

# PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK BIJI SIRSAK TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL

Jonathan Jaya Dharmawan<sup>1)</sup>, Willyanto Anggono<sup>2)</sup>, Teng Sutrisno<sup>3)</sup>

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra<sup>1,2,3)</sup>

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia<sup>1,2,3)</sup>

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658<sup>1,2,3)</sup>

E-mail : m24413015@john.petra.ac.id<sup>1)</sup>, willy@petra.ac.id<sup>2)</sup>, sutrisno@petra.ac.id<sup>3)</sup>

## ABSTRAK

Selama ini bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan energi berasal dari minyak bumi, gas alam dan batu bara telah digunakan secara berlebihan untuk memenuhi kebutuhan energi dunia. Sebagai bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, penggunaan bahan bakar ini secara terus menerus akan menyebabkan terjadinya kelangkaan bahan bakar di masa yang akan datang. Untuk menghadapi masalah tersebut, para peneliti telah melakukan berbagai cara untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar fosil dan juga berusaha untuk menemukan bahan bakar alternatif lainnya. Biodiesel merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Biodiesel yang digunakan untuk penelitian berasal dari limbah biji sirsak. Di Indonesia memiliki potensi besar untuk minyak biji sirsak, karena memiliki produksi buah sirsak yang cukup tinggi. Pada penelitian ini biji sirsak di ekstrak menggunakan alat soxhlet dengan memakai pelarut n-heksana. Untuk menghasilkan metil ester dilakukan dengan cara transesterifikasi menggunakan KOH 1% dan methanol 20% dari berat minyak dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 1 jam. Dari hasil pengujian biodiesel campuran B10 dan B20 yang memenuhi standar dari Dirjen Migas hanya biodiesel campuran B10. Hasil uji performansi B-10 menghasilkan nilai puncak daya 40,11 Hp, torsi 141,20 Nm, BMEP 70014,55 Kg/m<sup>2</sup>, sfc 0,20 Kg bahan bakar/Hp.jam., dan efisiensi termal 31,37%.

*Kata Kunci: Minyak biji sirsak, Biodiesel, Soxhlet, Transesterifikasi*

## 1. Pendahuluan

Selama ini bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan energi seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara telah digunakan secara berlebih untuk memenuhi kebutuhan perkembangan dunia. Sebagai bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui penggunaan bahan bakar ini secara terus menerus akan menyebabkan terjadi kelangkaan bahan bakar di masa yang akan datang. Untuk menghadapi masalah tersebut, para peneliti telah melakukan berbagai cara untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar fosil dan juga berusaha untuk menemukan bahan bakar alternatif. Ilmuwan meneliti untuk mencari jenis energi baru yang murah, mudah penanganan dan ramah lingkungan. Salah satu sumber energi yang tersedia sekarang yaitu penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar. Beberapa minyak nabati seperti minyak biji canola, minyak biji bunga matahari, minyak sawit, minyak biji karet, minyak jelantah, minyak biji kapas dan lainlain dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel [1].

Minyak nabati dapat dijadikan feedstock untuk produksi biodiesel karena merupakan sumber energi yang dapat diperbarui, dapat diproduksi skala besar dan ramah lingkungan. Minyak nabati terdiri dari *edible oil* dan *nonedible oil*. Lebih dari 95% bahan baku untuk produksi biodiesel berasal dari *edible oil* yang diproduksi secara besar di beberapa wilayah. Sifat dari biodiesel yang dihasilkan oleh edible oil ini lebih cocok digunakan

sebagai bahan bakar pengganti minyak diesel. Akan tetapi, hal ini menyebabkan beberapa permasalahan seperti meningkatnya kompetisi di pasar *edible oil*, sehingga menyebabkan meningkatnya harga *edible oil* dan meningkatnya biaya produksi biodiesel. Selain itu, hal ini menyebabkan pembukaan hutan untuk dijadikan lahan penanaman biodiesel. Kekurangan ini mendorong beberapa penelitian pembuatan biodiesel yang berbasis nonedible oil [2].

Pemanfaatan bahan bakar nabati tidak hanya berguna untuk menjadi substitusi dari energi berbasis minyak bumi yang makin terbatas ketersediaannya. Lebih dari itu, upaya pengembangan bahan bakar nabati akan mempercepat pengurangan pengangguran dan kemiskinan. Penggunaan minyak nabati untuk bahan bakar sebenarnya telah dicoba sejak abad 19 ditandai dengan uji coba sebuah mesin oleh Rudolf Diesel pada tahun 1890 dengan menggunakan minyak kacang tanah [3]. Akan tetapi hal ini tidak berkembang lebih lanjut karena terjadi eksploitasi besar-besaran terhadap minyak bumi, sehingga menjadikan harga minyak bumi menjadi sangat murah dibandingkan harga minyak nabati.

Sudah saatnya Indonesia mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dengan mengembangkan sumber energi alternatif terbarukan. Pengembangan bioenergi diharapkan dapat mensubstitusi kebutuhan BBM di Indonesia yang pada tahun 2007 diperkirakan mencapai 30,4 juta kiloliter (kl) untuk solar

dan 33,4 juta kiloliter (kl) untuk premium.

Dari kebijakan pemerintah tersebut, sumber-sumber energi pengganti BBM yang dapat diperbarui salah satunya adalah bersumber dari minyak nabati yang berasal dari biji – bijian, minyak nabati dapat diolah menjadi biodiesel yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar mesin diesel, atau bisa juga digunakan sebagai campuran bahan bakar mesin diesel, biji-bijian yang dapat diolah menjadi biodiesel diantaranya adalah, biji karet, biji jarak, biji nyamplung, kedelai, dan kemiri sunan. Diharapkan sumber-sumber bahan baku berasal dari minyak atau lemak tanaman non pangan. Yang menarik perhatian belakangan ini adalah masyarakat dunia berlomba-lomba untuk menciptakan dan mengkreasi sumber bahan bakar alternatif yang cocok untuk menggantikan bahan bakar fosil yang diperkirakan akan habis.

Ide penggunaan bahan bakar nabati sebagai bahan baku biodiesel yang berkembang, karena adanya potensi besar terhadap penggunaannya diberbagai bidang sebagai pengganti bahan diesel konvensional. Selain biodiesel lebih efisien, murah, dan mudah didapat, biodiesel juga ramah lingkungan. Salah satu sumber minyak nabati yang belum maksimal pemanfaatannya dari biji buah-buahan, misalnya biji sirsak (*Annona muricata*). Pada buah sirsak yang dimanfaatkan adalah buahnya untuk dikonsumsi, tetapi biji sirsak tersebut hanya terbuang begitu saja tanpa dimanfaatkan. Buah sirsak tersebut telah terkenal di Indonesia dengan rasanya yang enak untuk pencuci mulut. Sirsak merupakan tanaman yang berasal dari Karibia, Amerika Tengah dan Amerika Selatan. Buah sirsak sering digunakan sebagai bahan baku minuman jus, selain itu buah sirsak juga bagus untuk melancarkan pencernaan.

Tanaman sirsak selama ini hanya digunakan untuk konsumsi pangan dan kesehatan, akan tetapi biji pada buah sirsak bermanfaat digunakan sebagai biodiesel. Biji sirsak termasuk jenis biji non pangan (*non edible*). Bijinya banyak, berbentuk bulat telur dengan berukuran 2cm x 1cm, berwarna coklat kehitaman dan berkilap. Biji sirsak tersebut memiliki kandungan minyak yang cukup besar yaitu 20-30% dari berat kering. Dalam proses konvensional untuk memproduksi biodiesel dengan proses ekstraksi minyak, pemurnian, dan transesterifikasi. Ekstraksi minyak biji sirsak (*Annona muricata seed oil*) dengan mengeluarkan biji sirsak dari kulit dan buahnya, kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari atau oven sampai kering. Selanjutnya biji sirsak digiling sampai halus setelah itu diekstrak dengan pelarut n-heksana menggunakan peralatan soxhlet pada temperature 70-80°C selama 8 jam. Setelah dilakukan ekstraksi dari biji sirsak kemudian dilakukan proses pemurnian dengan menambahkan kalium hidroksida (KOH) dan metanol. Maka dilanjutkan proses transesterifikasi untuk mendapatkan hasil dari metil ester dengan cara mencampurkan KOH dan metanol, campuran yang digunakan sebanyak 1% KOH dan 20% metanol dari berat minyak kemudian diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 1 jam. Kemudian hasil dari transesterifikasi didiamkan selama 24 jam dan akan terbentuk 2 lapisan yang terdiri dari metil ester dan gliserol, pada lapisan atas

terbentuk metil ester dan lapisan bawah adalah gliserol. Pada metil ester tersebut diambil dan digunakan menjadi biodiesel [4].

Dari data di atas masih belum terdapat pengujian pada kendaraan, maka timbul gagasan untuk mengadakan analisa mengenai pengaruh pencampuran solar dengan minyak biji sirsak (*Annona muricata*) sebagai bahan bakar mesin diesel untuk mengetahui performa mesin diesel yang dihasilkan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Universitas Kristen Petra Surabaya dan Universitas Surabaya. Langkah awal dalam pengestrakan yaitu mempersiapkan alat dan bahan. Alat yang digunakan adalah timbangan digital, gelas ukur, corong, *soxhlet*, kompor listrik, panci kecil, selang air, ember, pompa air kecil, kertas saring, blender. Bahan yang digunakan adalah biji sirsak yang telah kering dan n-heksana.

Biji sirsak dikeringkan dibawah sinar matahari selama 7 hari dan dioven dengan suhu 100°C selama 45 menit sampai 1 jam. Jika biji sirsak sudah selesai di oven, lalu biji sirsak tersebut didinginkan terlebih dahulu dan setelah didinginkan biji dikelupas dan diambil inti bijinya (*kernel*). Setelah inti biji sirsak terkumpul, langkah selanjutnya adalah menghaluskan dengan cara diblender lalu hasilnya disimpan pada wadah yang tertutup. Pada proses pengestrakan dilakukan dengan metode *soxhlet*. Saat proses pengestrakan dibutuhkan serbuk biji sirsak sebanyak 60 gram dan n-heksana sebanyak 160ml. Proses pengestrakan membutuhkan waktu selama 1-2 jam. Langkah berikutnya setelah proses pengestrakan selesai, didapatkan hasil minyak biji sirsak yang masih tercampur dengan n-heksana dan setelah itu dilakukan proses pemurnian minyak biji sirsak dengan menggunakan alat rotary evaporator dan vacuum controller. Minyak biji sirsak yang dibutuhkan dalam 1 kali proses pemurnian yaitu 500ml yang kemudian dipanaskan dengan suhu 60°C, kurang lebih selama 30-45 menit dan pada saat proses pemurnian berjalan didapatkan n-heksana yang terpisah dari minyak biji sirsak yang dapat digunakan kembali. Proses tersebut dilakukan di Universitas Surabaya. Minyak biji sirsak yang telah didapat dari proses pemurnian, kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi.

Proses transesterifikasi ini kembali dilakukan di Universitas Kristen Petra Surabaya. Alat yang akan dibutuhkan adalah *magnetic hotplate stirrer*, termometer, *aluminium foil*. Bahan yang digunakan adalah metanol dengan kadar kemurnian 99,9%, KOH, dan minyak murni biji sirsak. Pada proses transesterifikasi minyak biji sirsak menggunakan KOH sebanyak 1% dari berat minyak dan metanol 20% dari berat minyak. KOH dan metanol dilarutkan terlebih dahulu dengan menggunakan *magnetic hotplate stirrer*, lalu pada minyak biji sirsak juga dilakukan pemanasan hingga sampai suhu 60°C. Jika KOH sudah terlarut dengan metanol, kemudian mencampurkannya dengan minyak biji sirsak menggunakan *magnetic hotplate stirrer* dengan suhu 60°C dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 1

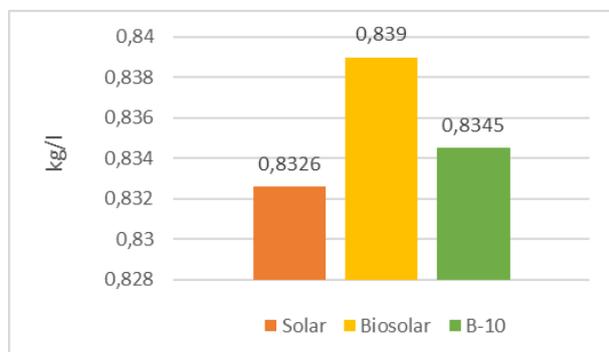
jam. Setelah proses transesterifikasi selesai dilakukan, minyak didiamkan selama 24 jam agar metil ester dan gliserol dapat terpisah dengan sempurna. Dari hasil terlihat bahwa metil ester dan gliserol terpisah, metil ester terdapat pada lapisan atas dan gliserol terdapat pada lapisan bawah. Metil ester dipanaskan, supaya n-heksana dan metanol yang masih tersisa dapat menguap. Hal tersebut dilakukan kurang lebih selama 1 jam.

Pada proses pencampuran metil ester dengan solar dilakukan dengan persentase volume metil ester sebesar 10% dan 20%, lalu dilakukan pengujian karakteristik dari campuran tersebut di Laboratorium UPPS Pertamina Surabaya dan pengujian performa dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Universitas Kristen Petra Surabaya dengan menggunakan *water brake dynamometer* dan mesin diesel dalam metode beban pengereman berubah.

### 3. Hasil dan Pembahasan

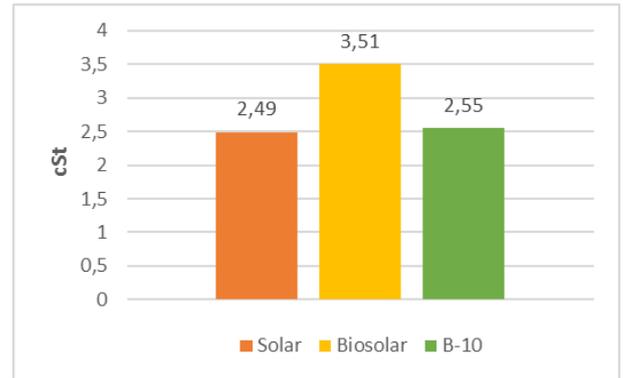
#### A. Hasil Uji Karakteristik

Hasil uji karakteristik yang telah dilakukan di Laboratorium UPPS Pertamina akan dijadikan sebagai tolak ukur standar karakteristik biodiesel yang diijinkan untuk dipakai dalam mesin diesel sesuai dengan ketentuan yang telah dikeluarkan dari Dirjen Migas No. 978.K/10/DJM.S/2006 tanggal 19 November 2013. Biodiesel yang sudah memenuhi standar dari ketentuan Dirjen Migas dapat melakukan pengujian unjuk kerja pada mesin diesel. Berikut adalah standar dan mutu dari bahan bakar minyak solar yang telah ditetapkan oleh Dirjen Migas. Hasil standar karakteristik sebagai berikut.



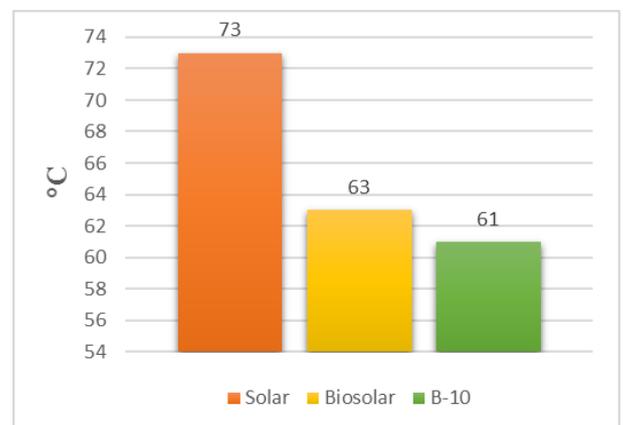
Gambar 3.1. Grafik perbandingan *density* antar bahan bakar

Dari gambar 3.1. diatas menunjukkan bahwa nilai *density* tertinggi dihasilkan dari biosolar SPBU dengan nilai 0,839 kg/l, sedangkan solar SPBU memiliki nilai terendah yaitu 0,8326 kg/l. Pada biodiesel dari campuran minyak biji sirsak B-10 memiliki nilai *density* yang lebih rendah dengan nilai 0,8345 kg/l. Jadi dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa kerapatan massa jenis dari minyak sawit sebagai campuran biosolar lebih tinggi dibandingkan minyak biji sirsak sebagai B-10. Apabila *density* rendah maka kemampuan pengabutan bahan bakar minyak tinggi, karena *density* berbanding lurus terhadap viskositas kinematik.



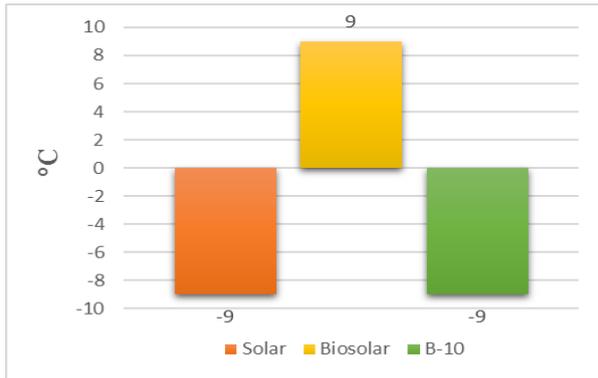
Gambar 3.2. Grafik perbandingan viskositas kinematik antar bahan bakar

Dari gambar 3.2. diatas menunjukkan bahwa nilai viskositas kinematik tertinggi terdapat pada biosolar SPBU dengan nilai 3,51 cSt. Nilai viskositas kinematik terendah didapatkan pada solar dengan nilai 2,49 cSt, sedangkan pada biodiesel dari campuran minyak biji sirsak B-10 memiliki nilai viskositas kinematik yang lebih tinggi dibanding dengan solar SPBU dengan nilai 2,55 cSt. Hal tersebut menunjukkan bahwa biosolar dari campuran minyak sawit memiliki viskositas kinematik lebih tinggi dibandingkan campuran minyak biji sirsak. Tingginya viskositas dapat mengakibatkan hambatan pada injektor, sehingga pengabutan pada ruang bakar tidak dapat berjalan sempurna dan apabila hasil dari viskositas berbeda jauh dengan solar maka campuran tersebut menjadi tidak homogen.



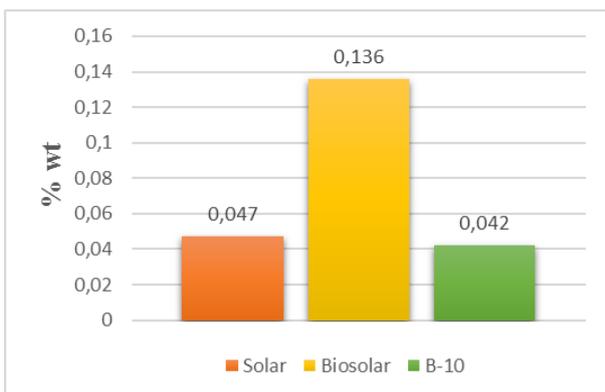
Gambar 3.3. Grafik perbandingan *flash point* antar bahan bakar

Dari gambar 3.3. diatas solar SPBU memiliki nilai *flash point* tertinggi yaitu dengan nilai 73°C, sedangkan nilai terendah terdapat pada biodiesel dari campuran minyak biji sirsak B-10 dengan nilai 61°C. Sedangkan biosolar berada di tengah-tengah antara solar dan B-10 dengan nilai 63°C. Jika *flash point* lebih rendah akan berbahaya, karena menimbulkan resiko tinggi bagi penyalaan, sehingga harus disimpan pada suhu rendah.



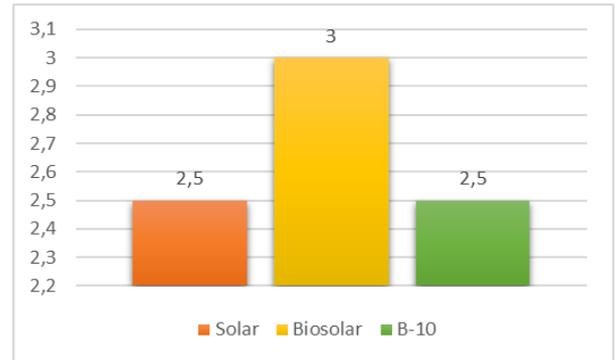
Gambar 3.4. Grafik perbandingan *pour point* antar bahan bakar

Dari gambar 3.4. diatas biosolar SPBU memiliki nilai *pour point* paling tinggi dibandingkan dengan solar dan B-10. Nilai dari biosolar SPBU yaitu 9°C dan nilai pada solar dan B-10 yaitu -9°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa campuran minyak biji sirsak B-10 cocok digunakan untuk daerah dataran tinggi karena memiliki temperatur yang lebih rendah. Jika *pour point* tinggi akan menyebabkan mesin sulit dihidupkan pada suhu yang rendah.



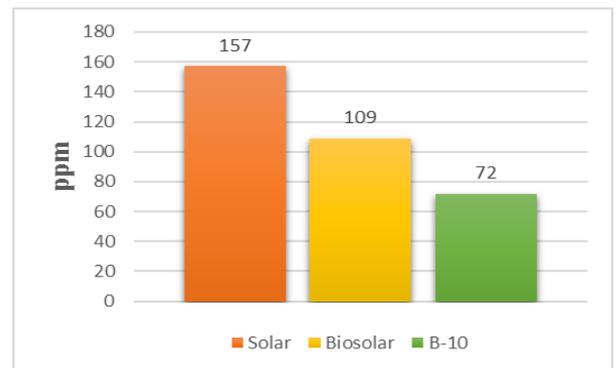
Gambar 3.5. Grafik perbandingan *sulphur content* antar bahan bakar

Dari gambar 3.5. diatas nilai *sulphur content* tertinggi terdapat pada biosolar SPBU dengan nilai 0,136 % wt dan solar memiliki hasil *sulphur content* yang lebih rendah dari biosolar dengan nilai 0,047 %wt. Kandungan sulfur yang terbaik terdapat pada campuran minyak biji sirsak B-10, karena lebih rendah dibandingkan solar dan biosolar yang memiliki kandungan sulfur lebih tinggi. Apabila kandungan sulfur tinggi akan menyebabkan polusi udara dan juga dapat menimbulkan kadar asam yang tinggi, sehingga dapat merusak komponen mesin mulai dari kerak sampai saluran bahan bakar.



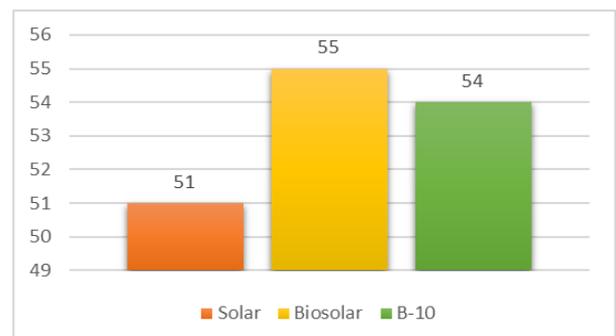
Gambar 3.6. Grafik perbandingan ASTM *colour* antar bahan bakar

Dari gambar 3.6. diatas nilai ASTM *colour* tertinggi dihasilkan oleh biosolar yaitu 3 dan nilai ASTM *colour* terendah diperoleh dari solar dan B-10 yaitu 2,5. Hal tersebut menunjukkan bahwa campuran minyak biji sirsak B-10 memiliki warna standard yang dimiliki oleh solar pertamina. Tinggi atau rendahnya hasil dari ASTM *colour* tidak mempengaruhi dalam performa mesin, tetapi hanya untuk menentukan warna secara *visual* dari bahan bakar.



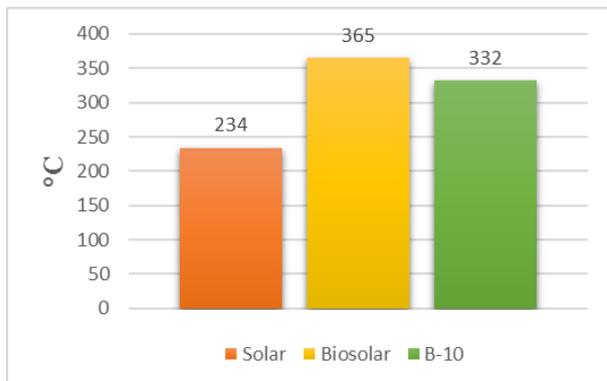
Gambar 3.7. Grafik perbandingan *water content* antar bahan bakar

Dari gambar 3.7. diatas menunjukkan bahwa *water content* tertinggi terdapat pada solar pertamina dengan hasil 157 ppm dan *water content* terendah berada pada campuran B-10 dengan hasil 72 ppm. Kandungan air yang tinggi akan dapat menyebabkan kerusakan pada ruang bakar dan dapat menyebabkan pembakaran yang kurang sempurna.



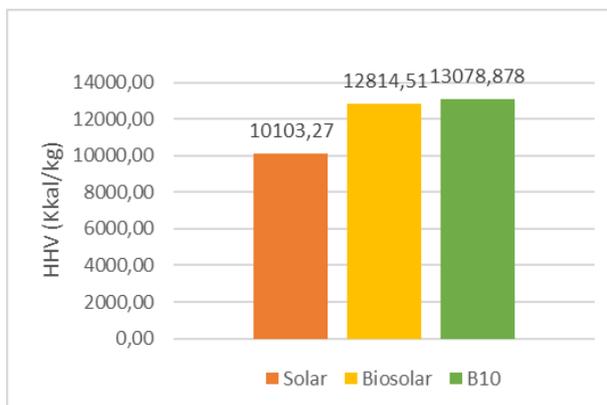
Gambar 3.8. Grafik perbandingan *calculate cetane index* antar bahan bakar

Dari gambar 3.8. diatas mununjukkan bahwa *calculate cetane index* tertinggi dihasilkan oleh biosolar dengan nilai 55 dan *calculate cetane index* terendah terdapat pada solar yaitu 51. Hal ini menunjukkan bahwa biosolar campuran minyak sawit memiliki CCI tertinggi dibandingkan campuran minyak sirsak. Tetapi campuran minyak sirsak B-10 memiliki CCI lebih tinggi dibandingkan solar yaitu dengan angka 54. *Calculate cetane index* yang rendah (dibawah nilai minimum) akan berakibat buruk. Timbulnya knocking yang kasar pada mesin karena keterlambatan terbakarnya bahan bakar (ignition delay) di ruang bakar yang menyebabkan terjadinya akumulasi dan ketika terbakar akan terjadi ledakan keras secara berturut-turut (diesel knocking). Hal tersebut akan mengurangi tenaga yang dihasilkan oleh mesin dan pada akhirnya mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna, serta kerusakan pada mesin.



Gambar 3.9. Grafik perbandingan *distillation* antar bahan bakar

Dari gambar 3.9. diatas dapat diketahai bahwa biosolar memiliki hasil *distillation* tertinggi yaitu 365°C dan solar memiliki hasil *distillation* yang paling rendah dari semuanya yaitu 234°C. Tetapi dari campuran minyak biji sirsak B-10 memiliki hasil *distillation* 332°C, lebih tinggi dibandingkan dari solar tetapi tidak lebih tinggi dibandingkan biosolar campuran minyak sawit. Semakin tinggi *distillation* maka temperatur diruang bakar akan semakin tinggi, sehingga menyebabkan temperatur mesin meningkat.

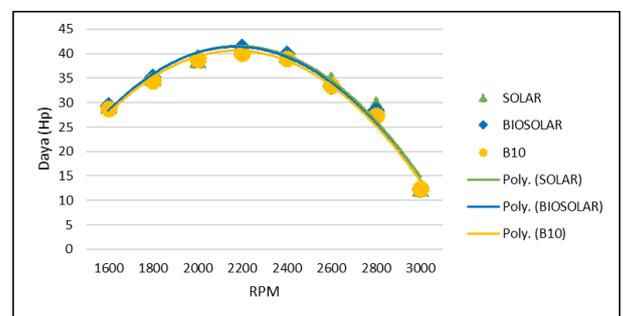


Gambar 3.10. Grafik perbandingan *High Heating Value* antar bahan bakar

Dari gambar 3.10. menunjukkan bahwa hasil nilai kalor yang tertinggi terdapat pada biodiesel campuran minyak biji sirsak B-10 dengan nilai 13078,87, sedangkan solar memiliki nilai kalor yang rendah dengan hasil 10103,27. Hasil dari biosolar berada di antara solar dan B-10 dengan hasil 12814,51. Jika HHV semakin tinggi, maka usaha yang dihasilkan akan semakin lebih besar.

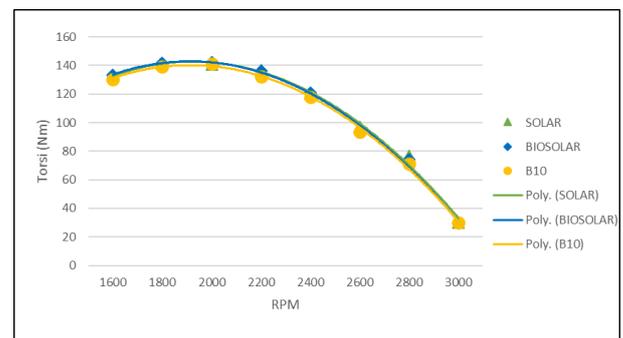
## B. Hasil Uji Performansi

Uji performansi dilakukan di Laboratorium motor bakar Universitas Kristen Petra dengan metode pengeraman konstan putaran (rpm) berubah. Pada pengujian, melakukan uji performansi dari solar, biosolar, dan campuran B-10 secara berurutan. Dari hasil pengujian diperoleh daya (Hp), torsi (Nm), BMEP (Kg/m<sup>2</sup>), SFC (Kg bahan bakar/Hp.jam) Efisiensi termal (%).



Gambar 3.11. Grafik Perbandingan Daya

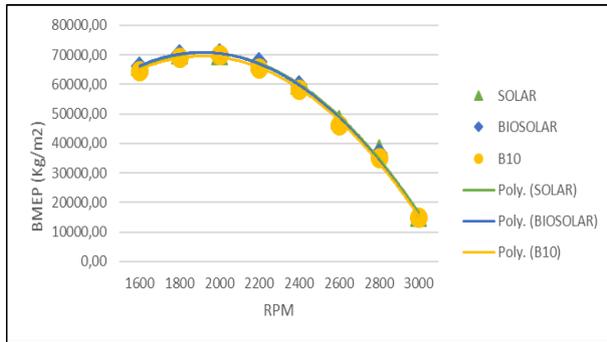
Dari gambar 3.11. menunjukkan bahwa daya pada rpm 2200 telah dapat dilihat titik puncak dari solar, biosolar, dan B-10. Pada titik puncak rpm 2200 menunjukkan bahwa solar lebih unggul dibandingkan dengan biosolar dan B-10, nilai daya yang didapatkan oleh solar sebesar 41,39 Hp sedangkan biosolar dan B-10 hanya 41,29 Hp dan 40,11 Hp. Dari data tersebut solar menghasilkan daya yang lebih tinggi.



Gambar 3.12. Grafik Perbandingan Torsi

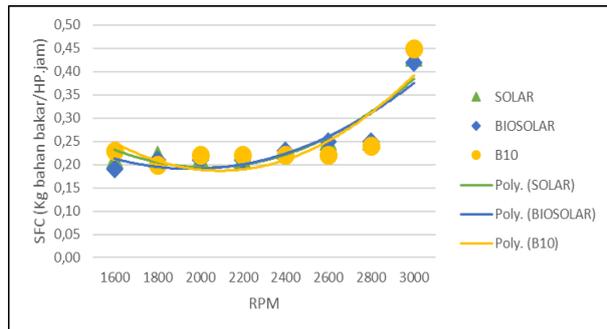
Dari gambar 3.12. menunjukkan bahwa torsi terbesar didapat oleh biosolar, pada titik puncaknya yaitu putaran 2000 rpm dengan nilai 142,17 Nm. Sedangkan hasil yang didapat oleh solar yaitu 141,20 Nm pada titik puncak 1800 rpm dan hasil yang didapat dari B-10 sebesar 141,20 Nm pada titik puncak 2000 rpm. Maka dari data diatas dapat disimpulkan biosolar dengan

kandungan minyak sawit memiliki hasil torsi terbesar pada titik puncak 2000 rpm.



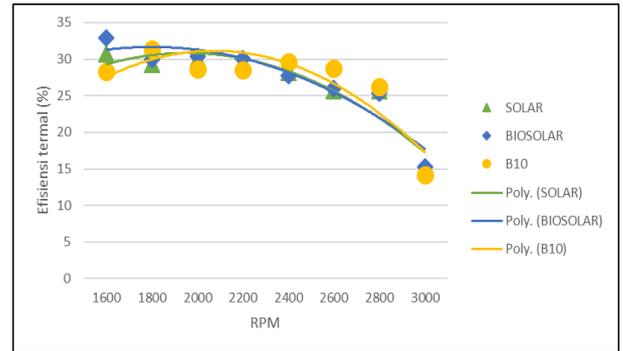
Gambar 3.13. Grafik Perbandingan BMEP

Dari gambar 3.13. menunjukkan bahwa titik puncak BMEP yang dihasilkan dari pengujian terdapat pada biosolar dengan hasil 70497,41 Kg/m<sup>2</sup> dengan putaran rpm 2000, sedangkan solar menghasilkan BMEP sebesar 70014,55 Kg/m<sup>2</sup> pada putaran rpm 1800 dan B-10 menghasilkan BMEP sebesar 70014,55 Kg/m<sup>2</sup> pada putaran 2000rpm. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa BMEP tertinggi dihasilkan oleh biosolar.



Gambar 3.14. Grafik Perbandingan SFC

Dari gambar 3.14. menunjukkan bahwa biosolar memiliki hasil sfc terendah, sehingga biosolar dapat dikatakan lebih irit dibandingkan dengan solar dan campuran B-10. Hasil sfc biosolar yaitu 0,19 Kg bahan bakar/HP.jam pada putaran 1600 rpm, sedangkan titik terendah B-10 pada putaran 1800 rpm yaitu 0,20 Kg bahan bakar/HP.jam, dan solar mendapatkan nilai sfc 0,21 Kg bahan bakar/HP.jam pada putaran 1600 rpm. Semakin rendah hasil dari sfc, maka konsumsi bahan bakar yang digunakan akan semakin lebih irit.



Gambar 3.15. Grafik Perbandingan Efisiensi Termal

Dari gambar 3.15. menunjukkan bahwa biosolar memiliki efisiensi termal tertinggi dengan nilai 32,95% pada putaran 1600 rpm, sedangkan solar memiliki nilai efisiensi termal sebesar 30,72% pada putaran 1600 rpm dan campuran B-10 31,37% pada titik puncak 1800 rpm.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Limbah biji sirsak dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif.
2. Pada campuran B-20 tidak memenuhi standar, karena hasil dari *flash point* lebih rendah dibandingkan spesifikasi dari dirjen migas.
3. Dari biodiesel campuran minyak sirsak B-10 memiliki keunggulan pada *pour point* yang sangat rendah yaitu -9°C.
4. Biodiesel campuran minyak sirsak B-10 juga memiliki keunggulan lain yaitu, rendahnya kandungan sulfur sebesar 0,042 % wt dibandingkan dengan solar murni dan biosolar minyak sawit.
5. Biodiesel campuran minyak biji sirsak B-10 mengalami penurunan dari solar sebesar : daya -2,51%, torsi -2,33%, BMEP -2,33%, sfc -0,4%, dan pada efisiensi termal mengalami peningkatan 0,7%.

#### 5. Daftar Pustaka

1. Prihandana, R. H, Hendroko, R., Nuramin, N., (2006) *Menghasilkan Bio-diesel Murah*. Jakarta: Penerbit Agromedia Pustaka.
2. Leung, D.Y.C., Wu, X., Leung, M.K.H. (2010). "A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification", *Applied Energy*, 87, hal. 1083 – 1095.
3. Ma, F. and Hanna, M. A. (1999) Biodiesel Production: a review, *Bioresource Technology*, 70, 1-15.
4. Wahyuni, L., (2014), *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Rambutan (Nephelium lappaceum) dengan Transesterifikasi Satu Tahap dan Dua Tahap*, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru.