



Prestasi Pembakaran Adunan Biodiesel Berasaskan Jatropha Dalam Pembakar Minyak *Combustion Performance of Jatropha Blended Biodiesel in An Oil Burner*

Open
Access

Mohd Shuisma Mohd Ismail¹, Mohammad Nazri Mohd Jaafar^{1,*}, S. M. Fauzi¹, Muhamad Roslan
Rahim¹, Mazlan Said¹, Norazila Othman¹, Mohd Kamal Ariffin¹, Muhammad Syahiran Abdul Malik¹

¹ Sekolah Kejuruteraan Mekanikal Fakulti Kejuruteraan, Universiti Teknologi Malaysia, 81310, Johor Bahru, Malaysia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 October 2020

Received in revised form 30 November 2020

Accepted 2 December 2020

Available online 16 December 2020

ABSTRACT

Dalam kajian ini, minyak Jatropha tulin (minyak tumbuhan yang tidak boleh dimakan) telah ditukar menjadi biodiesel (Jatropha Methyl-Ester atau JME) melalui proses pengesteran dan trans-esterifikasi. Ia kemudian diadun dengan diesel komersial dalam pelbagai nisbah untuk menghasilkan empat adunan berbeza. Nisbah biodiesel Jatropha kepada diesel (Jatropha:diesel) ialah 5:95% (B5), 10:90% (B10), 15:85% (B15) dan 20:80% (B20). Huruf B menunjukkan jumlah isi padu biodiesel dalam campuran dengan diesel. Setiap adunan kemudian diuji untuk sifat fizikal bahan api mereka berbanding dengan diesel. Ujian prestasi pembakaran dijalankan dan profil suhu dan kepekatan emisi (NO_x dan CO) diukur pada tujuh nisbah kesetaraan yang berbeza. Keputusan ujikaji dibentangkan dan mereka menunjukkan bahawa profil suhu setiap campuran tidak melebihi nilai diesel, dan menghasilkan pengeluaran yang lebih rendah (NO_x dan CO) berbanding diesel.

In this study, pure Jatropha oil (inedible plant oil) was converted into biodiesel (Jatropha Methyl-Ester or JME) through an esterification and trans-esterification process. It is then blended with commercial diesel in various ratios to produce four different blends. The ratio of Jatropha biodiesel to diesel (Jatropha:diesel) is 5:95% (B5), 10:90% (B10), 15:85% (B15) and 20:80% (B20). The letter B indicates the total volume of biodiesel in a mixture with diesel. Each batch of the fuel blend was then tested for their physical properties compared to diesel. Combustion performance tests were performed and temperature and emission (NO_x and CO) profiles were measured at five different equivalence ratios. Experimental results are presented and they show that the temperature profile of each mixture does not exceed the value of diesel, and results in lower emissions (NO_x and CO) than diesel.

Keywords:

Jatropha; biodiesel; pembakaran; profil
pelepasan; nisbah setara

*Jatropha; biodiesel; combustion;
emission profile; equivalent ratio*

Copyright © 2021 PENERBIT AKADEMIA BARU - All rights reserved

* Corresponding author.

E-mail address: nazrijaafar@utm.my

<https://doi.org/10.37934/arfmts.79.1.3643>

1. Pengenalan

Minyak tumbuhan telah diketahui boleh digunakan sebagai pengganti kepada minyak diesel komersial. Demonstrasi pertama menggunakan minyak kacang tanah telah dilakukan oleh Rudolph Diesel pada tahun 1900. Oleh kerana ia mempunyai nilai kelikatan yang sangat tinggi, minyak tumbuhan tidak boleh digunakan secara langsung sebagai bahan bakar. Ia boleh menghasilkan masalah enjin yang serius [1-2]. Untuk mendapatkan minyak berasaskan minyak tumbuhan yang berkelikatan lebih rendah, minyak tersebut perlu menjalani proses rawatan trans-esterifikasi. Kajian lepas telah membuktikan kebenaran dan kejayaan proses ini [3]. Di Malaysia, penggunaan minyak kelapa sawit sebagai sumber biodiesel adalah perkara biasa, tetapi penggunaannya yang meluas adalah terhad. Ini disebabkan fakta bahawa minyak sawit dikategorikan sebagai minyak yang boleh dimakan. Oleh itu terdapat risiko kenaikan harga makanan secara umum disebabkan perkara ini.

Untuk prestasi pembakaran, biodiesel telah terbukti menghasilkan emisi gas rumah hijau yang lebih baik sambil mengekalkan kecekapan pembakaran berbanding dengan diesel konvensional [4, 5]. Dalam hal ini, Aly *et al.*, [6] telah menyiasat kemungkinan menggunakan pelbagai adunan minyak kelapa sawit dalam pembakar turbin gas dan untuk menyediakan pangkalan data untuk sifat-sifat pembakaran campuran kepada komuniti perindustrian.

Nama saintifik untuk tumbuhan *Jatropha* ialah *Jatropha Curcas*. Minyak *Jatropha* dianggap baik untuk biodiesel terutamanya kerana ketersediaannya dan ia tidak boleh dimakan. Biji *Jatropha* adalah toksik dan hampas tertekan tidak boleh digunakan sebagai makanan haiwan. Pada masa ini, hampas tertekan hanya boleh digunakan sebagai baja organik. Masalah ini sebenarnya menguntungkan bagi minyak untuk digunakan sebagai tenaga alternatif, kerana tidak ada konflik dengan nexus makanan.

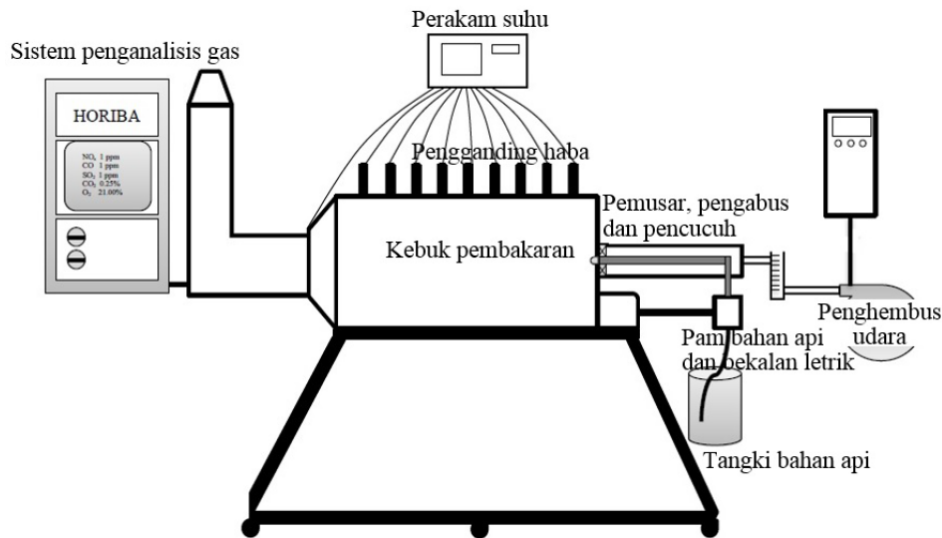
Pokok *Jatropha* juga tahan lasak dan dapat tumbuh dengan pesat dalam keadaan tanah yang kurang baik. Ia memerlukan hanya sedikit pengairan dan ia juga mampan dalam kemarau. Ia merupakan tumbuhan kekal dan jangka hayatnya boleh sampai 50 tahun. Ia boleh ditanam di semua jenis kawasan seperti garis pantai atau bukit cerun [7]. *Jatropha* dapat menghasilkan banyak minyak dari benihnya, dan kadar pengeluaran rata-rata dapat mencapai hingga 0.8 kg minyak per meter persegi setahun [8]. Benih mengandungi kira-kira 30% hingga 40% berat badan dan kernelnya mengandungi sekitar 45% hingga 60% minyak [9]. Sementara itu, kandungan tenaga kasar dari buah adalah 30.5, 19.5 dan 18.0 MJ/kg dari kernel, tempurung dan isi masing-masing [11]. Kertas kerja ini akan memberi tumpuan kepada kajian minyak *Jatropha* yang dicampur dengan diesel, prestasi pembakaran mereka dalam sistem pembakar minyak, dengan mengubah kadar aliran bahan bakar dan nisbah kesetaraan.

2. Pelantar Ujikaji

Piawai berikut digunakan sebagai garis panduan untuk mengenal pasti dan menentukan sifat untuk setiap adunan yang akan digunakan semasa pembakaran kelak. ASTM D445-12 digunakan untuk menentukan kelikatan kinematik, ASTM D974-11 untuk menentukan nilai asid, D1298-12b untuk kepadatan dan ASTM D240 untuk menentukan nilai kalori mereka [12-15].

Rig eksperimen terdiri daripada pembakar minyak ringan Baltur BT14 dengan bahagian pengabus yang boleh ditukar, ruang pembakaran dilengkapi dengan pengganding haba yang dipasang di sepanjang dinding kebuk pembakaran, dan penganalisis gas. Kebuk pembakaran yang digunakan diperbuat daripada keluli biasa dengan ketebalan 2 mm dan terdapat 9 lubang pada sela 100 mm di sepanjang kebuk pembakaran tersebut. Setiap lubang ini dipasang dengan pengganding haba untuk

mendapatkan taburan suhu pembakaran. Hos penganalisis gas dipasang di hujung kebuk pembakaran tersebut seperti ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1. Pelantar ujikaji untuk ujian pembakaran biodiesel

Pengabus yang digunakan dalam kajian ini adalah dari jenis kon pejal yang dapat menghasilkan corak semburan yang seragam. Ia diperbuat daripada tembaga dan keluli tahan karat. Pengabus mempunyai sudut semburan 45° . Spesifikasi pembakar minyak ringan disenaraikan dalam Jadual 1 di bawah.

Jadual 1

Spesifikasi pembakar minyak

Pembakar Minyak Ringan, Baltur IL. BT 14 G/W	
Kapasiti	7.5-14.5 kg/jam
Bahan api	$1,5^\circ\text{E} - 20^\circ\text{C}$
Voltan	230V 50Hz
Keluaran kuasa	140 kW
Kapasiti terma	89kW-172kW

3. Hasil Kajian Dan Perbincangan

Dari nilai sifat biodiesel seperti dipaparkan dalam Jadual 2, kelikatan kinematik untuk semua adunan *Jatropha* adalah lebih tinggi berbanding dengan diesel. Namun nilai ini tidak melebihi had bahan bakar diesel yang piawai seperti yang ditunjuk dalam lajur terakhir jadual 2 di bawah tajuk lajur ASTM D6751. Oleh itu dapat disimpulkan bahawa adunan biodiesel berasaskan *Jatropha* adalah selamat dan sesuai untuk digunakan dalam enjin diesel biasa tanpa perlu melakukan apa-apa pengubahsuaian.

Nilai kelikatan ini boleh dikurangkan dengan lebih rendah lagi menggunakan proses trans-esterifikasi dengan mengubah masa, suhu dan bahan pemangkin yang digunakan semasa proses tersebut. Nilai kalori bagi setiap adunan adalah lebih rendah daripada nilai untuk diesel tulen. Ini adalah kerana nilai kalori minyak *Jatropha* asal adalah jauh lebih rendah daripada nilai kalori untuk diesel. Namun, setelah melalui proses trans-esterifikasi, nilai kalori ini adalah lebih tinggi dan nilai untuk adunan adalah jauh lebih tinggi bergantung kepada nisbah bahan api biodiesel yang digunakan. Nilai kalori yang lebih rendah untuk bahan api adunan biodiesel ini dijangka menghasilkan kepekatan

pembentukan NO_x yang lebih rendah semasa pembakaran disebabkan oleh suhu yang akan terhasil adalah lebih rendah. Ciri-ciri bagi setiap campuran ditunjukkan dalam Jadual 2.

Jadual 2

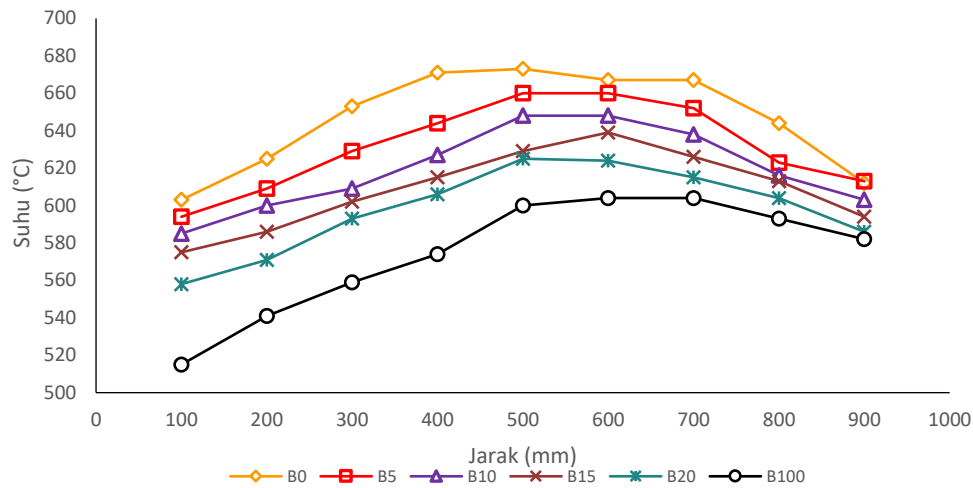
Sifat diesel, biodiesel dan adunan mereka

Sifat	B0/Diesel	B5	B10	B15	B20	B100	ASTM D6751
Ketumpatan (kg/m ³)	835.91	837.85	838.82	839.78	842.69	868.81	800-890
Kelikatan Kinematik (mm ² /s)	3.0625	3.721	4.352	4.651	4.937	5.880	1.9-6.0
Ketegangan permukaan (N/m)	29.56	29.8	30.6	30.3	30.2	32.4	-
Nilai kalori (KJ/kg)	45632	45351	45112	44871	44511	40207	-
Nilai asid (mgKOH/g)	0.35	0.2615	0.2718	0.2795	0.2883	0.2931	≤ 0.5

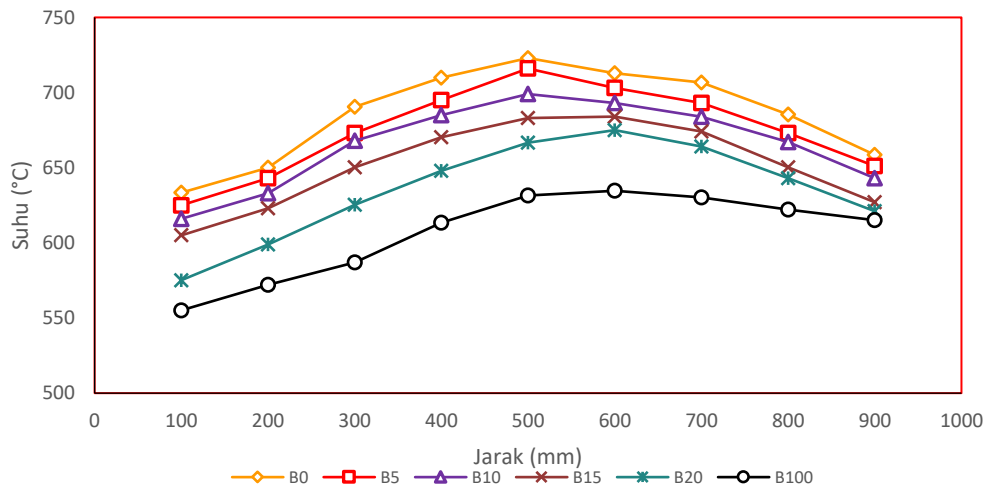
Ujikaji pembakaran telah dijalankan untuk tujuh nilai nisbah setara yang berbeza yang merangkumi semua jeda pembakaran, iaitu untuk pembakaran cair bahan api, stoikiometri dan pembakaran kaya bahan api. Untuk tujuan ini nilai nisbah setara yang dikaji adalah 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 dan 1.4. Untuk persembahan keputusan emisi, kesemua nilai nisbah setara ini adalah digunakan, namun untuk profil suhu dinding kebuk, cuma tiga saja graf yang dipaparkan yang mewakili keadaan pembakaran cair bahan api (Rajah 2), pembakaran stoikiometri (Rajah 3) dan pembakaran kaya bahan api (Rajah 4).

Untuk kajian profil suhu di sepanjang kebuk pembakaran, hanya suhu dinding kebuk saja yang dapat direkodkan memandangkan pengganding haba hanya memanjang kira-kira 30 mm ke dalam ruang kebuk pembakaran. Oleh itu, hanya suhu dinding saja yang berjaya dibaca dan direkodkan. Untuk mengukur suhu pembakaran, pengganding haba jenis lain (yang dapat tahan suhu yang lebih tinggi) perlu digunakan. Seterusnya, gas ekzos telah diambil bacaan sampel hanya untuk dua spesies bahan cemar iaitu NO_x dan CO menggunakan penganalisis gas.

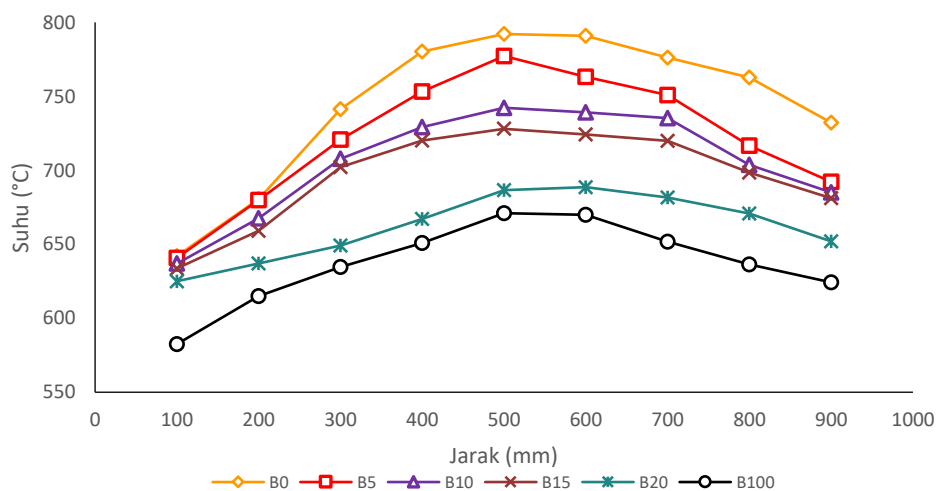
Dari Rajah 2, 3 dan 4 dapat diperhatikan bahawa nilai untuk suhu dari bahan api diesel untuk ketiga-tiga keadaan tadi (cair bahan api, stoikiometri dan kaya bahan api) menunjukkan bahawa diesel mempunyai suhu tertinggi untuk semua keadaan ujian. Kemudian dapat diperhatikan pula bahawa keadaan pembakaran juga memainkan peranan di mana pembakaran cair bahan api menunjukkan bacaan suhu paling rendah daripada ketiga-tiga graf tersebut dan pembakaran kaya bahan api sebaliknya menunjukkan bacaan paling tinggi. Ini adalah ketara kerana diesel mempunyai nilai kalori bahan bakar yang lebih tinggi daripada biodiesel berasaskan *Jatropha*. Sebab itulah nilai suhunya lebih tinggi. Nilai suhu tertinggi untuk bahan api diesel adalah sekitar 790°C untuk keadaan pembakaran kaya bahan api sementara untuk biodiesel sepenuhnya (B100) pula suhu tertinggi adalah sekitar 660°C juga pada keadaan pembakaran kaya bahan api. Juga dapat diperhatikan bahawa untuk ketiga-tiga keadaan pembakaran, suhu puncak untuk semua keadaan dan juga untuk semua adunan adalah pada stesen 500mm dari kemasukan ke kebuk pembakaran. Ini mungkin disebabkan bahawa nyalaan adalah paling gemuk pada lokasi ini yang menandakan suhu tertinggi telah dicapai.



Rajah 2. Profil suhu dinding kebul pembakaran pada keadaan pembakaran cair bahan api untuk beberapa adunan bahan api



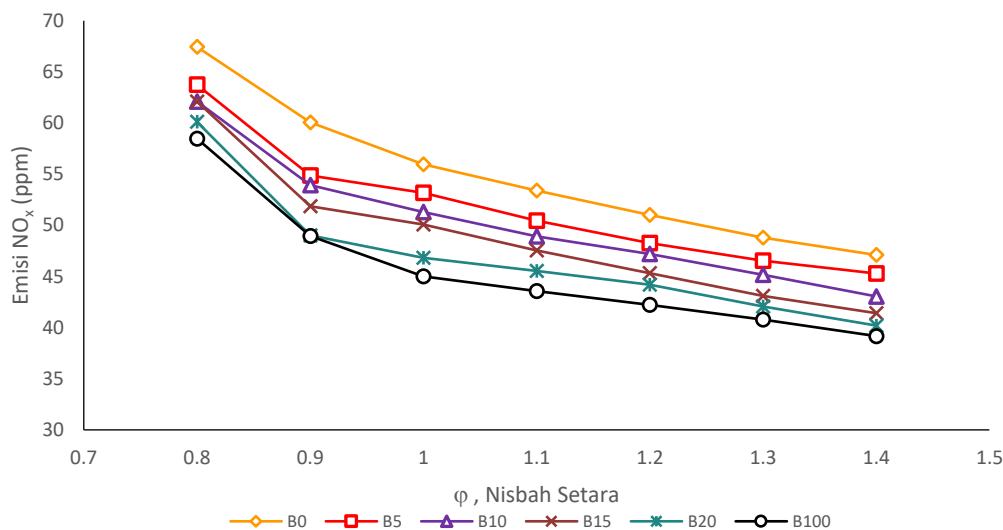
Rajah 3. Profil suhu dinding kebul pembakaran pada keadaan pembakaran stoikiometri untuk beberapa adunan bahan api



Rajah 4. Profil suhu dinding kebul pembakaran pada keadaan pembakaran kaya bahan api untuk beberapa adunan bahan api

Sementara itu, Rajah 5 dan 6 pula memaparkan graf-graf emisi yang dilepaskan dari proses pembakaran bahan api biodiesel jatropha serta adunannya. Rajah 5 menunjukkan gas emisi NOx sementara Rajah 6 pula menunjukkan gas emisi CO yang dilakarkan melawan nisbah setara bagi beberapa adunan biodiesel Jatropha dan juga bahan api diesel sebagai rujukan.

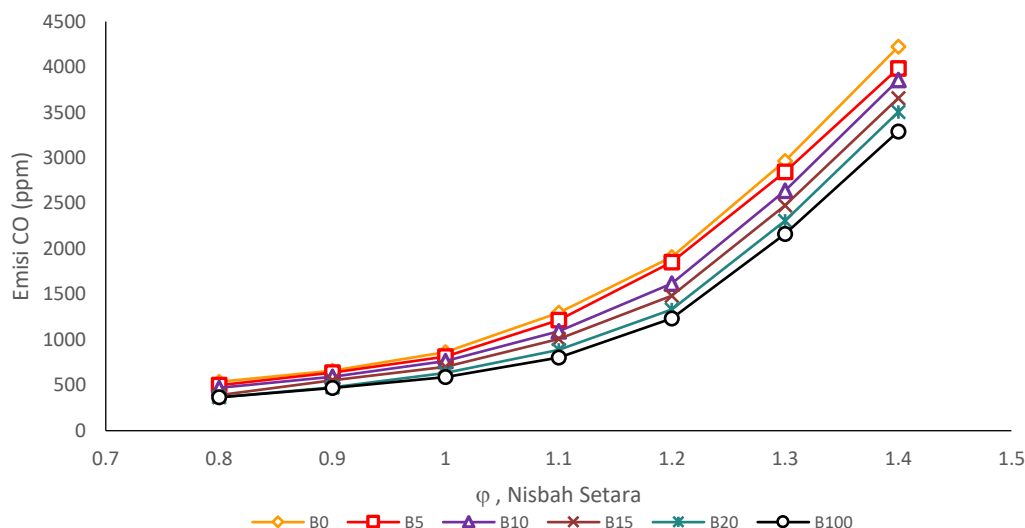
Dari Rajah 5 dapat diperhatikan bahawa emisi NOx untuk bahan api diesel adalah paling tinggi berbanding dengan adunan biodiesel daripada Jatropha. Ini adalah kerana nilai kalori untuk bahan api diesel adalah tertinggi seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2 dan ini adalah seiring dengan teori di mana nilai pelepasan emisi gas NOx adalah tertinggi apabila suhu adalah tinggi kerana ia merupakan fungsi suhu. Ini juga terbukti daripada Rajah-raja 2, 3 dan 4 di mana suhu untuk bahan api diesel adalah tertinggi untuk semua keadaan. Oleh itu, perkara ini adalah benar dan seiring dengan teori serta selari dengan dapatan dari Teoh dan rakan-rakan [16] yang menunjukkan bahawa nilai kepekatan NOx dari pembakaran bahan api diesel adalah tertinggi. Penambahan isi padu biodiesel Jatropha dalam adunan merendahkan kepekatan NOx yang dilepaskan dari proses pembakaran.



Rajah 5. Emisi NOx melawan nisbah setara untuk beberapa adunan bahan api

Seperti dijangkakan, B100 menunjukkan kepekatan emisi NOx terendah kerana suhu yang dicapai juga adalah terendah (seperti ditunjukkan dalam Rajah-raja 2, 3 dan 4). Ini juga dikaitkan dengan nilai kalori untuk B100 adalah paling rendah seperti dipaparkan dalam Jadual 2. Nilai-nilai kepekatan emisi NOx untuk adunan-adunan lain adalah berkadar dengan nilai biodiesel Jatropha yang terkandung di dalamnya, sebagai contoh, lagi rendah nilai "B" (yang bermaksud bahawa isi padu biodiesel Jatropha lagi sedikit) maka nilai pelepasan NOx adalah tinggi berbanding dengan bahan api dengan nilai "B" yang lagi tinggi. Oleh itu, sebagai kesimpulan, nilai kepekatan NOx boleh diturunkan jika isi padu biodiesel Jatropha dalam bahan api bertambah.

Untuk pelepasan emisi CO pula, corak bagi setiap adunan bahan api adalah sama. Dari Rajah 6 dapat diperhatikan bahawa kepekatan emisi gas CO untuk adunan biodiesel Jatropha tidak melebihi nilai kepekatan yang dihasilkan oleh diesel. Ini selari dengan keputusan yang diperolehi oleh Mofijur dan rakan-rakan [17]. Nilai CO yang dilepaskan dari proses pembakaran meningkat dengan meningkatnya nisbah setara. Ini juga adalah bertepatan dengan teori di mana nilai kepekatan emisi CO adalah tinggi di kawasan cair bahan api dan mula menurun dengan meningkatnya nisbah setara ke arah nisbah stoikiometri di mana nilai kepekatan emisi CO adalah terendah dan kemudian mula meningkat semula apabila nisbah setara meningkat semula ke kawasan kaya bahan api [5].



Rajah 6. Emisi CO melawan nisbah setara untuk beberapa adunan bahan api

Dari Rajah 6 juga dapat diperhatikan bahawa dengan bertambahnya kandungan isi padu bahan api biodiesel Jatropha dalam bahan bakar yang digunakan maka pelepasan emisi gas CO juga berkurangan. Dengan itu, dapat disimpulkan bahawa untuk mengurangkan pelepasan emisi CO, adalah sesuai untuk menggunakan bahan api adunan biodiesel Jatropha. Ini dapat dilihat perbandingan kepekatan emisi CO pada nisbah setara stoikiometri di mana pengurangan sebanyak 28% telah dicapai jika dibandingkan nilai kepekatan emisi CO dari diesel berbanding dengan dari biodiesel Jatropha (B100).

4. Kesimpulan

Dua kesimpulan besar dapat digariskan daripada hasil kajian ini

- i. Apabila minyak Jatropha mentah menjalani proses rawatan trans-esterifikasi, sifat menjadi lebih hampir kepada diesel biasa.
- ii. Pelepasan untuk emisi NOx dan CO bagi setiap adunan bahan api biodiesel Jatropha menghasilkan emisi yang lebih rendah berbanding dengan diesel.

Penghargaan

Pengarang ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia dan Pusat Pengurusan Penyelidikan, Universiti Teknologi Malaysia kerana memberikan geran penyelidikan untuk melaksanakan projek ini (Projek Nombor: 17J92). Mereka juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Kejuruteraan Mekanikal, Fakulti Kejuruteraan yang telah menyediakan ruang untuk kajian ini dilaksanakan.

Rujukan

- [1] Achten, Wouter MJ, Joana Almeida, Vincent Fobelets, Evelien Bolle, Erik Mathijs, Virendra P. Singh, Dina N. Tewari, Louis V. Verchot, dan Bart Muys. "Life cycle assessment of Jatropha biodiesel as transportation fuel in rural India." *Applied Energy* 87, no. 12 (2010): 3652-3660.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.003>
- [2] Jaafar, MN Mohd, K. Jusoff, Mohamed Seroleh Osman, dan Mohd Shaiful Ashrul Ishak. "Combustor aerodynamic using radial swirler." *International Journal of Physical Sciences* 6, no. 13 (2011): 3091-3098.
- [3] Alok Adholeya, P. K. (2008). *Production and Technology of Bio-diesel: Seeding a Change*. New Delhi: TERI Press.

- [4] Pramanik, K. "Properties and use of Jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine." *Renewable energy* 28, no. 2 (2003): 239-248.
[https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(02\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00027-7)
- [5] Ganjehkaviri, Abdolsaeid, Mohammad Nazri Mohd Jaafar, Seyed Ehsan Hosseini, dan Anas Basri Musthafa. "Performance evaluation of palm oil-based biodiesel combustion in an oil burner." *Energies* 9, no. 2 (2016): 97-107.
<https://doi.org/10.3390/en9020097>
- [6] Aly, Hossam S., Yehia A. Eldrainy, Khalid M. Saqr, Tholudin M. Lazim, dan Mohammad Nazri Mohd Jaafar. "A mathematical model for predicting spray atomization characteristics in an Eulerian–Eulerian framework." *International communications in heat and mass transfer* 37, no. 6 (2010): 618-623.
<https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2010.02.003>
- [7] Chen, Lu-Yen, Yi-Hung Chen, Yi-Shun Hung, Tsung-Han Chiang, dan Cheng-Hsien Tsai. "Fuel properties and combustion characteristics of jatropha oil biodiesel–diesel blends." *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 44, no. 2 (2013): 214-220.
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2012.09.011>
- [8] Foidl, N., G. Foidl, Mittelbach Sanchez, M. Mittelbach, dan S. Hackel. "Jatropha curcas L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua." *Bioresource technology* 58, no. 1 (1996): 77-82.
[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00111-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00111-3)
- [9] Sahoo, P. K., dan L. M. Das. "Combustion analysis of Jatropha, Karanja and Polanga based biodiesel as fuel in a diesel engine." *Fuel* 88, no. 6 (2009): 994-999.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.11.012>
- [10] Thapa, Sunil, Natarianto Indrawan, dan Prakashbhai R. Bhoi. "An overview on fuel properties and prospects of Jatropha biodiesel as fuel for engines." *Environmental Technology & Innovation* 9 (2018): 210-219.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.12.003>
- [11] FACT Foundation (2006). Jatropha Handbook, www.fact-fuels.org (dilihat pada 10hb. September, 2018).
- [12] ASTM. (n.d.). ASTM. Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids: D445-12.
- [13] ASTM. (n.d.). ASTM. Standard Test Method for Acid and Based Number by Color-Indicator Titration: D974-11.
- [14] ASTM. (n.d.). ASTM. Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method: D1298-12b.
- [15] ASTM. (n.d.). ASTM. Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels. Pennsylvania: D6751-02.
- [16] Teoh, Y. H., H. H. Masjuki, M. A. Kalam, M. A. Amalina, dan H. G. How. "Effects of Jatropha biodiesel on the performance, emissions, and combustion of a converted common-rail diesel engine." *RSC Advances* 4, no. 92 (2014): 50739-50751.
<https://doi.org/10.1039/C4RA08464K>
- [17] Mofijur, M., H. H. Masjuki, M. A. Kalam, dan A. E. Atabani. "Evaluation of biodiesel blending, engine performance and emissions characteristics of Jatropha curcas methyl ester: Malaysian perspective." *Energy* 55 (2013): 879-887.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.02.059>