

PENGARUH PENAMBAHAN *MANGIFERA INDICA L. SEED OIL* TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL

Robby Santoso¹⁾, Willyanto Anggono²⁾, Teng Sutrisno³⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2,3)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2,3)}

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2,3)}

E-mail : m24413079@john.petra.ac.id¹⁾, willy@petra.ac.id²⁾, tengsutrisno@petra.ac.id³⁾

ABSTRAK

Semakin modern zaman, semakin besar kebutuhan masyarakat akan energi. Sebagian besar sumber daya alam bersifat tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menemukan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Pada penelitian kali ini, limbah biji manga digunakan untuk pembuatan biodiesel. Biji manga mengandung minyak yang dapat dicampur dengan bahan bakar solar. Metode soxhlet digunakan untuk mengeluarkan minyak biji manga. Dalam penelitian ini, biji manga mengandung minyak sebesar 17% dari berat biji manga. Minyak biji manga dijadikan biodiesel dengan komposisi B10 dan B20. Pengujian karakteristik minyak biji manga dilakukan agar diketahui layak atau tidak untuk digunakan menjadi bahan bakar. Pada pengujian karakteristik, B20 tidak layak diuji unjuk kerja karena flash point tidak memenuhi standard. Pengujian unjuk kerja dilakukan dengan menggunakan water brake dynamometer. Pengujian dilakukan terhadap 3 sampel yaitu solar, biosolar, B10. Puncak daya dari B10 sebesar 41,29 HP, biosolar sebesar 41,29 HP, solar sebesar 41,39 HP. Puncak torsi dari B10 sebesar 145,10 Nm, biosolar sebesar 142,17 Nm, solar sebesar 141,20 Nm. Puncak BMEP dari B10 sebesar 71900 Kg/m², biosolar sebesar 70500 Kg/m², solar sebesar 70000 Kg/m². Puncak SFC dari B10 0,35 Kg.BB/Hp.Jam, biosolar 0,42 Kg.BB/Hp.Jam, solar 0,43 Kg.BB/Hp.Jam. Untuk efisiensi puncak B10 32,96%, biosolar 32,95%, solar 30,72%.

1. Pendahuluan

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan masyarakat akan energi semakin meningkat khususnya dalam bidang transportasi. Kendaraan bermotor menjadi salah satu kebutuhan manusia agar jarak yang jauh dapat ditempuh dengan lebih mudah dan cepat. Hal ini dapat mengakibatkan konsumsi energi berupa bahan bakar minyak semakin meningkat. Kita semua telah menyadari bahwa bahan bakar minyak yang kita gunakan sekarang adalah hasil dari eksploitasi sumber daya yang berada alam dan bersifat tidak dapat diperbaharui. Melihat kondisi tersebut, seharusnya masyarakat harus lebih bijak dalam menggunakan sumber daya alam.

Perusahaan otomotif juga mulai menyikapi dengan mengeluarkan mobil berteknologi hybrid yang menggunakan baterai sebagai tempat penyimpanan energi saat pengereman dengan tujuan meminimalisir jumlah energi yang terbuang. Tekonologi hybrid dapat meningkatkan efisiensi dari bahan bakar hingga 75%. [16]. Akan tetapi, menciptakan kendaraan yang memiliki efisiensi tinggi belum cukup, karena bahan bakar utama yang dipakai untuk menggerakkan mesin adalah bahan bakar minyak yang berasal dari hasil alam dan bahan bakar minyak tersebut bersifat unrenewable.

Solusi yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan energi adalah mencoba menemukan sumber energi yang dapat diperbaharui. Konsumsi bahan bakar minyak oleh kendaraan bermotor menduduki peringkat 2 paling banyak dibawah mesin industri [18]. Jika kita dapat mengatasi masalah bahan bakar pada kendaraan bermotor dengan menemukan sumber energi yang dapat diperbaharui, tentu di bidang lainnya juga

bisa diterapkan.

Sebenarnya ada begitu banyak sumber energi terbarukan yang belum kita ketahui atau belum bisa kita manfaatkan. Sebagian besar, sumber energi tersebut berasal dari tumbuh-tumbuhan[7]. Beberapa jenis tumbuhan memiliki potensi untuk dikelola menjadi sumber bahan bakar yang dapat diperbaharui. Seperti pada *Mangifera indica L.* atau yang biasa kita sebut tanaman mangga yang akan penulis teliti bagian biji buah dalam tugas akhir ini. Kandungan minyak dalam biji mangga dimanfaatkan untuk pencampuran dengan bahan bakar solar dengan perbandingan tertentu yang akan menghasilkan biodiesel.

Proses ekstraksi pada biji mangga dilakukan dengan beberapa langkah. Pertama, biji mangga dijemur hingga kering selama kurang lebih satu hari. Setelah biji mangga kering maka dilakukan proses peleburan menjadi serbuk hingga berukuran 35 mesh. Kemudian pengambilan minyak dilakukan menggunakan alat soxhlet. Serbuk dicampur dengan pelarut n-heksana dengan perbandingan serbuk dan n-heksana sebesar 60 gram banding 150 ml[4].

Hasil ekstraksi yang didapatkan berupa campuran pelarut N-Heksana dan minyak nabati. Kemudian, langkah berikutnya yang harus dilakukan adalah menguapkan N-heksana yang merupakan pelarut dari hasil ekstraksi. Sementara itu, yang tertinggal hanya minyak namun masih kotor (crude oil). Butuh dilakukan transesterifikasi untuk memurnikannya dengan menambahkan basa dan alkohol lalu didiamkan dalam kurun waktu tertentu. Seharusnya jika berhasil, akan terlihat endapan berupa butiran putih gliserin. Endapan tersebut disaring dan bisa juga digunakan sebagai bahan

baku sabun. Minyak yang telah disaring masih mengandung basa dan alkohol yang harus diuapkan agar didapatkan cairan minyak yang murni. Jika sudah murni, minyak biji mangga sudah siap digunakan untuk bahan bakar.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, limbah biji mangga terlebih dahulu dipecah untuk diambil inti bijinya. Kemudian, inti biji mangga dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari. Setelah menjadi kering, biji mangga dijadikan serbuk dengan menggunakan blender dan saringan 35 mesh.

Untuk menghasilkan minyak biji mangga, digunakan alat *soxhlet*. *Soxhlet* terdiri dari kondensor, ekstraktor, labu seperti pada Gambar 2.1. Pada kondensor terdapat *inlet* dan *outlet* untuk sirkulasi air yang dibantu oleh pompa. Pada ruang ekstraktor, diletakkan biji yang sudah dibungkus menggunakan kertas saring sebanyak 60 gram. Pada labu, terdapat pelarut N-Heksana sebanyak 150 ml. Labu dipanasi menggunakan kompor listrik 600 watt dengan metode air.



Gambar 2.1 *soxhlet*

Hasil dari proses ekstraksi berupa campuran minyak nabati dan larutan N-Heksana. Pelarut N-Heksana dipisahkan menggunakan alat *rotary evaporator* seperti pada Gambar 2.2. Alat ini dilengkapi dengan pompa diafragma untuk menghasilkan tekanan vakum pada ruang kondensor. Jika sudah tidak terdapat lagi tetesan pelarut pada ruang kondensor, proses pemurnian dapat dihentikan.



Gambar 2.2 *rotary evaporator*

Minyak nabati yang sudah terpisah dari pelarut masih mengandung gliserol. Untuk menghilangkan

gliserol dilakukan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi membutuhkan methanol dan katalis basa KOH agar dihasilkan metil ester. Proses transesterifikasi menggunakan alat *magnetic stirrer* seperti pada Gambar 2.3. Proses ini dimulai dengan mencampur KOH dan methanol agar menjadi suatu larutan yang homogen. Setelah KOH larut dalam methanol, minyak nabati dicampur ke dalam larutan tersebut ke dalam gelas ukur. Di dalam gelas ukur terdapat batang magnet dan dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses transesterifikasi berlangsung selama 1 jam. Setelah proses transesterifikasi selesai, larutan dibiarkan selama 24 jam agar terpisah antara gliserol dengan metil ester.



Gambar 2.3 *magnetic stirrer*

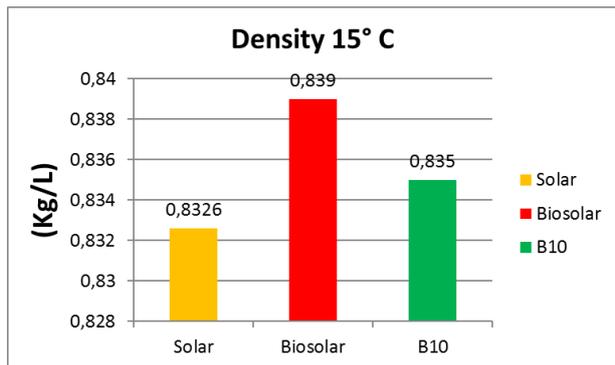
Metil ester akan digunakan untuk bahan baku pembuatan *biodiesel*. Proses pencampuran dilakukan dengan komposisi B10, dan B20. Setelah dilakukan proses pencampuran, dilakukan pengujian karakteristik pada Laboratorium UPPS Surabaya. Sampel yang diuji karakteristiknya adalah solar, biosolar, B10, dan B20. Hasil uji karakteristik dapat menunjukkan layak atau tidaknya suatu bahan bakar untuk digunakan pada mesin. Hasil dari karakteristik menunjukkan bahwa B20 tidak memenuhi persyaratan karena *flash point* dari B20 tidak memenuhi standard.

Pengujian unjuk kerja dilakukan pada sampel solar, biosolar, dan B10. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *water brake dynamometer* untuk mengetahui daya, torsi, *brake mean effective pressure*, *specific fuel consumption*, efisiensi termal.

3. Hasil dan Pembahasan

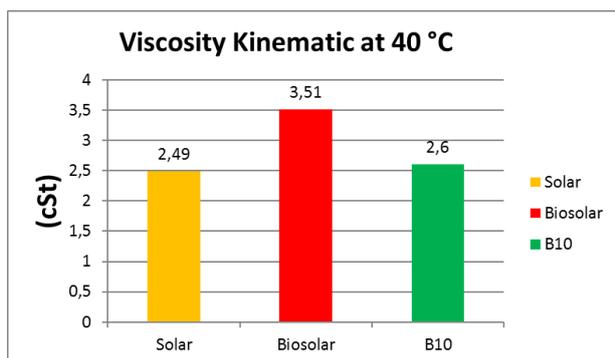
A. Hasil Uji Karakteristik

Hasil uji karakteristik yang diperoleh merupakan hasil pengujian di Labroatorium UPPS Pertamina. Hasil data yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi Dirjen Migas No. 978.K/10/DJM.S/2006 tanggal 19 November 2013 dan spesifikasi tersebut dijadikan sebagai tolak ukur standar karakteristik biodiesel yang diperbolehkan sebagai bahan bakar minyak mesin diesel dan diuji performanya. Standar karakteristik biodiesel yang dimaksud adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan *Density* Antar Bahan Bakar

Pada Gambar 3.1, nilai kerapatan solar didapatkan sebesar 0.8326 Kg/L. Pada biosolar SPBU didapatkan kerapatan sebesar 0.839. Hal tersebut membuktikan bahwa kerapatan dari minyak sawit lebih tinggi daripada solar murni. Pada B10 didapatkan hasil kerapatan sebesar 0.835. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni. Hal tersebut membuktikan bahwa minyak biji mangga memiliki kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan solar. Kerapatan atau massa jenis dari bahan bakar sangat berpengaruh terhadap kualitas dari unjuk kerja bahan bakar tersebut. Semakin tinggi kerapatan, artinya semakin dekat pula jarak antar molekulnya dan akan semakin sulit untuk melakukan proses pengkabutan. Hal ini dapat membebani kerja injektor serta kualitas pembakaran juga akan turun. Dari data diperoleh bahwa B10 minyak biji mangga memiliki nilai kerapatan dibawah biosolar pertamina, sehingga masih berada di titik aman.

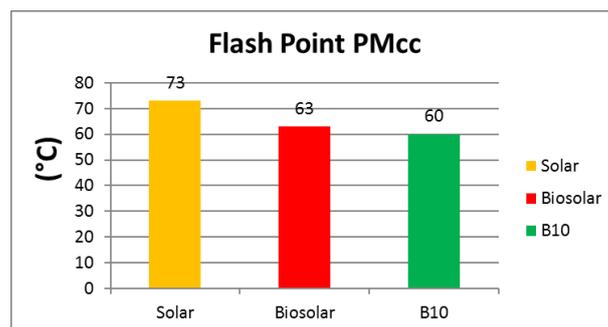


Gambar 3.2 Grafik Perbandingan *Viscosity Kinematic* Antar Bahan Bakar

Pada gambar 3.2, dapat dilihat bahwa nilai viskositas kinematik dari solar sebesar 2.49 cSt dan nilai viskositas kinematik dari biosolar pertamina sebesar 3.51 cSt. Hal ini membuktikan bahwa minyak sawit memiliki viskositas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar murni. Untuk B10 juga didapatkan hasil yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar murni yaitu 2.6 cSt. Dapat disimpulkan bahwa minyak biji mangga

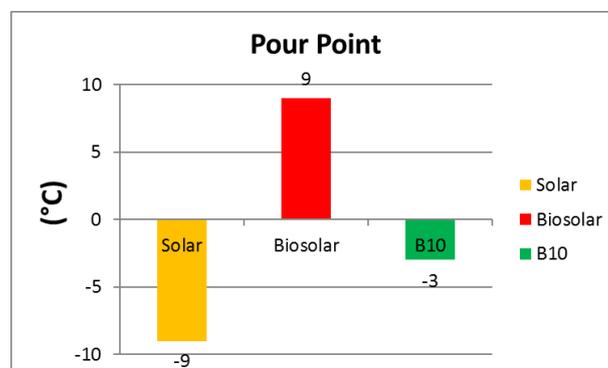
memiliki viskositas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar murni.

Semakin tinggi viskositas kinematik, maka kerja dari injektor semakin berat. Injektor berfungsi untuk menyuplai bahan bakar pada ruang bakar. Bahan bakar yang keluar dari injektor berupa kabut. Semakin tinggi viskositas, maka semakin sulit injektor untuk mengkabutkan bahan bakar. Perbedaan viskositas dari solar dan minyak biji mangga juga sangat berpengaruh terhadap homogenitas campuran. Semakin besar perbedaan viskositas antara solar dan minyak biji mangga, maka homogenitas campuran bahan bakar semakin buruk.



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan *Flash Point* Antar Bahan Bakar

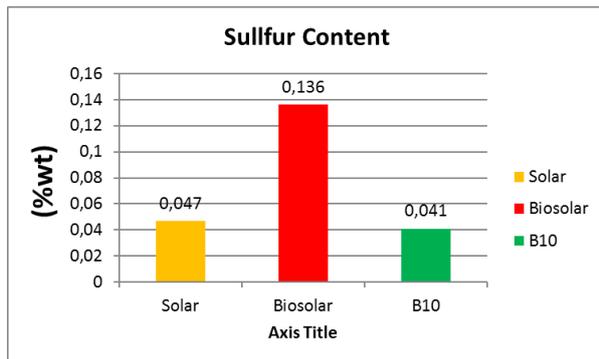
Pengujian flash point dapat dilihat pada Gambar 3.3. Nilai tertinggi diperoleh solar pada temperatur 73° C. Tidak ada yang bisa mengalahkan flash point dari solar. Hal ini membuktikan bahwa penambahan minyak nabati ke dalam solar dapat menurunkan titik nyala dari bahan bakar. Pada biosolar didapatkan nilai titik nyala pada temperatur 63° C. Sedangkan pada B10 minyak biji mangga didapatkan flash point sebesar 60° C. Dari hasil tersebut juga dapat disimpulkan bahwa titik nyala dari minyak sawit lebih tinggi jika dibandingkan dengan titik nyala dari minyak biji mangga. Flash point berpengaruh terhadap penyalaan dari bahan bakar, semakin tinggi nilai flash point maka semakin sulit bahan bakar untuk terbakar.



Gambar 3.4 Grafik Perbandingan *Pour Point* Antar Bahan Bakar

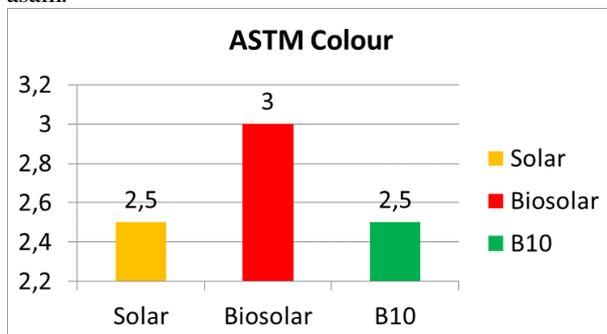
Pada gambar 3.4, dapat dilihat hasil uji dari pour point. Hasil uji dari pour point memiliki tujuan untuk mengetahui temperatur minimum dari bahan bakar untuk

dapat tetap mengalir dengan baik. Solar memiliki pour point yang rendah yaitu pada -9°C . Bahan bakar solar cocok digunakan untuk daerah yang memiliki temperatur lingkungan rendah seperti pada gunung, dan daerah dataran tinggi lainnya. Sementara itu, biosolar memiliki pour point sebesar 9°C . Dapat disimpulkan bahwa pour point dari minyak sawit lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni. Kondisi ini rawan bila dipakai pada tempat-tempat yang memiliki temperatur rendah. Untuk B10 didapatkan hasil temperatur pour point yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni. Hal tersebut membuktikan bahwa minyak biji mangga memiliki pour point yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni.



Gambar 3.5 Grafik Perbandingan *Sulphur Content* Antar Bahan Bakar

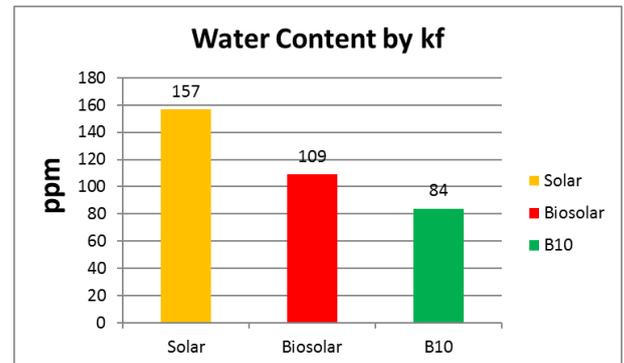
Kandungan sulfur dari masing-masing spesimen dapat dilihat pada Gambar 3.5. Solar memiliki kandungan sulfur 0.047% dari berat. Biosolar pertamina memiliki kandungan sulfur yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan solar, dan B10 yaitu 0.136% berat. Untuk B10 memiliki kandungan sulfur diperoleh sebesar 0.041% berat. Dapat disimpulkan bahwa kandungan sulfur yang paling baik adalah milik minyak biji mangga karena rendah jika dibandingkan dengan solar murni dan biosolar pertamina dari minyak sawit. Kandungan sulfur dapat menyebabkan ruang bakar berkerak sehingga dapat menurunkan unjuk kerja. Selain itu, kandungan sulfur juga dapat menimbulkan polusi udara berupa hujan asam.



Gambar 3.6 Grafik Perbandingan *ASTM Colour* Antar Bahan Bakar

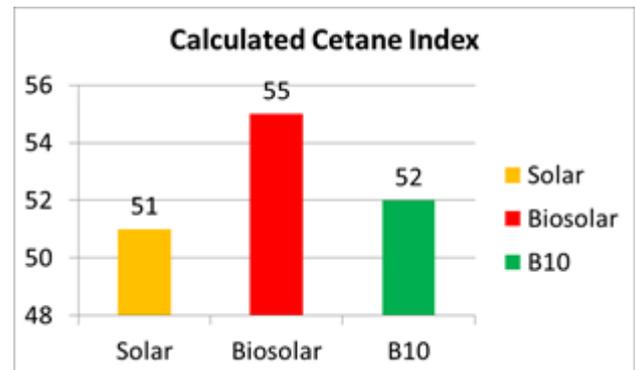
Karakteristik warna dari masing-masing spesimen sama sekali tidak mempengaruhi performa. Hal ini disebabkan karena warna hanya suatu standard untuk menarik perhatian konsumen dan member simbol jenis

bahan bakar. Pada Gambar 3.6 didapatkan hasil warna yang sama pada solar, dan B10. Nilai 2,5 menunjukkan standard warna dari pertamina. Sementara itu, biosolar pertamina memiliki nilai 3 yang artinya sedikit lebih gelap dibandingkan dengan solar dan B10. Warna dari bahan bakar tidak berpengaruh terhadap kualitas pembakaran. Warna dari bahan bakar hanyalah standard yang dikeluarkan dari pertamina agar konsumen bisa membedakan jenis-jenis bahan bakar.



Gambar 3.7 Grafik Perbandingan *Water Content* Antar Bahan Bakar

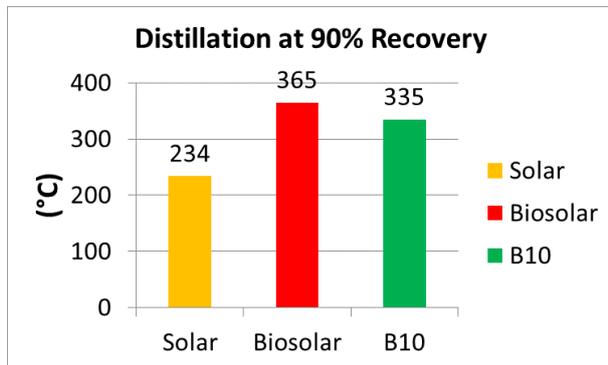
Pada Gambar 3.7, Solar murni memiliki kandungan air yang cukup tinggi sebanyak 157 ppm. Sementara itu, biosolar milik pertamina memiliki kandungan air sebanyak 109 ppm dan B10 memiliki kandungan air sebanyak 84 ppm. Kandungan air dapat menyebabkan kerusakan pada ruang bakar karena mengganggu proses pembakaran. Sehingga dapat terjadi pembakaran tidak sempurna dan dapat merusak mesin.



Gambar 3.8 Grafik Perbandingan *Calculated Cetane Index* Antar Bahan Bakar

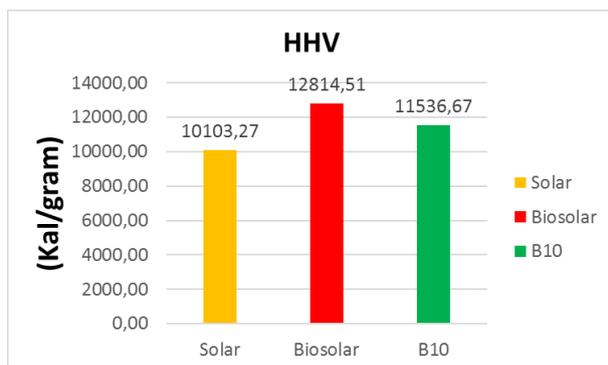
Untuk indeks cetane dari masing-masing sampel dapat dilihat pada Gambar 3.8. Biosolar pertamina memiliki nilai tertinggi yaitu 55. Biodiesel B10 minyak biji mangga memiliki nilai indeks cetane 52. Solar murni memiliki nilai indeks cetane terendah yaitu 51. Hal ini membuktikan bahwa minyak sawit memiliki CCI yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni dan minyak biji mangga. Namun, minyak biji mangga memiliki nilai CCI yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar murni. Nilai CCI berpengaruh terhadap efektivitas pembakaran. Jika nilai CCI terlalu rendah,

maka terjadi pembakaran tidak sempurna dan mempengaruhi unjuk kerja dari bahan bakar.



Gambar 3.9 Grafik Perbandingan *Disillation* Antar Bahan Bakar

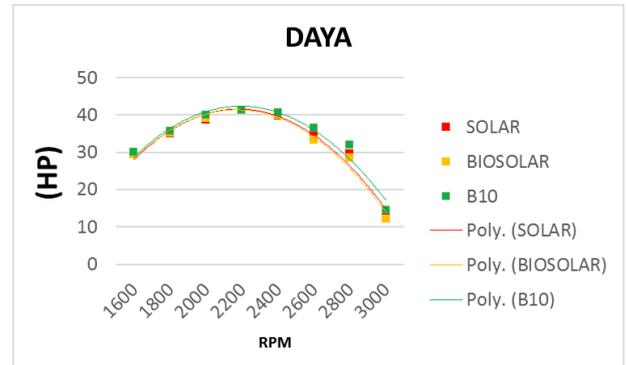
Pada Gambar 3.9, hasil pengujian destilasi atau titik uap pada solar akan menguap pada temperatur 234°C. Biosolar pertamina akan menguap pada temperatur 365°C. Hal ini membuktikan bahwa minyak sawit memiliki titik uap yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar murni. Sementara itu untuk B10, didapatkan titik didih sebesar 335°C. Hal ini membuktikan bahwa titik didih dari minyak biji mangga lebih tinggi daripada solar murni. Semakin tinggi titik uap dari bahan bakar, maka temperatur dari ruang bakar juga akan semakin tinggi. Hal tersebut dapat menyebabkan mesin menjadi cepat panas dan dapat merusak mesin apabila terjadi dalam kurun waktu yang lama.



Gambar 3.10 Grafik Perbandingan *Disillation* Antar Bahan Bakar

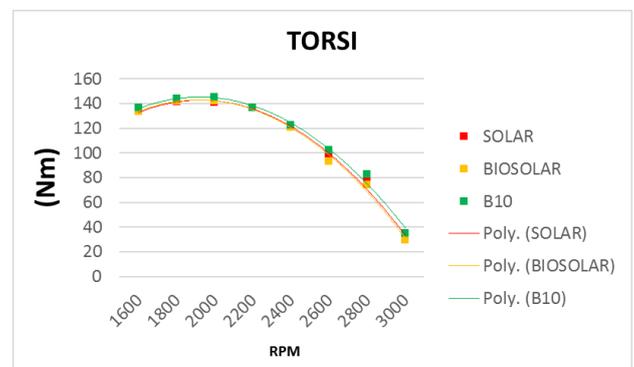
Hasil penelitian nilai kalor atas (HHV) dapat dilihat pada Gambar 3.10. Solar memiliki nilai HHV yang paling rendah yaitu 10,103.27 Kal/gr. B10 minyak biji mangga memiliki nilai HHV sebesar 12,814.51 Kal/gr. Biosolar pertamina memiliki nilai HHV tertinggi sebesar 11,536.67 Kal/gr. Semakin besar nilai HHV, maka usaha total yang dihasilkan akan semakin besar. Dari penelitian, solar memiliki nilai HHV yang paling rendah jika dibandingkan dengan biosolar dan B10 minyak biji mangga.

B. Hasil Uji Performansi



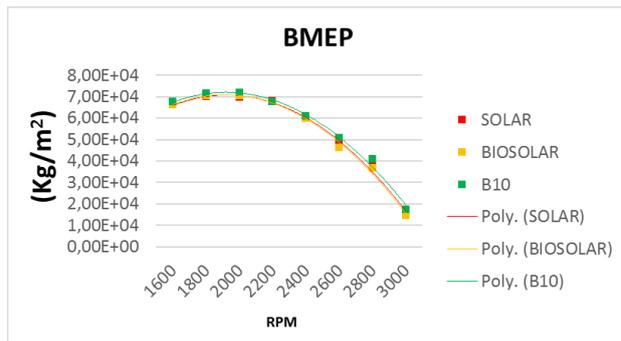
Gambar 3.11 Grafik Perbandingan Daya

Pada Gambar 3.11 dapat dilihat bahwa rata-rata daya dari B10 minyak biji mangga berada diatas solar dan biosolar. Daya merupakan besaran dari tenaga yang dihasilkan mesin. Daya sangat diperlukan mesin pada putaran tinggi. Masing-masing dari sampel memiliki kondisi optimum. B10 memiliki kondisi optimum pada RPM 2200 dengan daya sebesar 41.29 HP. Biosolar memiliki kondisi optimum pada RPM 2200 dengan daya sebesar 41.29 HP. Solar memiliki kondisi optimum pada RPM 2200 dengan daya sebesar 41.39 HP. Jika dilihat dari kondisi optimum, semua sampel memiliki kondisi optimum pada RPM 2200 dan solar memiliki kondisi optimum tertinggi jika dibandingkan dengan B10 maupun biosolar..



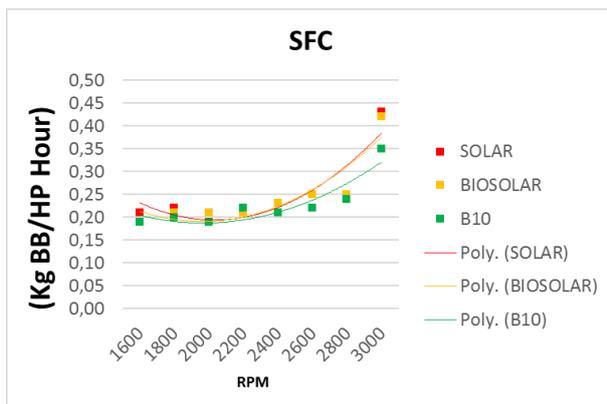
Gambar 3.12 Grafik Perbandingan Torsi

Pada Gambar 3.12, dapat dilihat grafik perbandingan torsi dari setiap sampel. Torsi berperan penting pada kendaraan saat kondisi awal kendaraan bergerak. Setiap sampel memiliki kondisi optimum pada RPM tertentu. B10 memiliki kondisi optimum pada RPM 2000 dengan torsi sebesar 145.10 Nm. Biosolar memiliki kondisi optimum pada RPM 2000 dengan torsi sebesar 142.17 Nm. Solar memiliki kondisi optimum pada RPM 1800 dengan torsi sebesar 141.20 Nm. Rata-rata torsi dari setiap sampel menunjukkan bahwa B10 memiliki nilai rata-rata torsi paling tinggi dibandingkan dengan solar dan biosolar.



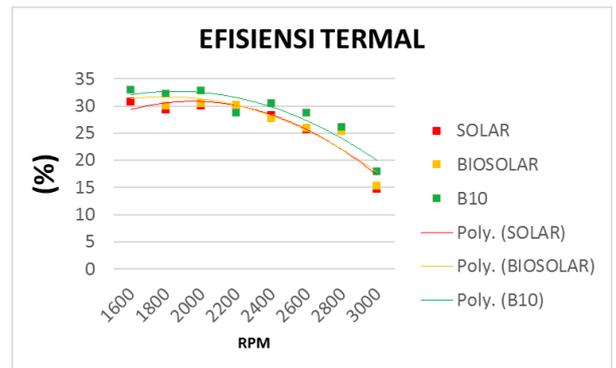
Gambar 3.13 Grafik Perbandingan BMEP

Grafik 3.13 menunjukkan perbandingan BMEP setiap sampel. BMEP merupakan tekanan rata-rata semua silinder selama siklus pembakaran berlangsung. Masing-masing dari sampel memiliki tekanan tertinggi pada RPM tertentu. B10 memiliki tekanan tertinggi pada RPM 2000 sebesar 71,900 Kg/m². Biosolar memiliki tekanan tertinggi pada RPM 2000 sebesar 70,500 Kg/m². Solar memiliki tekanan tertinggi pada RPM 1800 sebesar 70,000 Kg/m². Tekanan rata-rata dari B10 lebih tinggi jika dibandingkan dengan tekanan rata-rata dari biosolar dan solar.



Gambar 3.14 Grafik Perbandingan SFC

Gambar 3.14 menunjukkan banyaknya konsumsi bahan bakar dari mesin. Semakin kecil konsumsi bahan bakar, semakin irit bahan bakar tersebut. Masing-masing dari sampel memiliki kondisi paling irit dan paling boros pada RPM tertentu. Untuk B10, kondisi paling irit berada pada RPM 1600 yaitu 0.19 Kg BB/ HP Hour. Kondisi paling boros dari B10 berada pada RPM 3000 yaitu sebesar 0.35 Kg BB/ HP Hour. Biosolar memiliki kondisi paling irit pada RPM 1600 sebesar 0.19 Kg BB/ HP Hour. Kondisi paling boros dari biosolar berada pada RPM 3000 sebesar 0.42 Kg BB/ HP Hour. Solar memiliki kondisi paling irit pada RPM 1600, 2000, dan 2200 yaitu sebesar 0.21 Kg BB/ HP Hour. Solar memiliki kondisi paling boros pada RPM 3000 sebesar 0.43 Kg BB/ HP Hour.



Gambar 3.15 Grafik Perbandingan Efisiensi Termal

Gambar 3.15 menunjukkan grafik perbandingan efisiensi termal dari setiap sampel. Efisiensi Termal merupakan efisiensi dari bahan bakar yaitu seberapa banyak bahan bakar yang mampu diubah menjadi energy mekanik. Setiap sampel memiliki efisiensi tertinggi pada RPM tertentu. B10 memiliki efisiensi termal tertinggi pada RPM 1600 sebesar 32.96%. Biosolar memiliki efisiensi termal tertinggi pada RPM 1600 sebesar 32.95%. Sedangkan solar memiliki efisiensi termal tertinggi pada RPM 1600 sebesar 30.72%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Minyak biji mangga dapat digunakan menjadi sumber energi alternative.
2. Pengambilan minyak biji mangga dapat dilakukan dengan metode soxhlet.
3. Besar viskositas kinematik dari minyak biji mangga mendekati viskositas kinematik dari bahan bakar solar, sehingga dapat dilakukan pencampuran antara minyak biji mangga dengan bahan bakar solar.
4. Hasil uji karakteristik menunjukkan bahwa B10 minyak biji mangga dapat dilakukan pengujian unjuk kerja pada mesin diesel, sementara B20 minyak biji mangga tidak dapat dilakukan pengujian unjuk kerja pada mesin diesel karena flash point dari B20 minyak biji mangga tidak memenuhi standard.
5. Pengujian unjuk kerja dari 3000 RPM hingga 1600 RPM menunjukkan bahwa biosolar memiliki rata-rata daya 0.8% lebih buruk daripada solar, sementara B10 memiliki kenaikan rata-rata daya 3% lebih baik dari solar.
6. Pengujian unjuk kerja dari 3000 RPM hingga 1600 RPM menunjukkan bahwa biosolar memiliki rata-rata torsi 0.5% lebih buruk daripada solar, sementara B10 memiliki kenaikan rata-rata torsi 3% lebih baik dari solar.
7. Pengujian unjuk kerja dari 3000 RPM hingga 1600 RPM menunjukkan bahwa biosolar memiliki rata-rata BMEP sama dengan solar, sementara B10 memiliki kenaikan rata-rata BMEP 3% lebih tinggi dari solar.
8. Pengujian unjuk kerja dari 3000 RPM hingga 1600 RPM menunjukkan bahwa biosolar

memiliki rata-rata spesifik fuel consumption 4% lebih baik atau lebih irit daripada solar, sementara B10 memiliki rata-rata spesifik fuel consumption 12% lebih irit dari solar.

9. Pengujian unjuk kerja dari 3000 RPM hingga 1600 RPM menunjukkan bahwa biosolar memiliki rata-rata efisiensi termal 1% lebih baik daripada solar, sementara B10 memiliki rata-rata efisiensi termal 7% lebih baik dari solar.

5. Daftar Pustaka

1. Anugrah, I. S. (2009). Unggulan Daerah Dalam Suatu Kebijakan Sistem Agribisnis: Upaya Menyatukan Dukungan Kelembagaan Bagi Eksistensi Petani. Retrieved March 21, 2017, from <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/akp/article/view/4260/3597>
2. Ara R., Montalab M., Uddin M.N., A.N.M. Fakhruddin, B. K. S. (2014). Nutritional evaluation of different mango varieties available in Bangladesh. *International Journal Food Research*, 21(6), 2169–2174. Retrieved March 29, 2017, from [http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20\(06\)%202014/16%20IFRJ%2021%20\(06\)%202014%20Saha%20022.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20(06)%202014/16%20IFRJ%2021%20(06)%202014%20Saha%20022.pdf)
3. BPPT Outlook (2014). Konsumsi Bahan Bakar Minyak. Retrieved April 25, 2017, from <http://statistik.migas.esdm.go.id/index.php?r=konsumsiBbm/index>
4. Fauzan, R. (2015). Pemanfaatan Biji Mangga Madu sebagai Minyak dengan Metode Ekstraksi. *Jurnal Teknologi Kimia*. Retrieved April 20, 2017, from <http://jtk.unimal.ac.id/index.php/jtk/article/download/3/3>.
5. Ganeshan, G., Shadangi, K. P., & Mohanty, K. (2016). Thermo-chemical conversion of mango seed kernel and shell to value added products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 121, 403–408. Retrieved April 24, 2017, from https://www.researchgate.net/publication/307998198_Thermo-chemical_conversion_of_mango_seed_kernel_and_shell_to_value_added_products.
6. Kristanto, P.(2004). Modul Praktikum Motor Bakar. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
7. Kuncahyo, P., Fathallah, A. Z. M., & Semin. (2013). Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel Di Indonesia. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 1–5. Retrieved April 19, 2017 from <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/3156/900>
8. Lazzari, E., Tiago, S., Primaz, C. T., Maciela, G. P. da S., Machado, Maria Elisabete Cardoso, C. A. L., Jacquesa, R. A., & Caramãoa, E. B. (2016). Production and chromatographic characterization of bio-oil from the pyrolysis of mango seed waste. *Industrial Crops and Products*, 83, 529–536. Retrieved February 07, 2017, from https://www.researchgate.net/publication/289600810_Production_and_chromatographic_characterization_of_bio-oil_from_the_pyrolysis_of_mango_seed_waste
9. Manurung, R. (2006). Transesterifikasi Minyak Nabati. *Jurnal Teknologi Proses* 5(1), 47–52. Retrieved May 01, 2017, from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/15402/1/tpk-jan2006%20%289%29.pdf>.
10. Marnoto, T., & Efendi, A. (2011). Biodisel dari Lemak Hewani (Ayam Broiler) dengan Katalis Kapur Tohor. *Jurnal Teknik Kimia*. Retrieved March 30, 2017, from http://repository.upnyk.ac.id/351/1/Biodisel_dari_Lemak_Hewani_%28Ayam_Broiler%29_dengan_Katalis_Kapur_Tohor.pdf
11. Novia, C., Utomo, D., Tinggi, S., Nurul, T. (2015). Diversifikasi mangga off grade menjadi selai dan dodol. *Jurnal Teknologi Pangan* 6(2), 1–4. Retrieved February 21, 2017, from <http://jurnal.yudharta.ac.id/wp-content/uploads/2015/12/Diversifikasi-Mangga-Off-Grade-Menjadi-Selai-dan-Dodol.pdf>
12. Nuryanti L., & Novianti (2014). Outlook Komoditi Mangga 2014. Retrieved January 31, 2017, from <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/arsip-outlook/76-outlook-hortikultura/299-outlook-komoditas-mangga-2014>.
13. Nzikou, Loum, B., & Pambou, N. P. G. (2010). Extraction and Characteristics of Seed Kernel Oil from Mango (*Mangifera indica*). *Journal of Food Science and Technology* 2(1), 31–35. Retrieved February 23, 2017, from <http://maxwellsci.com/print/rjees/v2-31-35.pdf>
14. Oktavianto, Y., Sunaryo, & Suryanto, A. (2015). Characterization Of Plant Mango (*Mangifera Indica L.*). Retrieved March 28, 2017, from <https://ojs.unud.ac.id/index.php/simbiosis/article/download/28752/17870>
15. Paramita, O. (2012). Kajian Proses Pembuatan Tepung Buah. *Jurnal Bahan Alam Terbaharukan*, 1(1). Retrieved April 24, 2017, from <http://download.portalgaruda.org/article.php?arti>

cle=135643&val=5669

16. Prayoga, P. (2013). Perencanaan Frame dan rangkaian Electric Berbasis Hybrid-Electric Vehicles Menuju Undiksha Go Green, 2(2), 221–230. Retrieved February 20, 2017 from [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=305098&val=51110&title=Perencanaan%20Frame%20DAN%20Rangkaian%20Electric%20Berbasis%20Hybrid-Electric%20Vehicles%20\(HEVs\)%20Menuju%20Undiksha%20Go%20Green](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=305098&val=51110&title=Perencanaan%20Frame%20DAN%20Rangkaian%20Electric%20Berbasis%20Hybrid-Electric%20Vehicles%20(HEVs)%20Menuju%20Undiksha%20Go%20Green).
17. Ravindra, M. R., & Goswami, T. K. (2013). Mango Fruit Precooling Techniques, 1(2), 31–42. Retrieved March 17, 2017 from <http://www.impactjournals.us/download.php?fname=-1374220757-4.%20Applied-Mango%20Fruit-T.%20%20K.%20Goswami.pdf>
18. Sugiyono A., Anindhita, Wahid A. M. L., Adiarso (2016). Indonesia Energy Outlook. Retrieved March 30, 2017. from http://repositori.bppt.go.id/index.php?action=download&dir=_data%2FDownload%2FOUTLOOK+ENERGI+2016&item=BPPT+-+Outlook+Energi+Indonesia+2016.pdf&order=name&srt=yes&lang=en.