

Efektivitas Paparan Medan Magnet Lemah terhadap Tingkat Kesempurnaan Pembakaran Bahan Bakar Minyak Beroktan Rendah

Shinta Monika Utami, Giner Maslebu, dan Nur Aji Wibowo*
 Fisika, Fakultas Sains Dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana
 Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga 50711

Intisari

Peningkatan kadar oktan bahan bakar minyak (BBM) guna mengefisienkan penggunaannya yang semakin langka telah dilakukan. Namun, para konsumen tetap saja mempertahankan penggunaan BBM beroktan rendah karena harganya yang terjangkau. Perlakuan berupa paparan medan magnet pada BBM merupakan cara yang diyakini dapat meningkatkan kesempurnaan pembakaran. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan pada BBM beroktan rendah dengan paparan medan magnet lemah yang bertujuan untuk mengefisienkan kelangkaan penggunaan BBM beroktan rendah. Paparan medan magnet lemah pada tangki penyimpanan sebelum masuk ke proses pembakaran akan merenggangkan ikatan hidrokarbon sehingga molekul hidrokarbon lebih mudah untuk teroksidasi. BBM yang terpapar medan magnet lemah diaplikasikan pada mesin motor 2-tak dengan variasi beban kerja mesin. Tingkat kesempurnaan proses pembakaran diukur dari penurunan konsumsi bahan bakar dan persentase emisi O_2 . Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemaparan medan magnet lemah pada BBM beroktan rendah mampu secara signifikan meningkatkan kesempurnaan proses pembakaran.

Abstract

Increasing levels of octane fuel in order to efficient its increasingly scarce use has been done. However, consumers still maintain the use of low-octane fuel because of its affordable price. The treatment in the form of magnetic field exposure on fuel is a means that is believed able to improve the completeness of combustion. In this study, tests were conducted on low-octane fuel with exposure to weak magnetic fields aimed at streamlining the scarcity of low-octane fuel usage. Exposure to weak magnetic fields in the storage tank before going into the combustion process will stretch the hydrocarbon bonds so that the hydrocarbon molecules are easier to oxidise. Fuel exposed to a weak magnetic field is applied to a two-stroke engine with varying engine workloads. The level of combustion completeness is measured from reduction of fuel consumption and the percentage of O_2 emissions. The results of this study indicate that exposure to weak magnetic fields on low-octane fuel significantly improves the completeness of combustion processes.

Keywords: fuel; weak magnetic field; combustion process; oxygen; emission.

*Corresponding author: nur.aji@staff.uksw.edu

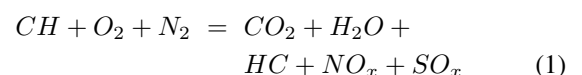
<http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4269>
 2460-4682 ©Departemen Fisika, FSains-ITS

I. PENDAHULUAN

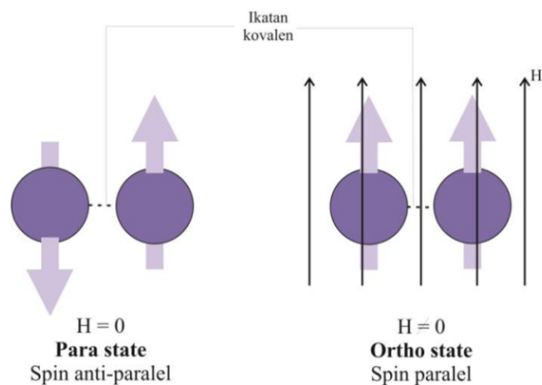
Bahan bakar minyak (BBM) merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Kelangkaan persediaan bahan bakar menyebabkan pengguna kendaraan bermotor kewalahan. Berbagai usaha telah dilakukan guna menanggulangi hal tersebut, yaitu dengan menghemat penggunaan bahan bakar minyak. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan meningkatkan kadar oktan suatu bahan bakar atau *research octane number* (RON) [1]. Di Indonesia, seiring dengan meningkatnya kadar oktan maka harga suatu bahan bakar juga meningkat [2]. Namun demikian, para konsumen tetap saja mempertahankan penggunaan bahan bakar beroktan rendah karena harga yang lebih terjangkau untuk kehidupan

sehari-hari. Oleh karenanya, diperlukan usaha alternatif untuk mengefisienkan penggunaan bahan bakar beroktan rendah ini.

Efisiensi penggunaan bahan bakar dipengaruhi oleh proses pembakaran pada mesin [3, 4]. Kesempurnaan proses pembakaran akan menghasilkan kinerja mesin yang baik sehingga konsumsi bahan bakar relatif lebih rendah dan mengurangi tingkat polusi emisi gas buang [5–8]. Proses pembakaran normal dapat dinyatakan pada Persamaan (1):



Seperti kita ketahui bahwa pada proses pembakaran, bahan bakar akan bereaksi dengan molekul oksigen [9]. Molekul



Gambar 1: Spin inti molekul hidrogen.

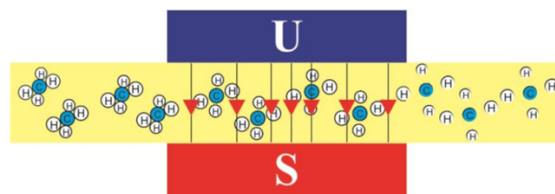
penyusun utama bahan bakar adalah hidrokarbon (C-H) [10] yang secara alamiah membentuk gerombolan (klaster) [11, 12]. Sifat alami yang dimiliki molekul ini akan menyebabkan hidrokarbon sulit teroksidasi sehingga mengurangi kesempurnaan proses pembakaran [13–15].

Apabila ditinjau secara magnetik, hidrogen yang merupakan atom penyusun hidrokarbon memiliki sifat diamagnetik dan paramagnetik tergantung pada orientasi spin inti penyusunnya [16–19]. Oleh karena itu, atom hidrogen memiliki dua bentuk isomer yaitu *para* dan *orto*. Orientasi spin inti penyusunnya bisa berubah dari *para* menjadi *orto* ketika dipengaruhi medan magnet luar [20–22]. Perubahan orientasi spin inti ditunjukkan pada Gambar 1.

Perubahan spin ini berdampak pada melemahnya ikatan antar molekul hidrokarbon selama proses pembakaran sehingga memperluas ruang kosong antar atom hidrokarbon dan menyebabkan de-klasterisasi [23–25]. Hal ini memudahkan oksigen memasuki ikatan hidrokarbon [26–28]. Proses de-klasterisasi selama proses penginduksian ditunjukkan pada Gambar 2.

Aplikasi medan magnet pada bahan bakar yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi serta mengurangi emisi gas buang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Faris dkk. [29] telah melakukan penelitian menggunakan magnet tetap dengan intensitas berbeda sebesar 2000, 4000, 6000 dan 9000 Gauss. Emisi yang dianalisis adalah CO, HC, dan CO₂. Berikutnya, Ugare dkk. [30] melakukan penelitian pada mesin 4-tak menggunakan magnet 5000 Gauss yang diaplikasikan di sepanjang jalur bahan bakar. Pada penelitian tersebut, alat analisis gas buang digunakan untuk mengukur emisi CO, CO₂, HC, dan NO_x. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan persentase konsumsi bahan bakar berkurang seiring dengan penerapan medan magnet pada intensitas yang lebih tinggi.

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Guo dkk. [31], perubahan viskositas yang lebih signifikan terjadi ketika bahan bakar berada pada pengaruh medan magnet di bawah 2000 Gauss. Penurunan viskositas mengindikasikan berkurangnya klasterisasi sehingga memudahkan oksigen bereaksi dengan hidrokarbon. Fenomena pada medan magnet lemah



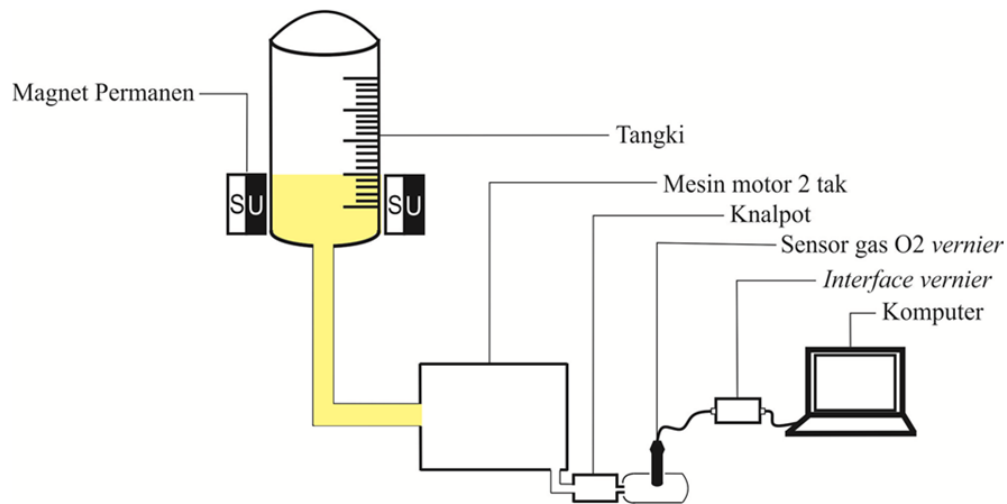
Gambar 2: Proses penginduksian bahan bakar.

inilah yang menarik untuk diteliti. Penggunaan medan magnet lemah < 2000 Gauss dapat meminimalkan dampak terhadap kinerja bagian motor lainnya yang sensitif terhadap gelombang elektromagnetik. Efektifitas paparan medan lemah terhadap proses pembakaran juga telah dilakukan oleh Syarifudin dkk. [9] Pengujian yang dilakukan pada bahan bakar yang terinduksi medan magnet sebesar 100, 200, dan 300 Gauss dengan berbagai variasi beban kerja mesin 2000 sampai 5000 rpm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa induksi medan magnet dapat merenggangkan ikatan molekul hidrokarbon yang bergerombol sehingga molekul memiliki lebih luas ruang bebas untuk mengalami getaran dalam aktifitasnya.

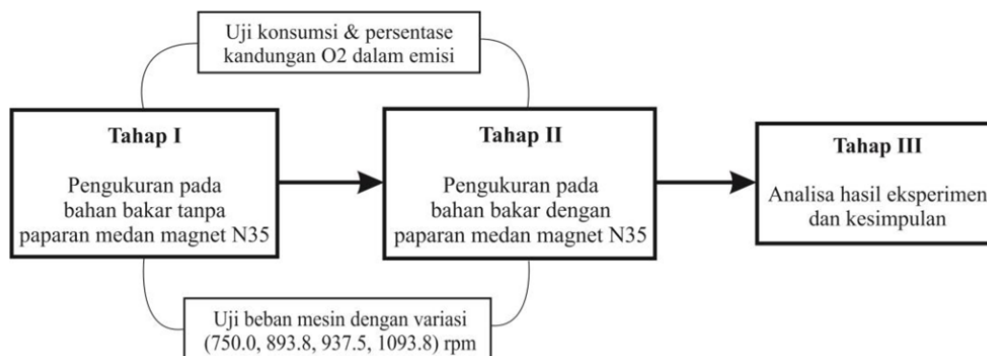
Dengan melihat perkembangan performa mesin motor yang ada saat ini, pada kajian ini penelitian akan dilakukan terhadap mesin 2-tak yang memiliki siklus kerja mesin motor yang lebih sederhana [32]. Bahan bakar beroktan rendah yang terdapat pada tangki mesin diinduksi oleh medan magnet dengan variasi intensitas 1,7-1167,5 Gauss. Pemilihan bahan bakar beroktan rendah bertujuan untuk mengefisienkan kelangkaan penggunaan bahan bakar beroktan rendah. Bahan bakar yang terlebih dahulu diinduksi dengan medan magnet di dalam tangki mesin sebelum masuk ke proses pembakaran akan merenggangkan ikatan hidrokarbon sehingga molekul hidrokarbon lebih mudah untuk teroksidasi. Oleh karenanya, untuk mengetahui apakah proses oksidasi tercapai maksimal maka variabel yang akan diukur adalah presentase emisi gas O₂.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan mesin motor 49 cc 2-tak sebagai media uji proses pembakaran. Bahan bakar yang digunakan adalah campuran premium dan oli samping dengan perbandingan 20:1 yang disimpan di dalam tangki. Konsumsi bahan bakar diukur dengan menggunakan penggaris yang diletakkan sisi tangki dengan skala minimal 1 mm. Tangki dan mesin dihubungkan dengan menggunakan selang plastik yang panjangnya 50 cm. Sumber medan magnet yang digunakan adalah magnet permanen N35. Variasi intensitas medan magnet diperoleh dengan mengatur jarak antara sumber magnet dan tangki bahan bakar. Intensitas medan magnet dideteksi menggunakan DX-103 Gaussmeter dengan rentang pembacaan antara 200,0-2000,0 mT dan akurasi > 1,0% ($0 \propto \pm 1000$ mT). Beban mesin diukur dari putaran gear mesin dengan menggunakan tachometer digital. Untuk mendeteksi



Gambar 3: Visualisasi kendaraan bermotor yang telah diinduksi medan magnet lemah.



Gambar 4: Tahapan penelitian.

emisi gas O_2 digunakan sensor Vernier dengan rentang pembacaan 0-27% dan rentang suhu operasi normal 20-30°C. Sensor ini dihubungkan melalui *GoLink* USB yang terkoneksi langsung pada komputer. Susunan alat penelitian ditampilkan pada Gambar 3.

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Tahap I merupakan tahap pengukuran konsumsi bahan bakar dan kandungan O_2 dalam emisi dengan variasi beban mesin yang menggunakan bahan bakar tanpa induksi medan magnet N35. Sekalipun bahan bakar tidak terpapar oleh medan magnet luar yang bersumber dari magnet permanen N35, tetapi bahan bakar tetap menerima paparan medan magnet dari bumi. Medan magnet bumi yang terukur di sekitar adalah sebesar 1,7-3,4 Gauss. Pada tahap II, pengukuran konsumsi bahan bakar dan persentase kandungan O_2 dilakukan pada bahan bakar yang terpapar medan magnet N35 dengan berbagai intensitas (< 2000 Gauss) dengan variasi beban mesin. Paparan medan magnet yang diterima oleh bahan bakar merupakan resultan dari medan magnet yang bersumber dari magnet N35 dan magnet bumi. Tahap III merupakan

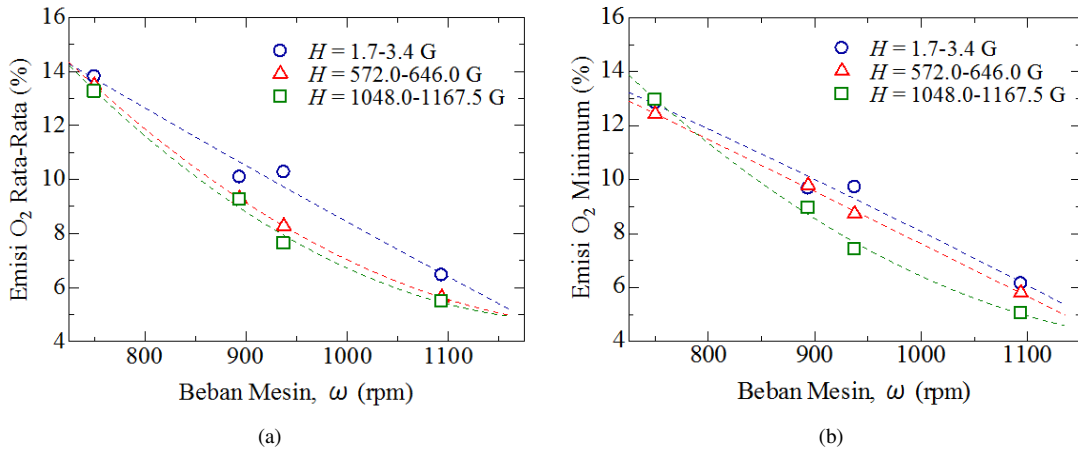
tahap analisis hasil eksperimen yang didapatkan dari tahapan sebelumnya.

Tahap I dan II dilakukan pada berbagai variasi beban mesin 750,0; 893,8; 937,5; dan 1093,8 rpm. Untuk mengetahui pengaruh paparan medan magnet lemah terhadap tingkat kesempurnaan proses pembakaran, analisis dilakukan dengan mengamati pola perubahan jumlah konsumsi bahan bakar dan persentase kandungan O_2 yang tersisa dalam emisi.

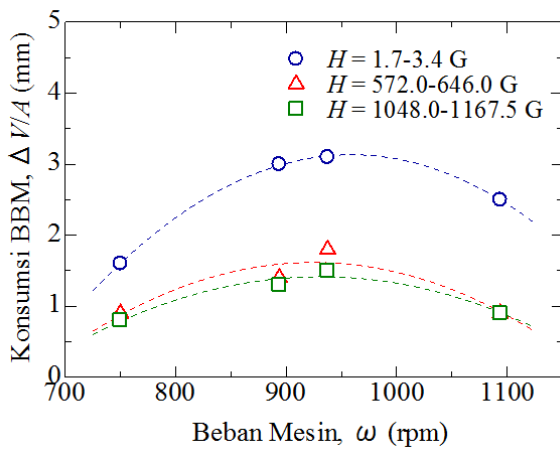
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek paparan medan magnet terhadap konsumsi bahan bakar

Gambar 5 menunjukkan pola ketergantungan konsumsi bahan bakar terhadap beban mesin pada berbagai intensitas medan magnet. Dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh kenaikan beban mesin, dimana pada rentang beban tersebut ketergantungannya mendekati pola



Gambar 5: Perubahan kandungan emisi O₂ terhadap beban mesin pada intensitas medan magnet yang berbeda.



Gambar 6: Perubahan konsumsi bahan bakar terhadap beban mesin pada berbagai intensitas medan magnet.

TABEL I: Konstanta persamaan kuadrat yang diperoleh dari pendekatan kurva pada berbagai intensitas.

Sumber Medan Magnet	Intensitas Medan Magnet H (Gauss)	a ($\times 10^{-5}$)	b ($\times 10^{-2}$)	c
$H = H_{bumi}$	1.7 - 3.4	-3.50	6.71	-29.10
$H = H_{bumi} + H_{N35}$	572.0 - 646.0	-2.43	4.49	-19.10
$H = H_{bumi} + H_{N35}$	1048.0 - 1167.5	-1.91	3.55	-15.10

persamaan kuadrat. Pola persamaan kuadrat terlihat pada ketiga perlakuan dengan intensitas paparan medan magnet yang berbeda. Berdasarkan pola pendekatan tersebut, persamaan kuadrat yang diperoleh adalah $y = ax^2 + bx + c$.

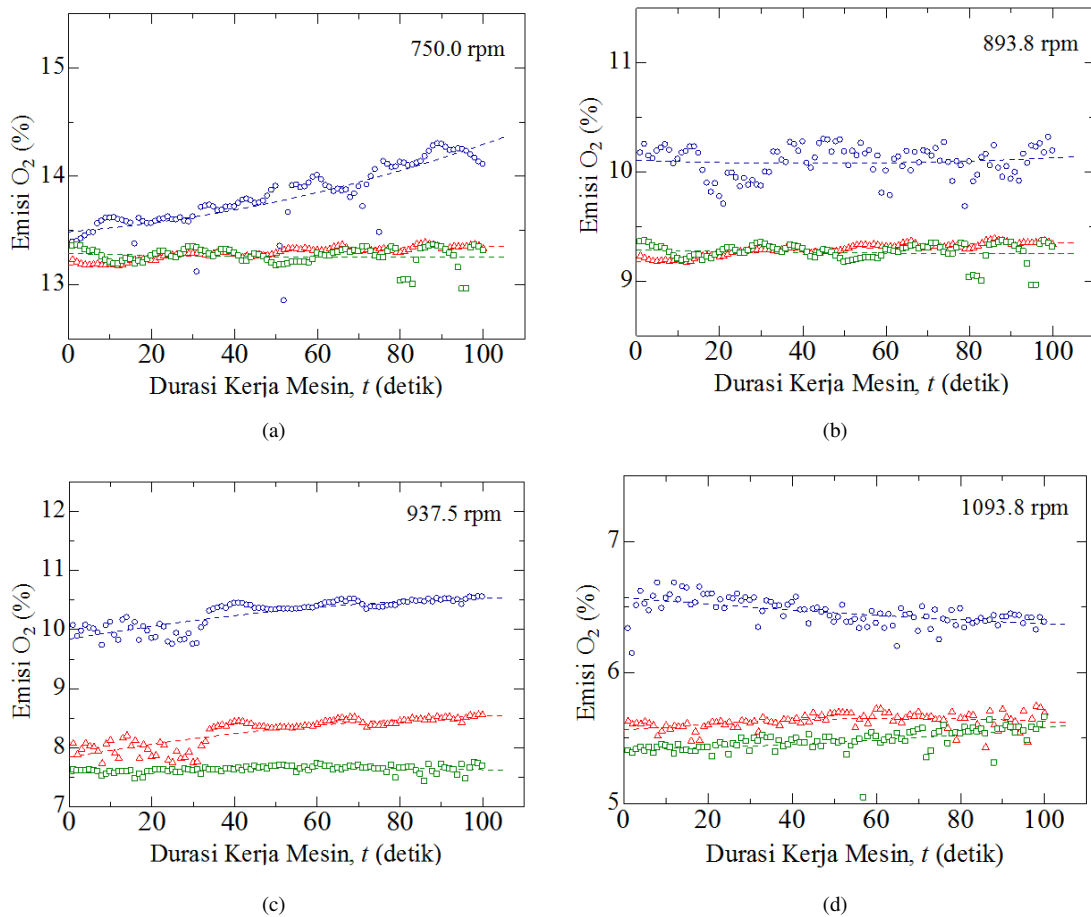
Dari hasil pencocokan kurva diketahui nilai masing-masing koefisien dari persamaan kuadrat tersebut yang ditunjukkan pada Tabel I. Pada Gambar 5 menunjukkan sumbu x meru-

pakan variasi beban mesin, ω (rpm), dan sumbu y merupakan jumlah konsumsi bahan bakar, $\Delta V/A$ (mm). Sehingga dapat diketahui bahwa nilai a merepresentasikan ukuran penghematan konsumsi bahan bakar pada setiap perubahan beban kerja mesin. Nilai b menunjukkan posisi titik maksimum konsumsi bahan bakar pada beban kerja mesin tertentu. Diperoleh bahwa puncak dari ketiga kurva tersebut berhimpit. Hal ini menunjukkan bahwa nilai beban mesin yang konsumsi bahan bakarnya maksimum mendekati nilai yang sama. Sedangkan nilai c menunjukkan signifikansi dampak paparan medan magnet terhadap konsumsi bahan bakar. Dari nilai ketiga variabel yang didapatkan melalui persamaan tersebut terlihat bahwa semakin tinggi beban mesin maka semakin tinggi induksi medan magnet yang dibutuhkan oleh bahan bakar [9, 13].

Jika dilihat dari *trendline* pada Gambar 5, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ketiga nilai intensitas medan magnet cenderung menunjukkan pola grafik yang sama. Besarnya intensitas medan magnet yang digunakan akan mempengaruhi penurunan konsumsi bahan bakar. Hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan oleh Mane, dkk. juga menunjukkan hasil yang sama yaitu magnetisasi bahan bakar dapat berpengaruh terhadap tingkat efisiensi mesin [5]. Mesin yang menggunakan bahan bakar tanpa paparan medan magnet N35 mengonsumsi bahan bakar lebih banyak dibandingkan mesin yang menggunakan bahan bakar yang terpapar medan magnet. Pada beban mesin tertentu terdapat sebuah kondisi dimana tingkat konsumsi bahan bakarnya paling banyak.

Efek paparan medan magnet terhadap kandungan O₂ dalam emisi

Pola keterkaitan antara kandungan O₂ dalam emisi terhadap beban kerja mesin disajikan pada Gambar 6. Terlihat dari Gambar 6(a) bahwa seiring dengan kenaikan beban kerja mesin, rata-rata persentase kandungan O₂ dalam emisi cenderung mengalami penurunan secara signifikan. Secara khusus teramati pula bahwa persentase kandungan O₂ pada emisi berkurang seiring dengan semakin besarnya in-



Gambar 7: Persentase kandungan emisi O_2 terhadap waktu pada berbagai variasi beban mesin: (a) 750,0; (b) 893,8; (c) 937,5; (d) 1093,8; \circ H = 1,7-3,4 Gauss; Δ H = 572,0-646,0 Gauss; \square H = 1048,0 -1167,5 Gauss

tensitas paparan medan magnet. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian dari Faris, *dkk.* pada tahun 2012. Seperti yang telah diketahui bahwa pada proses pembakaran, hidrokarbon akan bereaksi dengan O_2 sehingga menghasilkan gas buang. Kandungan O_2 dalam emisi adalah sisa dari O_2 yang tidak bereaksi dengan hidrokarbon selama proses pembakaran. Pada penelitian Faris, *dkk.* diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa kandungan O_2 pada emisi sebagai komponen sisa dari proses pembakaran yang tidak sempurna menurun seiring dengan meningkatnya intensitas medan magnet. Artinya semakin besar intensitas medan magnet maka proses pembakaran yang terjadi semakin sempurna [29]. Hal ini juga terlihat jelas pada penurunan persentase kandungan O_2 minimum dalam emisi yang ditunjukkan oleh Gambar 6(b).

Konsentrasi emisi O_2 pada berbagai beban sebagai fungsi waktu

Gambar 7 menunjukkan keterkaitan emisi O_2 terhadap lamanya kerja mesin. Dari hasil eksperimen pada berbagai variasi beban kerja mesin diperoleh persentase kandungan O_2 sebagai fungsi waktu dalam emisi selama 100 detik. Pada ke empat variasi beban mesin, emisi O_2 mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya paparan medan magnet yang

diterima. Pada beban mesin ringan dengan keadaan tanpa paparan medan magnet N35, emisi O_2 yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan lamanya mesin bekerja. Sedangkan pada beban mesin ringan dengan paparan medan magnet N35, emisi O_2 cenderung stabil tidak bergantung pada lamanya kerja mesin. Pada beban mesin yang lebih berat 893,8, 937,5, dan 1093,8 rpm, emisi O_2 tidak dipengaruhi oleh lamanya kerja mesin dan paparan medan magnet. Secara umum, efisiensi kesempurnaan proses pembakaran yang lebih stabil terjadi pada beban mesin yang lebih berat dengan intensitas paparan medan magnet yang lebih besar. Dengan meningkatnya beban mesin maka jumlah konsumsi bahan bakar juga semakin meningkat dan kebutuhan paparan medan magnet juga meningkat guna mengurangi konsumsi bahan bakar. Semakin besar induksi medan magnet yang diterima oleh bahan bakar maka gaya tarik antar molekul hidrokarbon akan semakin menurun sehingga memudahkan proses oksidasi saat proses pembakaran pada mesin [9]. Karena melemahnya ikatan hidrokarbon yang mengakibatkan proses oksidasi berjalan sempurna maka kandungan O_2 pada emisi juga akan berkurang [29].

IV. SIMPULAN

Telah dilakukan penelitian tentang efektivitas paparan medan magnet lemah (<2000 Gauss) terhadap tingkat kesempurnaan proses pembakaran. Didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar minyak beroktan rendah yang terpapar oleh medan magnet lemah menghasilkan peningkatan kesempurnaan proses pembakaran. Dari pengujian konsumsi terhadap beban mesin didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa pada kondisi nilai beban mesin 937,5 rpm konsumsi bahan bakar cenderung lebih banyak. Seiring

dengan meningkatkan beban mesin maka kebutuhan konsumsi bahan bakar semakin meningkat sehingga semakin tinggi pula induksi medan magnet yang dibutuhkan untuk mencapai kesempurnaan proses pembakaran. Kandungan O₂ pada emisi sebagai komponen sisa dari proses pembakaran yang tidak sempurna menurun seiring dengan meningkatnya intensitas medan magnet. Emisi cenderung berkurang dan stabil pada intensitas lebih besar yaitu 1048,0 -1167,5 Gauss dan tidak dipengaruhi oleh lamanya kerja mesin pada beban mesin yang lebih berat (893,8; 937,5; dan 1093,8 rpm).

-
- [1] R. Stradling, J. Williams, H. Hamje, dan D. Rickeard, "Effect of Octane on Performance, Energy Consumption and Emissions of Two Euro 4 Passenger Cars", *Transportation Research Procedia*, vol. 14, pp. 3159-3168, Jan 2016.
- [2] M. Prima, "Ini Bedanya Premium, Peralite, Pertamina, dan Pertamina Plus", *Tempo.co*, 25-Jun-2015.
- [3] A.R. Attar, P. Tipole, D.V. Bhojwani, dan D.S. Deshmukh, "Effect of Magnetic Field Strength on Hydrocarbon Fuel Viscosity and Engine Performance", *International Journal of Mechanical Engineering and Computer Applications*, vol. 1, no. 7, pp. 94-98, 2013.
- [4] T.G. Smagala, E. Christensen, K.M. Christison, R.E. Mohler, E. Gjersing, dan R.L. McCormick, "Hydrocarbon Renewable and Synthetic Diesel Fuel Blendstocks: Composition and Properties", *Energy Fuels*, vol. 27, no. 1, pp. 237-246, Jan 2013.
- [5] D. R. Mane dan V.S. Sawant, "A Comparative Study of Effect of Magnetic Field on Exhaust Emission in Internal Combustion Engine", *IOSR-JAP*, vol. 7, no. 6, pp. 38-40, Des 2015.
- [6] N. S. Sarvestany, A. Farzad, E. Ebrahimi-Bajestan, and M. Mir, "Effects of Magnetic Nanofluid Fuel Combustion on the Performance and Emission Characteristics", *Journal of Dispersion Science and Technology*, vol. 35, pp. 1745-1750, 2014.
- [7] A.M. Salih dan A.-R. M. Ahmed, "The effect of magnetic field on the boiler performance fueled with diesel", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 7, no. 2, pp. 406-410, 2016.
- [8] K. Shinde, P. Shinde, D. Tupe, dan P. Rathod, "Experimental Investigation on the Effect of Magnetic Field on Refrigerants", *IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering*, vol. 2, no. 12, pp. 447-454, Jun 2016.
- [9] Syarifudin, B. Sudartama, "Kajian Variasi Kuat Medan Magnet Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Mesin SINJAI 3 Silinder 650 CC." *Seminar Nasional Pascasarjana XI - ITS*, 15-Agu-2013.
- [10] S. Kawai dkk., "Direct quantitative measurement of the C=O...H-C bond by atomic force microscopy", *Science Advances*, vol. 3, no. 5, Mei 2017.
- [11] A.E.F. Farrag dan M.S. Gad, "Effect of Fuel Magnetism on Engine Performance and Emissions", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 4, pp. 6354-6358, Des 2010.
- [12] M.S. Gad dan A.E.F. Farrag, "Effect of Fuel Magnetism on Industrial Oil Burner Performance Burning Waste Cooking Oil", *International Journal of Engineering*, vol. 16, no. 5, pp. 25-37, 2016.
- [13] M. Hamdhani dan B. Sudarmanta, "Studi Eksperimental Variasi Kuat Medan Magnet Induksi Pada Aliran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Mesin SINJAI 650 CC (Studi Kasus: Mapping Sumber Tegangan Induksi Magnet)", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. B557-B562, 2016.
- [14] A.A.R. Mohammed, "Magnetic Field Effect on Spark Ignition Engine Performance and Its Emissions at High Engine Speeds", *Journal of Engineering and Development*, vol.19, pp.37-48, 2015.
- [15] H.P. Siregar dan R. Nainggolan, "Electromagnetic Fuel Saver for Enhancing The Performance of The Diesel Engine", *Global Journals Inc.*, vol. 12, no. 6, pp. 1-4, 2012.
- [16] P. Govindasamy and S. Dhandapani, "Performance and Emissions Achievements by Magnetic Energizer With Single Cylinder Two Stroke Catalytic Coated Spark Ignition Engine", *Journal of Scientific & Industrial Research*, vol. 66, pp. 457-463, 2007.
- [17] W.H. Hayt dan J.A. Buck, "Elektromagnetika", 7 ed. Jakarta, Indonesia: Erlangga, 2016.
- [18] A.S. Khedvan dan V.A. Gaikwad, "Review on Effect of Magnetic Field on Hydrocarbon Refrigerant in Vapor Compression Cycle", *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, vol. 4, no. 7, pp. 1374-1378, Mar 2015.
- [19] S. Patil, N. Kamble, J. Kadam, S. Patil, dan A. Attar, "Effect of Magnetic field on Hydrocarbon refrigerant", *International Conference on Ideas, Impact and Innovation in Mechanical Engineering (ICIIME)*, vol. 5, no. 6, pp. 1443-1449, 2017.
- [20] H. Gonzalez-Herrero dkk., "Atomic-scale control of graphene magnetism by using hydrogen atoms", *Science*, vol. 352, no. 6284, pp. 437-441, Apr 2016.
- [21] P.M. Patel, "Effect of magnetic field on performance and emission of single cylinder four stroke diesel engine", *IOSR Journal of Engineering*, vol. 4, no. 5, pp. 28-34, Mei 2014.
- [22] T.H. Nufus, R.P.A. Setiawan, W. Hermawan, and A.H. Tambunan, "Characterization of biodiesel fuel and blend after electromagnetic exposure", *Cogent Engineering*, vol. 4, no. 1, 2017.
- [23] A. Ali, M. Ezeldin, A.M. Masaad, N. Suleman, dan Effect, "Effect of Magnetic Field on Some Physical Characteristics and Cetane Number of Diesel Fuel", *American Journal of Applied Chemistry*, vol. 3, pp. 212-216, Jan 2015.
- [24] Okoronkwo, Nwachukwu, Ngozi -Olehi, dan Igbokwe, "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, no. 3, pp. 527-531, Des 2010.
- [25] M. Sadeghi-Goughari, S. Jeon, dan H.-J. Kwon, "Effects of Magnetic-Fluid Flow on Structural Instability of A Carbon Nanotube Conveying Nanoflow Under A Longitudinal Magnetic Field", *Physics Letters A*, vol. 381, no. 35, pp. 2898-2905, Sep 2017.

- [26] H. Babar, D.S.P. Deshmukh, D.V.K. Bhojwani, dan P.J. Tipole, "Experimental Investigation on Effects of Magnetic Field on Hydrocarbon Fuels in I.C. Engine", *International Engineering Research Journal (IERJ)*, no. 2, pp. 4746-4749, 2015.
- [27] M.S. Chavan dan M.P. Jhavar, "Effects of Application of Magnetic Field on Efficiency of Petrol Engine", *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 03, no. 09, pp. 152-161, Sep 2016.
- [28] S. Jain, "Experimental Investigation of Magnetic Fuel Conditioner (M.F.C) in I.C. engine", *IOSR Journal of Engineering*, vol. 02, no. 07, pp. 27-31, Jul 2012.
- [29] A.S. Faris, *et al.*, "Effects of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Two-Stroke Engine", *Energy Procedia*, vol. 18, no. Supplement C, pp. 327-338, Jan 2012.
- [30] V. Ugare, N. Bhave, dan S. Lutade, "Performance of Spark Ignition Engine Under the Influence of Magnetic Field", *IJRAME*, vol. 1, no. 3, pp. 36-43, Jul 2013.
- [31] H. Guo, Z. Liu, Y. Chen, and R. Yao, "A Study of Magnetic Effects on the Physicochemical Properties of Individual Hydrocarbons", *A Study Of Magnetic Effects On The Physicochemical Properties of Individual Hydrocarbons*. [Daring]. Tersedia pada: <https://web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/43-2-DALLAS-03-98-0216.pdf>. [Diakses: 16-Sep-2017].
- [32] J. Kumar T dan A. M, "Modification of Two Stroke I.C Engine to Reduce Emission and Fuel Consumption", *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 42-47, 2010.