

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 6, No. 1, April 2018



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, dan mulai tahun ini berisi 15 naskah untuk setiap nomornya. Peningkatan jumlah naskah pada setiap nomornya ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota PERTETA tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam invited paper yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, review perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, technical paper hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta research methodology berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (online submission) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 6 No. 1 April 2018. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Nurpilihan Bafdal, M.Sc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarto, M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Andri Prima Nugroho, STP., M.Sc (Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya, M.App.Sc., Ph.D (Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana), Dr.Ir. Amin Rejo, M.P (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Hasbi, MSi (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Siti Nikmatin, M.Si (Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor), Dr. Farkhan (PT. CNC Controller Indonesia), Dr. Alimuddin, ST., MM., MT (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa) Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, STP., M.Si (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember), Dr. Radi, STP., M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Lenny Saulia, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Nursigit Bintoro, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Andasuryani, STP., M.Si (Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Andalas), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. Nora H. Pandjaitan, DEA (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Rusnam, MS (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Radi, STP., M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr. Suhardi, STP., MP (Program Studi Keteknikan Pertanian, Universitas Hasanuddin) Dr. Ir. Yuli Suharnoto, M.Eng (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Kajian Efek Medan Elektromagnet terhadap Karakteristik Semburan Bahan Bakar Solar, Biodiesel dan Campuran Keduanya

Study of Electromagnetic Field Effects on the Characteristics of Diesel and Biodiesel Fuel Spray

Tatun Hayatun Nufus, Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta. Email: thnufus@gmail.com

Wawan Hermawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: w_hermawan@ipb.ac.id

Radite Praeko Agus Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: iwan_radit@yahoo.com

Armansyah Halomoan Tambunan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: ahtambun@ipb.ac.id

Abstract

Research on optimization of diesel engine fuel have been conducted, among other, by utilizing the electromagnetic field. To prove that by using the electromagnetic field of the combustion process to be optimal among them is to analyze the character of atomization. The purpose of this research was to analyze the effect of fuel magnetization on the fuel spray pattern. Experiments were conducted using several fuel including diesel fuel, mixtures of diesel fuel and biodiesel of 10%, 40%, 70%, and biodiesel. Before the spraying test, the fuel was exposed to strong electromagnetic field with variation of wound coil 5000-9000 winding (876-1300 Gauss) for 5 minutes. The spraying test used an injector tester at a pressure of 14.7 Mpa. The spray was observed using a high-speed camera. It was appeared that the larger magnetic field applied to the fuel caused the viscosity to fall in the range of 5-15%, increasing the angle of the sprays or widespread area of the bursts in the range of 3.5-12%, and the particle size of the bursts becomes smaller by 0.2916-0.975 nm. This information is considered to be useful for further research in order to resolutely clarify the phenomenon of efficient combustion process of fuel after exposure to magnetic field.

Keywords: *biodiesel, combustion, electromagnet, fuel, spray*

Abstrak

Berbagai penelitian tentang pengoptimalisasian bahan bakar motor diesel telah banyak dilakukan, salah satunya dengan memanfaatkan medan elektromagnet. Untuk membuktikan bahwa dengan menggunakan medan elektromagnet proses pembakaran menjadi optimal diantaranya adalah dengan menganalisis karakter semburan bahan bakar. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efek magnetisasi bahan bakar terhadap pola semburan bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah solar, B10, B40, B70, dan biodiesel. Bahan bakar yang dicoba diberi paparan kuat medan elektromagnet dengan variasi jumlah lilitan kawat 5000-9000 lilitan 836.45 - 1353 Gauss selama 5 menit (300 detik) dan dilanjutkan dengan proses penyemprotan melalui alat injector tester pada tekanan 14.7 Mpa. Hasilnya diamati dengan kamera kecepatan tinggi. Tampak bahwa makin besar medan magnet yang diberikan pada bahan bakar menyebabkan viskositas turun pada kisaran 5-15%, meningkatkan sudut semburan atau luas daerah semburan menjadi lebih besar berkisar 3.5-12%, dan ukuran partikel semburan menjadi lebih kecil sebesar 0.2916-0.975 nm. Informasi ini berguna untuk penelitian lebih lanjut agar secara jelas dapat mengklarifikasi fenomena magnetisasi bahan bakar terhadap proses pembakaran yang efisien.

Kata kunci : *bahan bakar, biodiesel, elektromagnet, pembakaran, semburan.*

Diterima: 9 Mei 2017; Disetujui: 29 September 2017

Latar Belakang

Tidak sempurnanya proses pembakaran merupakan masalah yang dijumpai dalam usaha peningkatan kinerja motor diesel. Kualitas bahan bakar yang kurang baik menjadi salah satu faktor penyebab ketidaksempurnaan atau efektivitas pembakaran. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, di antaranya pencampuran zat aditif pada bahan bakar yang mengakibatkan angka *cetana* naik serta proses pembakaran lebih baik dan daya mesin meningkat (Rahhal, Ghata and Hourieh, 2009; Fayyazbakhsh and Pirouzfard, 2015). Namun metode ini memiliki kekurangan yaitu hampir semua aditif kimia yang banyak beredar mengandung unsur logam yang membahayakan bagi kesehatan manusia.

Cara lain yang dapat diterapkan adalah magnetisasi bahan bakar, dengan cara memasang magnet permanen pada saluran bahan bakar menuju ruang bakar. Sejumlah peneliti telah melaporkan bahwa magnetisasi bahan bakar menghasilkan penurunan konsumsi bahan bakar (9-30%) dan pengurangan kadar emisi gas buang HC (5-32%) serta penurunan CO (5-34.3%) (Govindasamy and Dhandapani, 2009; Faris et al., 2012; Patel and Rathod, 2014; Ugare et al., 2014). Akan tetapi, penggunaan magnet permanen juga mempunyai kelemahan, yaitu sifat kemagnetannya akan berkurang dengan berjalannya waktu.

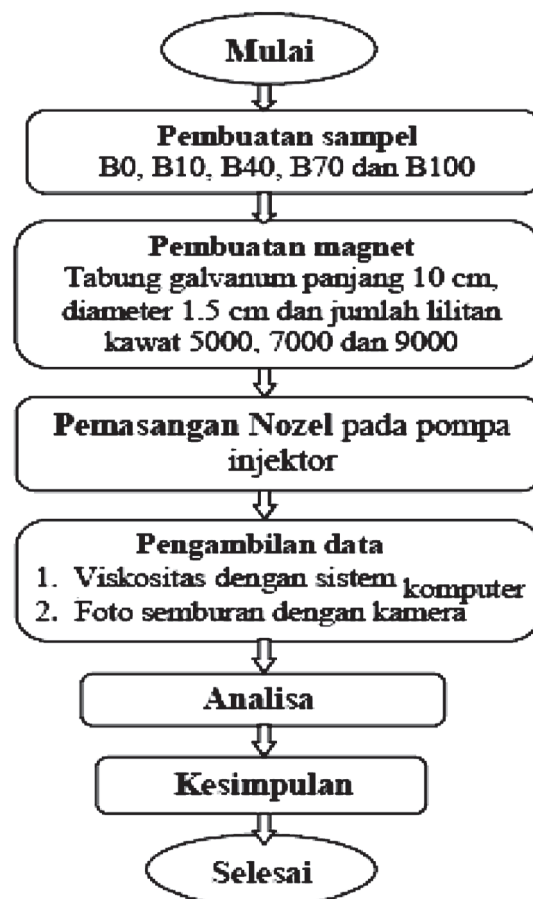
Peneliti lain mencoba menggunakan elektromagnet, dan melaporkan bahwa penggunaannya pada motor bensin maupun Diesel dapat menurunkan konsumsi bahan bakar hingga 12.8-30% dan menurunkan kadar emisi gas buang HC sebesar 44-58% serta CO sebesar 35-80% (Chaware, 2015; Fatih and Gad, 2010; Okoronkwo, A, Nwachukwu, C and Igbokwe, 2010). Medan elektromagnet dapat dibangkitkan dengan mengalirkan arus listrik pada koil yang meliliti inti kumparan, sehingga kemagnetannya dapat dipertahankan selama arus listrik mengalir. Medan elektromagnet ini tidak mengandung unsur berbahaya dan aman digunakan pada motor Diesel.

Berdasarkan pernyataan di atas tampak bahwa para peneliti telah berhasil mengamati kinerja berbagai mesin akibat magnetisasi bahan bakar, namun belum dapat menjelaskan fenomena tersebut secara mendasar dengan teori yang berlaku. Oleh karena itu, studi tentang magnetisasi bahan bakar dan penjelasan logis terhadap fenomena ini sangat diperlukan. Beberapa parameter yang dianggap penting untuk klarifikasi fenomena ini di antaranya adalah viskositas, sudut semburan dan ukuran butiran.

Viskositas bahan bakar mempengaruhi bentuk semburan bahan bakar (Agarwal and Chaudhury, 2012). Semburan atau *spray* adalah aliran udara/gas yang mengandung droplet (butiran) atau droplet yang bergerak dalam aliran udara/gas. Untuk bahan

bakar dengan viskositas yang terlalu tinggi akan memberikan atomisasi (proses pembuatan tetesan cairan di dalam fase gas) yang rendah, campuran hidrokarbon dan udara tidak homogen, sudut semprotan bahan bakar kecil dan pembakaran menjadi tidak sempurna, sehingga mengakibatkan motor sulit di-start. Selain itu, gas buang yang dihasilkan juga akan menjadi hitam dengan *smoke density* yang cukup tinggi. Jika viskositas bahan bakar terlalu rendah maka akan terjadi kebocoran pada pompa bahan bakarnya dan mempercepat keausan pada komponen pompa (Vinukumar, 2013; Kewas, 2006). Bahan bakar biodiesel memiliki viskositas yang lebih besar dari pada solar. Sifat bahan bakar berkaitan erat dengan karakteristik semburan. Sedangkan karakteristik semburan itu sendiri berkaitan dengan pola pengembangan semburan bahan bakar di dalam ruang bakar.

Dalam konteks pembakaran, sudut semburan yang lebih besar dan butiran *droplet* bahan bakar yang semakin halus berpengaruh pada kualitas campuran udara-bahan bakar, yang pada akhirnya menghasilkan kualitas pembakaran dan produk pembakaran yang lebih baik. Untuk menjelaskan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik semburan bahan bakar yang terpapar medan magnet.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Bahan dan Metode

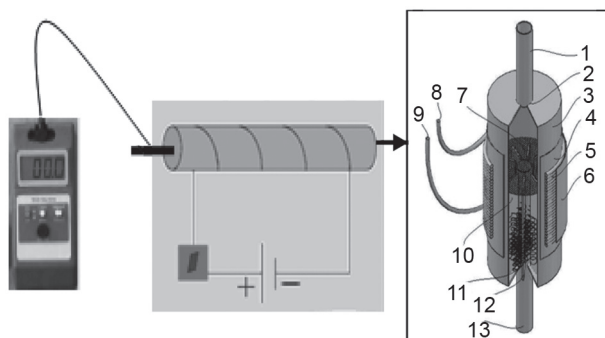
Percobaan yang dilakukan, meliputi dua tahap. Tahap pertama menguji viskositas bahan bakar. Tahap kedua yaitu mengamati semburan bahan bakar yang keluar dari *nozle injector motor Diesel*. Kedua pengujian itu dilakukan untuk membandingkan antara bahan bakar yang dipapar medan elektromagnet dan yang tidak dipapar medan elektromagnet. Diagram alir penelitian terlihat pada Gambar 1.

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan dalam mengukur viskositas adalah bola magnet, tabung ukur, kawat dan laptop yang dilengkapi dengan software *adobe audition 1.5*. Pengujian semburan bahan bakar menggunakan alat *injector nozle tester*. *Injector* tersebut berasal dari *engine Perkins 403D-15G*. Semburan bahan bakar dari injektor direkam dengan kamera kecepatan tinggi. Bahan bakar motor Diesel yang digunakan pada penelitian ini yaitu solar dari Pertamina, biodiesel yang diproduksi dari Laboratorium Pindah Panas dan Massa, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB serta campuran keduanya (10% biodiesel-B10, 40% biodiesel-B40 dan 70% biodiesel-B70). Untuk membangkitkan medan magnet digunakan kumparan, dengan tingkat kekuatan medan magnet yang divariasikan dengan mengatur jumlah lilitan kawatnya: 5000, 7000 dan 9000 lilitan. Diameter kawat kumparan 0.15 mm, panjang kumparan 10 cm. Waktu magnetisasi bahan bakar adalah 300 detik (5 menit). Gambar alat penghasil magnet terlihat pada Gambar 2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pindah Panas dan Massa IPB dan laboratorium Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta.

Metoda Pengukuran Viskositas

Pengukuran viskositas ini merupakan modifikasi dari pengukuran sistem Oswald, dengan sistem bola jatuh yang terkoneksi ke komputer untuk memperoleh data waktu yang lebih presisi. Kegiatan ini, diawali dengan mengukur massa jenis bola dan bahan bakar. Alat uji viskositas terlihat seperti pada Gambar 3. Bola magnet dijatuhkan ke dalam tabung yang berisi bahan bakar. Ketika



Gambar 2. Medan elektromagnet.

bola magnet bergerak melewati kumparan pada A dan B maka akan timbul arus pada kawat. Dengan menggunakan software *adobe audition 1.5* pembacaan arus diubah menjadi pembacaan gelombang suara terhadap waktu (*t*). Data waktu ini digunakan untuk menghitung nilai viskositas, menggunakan persamaan (1).

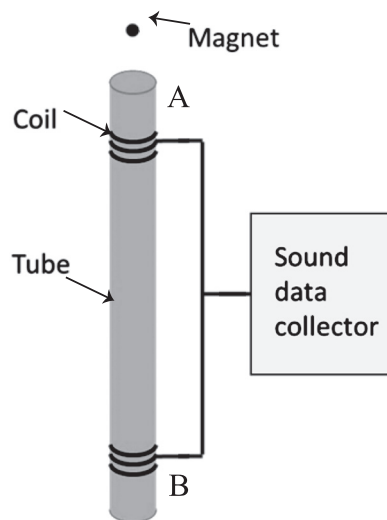
$$\eta = \frac{2r^2 gt (\rho_b - \rho_f)}{9L} \tag{1}$$

Metoda Pengujian Karakteristik Semburan

Karakteristik semburan bahan bakar diamati menggunakan *injector nozle tester* sebagai sumber tekanan, injektor atau nosel dari *engine Perkins 403D-15G* sebagai pengabut dan ruang pengujian berbentuk balok. Semburan bahan bakar direkam dengan *high definition (HD)* kamera sehingga didapatkan gambar sudut semburan dan diameter ukuran butiran. Rangkaian alatnya terlihat pada Gambar 4. Untuk menganalisis kualitas pembakaran dilakukan dengan cara membandingkan hasil semburan bahan bakar yang menggunakan medan magnet dan tidak. Parameter tetap yang digunakan disesuaikan dengan engine yang dipakai (*Perkins 403D-15G*) pada penelitian ini meliputi:

- a. Tekanan injeksi diatur dengan sensor tekanan yang diset sebesar 14.7 MPa.
- b. Jumlah lubang nozel yang digunakan untuk jenis *engine Perkins* adalah 1 lubang
- c. Diameter lubang nozel 0.45 mm.
- d. Diameter piston/bore diameter ditentukan 84 mm.

Data yang ingin diperoleh pada pengujian ini meliputi data sudut semprotan yang terbentuk (θ), kecepatan semprotan (U_m) dan *Sauter Mean Diameter (SMD)*. Dengan memvariasikan campuran biodiesel dengan solar, pengujian diulang sebanyak 6 kali, sehingga diharapkan dapat diketahui karakteristik semburan dari solar, biodiesel dan campuran keduanya. Pengamatan dilakukan dengan membandingkan semburan



Gambar 3. Uji viskositas bahan bakar dengan sistem bola jatuh.

bahan bakar yang terpengaruh magnet dan yang tidak menggunakan magnet. Besarnya sudut penyemprotan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) (Ochowiak et al., 2015; Jun et al., 2016).

$$\theta = 0.05 \left(\frac{\Delta p d_o^2}{\rho_L \eta_L^2} \right)^{1/4} \quad (2)$$

Dalam hal ini:

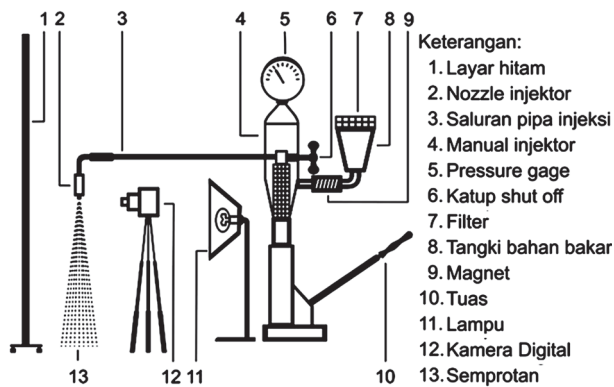
- θ = sudut penyemprotan ($^\circ$),
- Δp = tekanan injektor (Pa),
- d_o = diameter injektor (mm),
- η_L = viskositas bahan bakar (mm^2/s), dan
- ρ_L = massa jenis bahan bakar (kg/m^3).

Sementara nilai diameter rata-rata dari semprotan yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) yaitu persamaan *Sauter Mean Diameter* (SMD) (Pimentel, 2006; Viriato, Andrade and Carvalho, 1996).

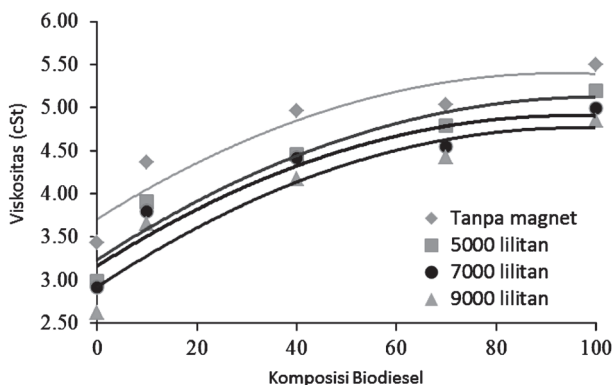
$$SMD = 10^{-3} \left[\frac{\sqrt{\sigma \rho_L}}{\rho_a V_a} \right] \left(1 + \frac{1}{AFR} \right)^{0.5} + 6 \times 10^{-5} \left[\frac{\eta_L^2}{\sigma \rho_a} \right]^{0.425} \left(1 + \frac{1}{AFR} \right)^0 \quad (3)$$

Dalam hal ini:

- σ = tegangan permukaan bahan bakar (N/m),
- η_L = viskositas bahan bakar (mm^2/s),
- ρ_L = massa jenis bahan bakar (kg/m^3),
- V_a = kecepatan udara (m/s),
- AFR = rasio udara-bahan bakar = 1 (asumsi),
- ρ_a = massa jenis udara lingkungan (kg/m^3).



Gambar 4. Instalasi pengujian semburan bahan bakar.



Gambar 5. Grafik viskositas bahan bakar terhadap komposisi bahan bakar.

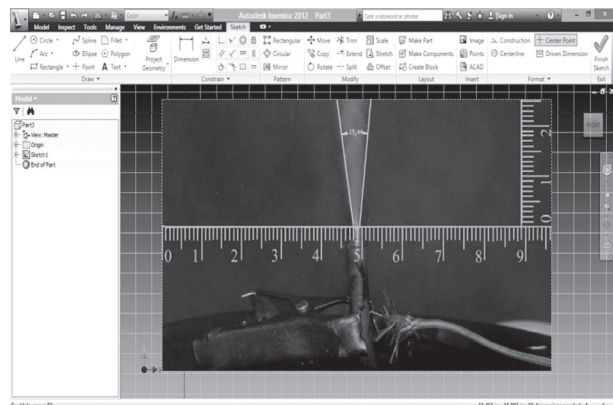
Hasil dan Pembahasan

Analisa Viskositas Bahan Bakar

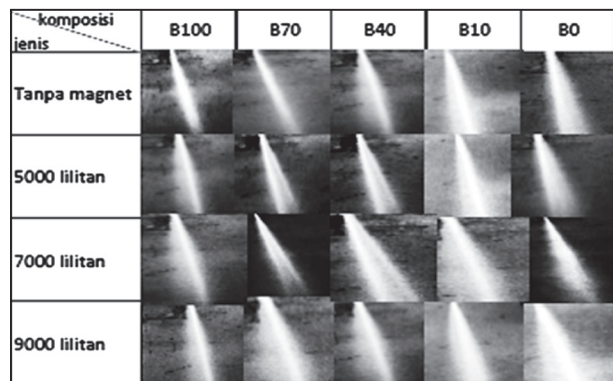
Data hasil pengukuran viskositas diperlihatkan pada Gambar 5, yang menunjukkan bahwa makin besar medan magnet yang diberikan pada bahan bakar (solar, B10, B40, B70 dan biodiesel) menyebabkan viskositasnya menurun. Pemberian medan elektromagnet pada molekul bahan bakar menyebabkan reaksi penolakan antar molekul (*de-clustering*) sehingga terbentuk jarak yang optimal antar molekul bahan bakar atau medan magnet. Hal ini dapat mengganggu dan mempengaruhi ikatan H-C yang merupakan unsur pembentuk utama pada bahan bakar. Meskipun ikatan antara atom H-C tidak sampai terlepas satu sama lain, namun setidaknya kekuatan ikatannya akan sedikit melemah. Aktifitas molekular yang meningkat akibat medan magnet ini juga akan menyebabkan pengumpulan molekular terpecah sehingga menjadi molekular yang lebih kecil dan menimbulkan viskositas bahan bakar menurun (Rosensweig, 1989; Marques, et al., 1997; Tung et al., 2001).

Analisis sudut semburan

Gambar 6 memperlihatkan foto sudut semburan bahan bakar. Besarnya sudut diukur dengan dua cara yaitu menggunakan persamaan (2) dan menggunakan software *Autodesk Inventor*, hasil pengukuran kedua cara tersebut hampir sama,



Gambar 6. Pola semburan bahan bakar.



Gambar 7. Mengukur sudut semburan bahan bakar dengan autodesk inventor

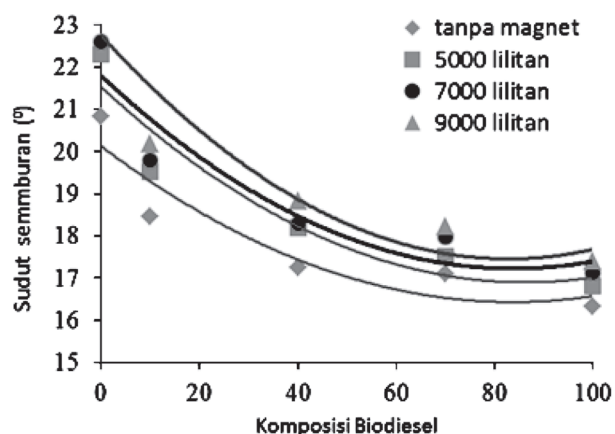
Tabel 2. Diameter butiran berbagai bahan bakar.

Kondisi	Medan Magnet	Komposisi Biodiesel	Diameter (nm)	Penurunan Diameter (nm)
Tanpa magnet	-	100	64186.82	Standar
		70	64000.61	
		40	63739.57	
		10	63251.46	
		0	63212.88	
Kumparan 5000 lilitan	836.45 Gauss	100	64186.53	-0.2916
		70	64000.38	-0.2294
		40	63739.08	-0.4865
		10	63251.01	-0.4566
		0	63212.42	-0.4531
Kumparan 7000 lilitan	1068.29 Gauss	100	64186.34	-0.4772
		70	64000.15	-0.4631
		40	63739.04	-0.5266
		10	63250.90	-0.5645
		0	63212.34	-0.5325
Kumparan 9000 lilitan	1353.30 Gauss	100	64186.20	-0.6208
		70	64000.03	-0.5816
		40	63738.80	-0.7688
		10	63250.75	-0.7122
		0	63212.14	-0.7324

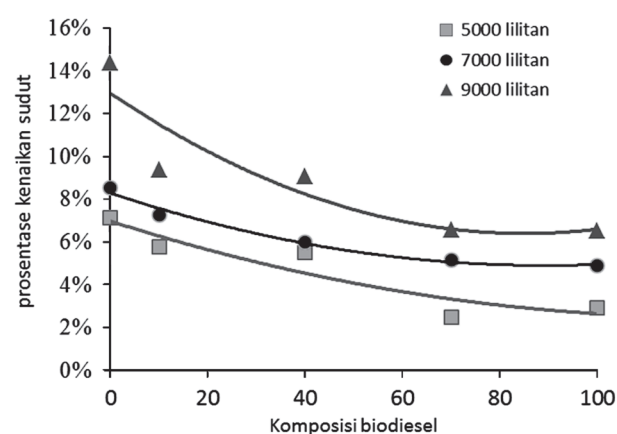
contoh pengukuran dengan *Autodesk Inventor* terlihat pada Gambar 7.

Gambar 8 grafik sudut semburan bahan bakar bahwa sudut semburan solar (B_0) paling besar, disusul dengan sudut semburan bahan bakar B_{10} , B_{40} , B_{70} dan B_{100} , hal ini disebabkan nilai viskositas solar jauh lebih kecil dibanding dengan bahan bakar lain, besar sudut semburan tersebut berkisar antara $16-20^\circ$ hasil ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan (Guo *et al.* 2009) yaitu berkisar 15° sampai 25° . Setelah diberi medan magnet dengan jumlah lilitan sebesar 5000 atau setara dengan 836.45 Gauss, sudut semburan bertambah besar menjadi sekitar ($17-22^\circ$), selanjutnya bahan bakar yang

disinari dengan medan magnet sebesar 1068.29 Gauss setara dengan 7000 lilitan, sudut semburan bertambah besar dikisaran ($18-22^\circ$) sedang bahan bakar yang disinari dengan medan magnet sebesar 1353.30 Gauss setara dengan 9000 lilitan kawat, sudut semburannya sekitar ($19-27^\circ$). Gambar 9 memperlihatkan kenaikan sudut semburan bahan bakar setelah diberi medan magnet. hal ini terjadi karena setelah diberi medan magnet viskositas bahan bakar untuk seluruh komposisi bahan bakar menurun sehingga sudut semburannya makin besar artinya makin banyak molekul bahan bakar yang beraksi dengan oksigen sehingga pembakaran menjadi lebih baik.



Gambar 8. Sudut semburan bahan bakar pada komposisi bahan bakar.



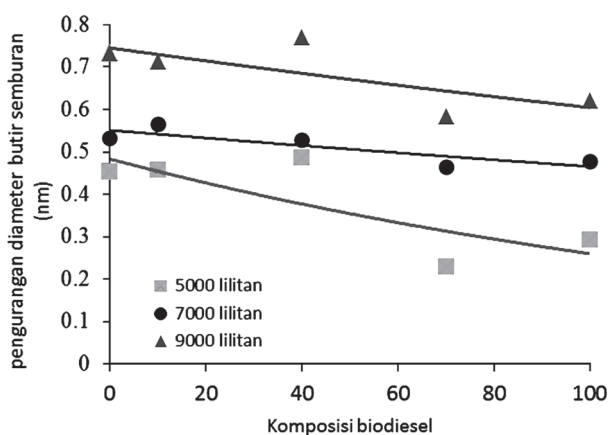
Gambar 9. Sudut semburan bahan bakar terhadap komposisi bahan bakar.

Analisis Diameter Butiran

Tabel 2 memperlihatkan diameter butiran berbagai komposisi bahan bakar tampak bahwa diameter butiran bahan bakar berkisar antara 63-64µm. Pengaruh medan magnet terhadap diameter butiran bahan bakar terlihat tidak terlalu besar. Namun, karena ukuran butiran dalam orde nm sehigga perubahan yang kecil ini sangat berarti.

Penurunan diameter butiran bahan bakar berbagai komposisi bahan bakar terlihat pada Gambar 10 tampak bahwa makin besar medan magnet yang diberikan makin besar pula penurunan diameter butirannya yaitu pada kisaran 0.2-0.7nm. Setelah diberi medan magnet dengan jumlah lilitan sebesar 5000, atau setara dengan 836.45 Gauss, diameter butiran berkurang sebesar 0,31-0,68 nm, selanjutnya bahan bakar yang disinari dengan medan magnet sebesar 1068,29 Gauss, diameter butiran berkurang sebesar 0,34-0,78 nm sedang bahan bakar yang disinari dengan medan magnet sebesar 1353,30 setara dengan 9000 lilitan kawat, diameter butirannya berkurang sebesar 0,71-0,97 nm, hal ini terjadi karena setelah diberi medan magnet viskositas bahan bakar untuk seluruh komposisi bahan bakar menurun, dengan menurunnya diameter bahan bakar berarti ukuran molekul bahan bakar menjadi lebih kecil sehingga jumlahnya dalam satu satuan luas lebih banyak, sehingga kemungkinan bahan bakar tersebut beraksi dengan oksigen menjadi lebih besar dan pembakaran menjadi lebih baik.

Berdasarkan pembahasan di atas, pemberian medan magnet pada bahan bakar dapat menyebabkan proses pembakaran menjadi lebih efisien. Berdasarkan konsep pembakaran, sudut semburan yang lebih besar dan butiran *droplet* bahan bakar yang semakin halus, menghasilkan kualitas pembakaran dan produk pembakaran yang lebih lebih baik. Informasi ini dianggap berguna untuk penelitian lebih lanjut agar secara tegas mengklarifikasi fenomena proses pembakaran bahan bakar yang efisien setelah terpapar medan magnet.



Gambar 10. Penurunan diameter butiran semburan bahan bakar.

Simpulan

Dari pengujian dan analisa data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini. Bahan bakar yang diberi paparan medan magnet sebesar 836.45 - 1353 Gauss selama 600 detik, menyebabkan:

- a. viskositasnya menurun berkisar 5-15%,
- b. sudut semburan bahan bakar meningkat sebesar 3.5-12%, dan
- c. diameter butiran partikel hasil semburan mengecil sebesar 0.2916 – 0.9753 nm.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Kementerian Ristek-dikti, yang telah membiayai penelitian ini melalui dana beasiswa BPPDN dan dana Penelitian Disertasi Doktor.

Daftar Pustaka

Agarwal, A.K., and V.H. Chaudhury. 2012. Spray characteristics of biodiesel/blends in a high pressure constant volume spray chamber. *Experimental Thermal and Fluid Science* Vol. 42: 212–218. doi: 10.1016/j.expthermflusci.2012.05.006.

Chaware, K. 2015. Review on effect of fuel magnetism by varying intensity on performance and emission of single cylinder four stroke Diesel engine. *International Journal of Engineering and General Science* Vol. 3(1): 1174–1178.

Faris, A.S., S.K. Al-Naseri, N. Jamal, R. Isse, M. Abed, Z. Fouad, A. Kazim, N. Reheem, A. Chalob, H. Mohammad, H. Jasim, J. Sadeq, A. Salim, A. Abas. 2012. Effects of magnetic field on fuel consumption and exhaust emissions in two-stroke engine. *Energy Procedia* Vol.18: 327–338. doi: 10.1016/j.egypro.2012.05.044.

Fatih, F.A., and G.M. Saber. 2010. Effect of fuel magnetism on engine performance and emissions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* Vol. 4(12): 6354–6358.

Fayyazbakhsh, A., and V. Pirouzfard. 2015. Investigating the influence of additives-fuel on diesel engine performance and emissions: Analytical modeling and experimental validation. *FUEL* Vol. 7(5): 201-209. doi: 10.1016/j.fuel.2015.12.028.

Govindasamy, P., and S. Dhandapani. 2009. Effects of EGR & magnetic fuel treatment system on engine emission characteristics in a bio fuel engine. *Proceedings of International Conference on Mechanical Engineering, Bangladesh, August, 2009*: 26–28.

Jun, H., S. Han and C. Sik. 2016. Impact of fuel spray angles and injection timing on the combustion

- and emission characteristics of a high-speed Diesel engine. *Energy* Vol. 107: 572–579. doi: 10.1016/j.energy.2016.04.035.
- Kewas, J.C. 2006. The impacts of coconut oil percentage toward Diesel fuel to the angle and intermittent of atomization. *Indonesian Green Technology Journal* Vol. 3: 94–97.
- Marques, L.C., N.O. Rocha, A.L. Machado, G.B. Neves, L.C. Vieira, C.H. Dittz. 2001. Study of paraffin crystalization process under the influence of magnetic field on chemical. *Proceedings Society of Petroleum Engineers Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference*. Rio de Janeiro, August, 2001: 1–8.
- Ochowiak, M., S. Rozanska, M. Matuszak, S. Wlodarczak. 2015. Process intensification characteristics of spray angle for effervescent-swirl atomizers. *Chemical Engineering and Processing B* Vol. 98: 52–59. doi: 10.1016/j.cep.2015.10.008.
- Okoronkwo, A., C.N.O. Nwachukwu, Igbokwe. 2010. The effect of electromagnetic flux density on the ionization and the combustion of fuel (An economy design project). *American Journal of Scientific and Industrial Research* Vol. 1(3): 527–531. doi: 10.5251/ajsir.2010.1.3.527.531.
- Patel, P. M., G.P. Rathod, T.M. Patel. 2014. Effect of magnetic field on performance and emission of single cylinder four stroke diesel engine. *IOSR Journal of Engineering* Vol. 4(5): 28–34.
- Pimentel, R.G. 2006. Measurement and Prediction of Droplet (Thesis). Mechanical Engineering Department. Universite Laval.
- Rahhal, M., A. Ghata, Y. Hourieh. 2009. Utilizing chemical additives to reduce the side effects caused by combustion of fuel oil. *Petroleum & Coal* Vol. 51(2): 150–159.
- Rosensweig, R.E. 1989. Viscosity of magnetic fluid in a magnetic field. *Journal of Colloid and Interface Science* Vol. 29: 680–686.
- Tung, N.P., N. Vuong, V. Quang, K. Long, N.Q. Vinh, P. Viet. 2001. Studying the Mechanism of magnetic field influence on paraffin crude oil viscosity and wax deposition reductions. *Society of Petroleum Engineers (SPE 68749)* Vol. 3: 1–7. doi: 10.2118/68749-MS.
- Ugare, V., A. Dhoble, S. Lutade, K. Mudafale. 2014. Performance of internal combustion (IC) engine under the influence of strong permanent magnetic field. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* Vol. 3: 11–17.
- Vinukumar, K. 2013. Production of bio-diesel used in diesel engines. *Innovare Journal of Engineering & Technology* Vol. 1(1): 5–7.
- Viriato, S., P. Andrade, M. Carvalho. 1996. Spray characterization: numerical prediction of Sauter mean diameter droplet size distribution and Fuel. *FUEL* Vol. 75(15): 1707–1714.

Halaman ini sengaja dikosongkan