

LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK dan GAS BUMI

Vol. 50, No. 3, Desember 2016 : 8 - 8

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI
LEMIGAS**

Journal Homepage: <http://www.journal.lemigas.esdm.go.id>

PENGARUH KONDISI PENYIMPANAN TERHADAP STABILITAS OKSIDASI BAHAN BAKAR JENIS BIODIESEL (B-100), BIOSOLAR (B-20) DAN MINYAK SOLAR MURNI (B-0)

*(Effect of Storage Conditions on Oxidation Stability
of Biodiesel (B-100), Biosolar (B-20) and Diesel Fuel (B-0))*

Cahyo S Wibowo, Riesta Anggarani, Nanang Hermawan dan Lies Aisyah

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail: cahyow@lemigas.esdm.go.id; riesta@lemigas.esdm.go.id; nanangh@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 18 April 2016; Diterima setelah perbaikan tanggal 05 September 2016;
Disetujui terbit tanggal: 30 Desember 2016

ABSTRAK

Penggunaan campuran biodiesel dalam minyak solar sebesar minimal 20% (B-20) di sektor transportasi telah ditetapkan menjadi kebijakan mandatori atau wajib oleh Pemerintah. Untuk menjamin kepuasan masyarakat terhadap kualitas B-20, maka kualitas biodiesel (B-100) yang digunakan harus memenuhi standar yang ditetapkan. Pada pelaksanaan di lapangan, distribusi biodiesel dari produsen biodiesel sampai titik pencampuran dengan minyak solar menjadi salah satu titik penting dalam menjamin kualitas biodiesel. Selain itu, setelah dicampurkan menjadi B-20, kualitasnya juga harus diperhatikan. Beberapa hal yang berpengaruh terhadap kualitas B-100 dan B-20 selama penyimpanan adalah: waktu penyimpanan dan kondisi penyimpanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kondisi penyimpanan terhadap parameter kritikal yang terkait dengan aspek kestabilan B-100, B-20 dan B-0 selama periode penyimpanan tertentu (3 bulan). Kondisi penyimpanan yang disimulasikan dalam penelitian ini adalah penyimpanan dalam tangki berbahan *stainless steel* seperti yang umum digunakan pada tangki penyimpanan bahan bakar. Variasi kondisi penyimpanan adalah: (1) penyimpanan luar ruangan pada temperatur lingkungan (ambien), (2) tangki timbun, (3) penyimpanan dalam ruangan pada temperatur lingkungan (ambien), (4) dalam ruangan pada temperatur 43°C dan (5) dalam ruangan pada temperatur 10°C. Parameter kritikal yang diamati adalah angka asam, viskositas kinematik dan stabilitas oksidasi metode Rancimat yang diukur setiap 1 minggu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dalam periode 3 bulan diperoleh stabilitas oksidasi yang stabil untuk sampel B-0 dan B-20, sedangkan sampel B-100 mengalami penurunan stabilitas oksidasi terutama pada penyimpanan temperatur tinggi. Hasil angka asam dan viskositas kinematik menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu terjadi kenaikan dimana kenaikan terbesar disebabkan kondisi penyimpanan temperatur tinggi.

Kata Kunci: biodiesel, kondisi penyimpanan, stabilitas oksidasi

ABSTRACT

Start in January 2016, the Government of Indonesia implemented the mandatory policy of the blending biodiesel in diesel fuel for transportation sector with minimum percentage of 20% (B-20). On ensuring the people satisfaction of B-20 quality, it is necessary to guarantee the quality of biodiesel (B-100) on fulfilling the quality standard. In

practice term, biodiesel distribution from the manufacturer to blending facilities becomes important point on keeping the quality of biodiesel. Another point is keeping the quality of the blended fuel B-20. Between other things, these are 2 things most affect biodiesel quality; storage period and storage condition. This research aimed to identify the effect of storage condition on critical parameters related to stability aspects of B-100, B-20 and B-0 in 3 months storage period. The tank being used for all conditions were made from stainless steel. The simulation done in the research were: (1) Outdoor storage on ambient temperature, (2) piled tank, (3) indoor storage on ambient temperature, (4) indoor storage on temperature 43°C, and (5) indoor storage on temperature 10°C. Critical parameters being observed were oxidation stability with Rancimat method, acid value, and kinematic viscosity which all checked once per week. The results shows that in 3 months storage period the samples of B-0 and B-20 are stable, while for B-100 suffered the decreasing of oxidation stability, especially in high temperature storage. The similar effects observed for both acid value and kinematic viscosity, where these 2 parameters increased during 3 months period with the highest caused by high temperature storage.

Keywords : *biodiesel, storage condition, oxidation stability*

I. PENDAHULUAN

Biodiesel adalah merupakan bentuk *methyl* atau *ethyl ester* dari minyak nabati hasil dari proses trans-esterifikasi yang bertujuan untuk menurunkan viskositas bahan bakunya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti minyak solar pada mesin diesel. Hasil dari proses trans-esterifikasi minyak nabati adalah metil ester asam lemak atau *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang dikenal secara luas sebagai biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel, dimana di Indonesia minyak solar masih menjadi bahan bakar utama untuk mesin diesel.

Secara umum, biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan minyak solar. Angka setana biodiesel lebih tinggi dibanding minyak solar sehingga sangat baik untuk meningkatkan performa *auto-ignition* pada mesin diesel. Viskositas kinematikanya hampir 2 kali lipat minyak solar, yang penting untuk lubrisitas mesin. Dapat dibuat dari bahan nabati sehingga relatif rendah kandungan sulfur dan aromatiknya. Selain itu tingkat emisi yang dihasilkan juga lebih rendah dari segi *Particulate Matter* (PM), namun sedikit lebih tinggi pada kadar No_x (Bezergianni et al. 2011). Selain kelebihan yang dimiliki, biodiesel juga memiliki beberapa kekurangan secara teknis. Karakteristik pada temperatur rendah yang kurang baik, tingkat emisi NO_x yang lebih tinggi, dan kestabilan oksidasi saat penyimpanan terus menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan kualitas biodiesel (Knothe G. 2007).

Dalam rantai distribusi biodiesel sejak dikeluarkan dari pabrik sebagai biodiesel murni (B-100) hingga menuju ke titik penggunaan konsumen sebagai campuran minyak solar (B-20), proses penyimpanan baik dalam tangki kapal, tangki mobil, tangki

penyimpanan di terminal/depot dan tangki pendam di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) menjadi faktor yang menentukan kualitas biodiesel maupun campurannya. Komponen penyusun biodiesel berupa metil atau etil ester asam lemak baik dalam bentuk jenuh maupun tak jenuh menjadikan biodiesel lebih rentan terhadap reaksi oksidasi maupun auto-oksidasi selama masa penyimpanan (Karavalakis & Stournas 2010). Penelitian yang dilakukan oleh Yang et al. (2013), menginvestigasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap stabilitas oksidasi biodiesel selama penyimpanan di Kanada. Hasil yang diperoleh menunjukkan penggunaan aditif antioksidan mampu meningkatkan kestabilan oksidasi, material tangki yang menghambat oksidasi adalah baja dan aluminium *alloy*, serta kandungan *solvent* seperti metanol, air dan aseton tidak berkontribusi signifikan pada kestabilan oksidasi.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap oksidasi biodiesel menjadi fokus penelitian di banyak negara. Kandungan air yang terdapat dalam biodiesel menjadi salah satu penyebab turunnya kestabilan oksidasi. Proses produksi yang menjadikan pencucian dengan air panas sebagai langkah pemurnian dari asam lemak turut meningkatkan kandungan air dalam biodiesel, selain air terlarut yang berasal dari bahan baku minyak nabati (Oliveira et al. 2012). Namun dalam perkembangannya, proses pemurnian biodiesel kini juga melibatkan pengeringan untuk mengurangi kadar air. Perkembangan spesifikasi biodiesel yang semakin memperketat batasan kandungan air juga meminimasi kerusakan biodiesel akibat kandungan air. Selain air, penyebab turunnya kestabilan oksidasi adalah kandungan asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acid*). Kandungan asam lemak tak jenuh dalam biodiesel dipengaruhi oleh

komposisi asam lemak bahan baku. Mekanisme oksidasi terhadap ikatan tak jenuh ini dapat dihambat dengan penambahan aditif antioksidan. Aditif antioksidan secara komersial telah banyak digunakan baik di industri makanan dan juga untuk biodiesel. Penelitian oleh Jain dan Sharma (2011) menggunakan 5 aditif antioksidan pada biodiesel jarak pagar (*Jatropha curcas*), yaitu *Butylated Hydroxytoluene* (BHT), *tert-Butyl Hydroquinone* (TBHQ), *Butylated Hydroxyanisole* (BHA), *Propyl Gallate* (PG) dan *Pyrogallol* (PY). Hasil yang diperoleh menunjukkan aditif PY adalah yang paling efektif meningkatkan kestabilan oksidasi.

Faktor lain yang dianggap sangat berpengaruh pada kestabilan oksidasi biodiesel adalah temperatur penyimpanan. Lapuerta et al. (2012) menyebutkan bahwa 2 hal utama penyebab oksidasi adalah: (1) Pemaparan biodiesel pada temperatur tinggi (oksidasi thermal), dan (2) kehadiran zat pengoksidasi (oksidator) yang berupa oksigen dari udara maupun oksigen terlarut. Pada kenyataan di lapangan, tidak mungkin untuk menjaga temperatur tangki tetap pada suhu tertentu (isothermal). Tangki penyimpanan di luar mengalami variasi temperatur yang lebih tinggi dibandingkan tangki pendam dan lebih rentan terhadap oksidasi thermal (Anitescu & Bruno 2011).

Akibat dari degradasi kualitas biodiesel terutama dalam kinerjanya sebagai bahan bakar mesin diesel diinvestigasi oleh Pattamaprom et al. (2012). Dua jenis biodiesel yaitu yang berasal dari olein kelapa sawit dan stearin kelapa sawit yang disimpan dalam kontainer tertutup rapat selama 6 bulan diuji sebagai bahan bakar mesin diesel 4 silinder pada variasi beban dan kecepatan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penyimpanan selama 6 bulan membentuk komponen hidroperoksida sebagai hasil reaksi oksidasi, selain itu pengaruhnya terhadap kinerja mesin yaitu meningkatkan konsumsi bahan bakar serta meningkatkan tingkat emisi NO_2 .

Penerapan kebijakan penggunaan B-20 di sektor transportasi membutuhkan dukungan teknis mengenai aspek-aspek yang terkait dengan jaminan kualitas bahan bakar, baik biodiesel murni (B-100) dan campurannya (B-20) agar seluruh pihak yang terkait dapat melaksanakan kebijakan ini dengan baik. Di antara kesiapan teknis yang sangat diperlukan adalah mengetahui sejauh mana kualitas biodiesel dan campurannya tetap bertahan baik selama distribusi di antara produsen hingga ke konsumen akhir. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh kondisi penyimpanan terhadap kualitas B-100 dan B-20 terutama pada parameter stabilitas oksidasi, bilangan asam, dan viskositas kinematik yang merupakan

parameter kritikal terkait dengan kestabilan bahan bakar terhadap oksidasi.

II. BAHAN DAN METODE

Pengujian dilakukan selama 3 bulan masa penyimpanan pada 3 jenis sampel, yaitu B0, B20 dan B100. Seluruh sampel disimpan dalam tangki penyimpanan yang dibuat dari *stainlesssteel*. Untuk mensimulasikan tahap penyimpanan yang dianggap dapat mewakili kondisi di lapangan di Indonesia, maka variasi penyimpanan dalam tangki dilakukan sebagai berikut: (1) di dalam ruangan pada temperatur ambien, (2) di dalam ruangan dengan temperatur 10°C, (3) di dalam ruangan dengan temperatur 43°C, (4) di luar ruangan pada temperatur lingkungan, dan (5) tangki pendam. Pengambilan sampel untuk pengujian stabilitas oksidasi, bilangan asam dan viskositas kinematik dilakukan satu kali setiap minggu selama 3 bulan (12 minggu).

Tangki didesain khusus agar mampu menjaga temperatur pengujian yang diharapkan, dimana terdapat 2 (dua) variasi temperatur yaitu pada suhu dingin 10°C dan suhu panas 43°C. Gambar 1 dan 2 berikut ini menggambarkan tangki di dalam ruangan, di luar ruangan, serta tangki pendam.

Metode uji yang digunakan untuk uji kestabilan oksidasi adalah EN 15751 metode Rancimat, untuk uji viskositas kinematik mengacu pada ASTM D445, dan uji bilangan asam mengacu pada ASTM D664.

Sampel yang diuji terdiri dari biodiesel (B-100) kelapa sawit yang diperoleh dari industri, minyak solar (B-0), dan kemudian dicampur keduanya dengan persentase biodiesel sebesar 20% volume untuk memperoleh sampel ketiga yaitu B-20.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian antara lain : tangki penyimpanan berbahan *stainless steel*, alat uji viskositas kinematik Koehler, alat uji stabilitas oksidasi Metrohm 893 Professional Biodiesel Rancimat, dan titrator Metrohm 888 Titrand untuk uji bilangan asam.

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengujian ditampilkan untuk setiap parameter uji yang diukur selama 3 bulan, yaitu stabilitas oksidasi metode Rancimat, angka asam, dan viskositas kinematik.

A. Stabilitas oksidasi metode Rancimat

Ukuran stabilitas oksidasi yang diuji dengan metode Rancimat mengikuti standar di Eropa yaitu EN 14112. Pada awalnya metode ini digunakan



Gambar 1
Tangki penyimpanan di dalam ruangan.

untuk menguji kestabilan oksidasi biodiesel (B-100), dimana besaran yang diukur berupa Periode Induksi (*Induction Period*). Periode induksi adalah waktu yang diukur dari mulainya pengujian hingga waktu tertentu ketika kenaikan konduktivitas secara drastis terdeteksi oleh sensor konduktivitas. Sensor konduktivitas ini bereaksi dengan produk hasil oksidasi biodiesel, yaitu senyawa asam serta senyawa hidroperoksida. Semakin cepat reaksi oksidasi terjadi dan membentuk senyawa asam, maka periode induksi akan semakin singkat.

Pemilihan kondisi penyimpanan dianggap mewakili kondisi penyimpanan di lapangan, dimana terdapat kondisi tangki di luar ruangan yang temperturnya mengikuti temperature lingkungan (*ambien*), tangki pendam, tangki di dalam ruangan pada temperature ambien, serta simulasi kondisi tangki di daerah panas yang temperatur maksimumnya dapat mencapai 43°C dan terdapat juga simulasi tangki daerah dingin yang temperature minimumnya mencapai 10°C.

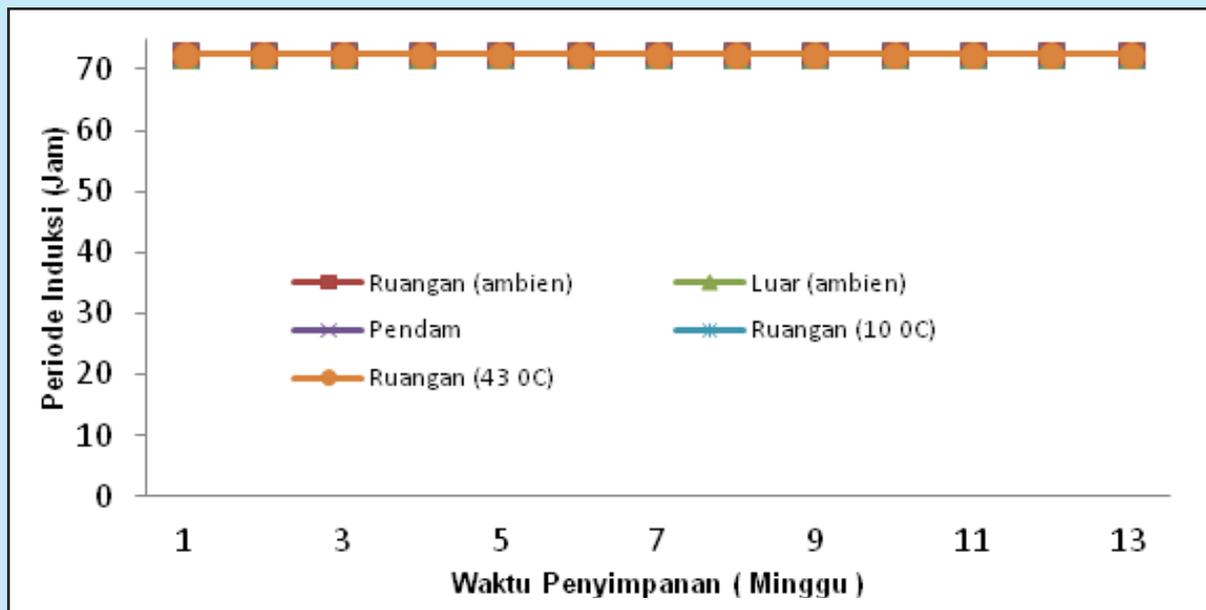


Gambar 2
Tangki pendam untuk penyimpanan dalam tanah (atas) dan tangki di luar ruangan (bawah).

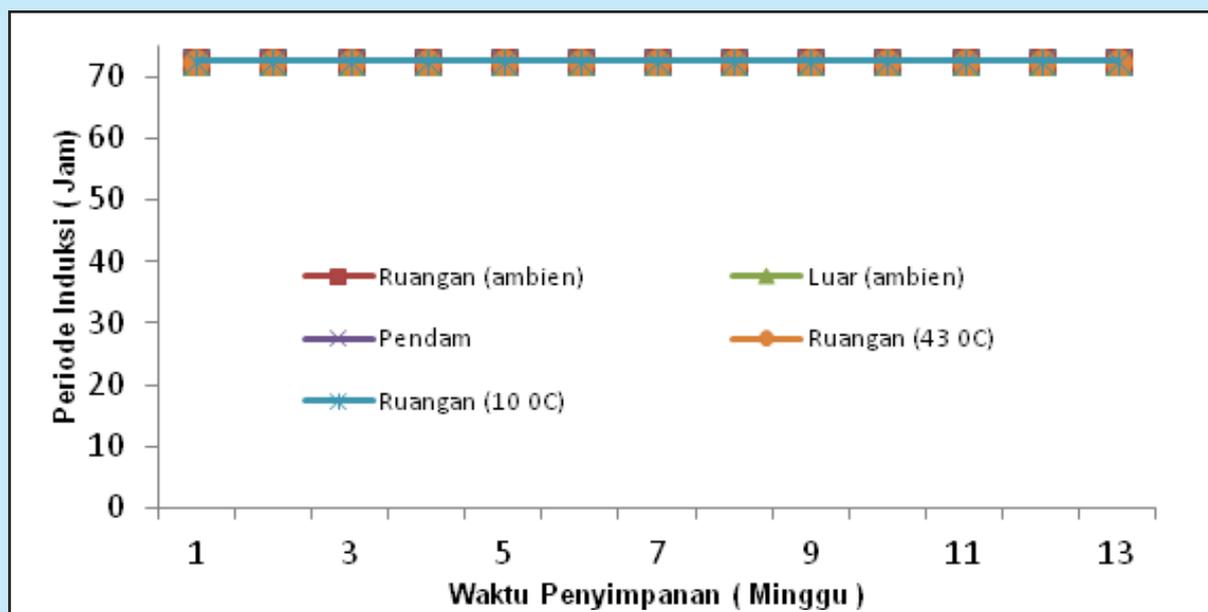
Hasil pengujian terhadap B-0, B-20 dan B-100 dalam rentang waktu 3 bulan ditunjukkan pada gambar 3, gambar 4 dan gambar 5 secara berurutan.

Dari gambar 3 sampai dengan gambar 5, tampak bahwa kondisi kestabilan oksidasi yang paling tinggi dan stabil dicapai oleh sampel B-0 dan B-20 pada seluruh kondisi pengujian. Hal ini dapat dipahami bahwa B-0 adalah minyak solar

murni yang di dalamnya hanya terdiri dari senyawa hidrokarbon dan beberapa senyawa pengotor, tidak ada kandungan asam-asam lemak atau komponen lain yang memiliki ikatan rangkap yang mudah teroksidasi sebagaimana biodiesel. Untuk sampel B-20, meskipun terdapat kandungan biodiesel yang mengandung asam-asam lemak di dalamnya, namun persentasenya yang sebesar 20% tidak menimbulkan pengaruh yang berarti pada penurunan kestabilan



Gambar 3
Grafik periode induksi terhadap waktu penyimpanan sampel B-0.



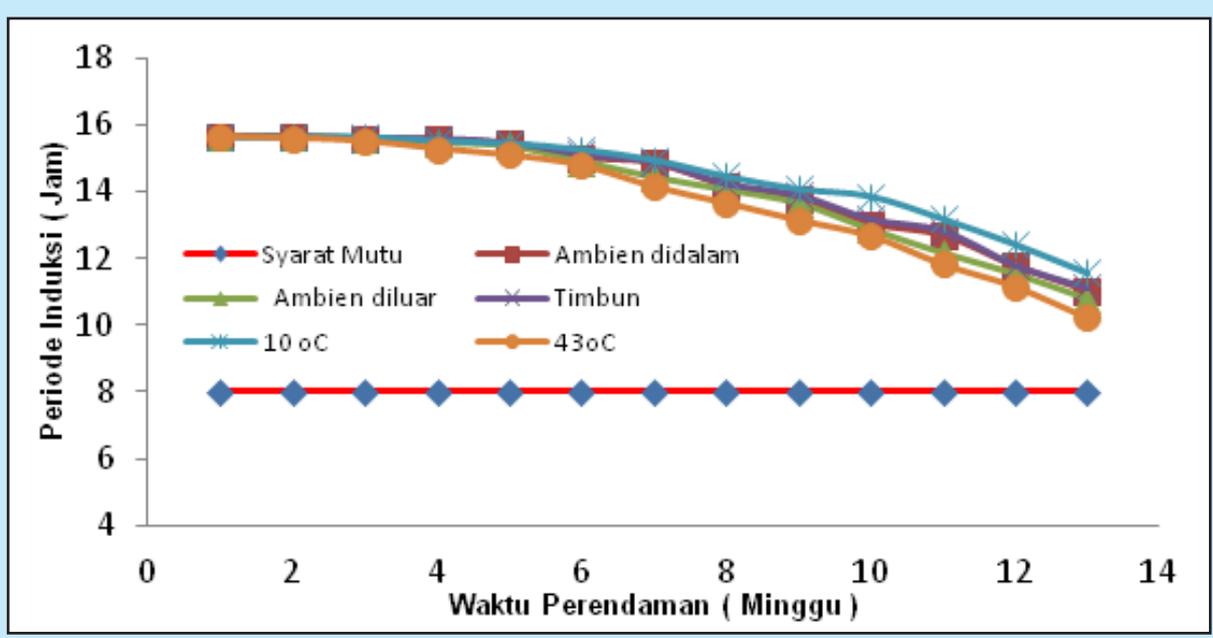
Gambar 4
Grafik periode induksi terhadap waktu penyimpanan sampel B-20.

oksidasi. Dengan demikian dapat kita simpulkan bahwa kondisi penyimpanan yang direpresentasikan dengan tangki penyimpanan pada kondisi dalam dan luar ruangan tidak berpengaruh pada kestabilan oksidasi sampel B-0 dan B-20.

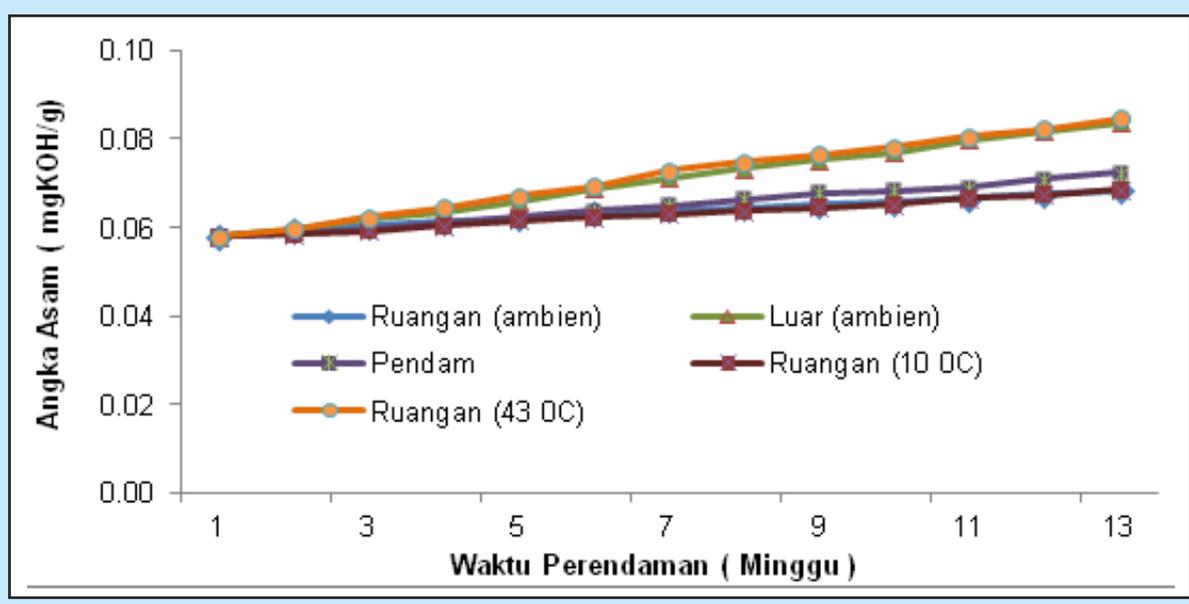
Hasil pengukuran periode induksi untuk sampel B-20 pada seluruh kondisi penyimpanan menunjukkan kestabilan yang sangat baik, dimana hingga 72 jam belum tercapai periode induksi.

Dalam penentuan batasan kestabilan oksidasi dengan metode Rancimat, kami merekomendasikan penetapan batasan minimal sebesar 35 jam untuk B-20, dimana dengan periode induksi sebesar ini diperkirakan kualitas B-20 tetap bertahan baik selama masa penyimpanan 3 bulan.

Untuk sampel B-100, sebagaimana diatur batasannya dalam spesifikasi Biodiesel SNI 7182:2015, batasan minimum periode induksi adalah



Gambar 5
 Grafik periode induksi terhadap waktu penyimpanan sampel B-100.

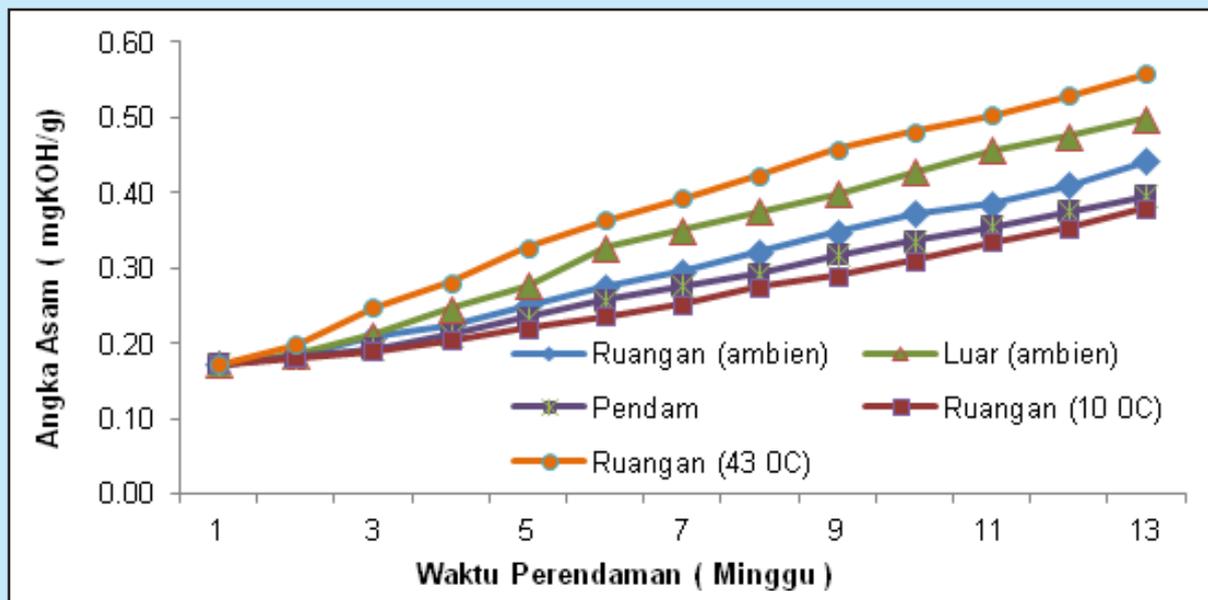


Gambar 6
 Grafik angka asam terhadap waktu penyimpanan sampel B-0.

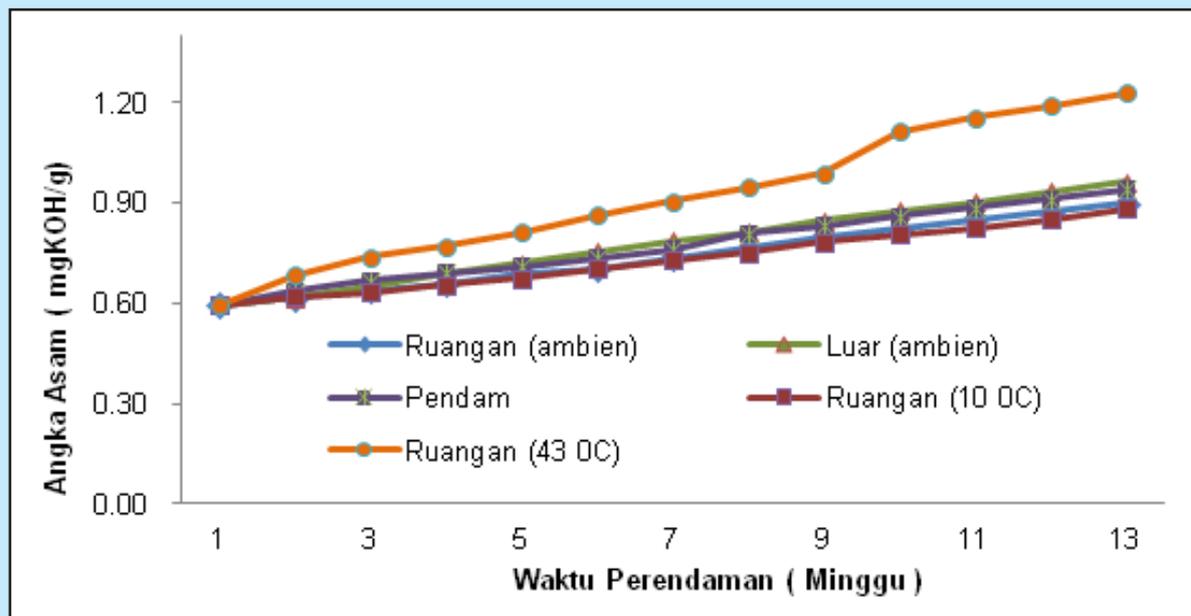
8 jam (480 menit). Gambar 3 menunjukkan bahwa sampel B-100 mengalami penurunan kestabilan oksidasi yang ditunjukkan dengan penurunan periode induksi selama periode pengujian pada seluruh kondisi penyimpanan. Penurunan kestabilan oksidasi tertinggi ditunjukkan oleh sampel pada kondisi penyimpanan di dalam ruangan dengan temperatur

43°C, disusul oleh sampel B-100 yang disimpan di tangki penyimpanan luar ruangan, dan penurunan periode induksi terendah didapatkan dari kondisi penyimpanan di dalam ruangan pada temperatur 10°C.

Efek temperatur terhadap kestabilan oksidasi adalah pada reaksi oksidasi dari ester asam lemak,



Gambar 7
 Grafik angka asam terhadap waktu penyimpanan sampel B-20.



Gambar 8
 Grafik angka asam terhadap waktu penyimpanan sampel B-100.

terutama pada asam lemak dengan rantai tak jenuh. Dengan laju reaksi oksidasi ditentukan oleh konstanta reaksi (persamaan Arrhenius) yang makin tinggi apabila temperatur naik (Lapuerta et al. 2012), maka hasil pengujian pada temperature 43°C memiliki laju reaksi oksidasi lebih tinggi dari kondisi penyimpanan lainnya. Produk primer dari reaksi oksidasi berupa senyawa hidroperoksida dan radikal bebas akan berlanjut ke tahap reaksi oksidasi berikutnya hingga terbentuk produk akhir yaitu senyawa asam dan polimer. Senyawa asam inilah yang terdeteksi dalam pengujian kestabilan oksidasi menggunakan metode Rancimat, dimana makin cepat terdeteksi maka periode induksinya menjadi semakin rendah.

Satu hal yang menjadi catatan selain menurunnya kestabilan oksidasi adalah dalam periode penyimpanan 3 bulan periode induksi dari seluruh sampel masih memenuhi batasan minimal yang ditentukan dalam SNI Biodiesel, yaitu sebesar 8 jam (480 menit). Dengan demikian maka dapat disampaikan bahwa selama masa penyimpanan 3 bulan, pada berbagai kondisi penyimpanan, biodiesel yang baik kualitasnya masih dapat memenuhi batasan kualitas stabilitas oksidasi yang dipersyaratkan.

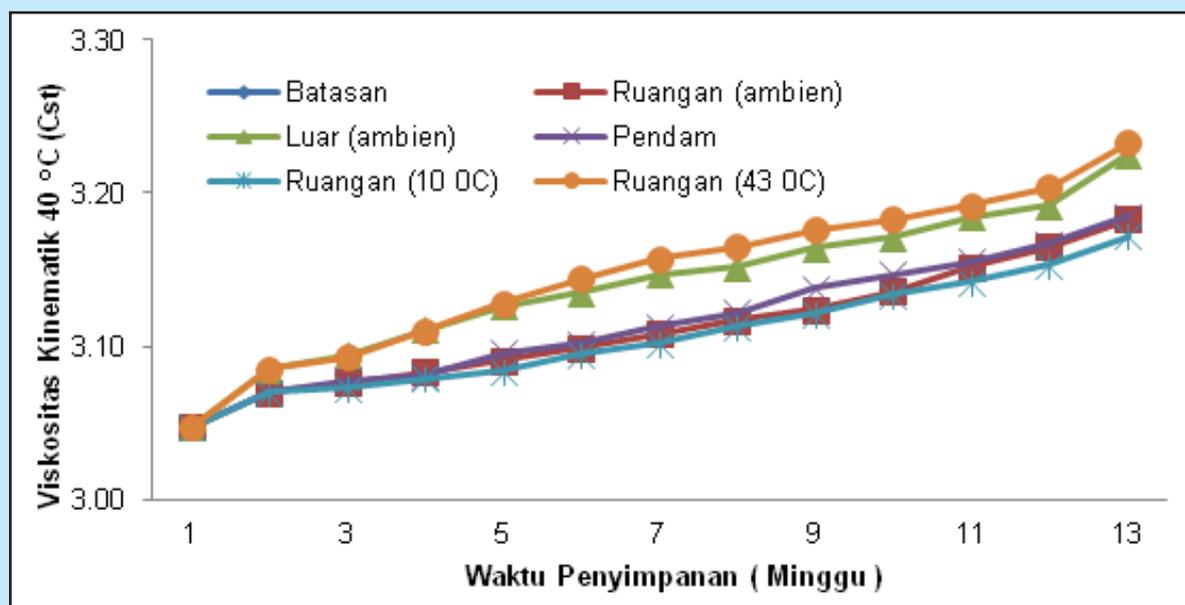
B. Angka asam

Angka asam diuji menggunakan metode titrimetrik mengikuti ASTM D664. Pada prinsipnya, pengujian ini mengukur seberapa banyak kandungan senyawa asam yang ada dalam sampel. Sejalan

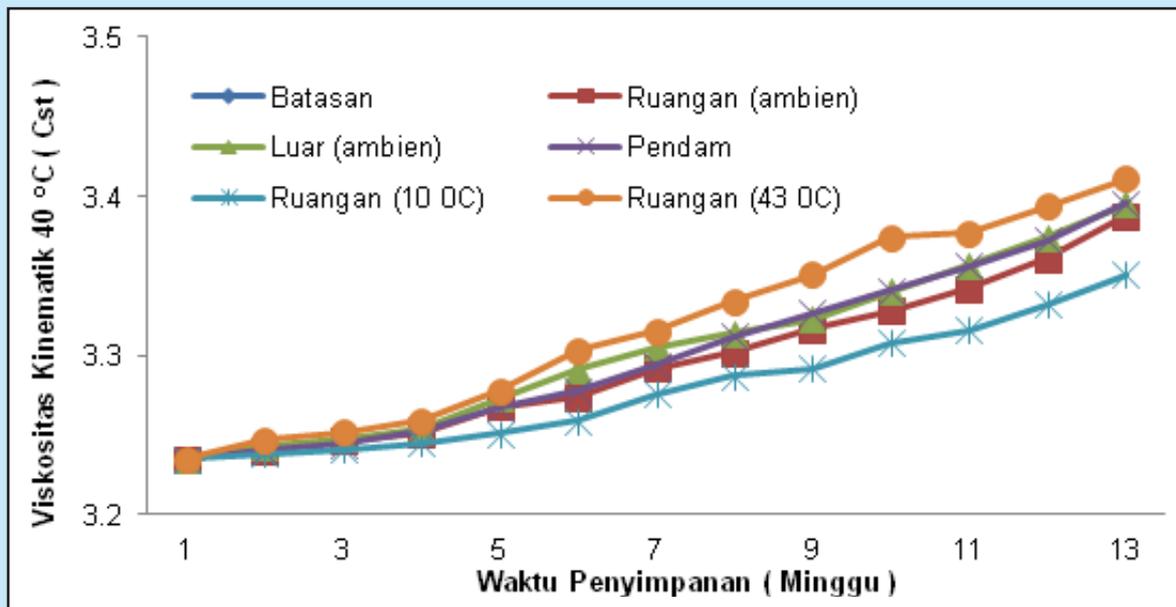
dengan waktu, perubahan angka asam biasa terjadi pada sampel biodiesel karena adanya reaksi oksidasi yang menghasilkan senyawa asam. Perubahan angka asam selama periode pengujian untuk sampel B-0, B-20 dan B-100 ditunjukkan pada Gambar 6, 7 dan 8 secara berurutan.

Dari gambar 6 hingga gambar 8, dapat diamati bahwa perubahan angka asam untuk sampel B-0, B-20 dan B-100 memiliki kecenderungan yang sama, yaitu bahwa kenaikan angka asam tertinggi dihasilkan pada kondisi penyimpanan dengan temperatur 43°C, disusul oleh kondisi penyimpanan di luar (ambien) dan yang ketiga adalah kondisi penyimpanan di dalam ruangan (ambien). Berdasarkan hasil pengamatan ini dapat disimpulkan bahwa temperatur penyimpanan berpengaruh pada kenaikan angka asam. Kondisi penyimpanan dengan temperatur rendah ataupun yang variasi temperaturnya rendah seperti pada tangki penyimpanan di suhu rendah (10°C) dan tangki pendam mengalami kenaikan angka asam yang rendah.

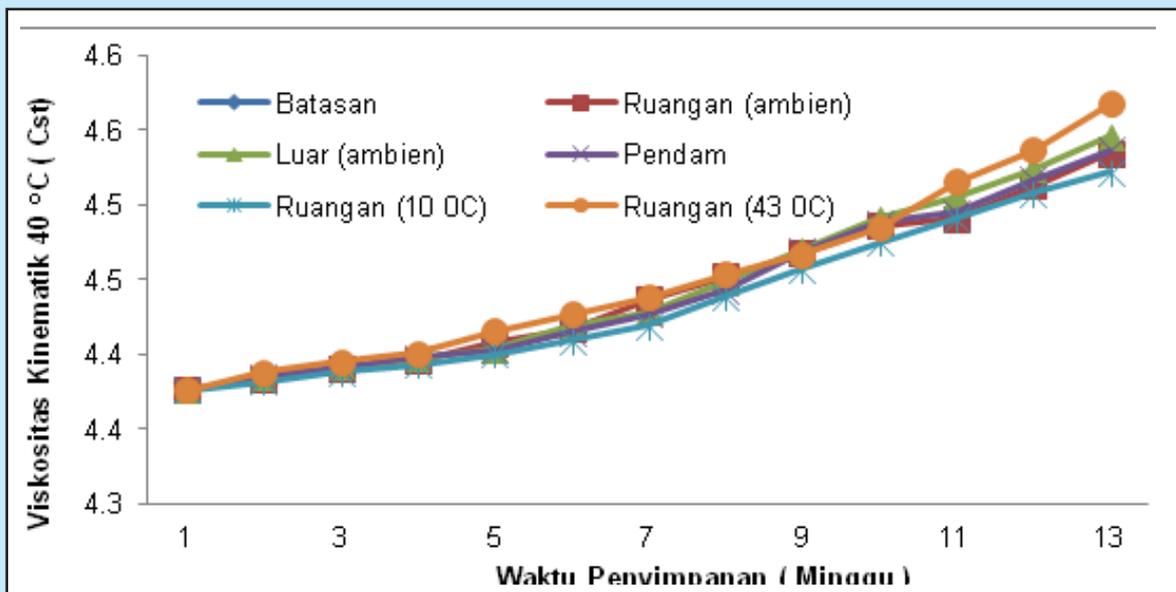
Kenaikan angka asam yang dipengaruhi oleh temperatur dapat dijelaskan sebagai berikut: kenaikan temperatur secara langsung berakibat pada kenaikan laju reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi sendiri terdiri dari beberapa tahapan, dimana reaksi oksidasi primer adalah pembentukan senyawa hidroksiperoksida. Hidroksiperoksida adalah senyawa yang tidak stabil yang dapat mengalami beberapa reaksi sekunder sekaligus. Reaksi sekunder menghasilkan senyawa-



Gambar 9
Grafik viskositas kinematik terhadap waktu penyimpanan sampel B-0.



Gambar 10
Grafik viskositas kinematik terhadap waktu penyimpanan sampel B-20.



Gambar 11
Grafik viskositas kinematik terhadap waktu penyimpanan sampel B-100.

senyawa aldehyd dan radikal yang akan mengalami reaksi akhir oksidasi membentuk senyawa asam dan aldehyd. Tergantung pada jenis reaksi sekunder dan tersier yang terjadi, produk akhir reaksi oksidasi sangat beragam. Penelitian oleh Flitsch et al. (2014) membuktikan peningkatan jumlah senyawa asam dengan panjang rantai yang berbeda dari C₃ hingga C₉.

Dari gambar 6-8, yang membedakan adalah nilai angka asam, dimana untuk B-0 meskipun mengalami kenaikan selama 3 bulan namun nilai angka asamnya masih kecil, tidak melewati batasan untuk angka asam B-0 yaitu sebesar 0,6 mg KOH/g. Nilai angka asam B-20 selama 3 bulan juga masih di bawah ambang batas maksimal angka asam. Untuk B-100,

hasil pengujian angka asam di akhir pengujian melebihi batas maksimum. Hal ini dikarenakan sampel yang dipakai kurang baik kualitasnya, dimana di awal periode pengujian pun nilai angka asamnya sebesar 0.58 mg KOH/g, sudah mendekati nilai maksimum yang dipersyaratkan.

Dari hasil yang diperoleh, kondisi penyimpanan terutama temperatur berpengaruh terhadap kenaikan angka asam. Periode penyimpanan selama 3 bulan masih menghasilkan kenaikan angka asam yang memenuhi persyaratan kualitas B-0 dan B-20, sedangkan untuk B-100 harus dipastikan bahwa kondisi biodiesel sebelum disimpan telah memenuhi persyaratan kualitas B-100, apabila nilai angka asam B-100 sudah mendekati batasan maksimum, maka direkomendasikan untuk menguji secara periodik angka asam selama disimpan.

C. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik adalah parameter yang kritikal karena berhubungan langsung dengan performa bahan bakar dalam mesin diesel. Pengujian viskositas kinematik menggunakan metode uji ASTM D445 dengan temperatur pengujian 40°C. Gambar 9-11 merupakan hasil pengujian untuk sampel B-0, B-20 dan B-100 secara berurutan.

Dari gambar 9-11 diperoleh kecenderungan yang sama dengan angka asam, dimana kondisi penyimpanan mempengaruhi kenaikan viskositas kinematik dengan kenaikan tertinggi diperoleh pada temperatur tertinggi yaitu 43°C diikuti oleh penyimpanan tangki di luar ruangan pada kondisi lingkungan. Sementara pada temperature rendah yaitu 10°C dan pada tangki pendam kenaikan viskositas kinematik terjadi namun pada besaran yang lebih rendah.

Dari kondisi ini, terdapat hubungan antara kenaikan angka asam dengan kenaikan viskositas kinematik. Hal ini karena naiknya temperatur secara umum berakibat pada penurunan viskositas kinematik, namun dalam hal kondisi penyimpanan selama 3 bulan ini, justru terjadi fenomena lain yang memiliki pengaruh lebih besar yaitu kenaikan viskositas kinematik pada kenaikan temperatur penyimpanan. Sebagaimana hasil yang diperoleh pada penelitian Flitsch et al. (2014) bahwa produk-produk penyimpanan (*aging*) yang dipercepat dengan reaksi oksidasi meliputi senyawa asam seperti asam asetat dan asam format, juga terdapat senyawa aldehid, alkohol dan epoksida. Reaksi dalam oksidasi asam lemak biodiesel merupakan reaksi kompleks yang di dalamnya juga terjadi reaksi epoksidasi, dehidrasi, dan oligomerisasi.

Produk-produk oksidasi inilah yang kemudian terlarut dalam biodiesel dan pada waktu yang cukup akan meningkatkan viskositas kinematik biodiesel. Hubungan yang linier antara angka asam dengan viskositas kinematik biodiesel juga diamati oleh Tasyurek et al. (2010) yang menyatakan bahwa kondisi penyimpanan yang tidak sesuai menyebabkan kenaikan viskositas seiring dengan bertambah lamanya periode penyimpanan. Rekomendasi yang diberikan adalah penjadwalan yang tepat antara produksi dengan pemakaian biodiesel sehingga penyimpanan tidak melebihi waktu 3 bulan, selain itu material tangki penyimpanan yang memperlambat reaksi oksidasi seperti *stainless steel* dan krom nikel sebaiknya digunakan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh pada pengujian stabilitas oksidasi, angka asam dan viskositas kinematik dari sampel B-0, B-20, dan B-100 selama 3 bulan pada variasi kondisi penyimpanan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Kondisi penyimpanan yang paling berpengaruh terhadap stabilitas oksidasi adalah temperatur, dimana kondisi penyimpanan pada temperatur tinggi menyebabkan penurunan kualitas B-0, B-20 dan terutama B-100. Penurunan kualitas yang diamati selama 3 bulan yaitu penurunan periode induksi, kenaikan angka asam, dan kenaikan viskositas kinematik.

Perubahan kualitas B-0, B-20 dan B-100 selama masa penyimpanan akibat reaksi oksidasi pasti terjadi pada berbagai kondisi penyimpanan. Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan, maka rekomendasi untuk kondisi penyimpanan yang dapat memperlambat terjadinya oksidasi adalah pada kondisi temperatur yang rendah dan dengan penggunaan tangki pendam.

KEPUSTAKAAN

- Anitescu, G. and T.J. Bruno**, *Liquid biofuels: Fluid properties to optimize feedstock selection, processing, refining/blending, storage/transportation, and combustion*. Energy & Fuels, 2011. 26(1): p. 324-348.
- Bezergianni, S., K. Kalogeras, and P.A. Pilavachi**, *On maximizing biodiesel mixing ratio based on final product specifications*. Computers & Chemical Engineering, 2011. 35(5): p. 936-942.
- Flitsch, S., et al.**, *Quantitation of Aging Products Formed in Biodiesel during the Rancimat Accelerate*

- Oxidation Test*. Energy & Fuels, 2014. **28**(9): p. 5849-5856.
- Jain, S.** and **M. Sharma**, *Oxidation stability of blends of Jatropha biodiesel with diesel*. Fuel, 2011. **90**(10): p. 3014-3020.
- Knothe, G.**, *Some aspects of biodiesel oxidative stability*. Fuel Processing Technology, 2007. **88**(7): p. 669-677.
- Karavalakis, G.** and **S. Stournas**, *Impact of Antioxidant Additives on the Oxidation Stability of Diesel / Biodiesel Blends*. Energy & Fuels, 2010. **24**(6): p. 3682 - 3686.
- Lapuerta, M.**, et al., *Effect of the test temperature and anti-oxidant addition on the oxidation stability of commercial biodiesel fuels*. Fuel, 2012. **93**: p. 391-396.
- Oliveira, M.B.**, et al., *Another look at the water solubility in biodiesels: Further experimental measurements and prediction with the CPA EoS*. Fuel, 2012. **97**: p. 843-847.
- Pattamaprom, C.**, **W. Pakdee**, and **S. Ngamjaroen**, *Storage degradation of palm-derived biodiesels: its effects on chemical properties and engine performance*. Renewable energy, 2012. **37**(1): p. 412-418.
- Taşyürek, M.**, **M. Acaroğlu**, and **A. Kahraman**, *The effects of storage conditions on viscosity of biodiesel*. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 2010. **32**(7): p. 645-656.
- Yang, Z.**, et al., *Factors affecting oxidation stability of commercially available biodiesel products*. Fuel processing technology, 2013. **106**: p. 366-375.