Hasil perhitungan dan pengukuran tersebut selanjutnya dipetakan dan optimasi sehingga dapat dipilih daerah komposisi beserta key-properties yang diinginkan. Pemetaan key-properties dilakukan dengan bantuan software MATLAB.

## **II. MODEL FORMULASI**

### **1. Mixing Rule**

Penelitian tentang formulasi biodiesel terbaru dilakukan oleh Sarin et al [1] dan Knothe [6]. Sarin et al menyatakan bahwa minyak nabati dari kedelai merupakan dasar dari bahan baku biodiesel di Amerika sedangkan minyak nabati dari rapeseed (canola) merupakan bahan baku biodiesel di Eropa. Sedangkan sebagian besar negara di Asia belum mampu memenuhi kebutuhan minyak nabati secara mandiri, kecuali Indonesia dan Malaysia yang memiliki kelebihan produksi minyak sawit. Sarin et al menyatakan pula bahwa minyak sawit kurang ideal menjadi bahan baku biodiesel karena selain merupakan bahan pangan, minyak sawit mengandung asam lemak jenuh terlalu tinggi sehingga memiliki sifat aliran suhu rendah yang buruk. Sarin et al mengusulkan pencampuran minyak sawit dengan jarak pagar untuk meningkatkan kualitasnya. Alasan penggunaan jarak pagar sebagai komponen campuran karena bahan ini melimpah di negara Asia Selatan (India). Sarin et al membuat beberapa formulasi campuran biodiesel sawit-jarak pagar dan melakukan optimasi berdasarkan parameter kunci seperti stabilitas oksidasi dan sifat aliran pada suhu rendah. Berdasarkan kedua parameter tersebut Sarin et al mendapatkan hasil bahwa kandungan biodiesel sawit dalam campuran sawit-jarak pagar adalah minimum 60% v/v. Untuk

mengurangi kandungan biodiesel sawit penambahan anti-oxidant tidak dapat dihindarkan. Penelitian Sarin et al tidak meliputi validasi pada mesin diesel dan tidak pula melakukan optimasi terhadap parameter operasional mesin.

Knothe melakukan penelitian yang lebih mendasar dan lebih luas. Dalam melakukan optimasi komposisi biodiesel, Knothe menggunakan senyawa methyl ester murni, yaitu methyl ester laurat, palmitat, stearat, oleat, linoleat dan linolenat. Berdasarkan hasil pengukuran parameter kunci, yaitu viskositas, bilangan setana, titik leleh dan stabilitas oksidasi diperoleh kesimpulan bahwa methyl ester oleat diusulkan menjadi komponen utama biodiesel dengan konsentrasi setinggi mungkin. Methyl ester lain dapat digunakan sebagai komponen campuran asalkan dapat memenuhi spesifikasi kualitas standar. Proporsi komponen minor dalam campuran ditentukan oleh sifat kimia fisik yang diinginkan sesuai dengan target dan biaya atau ke-ekonomian campuran. Namun demikian, penelitian Knothe belum mencakup pengujian pada mesin disel. Pengujian pada mesin dianggap penting, karena untuk mendapatkan peta parameter operasional sehingga unjuk kerja mesin mencapai yang optimum, baik pada aplikasi mesin otomotif atau mesin disel pembangkit.

Berdasarkan hasil penelitian terakhir yang dilakukan oleh berbagai institusi di Jepang selama 2 tahun, dilaporkan bahwa stabilitas oksidasi berdasarkan spesifikasi biodiesel Eropa EN14214 yaitu minimal 6 jam ternyata tidak cukup untuk mencegah terjadinya korosi pada tangki bahan bakar yang terbuat dari logam. Selanjutnya para peneliti Jepang melakukan percobaan dengan berbagai komposisi biodiesel (plus additiv anti-oxidant) dan menghasilkan kesimpulan bahwa biodiesel harus memiliki waktu induksi sebesar minimal 10 jam untuk dianggap cukup memenuhi syarat atau mampu mencegah terjadinya korosi pada tangki bahan bakar

Knothe melakukan penelitian yang lebih mendasar dan lebih luas. Dalam melakukan optimasi komposisi biodiesel, Knothe menggunakan senyawa methyl ester murni, yaitu methyl ester laurat, palmitat, stearat, oleat, linoleat dan linolenat. Berdasarkan hasil pengukuran parameter kunci, yaitu viskositas, bilangan setana, titik leleh dan stabilitas oksidasi diperoleh kesimpulan bahwa methyl ester oleat diusulkan menjadi komponen utama biodiesel dengan konsentrasi setinggi mungkin. Methyl ester lain dapat digunakan sebagai komponen campuran asalkan dapat memenuhi spesifikasi kualitas standar. Proporsi komponen minor dalam campuran ditentukan oleh sifat kimia fisik yang diinginkan sesuai dengan target dan biaya atau ke-ekonomian campuran. Namun demikian, penelitian Knothe belum mencakup pengujian pada mesin disel. Pengujian pada mesin dianggap penting, karena untuk mendapatkan peta parameter operasional sehingga unjuk kerja mesin mencapai yang optimum, baik pada aplikasi mesin otomotif atau mesin disel pembangkit.

## **2. Viskositas**

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi, dan dinyatakan dalam waktu yang dibutuhkan untuk mengalir pada jarak tertentu. Angka viskositas berbanding lurus dengan tahanan aliran. Bahan bakar yang mempunyai viskositas tinggi proses atomisasinya akan menjadi tetesan yang lebih besar dan cenderung menempel pada dinding silinder, dan akan terbawa oleh gerakan piston masuk kedalam bak minyak pelumas. Hal ini dapat

menyebabkan penurunan kualitas minyak pelumas. Sebaliknya bahan bakar yang viskositasnya rendah proses atomisasinya terlalu halus, hal ini menyebabkan terjadinya pembakaran lebih awal dan pembentukan jelaga. Viskositas juga menunjukkan sifat pelumasan dari bahan bakar, semakin tinggi viskositasnya, semakin *baik sifat pelumasannya*.

Viskositas campuran methyl ester sawit dan jarak pagar diharapkan dapat memenuhi spesifikasi SNI 2006 yaitu maksimum 6 cSt.

### 3. Bilangan setana

Bilangan setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala/membakar sendiri ( *auto ignition* ). Rujukan yang digunakan untuk skala angka setana biasanya berupa campuran setana normal (  $C_{16}H_{34}$  ) dengan *alpha methyl naphthalene* (  $C_{10}H_7CH_3$  ) atau dengan *heptamethylnonane* (  $C_{16}H_{34}$  ) dan besarnya angka setana 0 – 100.

Bahan bakar yang mempunyai angka setana tinggi berarti bahan bakar tersebut dapat menyala pada temperatur rendah, dan demikian juga sebaliknya.

Bilangan setana campuran dapat dihitung menggunakan formula sederhana berikut : Bilangan setana campuran methyl ester sawit dan methyl ester jarak pagar diharapkan dapat lebih tinggi dari 45 (syarat minimal untuk aplikasi mesin diesel putaran tinggi).

### 4. Stabilitas Oksidasi

Standar nasional untuk methyl ester (SNI 2006) belum mencantumkan metode uji dan batasan untuk stabilitas oksidasi. Oleh karena itu stabilitas oksidasi dievaluasi berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan terhadap stabilitas oksidasi methyl ester sawit dan jarak pagar dengan menggunakan metode uji dan batasan yang ditetapkan pada standar Eropa EN 14112. Menurut literatur, stabilitas oksidasi methyl ester sawit adalah tertinggi (13, 37 jam) diantara bahan baku yang lain dan satu-satunya yang melebihi syarat yang ditetapkan dalam EN 14112 yaitu minimal 6 jam. Stabilitas oksidasi jarak pagar rendah yaitu 3,3 jam

$$P_{mix} \propto \sum x_i \cdot P_I$$

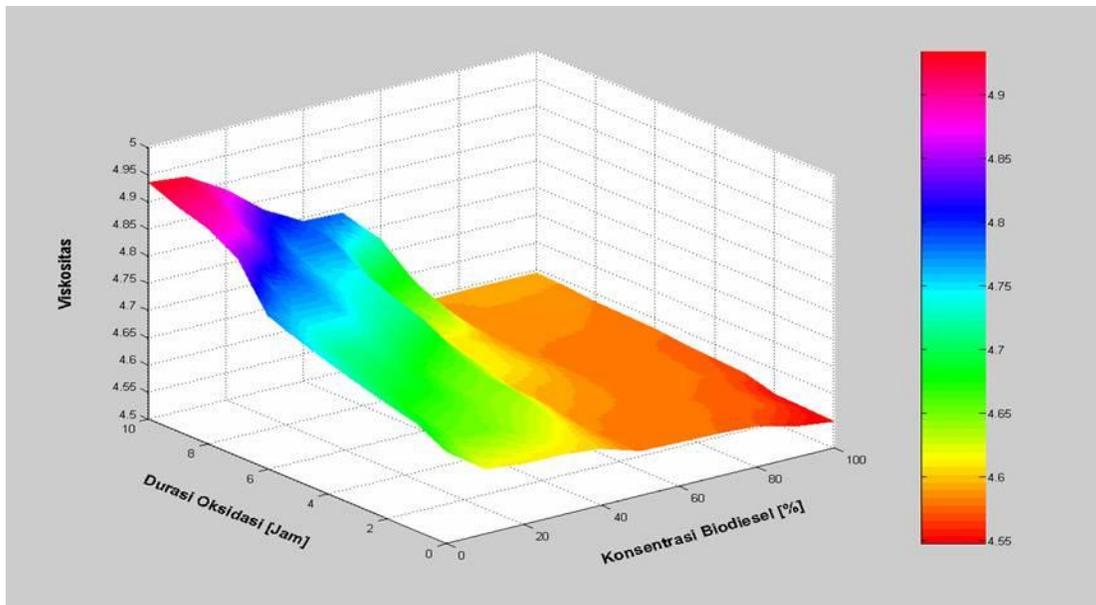
Dimana  $P_{mix}$  adalah bilangan setana campuran, sedangkan  $x_i$  dan  $P_I$  adalah komposisi dan bilangan setana komponen penyusun campuran, yaitu: methyl ester sawit dan methyl ester jarak pagar.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Viskositas Campuran

Hasil perhitungan viskositas campuran methyl ester sawit dan jarak pagar seperti ditunjukkan dalam gambar grafik 1. Viskositas meningkat bila kandungan methyl ester jarak pagar meningkat dan peningkatan viskositas masih memenuhi spesifikasi SNI 2006 (maksimum 6 cSt). Secara umum perbedaan viskositas campuran tidak terlalu besar, sehingga unjuk kerja mesin diesel (power/torsi, emisi & konsumsi bahan bakar) juga tidak berbeda banyak bila menggunakan komposisi campuran tersebut. Menurut spesifikasi dari PERTAMINA untuk mesin diesel transportasi (*high speed*), viskositas harus

dalam rentang antar 1,6 s/d 5,8 cSt. Dengan demikian campuran methyl ester sawit dan jarak pagar memenuhi syarat untuk mesin diesel transportasi, apalagi untuk mesin diesel kapal.

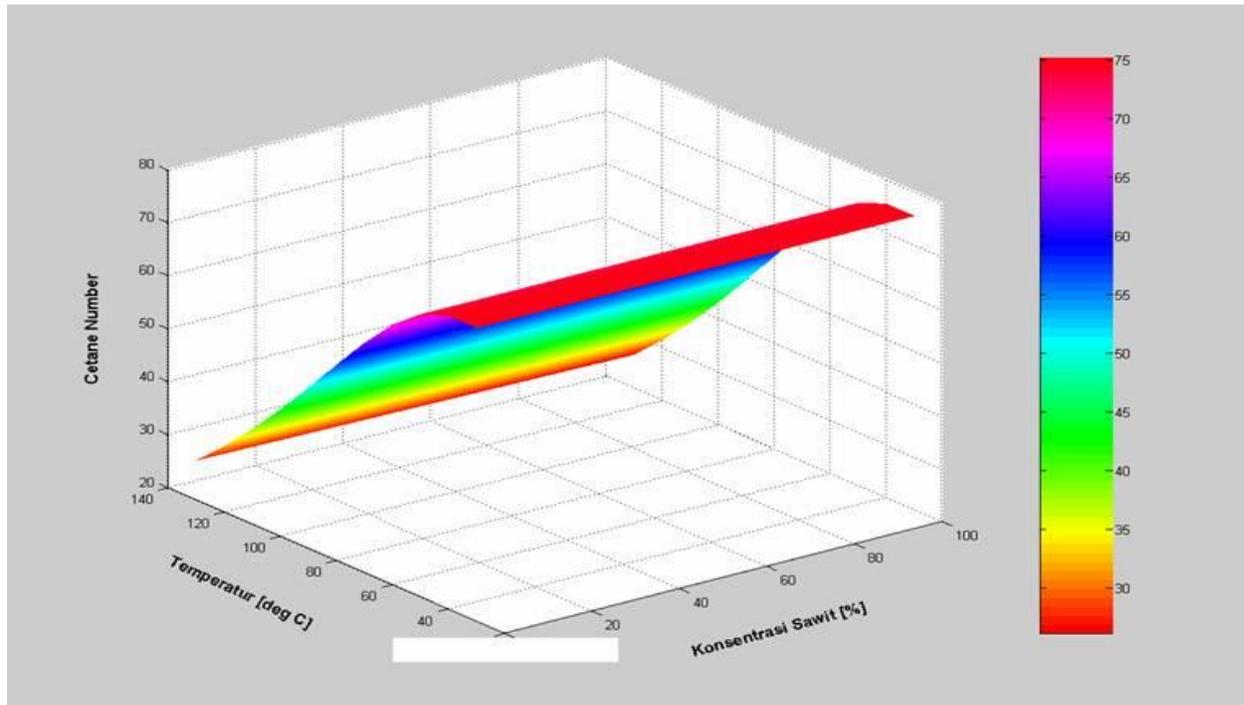


Gambar 1. Garfik viskositas campuran methyl ester sawit dan jarak pagar

## 2. Bilangan Setana Campuran

Gambar 2 dibawah ini menjelaskan hubungan bagaimana bilangan setana biodiesel campuran sawit-jarak pagar berubah dengan komposisi atau kandungan biodiesel sawit. Semakin tinggi kandungan biodiesel sawit dalam campuran biodiesel sawit-jarak pagar, semakin tinggi pula bilangan setana, namun tidak terlalu signifikan. Jika ditetapkan kandungan biodiesel sawit dalam campuran adalah 60% (maka biodiesel jarak pagar 40%) maka bilangan setana campuran masih cukup tinggi (lebih besar dari 65). Sarin et al [1] telah mensyaratkan kandungan biodiesel sawit minimal 60% agar biodiesel sawit-jarak pagar memiliki stabilitas oksidasi yang memenuhi syarat EN 14..., yaitu sekitar 6 jam.

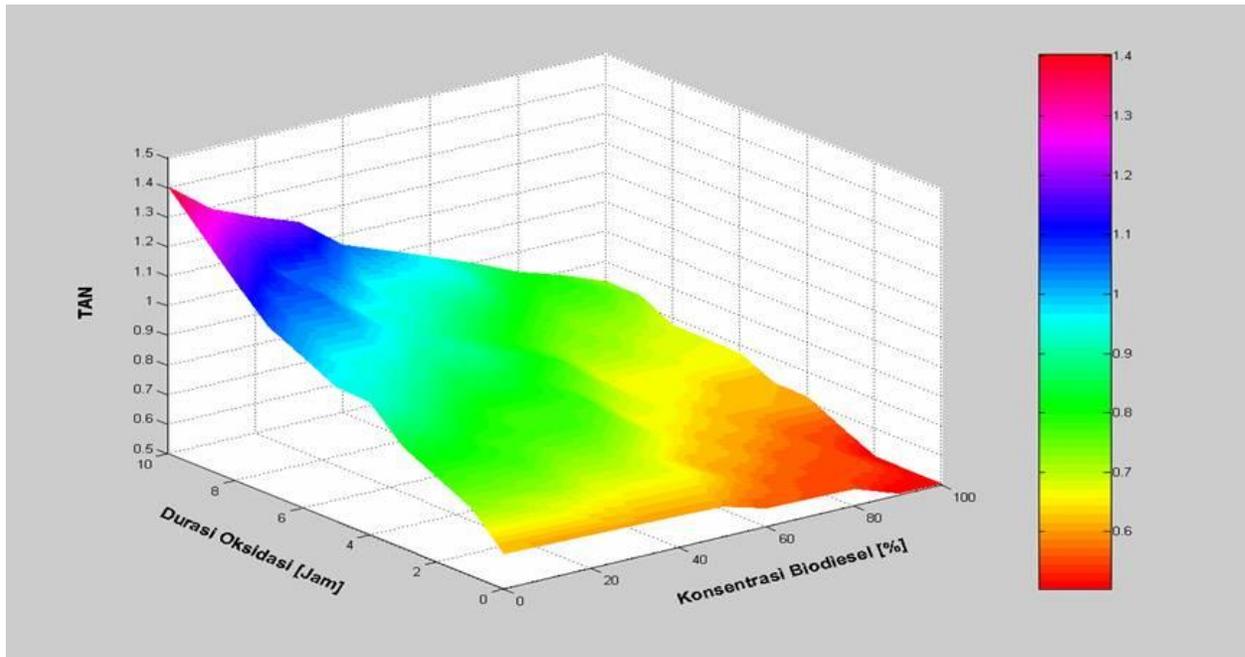
Gambar dibawah juga memperlihatkan pengaruh pemanasan terhadap bilangan setana. Semakin tinggi temperatur pemanasan dari biodiesel sawit-jarak pagar dipanaskan semakin turun nilai bilangan setana-nya. Dengan demikian pemansan bahan bakar yang terlalu tinggi memberi dampak yang kurang menguntungkan dari segi bilangan setana atau unjuk kerja pembakaran biodiesel. Namun demikian model yang diusulkan untuk relasi antara bilangan setana dan teperatur memerlukan validasi (pengukuran)



Gambar 2. Grafik hubungan bilangan setana campuran methyl ester sawi dan jatropha

### 3. Bilangan Asam

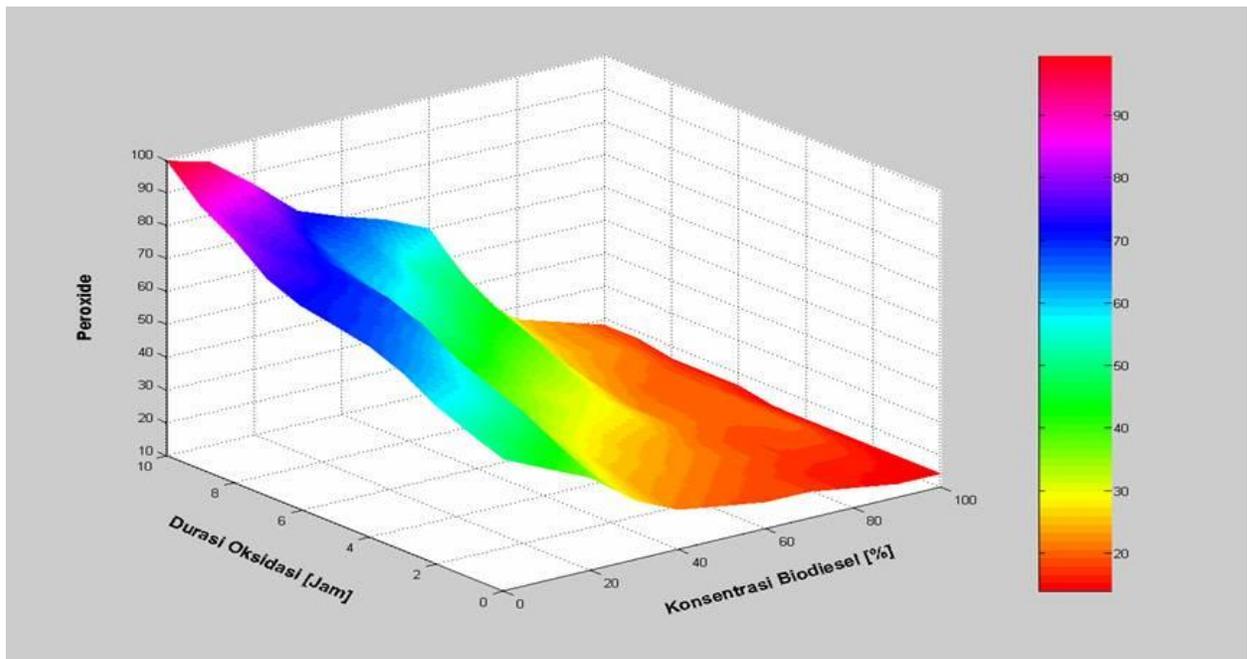
Gambar 3 dibawah ini menggambarkan efek dari kandungan biodiesel sawit terhadap nilai TAN (Total Acid Number) dalam proses oksidasi yang dipercepat dengan pemanasan. Dari gambar terlihat bahwa semakin tinggi kandungan biodiesel sawit dalam campuran maka stabilitas oksidasinya semakin tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan profil kenaikan TAN yang lebih mendatar (lebih stabil) atau kenaikan bilangan TAN jauh lebih rendah selama oksidasi. Sebagai contoh, jika kandungan biodiesel sawit adalah 60% maka nilai TAN setelah 1 jam pemanasan (oksidasi) nilai TAN-nya hanya sekitar 0,6. Kenaikan dalam TAN mencapai maksimum jika kandungan jarak pagar maksimum (misal 100%) maka setelah 10 jam pemanasan bilangan TAN nya bisa mencapai 1,4. Bila kandungan biodiesel sawit 100% maka TAN nya hanya mencapai maksimum 0,9.



Gambar 3. Efek kandungan biodiesel sawit terhadap nilai TAN

#### 4. Bilangan Peroxide

Bilangan peroksida menunjukkan seberapa jauh biodiesel telah teroksidasi (mirip dengan TAN). Bilangan peroksida pada gambar dibawah menggambarkan korelasi antara tingkat oksidasi dengan kandungan biodiesel sawit dalam campuran biodiesel sawit-jarak pagar. Selain itu gambar dibawah juga bagaimana bilangan peroksida berubah dengan waktu atau lama oksidasi. Hasil penelitian Sarin et al yang menyatakan bahwa kandungan minimal biodiesel sawit sebesar 60% nyata adanya. Hal ini karena pada komposisi biodiesel sawit 60%, bilangan peroksida relatif stabil dengan nilai sekitar 20 (sangat rendah) sepanjang waktu oksidasi, dalam hal ini selama 10 jam



Gambar 4. Grafik hubungan tingkat oksidasi dengan kandungan biodiesel sawit-jarak pagar

## IV. KESIMPULAN

1. Biodiesel campuran sawit-jarak pagar harus memenuhi kualitas standar internasional terutama dalam hal stabilitas oksidasi. Menurut EN 14112 stabilitas oksidasi biodiesel sesuai metode Rancimat adalah minimal 6 jam. Komposisi yang memenuhi syarat adalah kandungan biodiesel sawit minimal 60% atau kandungan biodiesel jarak pagar maksimum 40%
2. Viskositas dan bilangan setana biodiesel campuran sawit-jarak pagar (60:40 % v/v) memenuhi spesifikasi biodiesel nasional maupun internasional. Menurut model dengan mixing rule rentang viskositas untuk biodiesel sawit-jarak pagar tersebut berkisar 4 s/d 4,5 cSt dan bilangan setana-nya berkisar 60 s/d 65
3. Perlu validasi formulasi biodiesel sawit-jarak pagar tersebut pada mesin diesel. Validasi yang diperlukan adalah efeknya terhadap mesin dalam jangka pendek, meliputi parameter unjuk kerja (power/torsi, konsumsi bahan bakar) dan efeknya dalam jangka panjang (durability test), meliputi deposit dan kerusakan komponen lainnya

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ayhan Demirbas, *Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels*, Fuel 87 (2008) 1743-1748
2. A.I. Bamgboye and A.C. Hansen, *Prediction of cetane number of biodiesel fuel from the fatty acid methyl ester (FAME) composition*, Int. Agropysics, 2008, 22, 21-29
3. Clements, L.D., *Blending Rule for Formulating Biodiesel Fuel*, [www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org), 1996
4. Dahuri Rokhmin, *Ekonomi Maritim Untuk Kemakmuran Bangsa*, Tabloit Maritim no 360 th VII edisi 16-22 Agustus 2005
5. Dahuri Rokhmin, *Biodiesel Untuk Nelayan*, Tabloit Maritim no 374 th VII edisi 29 Nopember – 5 Desember 2005.