

Pengaruh Penambahan Minyak Kulit Pisang Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel

Ninuk Jonoadji¹, Sutrisno^{1*}, Willyanto Anggono¹, Amelia Sugondo¹, Ezra Septhian¹,
Melvin Emil Simanjuntak²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra,
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

² Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan,
Jl. Almamater 1, Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

* Penulis korespondensi; E-mail: tengsutrisno@petra.ac.id

ABSTRAK

Di dalam penggunaan berbagai sumber daya alam yang utama, pemakaian bahan bakar minyak bumi pada mesin diesel terus bertambah secara signifikan sehingga ketersediaan dari bahan bakar minyak tersebut yang bersifat *non renewable* dikhawatirkan. Pemanfaatan *biodiesel* dari minyak nabati saat ini sangat populer sebagaimana kebijakan pemerintah Indonesia saat ini telah diberlakukan untuk mengurangi kelangkaan bahan bakar minyak. Kulit pisang yang seringkali menjadi sampah rumah tangga dipertimbangkan dapat dijadikan minyak nabati sehingga minyak nabati tersebut dapat dicampur dengan minyak diesel untuk menghasilkan *biodiesel*. Di dalam penelitian ini, minyak nabati kulit pisang dicampur dengan minyak diesel dengan menggunakan kenaikan 5% minyak nabati tersebut. *Biodiesel* B10 dan B15 dari minyak nabati kulit pisang tersebut harus memenuhi spesifikasi Direktorat Jenderal Minyak dan Gas PERTAMINA untuk digunakan secara luas sebagai *biodiesel* alternatif untuk mesin diesel. Hasil uji kinerja dari mesin diesel menunjukkan bahwa *biodiesel* B15 dapat digunakan untuk mesin diesel.

Kata kunci: Biodiesel; kulit pisang; energi terbarukan; kinerja mesin diesel.

ABSTRACT

Within the use of major natural resources, the consumption of crude oil in diesel engine has been continually increasing significantly so that the availability of the fuels which are non renewable is concerned. The utilization of biodiesel made from biofuel recently is very popular as the policy of the Indonesian government has taken into effect in order to reduce the scarcity of the crude oil. Banana peel that often becomes residential waste is considered to be vegetable oil such that the vegetable oil can be mixed with diesel fuel to produce biodiesel. In this study, the banana peel-vegetable oil is mixed with diesel oil through 5% increments of the vegetable oil. Our proposed biodiesels B10 and B15 from the banana peel-vegetable oil must comply with the standard specification of the Directorate general of Oil and Gas PERTAMINA to be widely used as alternative biodiesel for diesel engine. The results of performance test of a diesel engine demonstrate that the biodiesel B15 can be used for diesel engine.

Keywords: Biodiesel; banana peel; renewable energy; performance of diesel engine.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri khususnya di daerah Asia Timur Laut (*Northeast Asia*) seperti di negara-negara Cina, Jepang, Korea Selatan dan Rusia berdampak terhadap permintaan pembangkit energi yang sangat tinggi. Hal ini menyebabkan negara-negara di sekitar Asia memberikan penghargaan

terhadap kemajuan teknologi terkait dengan energi alternatif, sebagaimana dipaparkan oleh Xiangcheng-zhen dan Yilmaz [1]. Pada tahun 2017 Cina memiliki TPES (*Total Primary Energy Supply*) terbesar sebesar 3,063,434 ktoe (*kilo tonne of oil equivalent*) di Asia Pasifik, kemudian Indonesia berada di urutan empat dengan TPES sebesar 244,066 ktoe, sebagaimana dijelaskan oleh International Energy Agency (IEA) [2].

Indonesia memiliki sebaran sumber energi primer sebagaimana ditunjukkan Tabel 1 dimana dominasi minyak bumi (*crude oil*) terlihat masih paling dominan, yaitu sebesar 75,590 ktoe. Setelah minyak bumi tersebut, *biofuel* dan sampah memiliki kapasitas sebesar 57,546 ktoe, sebagaimana ditunjukkan Tabel 1. Terlepas dari itu, Indonesia telah sukses mengembangkan minyak kelapa sawit (*palm oil*) sehingga Indonesia menjadi penghasil terbesar di dunia dimana minyak kelapa sawit ini merupakan salah satu kelompok *biofuel* dan sampah. Namun demikian, kondisi saat ini menyebabkan embargo *export* minyak ke benua Eropa sehingga pemerintah saat ini menggalakkan program pencampuran *biofuel* dengan minyak bumi menjadi *biodiesel* dengan kadar 20 %. Campuran ini disebut dengan B20. Kemudian pemerintah juga mencanangkan program B30 dan seterusnya untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar diesel untuk transportasi dan industri.

Tabel 1. Sumber energi primer negara Indonesia menurut *International Energy Agency* (IEA) [2]

Sumber Energi	Kapasitas (ktoe)
Batu bara	48,378
Gas alam	38,901
Air	1602
Kincir dan Panel Surya	21,953
Biofuel dan Sampah	57,546
Minyak Bumi	75,590

Jumlah produksi kendaraan di sebagian besar negara maju dan rasio kepemilikan mobil semakin besar. Engel-Yan dan Passmore [3] menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar fosil terutama bensin dan diesel di sebagian besar negara berkembang meningkat secara dramatis. Oleh karena itu, penggemar mobil bermesin diesel khususnya di Indonesia berjumlah sangat besar dimana salah satunya hal ini didukung dengan penjualan mobil Toyota Kijang Innova bermesin diesel yang sangat tinggi. Akibatnya, konsumsi minyak bumi juga meningkat drastis dan tidak sesuai dengan peraturan yang sudah ditetapkan pemerintah.

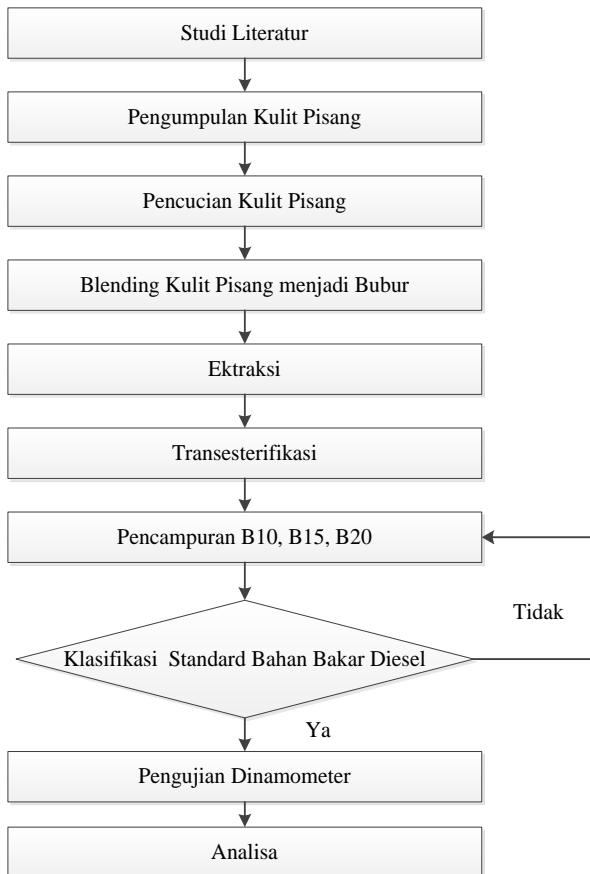
Dalam peraturan pemerintah PP no. 5 tahun 2006 disebutkan bahwa penggunaan minyak bumi harus dikurangi sampai dengan 20 % dari konsumsi minyak nasional, sebagaimana dijelaskan oleh Yandri [4]. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mencari energi alternatif khususnya dari *biofuel* untuk dicampur dengan diesel murni agar menghasilkan variasi *biofuel* lainnya. Energi alternatif selalu diusahakan dari bahan baku yang tidak bernilai, yaitu dari sampah. Berkaitan dengan upaya pencarian energi alternatif tersebut, penelitian dari

Sutrisno et al [5] mempelajari tentang pemanfaatan biji alpukat menjadi minyak nabati sebagai campuran bahan bakar diesel. Dari penelitian tersebut, Sutrisno et al [5] membuktikan bahwa minyak nabati dari biji alpukat tersebut dapat dicampur dengan diesel sampai dengan 20% minyak nabati biji alpukat untuk menghasilkan *biofuel* alternatif. Lebih jauh, Karthikeyan dan Viswanath [6] melakukan penelitian tentang efek adiktif atau penambahan (*additive*) dari *titanium oxide nano particle* (TiO₂) terhadap unjuk kerja mesin diesel. Variasi penggunaan campuran bahan bakar diesel murni (D100) dan *biodiesel* (B30) ini sama seperti program pemerintah Indonesia mengenai kebijakan komposisi campuran *biodiesel* yang terdiri dari 70% diesel dan 30% *biofuel*. Dampak adiktif dari TiO₂ tersebut dibuktikan mampu mereduksi emisi pada semua bahan bakar uji sebagaimana dijelaskan oleh Karthikeyan dan Viswanath [6]. Ini adalah salah satu upaya untuk mereduksi emisi pada bahan bakar *biodiesel*. Selanjutnya, hasil pengujian bahan bakar *biodiesel* menghasilkan karbon monoksida yang paling tinggi dibandingkan dengan bahan bakar diesel murni.

Rismunandar [7] menyatakan bahwa buah pisang merupakan buah yang kaya karbohidrat dari isi dan kulitnya. Berdasarkan analisa kimia, kulit pisang mengandung 24.6% minyak nabati. Selain itu menurut Stover dan Simmonds [8], kulit pisang memiliki kandungan minyak nabati yang dapat diolah menjadi bahan bakar alternatif. Jumlah kulit pisang adalah 1/3 dari buah pisang yang utuh sehingga kulit pisang berpotensi menjadi sampah rumah tangga. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan sampah kulit pisang untuk diolah menjadi *biofuel*.

Penggunaan *biodiesel* dapat mengurangi permasalahan yang dipaparkan di atas. Saat ini banyak orang Indonesia mengkonsumsi buah pisang tetapi kulitnya hanya menjadi limbah rumah tangga. Padahal menurut Bimantoro et al [9], kulit pisang dapat dibuat menjadi *biodiesel* karena kulit pisang mengandung karbohidrat dan minyak nabati. Dalam studi ini, *biodiesel* alternatif yang diusulkan merupakan campuran antara diesel dan minyak kulit pisang. Bahan bakar campuran yang diteliti tersebut meliputi *biodiesel* B10, B15, dan B20 dimana angka 10, 15, dan 20 merupakan prosentase kandungan minyak kulit pisang yang ditambahkan. Hal ini juga karena biosolar PERTAMINA saat ini menggunakan varian B20 dan tahun depan akan memakai varian B30. Lebih jauh, berbeda dengan biosolar alternatif yang diteliti dalam studi ini, biosolar PERTAMINA menggunakan minyak kelapa sawit.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flow chart penelitian

Pada Gambar 1 dijelaskan proses penelitian yang dilakukan mulai dari studi literatur, pengumpulan kulit pisang, pencucian kulit pisang, *blending* kulit pisang menjadi bubur, ekstraksi, transesterifikasi hingga terbentuk minyak kulit pisang. Proses dilanjutkan kembali ke tahap pengujian kualitas minyak nabati tersebut. Selanjutnya minyak nabati tersebut dicampur dengan bahan bakar diesel menjadi beberapa campuran, yaitu B10, B15, B20, dan B30. Kualitas campuran diuji dengan standar Direktorat Jenderal Minyak dan Gas PERTAMINA. Apabila lolos dari standar tersebut, tahap akhir adalah pengujian kinerja dari mesin diesel dengan menggunakan varian *biodiesel* alternatif yang diusulkan.

Proses *rendering* menurut Bimantoro et al [9] merupakan cara ekstraksi minyak pada bahan yang memiliki kadar air yang tinggi. Hal ini bertujuan untuk menggumpalkan protein pada dinding sel bahan dan memecah dinding sel sehingga mudah dilewati oleh minyak yang terkandung di dalamnya. Melalui proses ekstraksi dengan cara *rendering*, bubur kulit pisang dimasukkan ke dalam panci, kemudian dipanaskan dengan memakai kompor sambil dilakukan pengadukan. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan kompor listrik 600 Watt

selama kurang lebih 1 jam 15 menit. Temperatur saat *rendering* adalah $100^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$. Minyak kulit pisang akan keluar di bagian atas permukaan sedangkan ampas bubur kulit pisang akan mengendap di bawah. Pada gambar 2 dipaparkan proses ekstraksi pada bubur pisang.



(a)



(b)

Gambar 2. Proses ekstraksi minyak kulit pisang: a). proses *rendering*; b). pemisahan minyak

Proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis K-OH (Kalium Hidroksida) ditunjukkan pada Gambar 3. Transesterifikasi dilakukan dengan menggunakan peralatan yang meliputi pemanas listrik, termometer, dan magnet *stirrer* dimana *stirrer* (pengaduk) ini bekerja secara simultan. Pencampuran methanol yang ditambahkan digunakan untuk memperoleh senyawa metoksi yang diperlukan pada saat reaksi esterifikasi. Reaksi esterifikasi ini dilakukan dengan mereaksikan senyawa metoksi yang telah terbentuk dengan kulit pisang. Kemudian campuran tersebut diaduk dengan menggunakan *stirrer* selama kurang lebih 2 jam. Setelah itu, proses dilanjutkan dengan penyaringan dan pengendapan selama kurang lebih 2 hari pada suhu kamar.



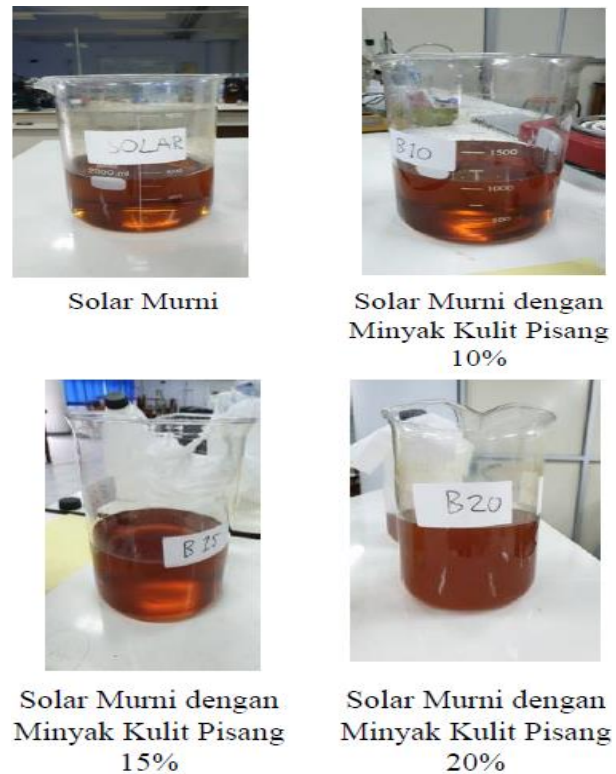
Gambar 3. Transesterifikasi

Proses pencampuran minyak kulit pisang dengan Dexlite dibuat menjadi tiga sampel *biodiesel* dengan prosentase 10%, 15%, dan 20% dari minyak kulit pisang. Dexlite yang digunakan untuk pengujian adalah produk dari PERTAMINA. Dalam pengujian karakteristik di Sucofindo, dibutuhkan solar murni PERTAMINA dan campuran minyak kulit pisang sebesar 10%, 15%, dan 20%. Pada saat pengujian karakteristik *biodiesel*, dibutuhkan 1 liter *biodiesel* untuk setiap sampelnya.

Mesin diesel yang digunakan untuk pengujian performa menggunakan mesin Isuzu 4JA – I, OHV. Kondisi lingkungan (temperatur, tekanan, dan kelembaban udara) dimonitor selama pengujian performa mesin. Mesin diesel tersebut dihidupkan pada putaran *idle* 750 rpm selama kurang lebih 5 menit agar mesin mencapai suhu kerja. Pompa masukan air *dynamometer* dihidupkan dan diatur tekanannya pada 1.5 kg/cm² melalui katup pemasukan air.

Pada tahap pertama, putaran mesin dinaikkan menjadi 3000 rpm dengan pengereman 0% dan tekanan air dijaga tidak berubah. Selanjutnya pompa dihidupkan sambil dicatat beban yang terbaca pada *dynamometer*. Waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi 50 ml bahan bakar yang terdapat pada gelas ukur dicatat, demikian juga jumlah bahan bakar yang kembali (*return flow*), suhu, dan kelembaban udara. Setelah itu posisi pengereman dinaikkan dengan menekan tombol peningkatan beban pada alat kontrol sehingga putaran mesin turun menjadi 2800, 2600, 2400, 2200, 2000, 1800, dan 1600 rpm. Pencatatan data diulangi kembali. Kemudian beban harus dibebaskan dengan mengembalikan posisi pengereman ke 0% dengan cara menekan tombol penurunan beban sambil mengembalikan putaran mesin ke putaran *idle*. Selanjutnya mesin diesel dimatikan dan

percobaan telah selesai. Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali sesuai dengan prosedur yang sama.



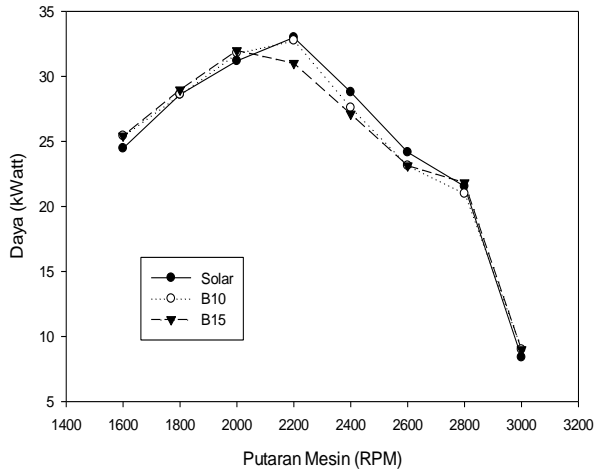
Gambar 4. Pencampuran solar murni dengan minyak kulit pisang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian unjuk kerja mesin diesel Isuzu 4JA – 1, OHV dilakukan di Laboratorium Motor Bakar, Universitas Kristen Petra dengan menggunakan metode pengereman berubah dan putaran berubah. Pengujian unjuk kerja solar murni, *biodiesel* B10, dan *biodiesel* B15 dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dan dihitung rata-ratanya. Data yang diperoleh adalah putaran mesin (rpm), beban (N), waktu (detik), *return flow* (ml), dan temperatur udara (°C). Dari sejumlah data tersebut, kemudian daya (kW), torsi (Nm), *Brake-Specific Fuel Consumption* (BSFC) atau konsumsi bahan bakar efektif, dan efisiensi *thermal* (η) dihitung dengan menggunakan sejumlah persamaan pendukung.

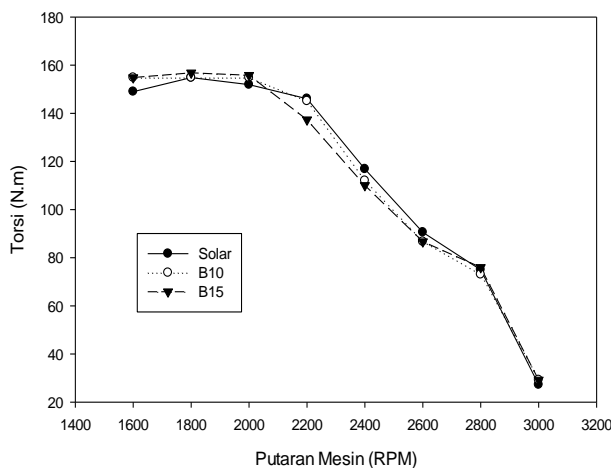
Dari Gambar 5, terlihat bahwa daya tertinggi dari solar PERTAMINA Dex adalah 32.99 kW pada putaran sebesar 2200 rpm dan daya terendah adalah sebesar 8.4 kW pada putaran sebesar 3000 rpm. Selanjutnya, daya tertinggi dari *biodiesel* B10 adalah 32.77 kW pada putaran 2200 rpm dan daya terendah adalah sebesar 9 kW pada putaran 3000 rpm. Sementara itu, daya tertinggi dari *biodiesel* B15 adalah 31.99 kW pada putaran 2000 rpm dan daya terendah adalah sebesar 9 kW pada putaran 3000 rpm. Lebih jauh, untuk putaran 1600 rpm *biodiesel* B15 menghasilkan daya yang lebih besar daripada daya dari solar murni oleh karena *density* dan

kinematic viscosity yang lebih besar daripada *density* dan *kinematic viscosity* dari solar murni yang memiliki sifat lebih baik pada saat putaran rendah. Sebaliknya, *density* dan *kinematic viscosity* menjadi rendah saat putaran 2200 rpm.



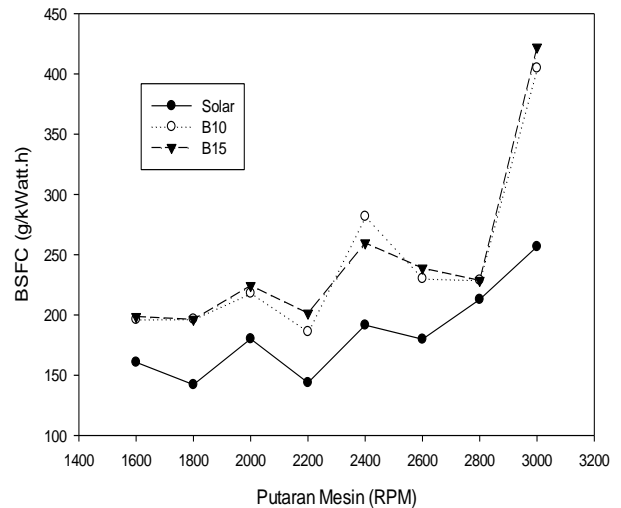
Gambar 5. Perbandingan daya terhadap putaran mesin

Dari Gambar 6, torsi tertinggi dari solar PERTAMINA Dex adalah 154.83 Nm pada putaran 1800 rpm dan torsi terendah adalah sebesar 27.26 Nm pada putaran sebesar 3000 rpm. Untuk *biodiesel* B10, torsi tertinggi adalah 154.83 Nm pada putaran 1600 rpm - 2000 rpm, sedangkan torsi terendah adalah sebesar 29.21 Nm pada putaran 3000 rpm. Sementara itu, *biodiesel* B15 menghasilkan torsi tertinggi sebesar 156.78 Nm pada putaran 1800 rpm dan torsi terendah 29.21 Nm pada putaran 3000 rpm. Lebih jauh, untuk putaran 1600 rpm *biodiesel* B15 memiliki torsi yang lebih besar daripada solar murni oleh karena *density* dan *kinematic viscosity* yang lebih besar daripada kedua properti yang sama dari solar murni yang memiliki sifat lebih baik saat putaran rendah. Sebaliknya, *density* dan *kinematic viscosity* menjadi rendah pada saat putaran 2200 rpm.

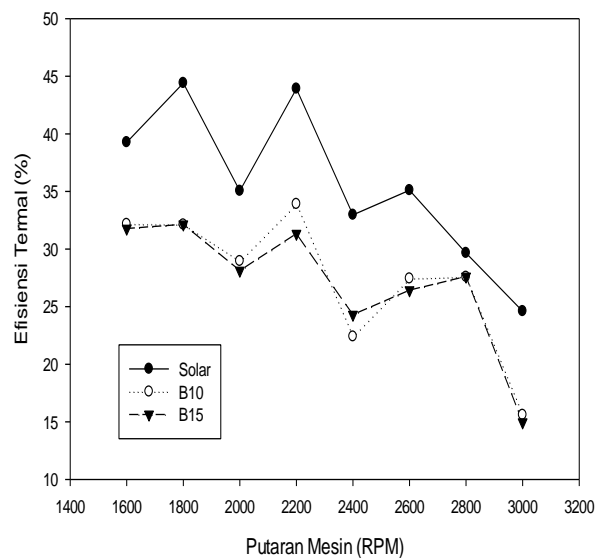


Gambar 6. Perbandingan torsi terhadap putaran mesin

Dari Gambar 7 terlihat bahwa solar PERTAMINA Dex memiliki BSFC tertinggi sebesar 250 g/ kWatt.h pada putaran 3000 rpm dan BSFC terendah sebesar 140 g/ kWatt.h pada putaran 1800 rpm. Sementara itu, *biodiesel* B10 memiliki BSFC tertinggi sebesar 400 g/ kWatt.h pada putaran 3000 rpm dan BSFC terendah sebesar 180 g/ kWatt.h pada putaran 2200 rpm. Lebih jauh, *biodiesel* B15 menghasilkan BSFC tertinggi sebesar 420 g/ kWatt.h pada putaran 3000 rpm dan BSFC terendah sebesar 190 g/ kWatt.h pada putaran 1800 rpm. Dari Gambar 7 tersebut terlihat bahwa solar murni lebih hemat. Hal ini oleh karena *Air Fuel Ratio* (AFR) menjadi lebih tinggi sehingga kandungan oksigen di dalam *biodiesel* menyebabkan pembakaran menjadi lebih baik. Jika nilai BSFC lebih tinggi maka konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan menjadi lebih tinggi.



Gambar 7. Perbandingan BSFC terhadap putaran mesin



Gambar 8. Perbandingan *brake thermal efficiency* terhadap putaran mesin

Gambar 8 menunjukkan bahwa solar PERTAMINA Dex menghasilkan efisiensi *thermal* tertinggi sebesar 44% pada putaran 1800 rpm dan efisiensi *thermal* terendah sebesar 24% pada putaran 3000 rpm. *Biodiesel* B10 menghasilkan efisiensi *thermal* tertinggi sebesar 33% pada putaran 2200 rpm dan efisiensi *thermal* terendah sebesar 15% pada putaran 3000 rpm. Untuk *biodiesel* B15, efisiensi *thermal* tertinggi adalah 32% pada putaran 1800 rpm dan efisiensi *thermal* terendah sebesar 14% pada putaran 3000 rpm. Berkebalikan dengan grafik BSFC, perbandingan *thermal* terbaik adalah solar murni karena solar murni memiliki BSFC yang paling hemat sehingga efisiensi *thermal* dari solar murni menjadi yang terbaik.

Terlihat bahwa daya terbesar dihasilkan oleh solar PERTAMINA Dex, sedangkan *biodiesel* B10 menghasilkan daya yang lebih besar daripada daya dari *biodiesel* B15. Lebih jauh, *biodiesel* B15 menghasilkan torsi terbesar. BSFC dari *biodiesel* B15 memiliki nilai yang tertinggi sedangkan efisiensi *thermal* dari PERTAMINA Dex mempunyai nilai yang tertinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa limbah kulit pisang dapat digunakan menjadi bahan bakar *biodiesel* alternatif. Proses ekstraksinya dapat dilakukan dengan cara *rendering*. Minyak yang dihasilkan dari proses *rendering* kemudian ditransesterifikasi untuk mendapatkan metal ester murni tanpa gliserin. Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar solar murni adalah minyak kulit pisang B10 dan B15. *Biodiesel* B20 tidak lulus uji karakteristik karena *biodiesel* tersebut memiliki *kinematic viscosity* sebesar 4.9×10^{-4} m²/s. Nilai *kinematic viscosity* tersebut melebihi batas maksimal sebesar 4.5×10^{-4} m²/s. Faktor penyebab tidak lulus berikutnya adalah *flash point* sebesar $< 28^{\circ}\text{C}$ yang mana nilai ini kurang dari batas minimal sebesar 52°C .

Daya solar murni adalah sebesar 442.3 hp; lebih tinggi dibandingkan dengan daya *biodiesel* B10 maupun *biodiesel* B15.

Sedangkan torsi tertinggi dihasilkan oleh *biodiesel* B15 dengan nilai 156.78 Nm. *Biodiesel* B15 tetap menghasilkan BSFC yang terbaik sebesar 196.4 g/kWatt.h. Dibandingkan dengan *biodiesel* B10 dan B15, solar murni menghasilkan efisiensi *thermal* yang tertinggi sebesar 44%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Xiangchengzhen, M., Yilmaz, S., 2020, "Renewable energy cooperation in Northeast: Incentive, mechanics and challenges", *Elsevier-Energy Strategy Reviews*, 29, pp. 1-7.
- [2]. International Energy Agency (IEA), 2019, *Total primary energy supply*. (Diunduh dari: <https://www.iea.org/regions/asia-pacific>)
- [3]. Engel-Yan, J., Passmore, D., 2013, "Carsharing and car ownership at the building scale", *Journal of the American Planning Association*, 79(1), pp. 82-91.
- [4]. Yandri, V. R., 2012, "Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Biodiesel untuk Bahan Bakar Bus Kampus UNAND di Padang", *Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, 1(2), hal. 119-125.
- [5]. Sutrisno, Anggono, W., Suprianto, F. D., Santoso, C. D., Suryajaya, M., Gotama, G. J., 2019, "Experimental Investigation of Avocado Seed Oil Utilization in Diesel Engine Performance", *E3S Web of Conference*, 130, pp. 1-10.
- [6]. Karthikeyan, P., Vismanath, G., 2020, "Effect of titanium oxide nanoparticles in tamanu biodiesel operated in a two cylinder diesel engine", *Elsevier-Materials Today: Proceedings*, 22(3), pp. 776-780.
- [7]. Rismunandar, 1990, *Bertanam Pisang*, C.V. Sinar Baru, Bandung, Indonesia.
- [8]. Stover, R. H., Simmonds, N. W., 1987, *Bananas (Tropical Agriculture Series)*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, the United States of America.
- [9]. Bimantoro A., Remiadjati, F. I., Damayanti, A., 2011, *Biodiesel Berbasis Limbah Kulit Pisang dengan Katalis yang berasal dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Laporan PKM, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat, Indonesia.