

# Analisa Pengaruh Penambahan Butil Hidroksi Toluena pada Korosifitas Biodiesel Minyak Jelantah Terhadap Baja Karbon

Mukhlis<sup>[1]</sup>, Adhi setiawan<sup>[2]</sup>  
Jurusan Teknik Bangunan Kapal<sup>[1]</sup>, Teknik Permesinan Kapal<sup>[2]</sup>  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Surabaya, Indonesia  
mukhlis.adam@ppns.ac.id

**Abstract**— Biodiesel merupakan bahan bakar merupakan bahan bakar nabati yang dapat diperbarui dan bersifat ramah lingkungan. Keberadaan biodiesel diharapkan dapat mampu menjadi bahan bakar alternatif dimasa mendatang akibat menipisnya cadangan bahan fosil. Kelebihan bahan bakar biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar antara lain *biodegradable*, tidak beracun, serta dapat menggantikan bahan bakar solar diesel dalam banyak aplikasi seperti *boiler* dan mesin pembakaran internal tanpa modifikasi pada mesin atau kehilangan unjuk kerja. Biodiesel bersifat higroskopis serta mudah teroksidasi oleh udara menghasilkan asam lemak bebas yang bersifat korosif terutama pada logam baja. *Butil hidroksi toluene* merupakan senyawa organik turunan fenol yang menjadi alternatif inhibitor pada produksi biodiesel karena dapat meningkatkan stabilitas biodiesel terhadap pengaruh oksidasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel yang diproduksi dari minyak jelantah memiliki kandungan FAME sebesar 98,35% dengan komponen terbesar berupa *metal palmitat* dan *metil linoleat* masing-masing sebesar 31,31% dan 14,3%. Karakteristik biodiesel yang diproduksi memiliki viskositas 3,5 cPs, kadar air 0,03%, TAN 0,06 mg KOH/g, dan sulfur 0,12%. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa sampel baja karbon yang diimmersi pada biodiesel selama 30 hari pada suhu 30°C dengan konsentrasi BHT 150 ppm memiliki tingkat korosi paling rendah dibandingkan dengan sampel biodiesel tanpa menggunakan BHT.

**Keywords**— BHT; inhibisi korosi

## I. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan bahan bakar nabati yang dapat diperbarui dan bersifat ramah lingkungan. Keberadaan biodiesel diharapkan dapat mampu menjadi solusi alternative dimasa mendatang akibat menipisnya cadangan bahan fosil. Biodiesel tersusun dari monoalkil ester fatty acid yang dapat disintesis dari minyak tumbuhan, hewan, maupun alga [1].

Beberapa kelebihan dari penggunaan bahan bakar biodiesel antara lain *biodegradable* (dapat terurai oleh lingkungan), tidak beracun, serta dapat menggantikan bahan bakar solar diesel dalam banyak aplikasi seperti boiler dan mesin pembakaran internal tanpa modifikasi pada mesin atau kehilangan unjuk kerja. Bahkan dengan pemakaian biodiesel mampu mereduksi emisi hidrokarbon (HC), karbonmonoksida (CO), dan particulate matter (PM) serta dapat mengeliminasi emisiusulfat dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) [2]. Selain itu, biodiesel memiliki sifat yang hampir sama seperti halnya bahan bakar

diesel konvensional dalam berbagai hal diantaranya viskositas, flash point, cetane number, dll[3].

Pada umumnya material yang seringkali digunakan dalam penyimpanan bahan bakar adalah baja karbon sehingga sangat penting untuk menginvestigasi proses korosi dan inhibisikorosi baja karbon di dalam bahan bakar solar dan bahan bakar campuran biodiesel-solar [4]. Korosi pitting seringkali diamati pada sampel logam yang terkontak dengan biodiesel. Sedangkan pada sampel logam yang terkontak dengan bahan bakar solar tidak menunjukkan gejala korosi pitting. Korosi pitting juga ditemui pada logam kuningan yang terintegrasi dengan nozeloli setelah 10 jam dioperasikan dengan biodiesel [5].

Butilhidroksi toluene (BHT) merupakan senyawa organik turunan dari fenol. BHT seringkali digunakan sebagai bahan aditiv pada makanan yang memiliki sifat sebagai antioksidan. BHT juga merupakan bahan antioksidan yang digunakan dalam beragam produk seperti kosmetik, farmasi, karet, minyak trafo, dan pembalseman cairan. Di dalam industri minyak bumi BHT dapat digunakan sebagai aditiv bahan bakar serta ditemukan dalam aplikasi fluida hidrolik, minyak gear dan turbin, serta bahan bakar jet[6]. BHT merupakan senyawa organik dengan cincin aromatic yang memiliki kemampuan untuk teradsorpsi pada permukaan logam sehingga dapat membentuk lapisan monolayer antara biodiesel dan permukaan logam. Hal ini memungkinkan adanya proses inhibisikorosi pada permukaan logam.

Pada penelitian ini difokuskan untuk mempelajari pengaruh penambahan inhibitor BHT terhadap proses korosi baja karbon di dalam bahan bakar biodiesel. Pemilihan material baja karbon sebagai pertimbangan bahwa hampir seluruh bagian mesin diesel dibuat dari material baja karbon. Dengan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang mekanisme inhibisikorosi baja karbon di dalam bahan bakar biodiesel sehingga penggunaan biodiesel dapat diaplikasikan pada mesin diesel secara aman tanpa menimbulkan masalah korosi sehingga dapat meningkatkan *life time* dari peralatan mesin diesel yang berbahan bakar biodiesel.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Sintesis dan karakterisasi biodiesel

Sintesis biodiesel dilakukan dengan metoda dua tahapan reaksi yaitu tahap esterifikasi yang dilakukan dengan mereaksikan sejumlah volume minyak jelantah dengan metanol pada suhu 35°C dengan katalis asam disertai dengan pengadukan selama 5 menit. Setelah proses tersebut selesai dilanjutkan dengan pengadukan tanpa pemanasan selama 1 jam dan didiamkan hingga 24 jam. Tabel 1 menunjukkan karakteristik dari bahan baku minyak goreng setelah perlakuan filtrasi.

Tabel 1. Karakteristik Minyak Goreng Bekas

Parameter	Hasil Analisa	Metode
Densitas 30 °C (g/cm <sup>3</sup> )	0,9128	piknometer
Kadar air (%)	1,29	ASTM D-6304
Viskositas 30°C (Cps)	8,90	ASTM D-445
Bilangan asam (mg KOH/g)	2,54	volumetri

Tahap kedua merupakan tahap transesterifikasi dari trigliserida yang dilakukan mencampurkan larutan metoksida dengan hasil dari proses tahap pertama. Setelah proses pencampuran dilanjutkan dengan pemanasan hingga suhu 60 °C selama 3 jam diikuti dengan pengadukan. Setelah itu campuran dipindahkan ke dalam corong pisah kemudian didiamkan selama 24 jam, akan terbentuk lapisan gliserol dan lapisan biodiesel. Setelah proses tersebut selesai dilanjutkan dengan memisahkan lapisan biodiesel dan gliserol. Biodiesel yang terbentuk dicuci pada pH netral beberapa kali dengan air. Menguapkan sisa air yang terdistribusi dalam biodiesel dengan dioven pada suhu 105 °C. Pisahkan biodiesel dari garam-garam yang mengendap dengan penyaringan. Filtrat yang diperoleh merupakan senyawa metil ester (biodiesel) hasil sintesis. Biodiesel yang telah disintesis dari minyak goreng bekas dan telah mengalami transesterifikasi selanjutnya dianalisis beberapa karakteristiknya seperti densitas, viskositas, kadar air, angka asam serta kadar FAME nya dengan menggunakan uji GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrofotometry*)

### B. Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan menggunakan metode uji celup berdasarkan ASTM G-31. Dalam pengujian ini plat baja dipotong dengan dimensi 15 x 15 x 1mm. Sebelum dilakukan uji pencelupan potongan logam tersebut diabrasi dengan menggunakan kertas gosok berukuran 400-1200 grit untuk membersihkan kotoran dan kerak korosi pada permukaan logam uji tersebut. Selanjutnya setelah diabrasi logam uji dibersihkan dengan aquadest dan dibilas dengan acetone. Setelah dicuci logam uji dikeringkan di dalam oven untuk menghilangkan sisa pelarut dengan suhu pengeringan 60 °C selama 3 jam dilanjutkan dengan penimbangan. Setelah logam uji ditimbang dilanjutkan dengan pencelupan logam uji pada biodiesel-solar dalam wadah beaker glass 600 ml selama 720 jam pada suhu 30 °C. Setelah uji pencelupan dilakukan pembersihan dan penimbangan untuk mengetahui besarnya

massa yang hilang akibat korosi. Besarnya laju korosi dihitung dengan persamaan:

Besarnya laju korosi dihitung dengan persamaan:

$$CR(mmy) = 8,76 \frac{\Delta m}{\rho TS} \quad (1)$$

CR dinyatakan dalam mmy, W adalah berat yang hilang (g), D adalah densitas (g/cc), T adalah waktu celup (jam) dan A adalah luas area logam uji (m<sup>2</sup>). Morfologi logam uji setelah mengalami korosi di uji dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM-EDX)

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Biodiesel yang diperoleh dari hasil esterifikasi dan transesterifikasi minyak goreng bekas memiliki karakteristik sebagaimana yang disajikan pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Karakteristik Biodiesel Hasil Sintesis

Parameter	SNI	HasilAnalisa
Densitas (g/ml)	0,85-0,89	0,865
Viskositas (CPs)	2,3-6	3,5
Moisture content (% wt)	maks. 0,05%	0,03
TAN (mgKOH/g)	maks. 0,8	0,06
Sulfur (ppm)	maks. 100	0,12
Kadar FAME (% wt)	min. 96,5	98,41

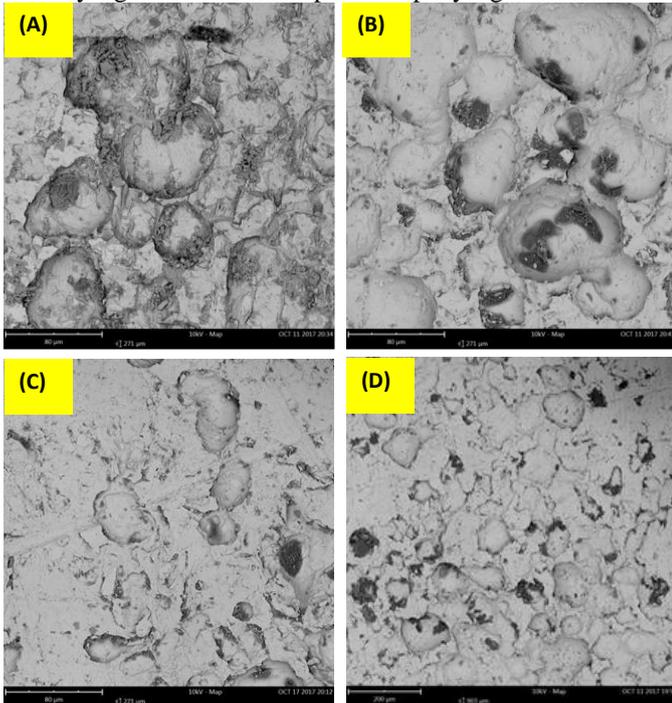
Biodiesel yang dihasilkan berdasarkan tabel di atas sudah sesuai dengan standart SNI sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar konvensional. Hasil analisa *Mass Spectrofotometry* menunjukkan bahwa komponen biodiesel tersusun dari FAME yang terdiri dari metilpalmitat, metillinoleat, metiloleat, dan metilstearat dengan komposisi yang disajikan padatabel 3. Kandungan total FAME pada biodiesel yang disintesis dengan menggunakan waktu reaksi 3 jam sebesar 98,41% dengan komponen penyusun terbesar berupa metiloleat

Tabel 3 Kandungan FAME

Komponen FAME	Kandungan (%)
Metilpalmitat	31,31
Metillinoleat	14,3
Metiloleat	45,54
Metil stearate	7,2

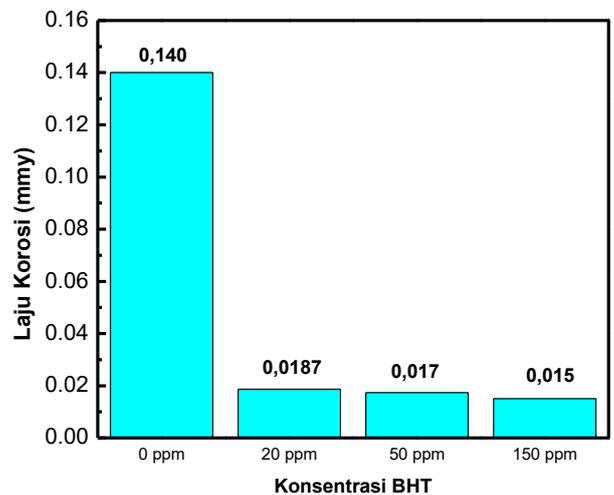
Gambar 1 menunjukkan hasil SEM dari permukaan baja karbon yang telah terkontak dengan biodiesel pada berbagai variasi konsentrasi BHT. Baja karbon yang di immersi di dalam biodiesel dengan konsentrasi 0 ppm BHT menunjukkan kerusakan atau degradasi permukaan yang cukup signifikan dibandingkan logam baja karbon yang mengandung BHT. Daerah yang terserang korosi pada gambar tersebut ditunjukkan oleh daerah yang berwarna gelap. Hasil uji morfologi menunjukkan bahwa dengan meningkatkan konsentrasi BHT dari 0 ppm hingga 150 ppm cenderung menurunkan tingkat kerusakan dari logam akibat korosi yang disebabkan oleh biodiesel. Biodiesel yang mengandung

inhibitor BHT dengan konsentrasi 150 ppm memiliki daerah korosi yang lebih rendah daripada sampel yang lain.



Gambar 1. SEM Baja Karbon pada Konsentrasi BHT (A) 0 Ppm (B) 20 Ppm (C) 50 Ppm, Dan (D) 150 Ppm

Laju korosi baja karbon cenderung menurun dengan meningkatnya konsentrasi inhibitor BHT sebagaimana data disajikan pada gambar 4. Penambahan BHT dapat menurunkan laju korosi baja karbon disebabkan adanya pembentukan lapisan film proteksi pada permukaan baja karbon. Dengan meningkatkan konsentrasi inhibitor dapat meningkatkan energy aktivasi pada reaksi inhibisi biodiesel yang diinterpretasikan sebagai adsorpsi fisik BHT pada permukaan logam [7]. Pada gambar 2 menunjukkan bahwa laju korosi minimum dari baja karbon terjadi pada konsentrasi BHT 150 ppm yaitu sebesar 0,015 mmy. Tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi BHT 20 ppm dapat menurunkan laju korosi pada baja karbon dengan cukup signifikan. Bahkan pada konsentrasi tersebut, efisiensi dari proses inhibisi mencapai 86,6%. Ketika konsentrasi ditingkatkan dari 20 ppm hingga 150 ppm tidak terjadi kenaikan efisiensi inhibitor yang signifikan. Oleh karena itu BHT merupakan jenis antioksidan sekaligus inhibitor yang cukup efektif dalam menurunkan laju korosi biodiesel terhadap baja karbon.

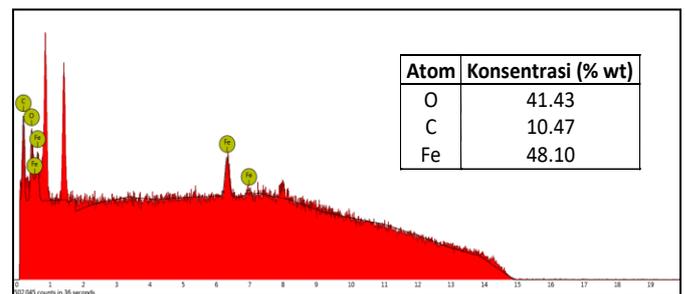


Gambar 2. Laju Korosi Baja Karbon pada Biodiesel dengan Variasi Konsentrasi BHT

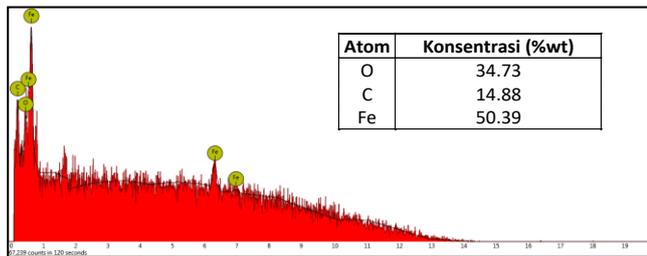
Tabel 3. Efisiensi Inhibitor

Konsentrasi BHT (ppm)	efisiensiinhibitor (%)
0	0
20	86.6
50	87.6
150	89.3

Proses inhibisi oleh BHT dapat disebabkan oleh dua faktor antara lain kemampuan dari BHT untuk teradsorpsi pada permukaan baja karbon. Melekul dari BHT mampu teradsorpsi dan menutupi permukaan logam melalui satu pasang elektron dari gugus OH [7]. Faktor kedua disebabkan inhibisi biodiesel terhadap oksidasi sehingga dapat menurunkan bilangan asam serta peroksida pada biodiesel. Penurunan bilangan asam dan peroksi menyebabkan laju korosi menurun [8].



Gambar 3. EDX Baja Karbon pada Konsentrasi BHT 0 Ppm



Gambar 4. EDX Baja Karbon pada Konsentrasi BHT 150 Ppm

Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan spectrum EDX dari baja karbon pada konsentrasi BHT 0 ppm dan 150 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi atom oksigen pada baja karbon dengan konsentrasi BHT 150 ppm dibandingkan dengan konsentrasi BHT 0 ppm. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa produk korosi berupa oksida logam pada konsentrasi BHT 0 ppm lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 150 ppm. Fazal dkk [9] menganalisa bahwa produk korosi baja karbon oleh biodiesel berupa oksida  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $FeOOH$  melalui analisis dengan menggunakan metode XRD.

#### IV. KESIMPULAN

Biodiesel minyak jelantah merupakan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan namun bersifat korosif pada baja karbon. Penambahan inhibitor BHT dapat menurunkan laju korosi secara signifikan pada biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatkan konsentrasi BHT dari 0 ppm hingga 150 ppm dapat menurunkan laju korosi baja karbon dari 0,14 mmy menjadi 0,015 mmy. Efisiensi inhibisi BHT pada konsentrasi 150 ppm sebesar 89,3%. Penurunan laju korosi biodiesel disebabkan BHT dapat teradsorpsi pada permukaan baja karbon. Hasil SEM

menunjukkan bahwa pada konsentrasi 150 ppm memiliki tingkat kerusakan permukaan yang paling rendah dibandingkan dengan sampel yang lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Knothe, G., "Analysis of oxidized biodiesel by  $^1H$ -NMR and effect of contact area with air", *Eur J. of Lipid Science Technology*, 108, pp. 493–500, 2006
- [2] Silva, M.A.V., Ferreira, B.A.G., Marques, L.G.C., Murta, A.L.S., Freitas, M.C.V., Marcos A.V., "Comparative study of NOx emissions of biodiesel-diesel blends from soybean, palm and waste frying oils using methyl and ethyl transesterification routes", *J. of Fuel*, 194, pp. 144-156, 2017
- [3] Noiroj, K., Intarapong, P., Luengnaruemitchai, A., and Jai-In, S., A "Comparative study of KOH/ $Al_2O_3$  and KOH/NaY catalysts for biodiesel production via transesterification from palm oil", *J. Renewable Energy*, 34, pp. 1145-1150, 2009
- [4] Fussler, C.R., Krummenacher, B.A., "Key to better environmental material choices in automotive design", *J. Material Desain*, 12, pp. 123–128, 1991
- [5] Sgroi, M., Bollito, G., Saracco, G., Specchia, S., "BIOFEAT: Biodiesel fuel processor for a vehicle fuel cell auxiliary power unit -study of the feed system", *J. of Power Sources*, 149, pp. 8–14, 2005
- [6] Babu, B., Wu, J.T., "Production of Natural Butylated Hydroxytoluene as an Antioxidant by Freshwater Phytoplankton", *J. Phycol*, 44, pp. 1447–54, 2008
- [7] Martinez, S., Štern, I., "Inhibitory mechanism of low carbon steel corrosion by mimosa tannin in sulphuric acid solutions", *J Appl Electrochem*, 31, pp. 973–8, 2001
- [8] Fernandes, D.M., Montes, R.H.O., Almeida, E.S., Nascimento, A.N., "Oliveira PV, Richter EM, et al. Storage stability and corrosive character of stabilised biodiesel exposed to carbon and galvanised steels", *Fuel*, 107, pp. 609-614, 2013
- [9] Fazal, M.A., Haseeb, A., and Masjuki, H.H., "Comparative Corrosive Characteristics of Petroleum Diesel and Palm Biodiesel for Automotive Materials", *J. of Fuel Process Technology*, 91, 1308-1315, 2010