

PENGARUH PENCAMPURAN BAHAN BAKAR BIOSOLAR DAN DEXLITE TERHADAP OPASITAS GAS BUANG DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA *INTERNAL COMBUSTION ENGINE* (ICE)

*Suwarto*¹⁾, *Hasan Basri*²⁾

^{1),2)}*Politeknik Negeri Samarinda*
Jl. Dr.Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan Samarinda
Email :suwartopoltek78@gmail.com

Abstrak. *Sumber energi utama yang digunakan di berbagai negara saat ini adalah minyak bumi, karena semakin banyak eksploitasi yang dilakukan maka keberadaannya semakin terancam dan harganya menjadi meningkat secara tajam. Hal ini dikarenakan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu maka kebutuhan akan bahan bakar juga semakin tinggi pemakaiannya. Telah dilakukan pengamatan pencampuran biosolar dengan dextrite terhadap opasitas gas buang pada berbagai kecepatan putaran mesin (rpm). Parameter yang diteliti adalah bahan bakar spesifik terdiri dari biosolar murni, dextrite murni, campuran biosolar dan dextrite B1 (50%-50%), B2 (20%-80%), B3, (80%-20%) dan kecepatan putaran mesin 800 rpm, 1500 rpm, 2500 rpm pada waktu konstan selama +/-5 menit. Emisi gas buang yang diamati meliputi CO, CO₂, HC, SO₂, NO_x. Emisi gas buang diamati menggunakan Smoke Analyzer. Karakteristik opasitas gas buang yang terjadi pada biosolar lebih ramah lingkungan dibandingkan dextrite.*

Kata kunci : *Biosolar, dextrite, opasitas gas buang*

1. Pendahuluan

Sumber energi utama yang digunakan di berbagai negara saat ini adalah minyak bumi, karena semakin banyak eksploitasi yang dilakukan maka keberadaannya semakin terancam dan harganya menjadi meningkat secara tajam. Hal ini dikarenakan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Dari berbagai macam produk olahan minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar, maka yang paling banyak pemakaian adalah minyak solar. Kebutuhan solar dari tahun ketahun semakin meningkat, karena solar banyak digunakan sebagai bahan bakar berbagai jenis alat transportasi yang menggunakan mesin diesel (mobil dan kapal laut), bahan bakar berbagai jenis peralatan pertanian (traktor dan alat pembajak), bahan bakar berbagai jenis alat berat dan sebagai bahan bakar penggerak generator pembangkit tenaga listrik.

Pada masa sekarang persediaan minyak bumi semakin berkurang dan pada saatnya nanti diperkirakan minyak bumi akan habis. Dari minyak bumi banyak sekali bahan bakar yang dihasilkan misalnya minyak tanah, bensin, solar, pelumas dan sebagainya. Salah satu bahan bakar yang banyak digunakan adalah solar, yang merupakan bahan bakar untuk mesin diesel. Pada saat sekarang kebutuhan akan bahan bakar solar sangatlah besar, dan apabila tidak dicari alternative lain, diperkirakan bahan bakar solar akan habis. Untuk mengatasinya yang dilakukan dalam aplikasi pada motor bakar diesel adalah menggunakan bahan bakar baku yang berkualitas rendah dan ramah lingkungan. Dalam aplikasinya pada motor bakar diesel pencampuran biosolar dengan bahan bakar konvensional adalah yang praktis, cukup murah dan dampak positif terhadap emisi gas buang.

2. Teori

a. Dasar - Dasar Pembakaran

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai kombinasi secara kimiawi yang berlangsung dengan cepat antara oksigen dengan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar pada suhu dan tekanan tertentu. Di dalam bahan bakar secara umum hanya terdapat tiga unsure yang penting yaitu karbon, hydrogen dan belerang-belerang biasanya merupakan unsure ikutan dengan panas pembakaran yang tidak besar tetapi mempunyai peranan yang penting dalam masalah korosi dan pencemaran. Dari pembakaran yang baik adalah memperoleh pembahaasan dari semua panas yang dikandung bahan bakar, sementara menekan jumlah panas yang hilang karena tidak sempurnanya pembakaran dan adanya panas yang diserap udara pembakar.

Pembakaran teoritis adalah suatu reaksi pembakaran sempurna dari suatu unsur yang mudah terbakar (*Stoichior Reaction*). Pada suatu pembakaran teoritis ini akan dibutuhkan sejumlah udara minimal (*teoritis*).

Dalam pembakaran sebenarnya tidak seluruh unsure dalam bahan bakar sempurna. Sebagai contoh adalah pembakaran dari karbon tidak seluruh karbon akan terbakar menjadi CO₂ tapi juga terbakar menjadi CO atau masih dalam bentuk aslinya C. Dengan demikian maka terdapat kehilangan-kehilangan (*losses*) yang berupa kerugian panas yang seharusnya bisa dibebaskan dari pembakaran C. Untuk menekan kerugian tersebut sampai tingkat minimal maka perlu diberikan udara lebih pada sejumlah teoritis yang dipakai sehingga tersedia cukup oksigen untuk pembakaran. Udara lebih (*Exces Air*) apabila memungkinkan pencampuran udara dan bahan bakar secara sempurna. Penting untuk diperhatikan bahwa penggunaan udara lebih baik juga membawahkan kerugian panas akibat dari pemanasan udara pembakar pada suhu kamar ke suhu pembakar.

b. Bahan Bakar Diesel

Bahan bakar diesel yang sering disebut solar (heavy oil) merupakan suatu campuran hydrocarbon yang diperoleh dari penyulingan minyak mentah pada temperatur 200 0C – 340 0C. Minyak solar yang digunakan adalah hidrokarbon rantai lurus hetadecene (C₁₆H₃₄) dan alpha-melthinaphtalene (Darmanto, 2006) . Sifat-sifat bahan bakar yang dapat mempengaruhi prestasi dari motor diesel antara lain: penguapan (*volality*), residu karbon, viskositas, belerang, abu dan endapan, titik nyala, titik tuang, sifat korosi, mutu nyala dan cetana number (Mathur, Sharma, 1980).

2.1. Komsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar adalah ukuran banyak sedikitnya bahan bakar yang digunakan suatu mesin untuk diubah menjadi panas pembakaran dalam jangka waktu tertentu. Campuran bahan bakar yang dihisap masuk dalam silinder akan mempengaruhi tenaga yang dihasilkan karena jumlah bahan bakar yang akan di bakar menentukan besar panas dan tekanan akhir pembakaran yang digunakan untuk mendorong torak dari TMA ke TMB pada saat langkah usaha. Kualitas bahan bakar dapat juga dipakai untuk mengetahui prestasi unjuk kerja mesin. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar yang ekonomis karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Proses pembakaran sangat berlawanan dengan pembakaran tidak sempurna. Bahan bakar yang masuk ke silinder tidak seluruhnya dapat diubah menjadi panas dan tenaga sehingga untuk mencapai tingkat kebutuhan panas dan tekanan pembakaran yang sama diperlukan bahan bakar yang lebih banyak.

1. Biosolar

Biosolar adalah campuran solar dengan minyak nabati yang didapatkan dari minyak kelapa sawit atau crude palm oil (CPO). Sebelum dicampurkan minyak kelapa sawit direaksikan dengan methanol dan ethanol dengan katalisator NaOH atau KOH untuk menghasilkan fatty acid methyl ester (FAME). Untuk bio solar jenis B-5 yang dijual saat ini mengandung 5 persen campuran FAME. Bio solar memiliki angka cetane 48.

2. Dexlite

Dexlite adalah bahan bakar minyak terbaru Pertamina untuk kendaraan bermesin diesel di Indonesia. Dexlite sebagai varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas diatas solar biasa (bersubsidi). Dexlite merupakan komposisi dari campuran biodiesel atau *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) sebanyak 20% dengan zat adiktif di dalamnya sehingga sulfur content mencapai 1.000 - 1.200, sedangkan solar biasa 48 mempunyai sulfur content 3.500 ini sesuai dengan kebijakan pemerintah terkait pencampuran bahan bakar nabati pada solar. Dexlite memiliki Cetane Number (CN) minimal 51 dan mengandung sulfur maksimal 1.200 *part per million* (PPM).

2.2. Gas Buang

Gas buang motor bensin dan diesel terdapat banyak persamaan, dan jika dibandingkan terdapat yang dominan karena perbedaan bahan bakar dan proses pembakarannya. Jenis motor bensin lebih dominan terhadap CO, HC, dan Pb sedangkan motor diesel lebih dominan terhadap SO₂ dan unsur C yang

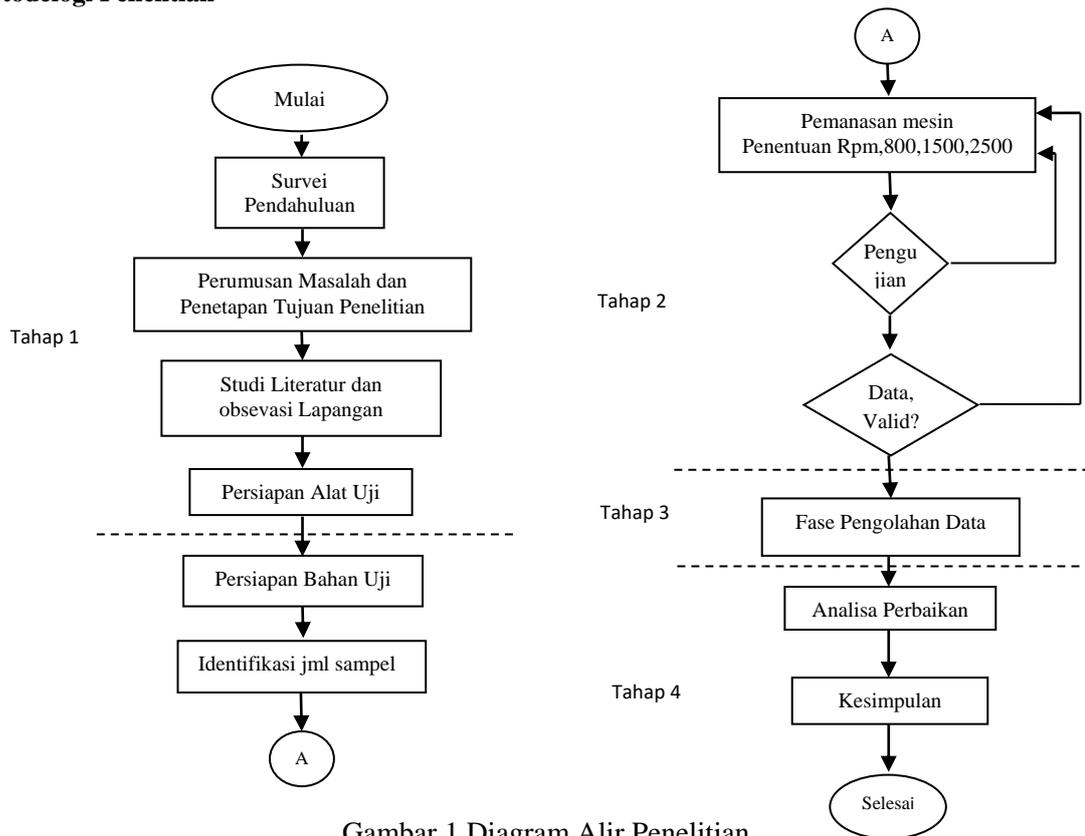
menimbulkan kepekatan asap knalpot. Wujud gas pencemar dari knalpot kendaraan bermotor, hanya sebagian kecil yang dapat diinterpretasikan dengan kemampuan indra manusia selebihnya harus menggunakan peralatan pengukur sehingga diketahui jenis dan jumlahnya.

Bagian terbesar dari gas pembakaran yang paling adalah nitrogen (N_2), uap air (H_2O) (kecuali dengan bahan bakar murni karbon), dan karbon dioksida (CO_2) (kecuali untuk bahan bakar tanpa karbon); ini tidak beracun atau berbahaya (meskipun karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global). Sebuah bagian yang relatif kecil dari gas pembakaran tidak diinginkan, berbahaya, atau beracun zat, seperti karbon monoksida (CO) dari pembakaran tidak sempurna, hidrokarbon (benar diindikasikan sebagai $C_x H_y$, tetapi biasanya ditampilkan hanya sebagai "HC" pada slip emisi-test) dari bahan bakar yang tidak terbakar, nitrogen oksida (NO) dari suhu pembakaran yang berlebihan, dan partikel (kebanyakan jelaga

- a. CO (*Carbon monoksida*) tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi bila bahan bakar atau unsur C tidak mendapat ikatan yang cukup dengan O_2 artinya udara yang masuk ke ruang silinder kurang atau suplai bahan bakar berlebihan.
- b. HC (*Hidro carbon*) Warna hitam-hitaman dan beraroma cukup tajam, gas ini terjadi apabila proses pembakaran pada ruang bakar tidak berlangsung dengan baik atau suplai bahan bakar berlebihan.
- c. Pb (timah hitam) tidak berwarna dan tidak beraroma memiliki berat jenis lebih berat dari udara, partikel ini terjadi pada semua bahan bakar yang menggunakan timbal seperti bensin dan premix.
- d. CO_2 (*Carbon dioksida*), tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat pembakaran yang sempurna antara bahan bakar dan udara dalam hal ini oksigen.
- e. SO_x (*sulfur oksida*) polusi oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna yaitu : sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3) dan keduanya disebut SO_x . Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak relative. Pembakaran bahan – bahan yang mengandung sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur oksida, tetapi jumlah relative masing – masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Meskipun udara tersedia dalam jumlah cukup, SO_2 selalu terbentuk. Jumlah SO_3 yang terbentuk dipengaruhi oleh kondisi reaksi, terutama suhu dan bervariasi 1 – 10% total SO_x .
- f. NO_x (Nitrogen oksida), tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat panas yang tinggi pada ruang bakar akibat proses pembakaran sehingga kandungan nitrogen pada udara berubah menjadi NO_x .
- g. Partikel asap (Smoke) berwarna hitam keabu-abuan dari hasil pembakaran engine/mesin diesel, hal ini terjadi karena kurangnya suplai udara yang akan bersenyawa dengan bahan bakar, tekanan pembukaan injector rendah, saat penginjeksian tidak tepat dan beban yang berlebihan. Bila kandungannya pada suatu ruangan men-capai 3000 ppm (*Part per million*) dapat membunuh manusia dalam waktu ± 30 menit, karena sifat carbon monoksida mudah beradap-tasi dengan darah dan kandungan CO pada darah akan menolak oksigen yang dibutuhkan oleh darah sehingga tubuh kekurangan oksigen.

Gas ini dapat mengakibatkan iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan dan pada akhirnya menjadi penyakit yang serius. Partikel ini sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup generasi penerus karena partikel melayang pada ketinggian kurang dari 1 meter dari permukaan tanah dan konsumennya adalah anak-anak, partikel ini akan merusak jaringan otak anak dan menurunkan tingkat kecerdasan. Gas ini mempunyai berat jenis yang lebih kecil dari udara, sehingga cepat sekali bergerak ke atas dan mengakibatkan efek rumah kaca dan pemanasan global serta menimbulkan hujan asam yang mempengaruhi tumbuh – tumbuhan. Partikel asap ini dapat menimbulkan iritasi mata, saluran pernafasan, tenggorokan dan gejala kanker.

3. Metodologi Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan himpunan beberapa gejala yang berfungsi sama dalam suatu masalah.

1. Variable Bebas

Variabel bebas adalah kondisi yang mempengaruhi munculnya suatu gejala. Dalam penelitian ini yang menjadi variable bebas adalah komposisi campuran bahan bakar antara Biosolar dan dexlite.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan himpunan gejala yang memiliki sejumlah aspek atau unsur didalamnya, yang berfungsi menerima atau menyesuaikan dengan kondisi variabel lain. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah komposisi gas buang.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan himpunan sejumlah gejala yang memiliki berbagai aspek atau unsur didalamnya, yang berfungsi untuk mengendalikan agar variabel terikat yang muncul bukan karena pengaruh variabel lain, tetapi benar-benar karena pengaruh variabel bebas yang tertentu. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah putaran 800, 1500 ,dan 2500 rpm pada engine dengan waktu konstan selama 5 menit.

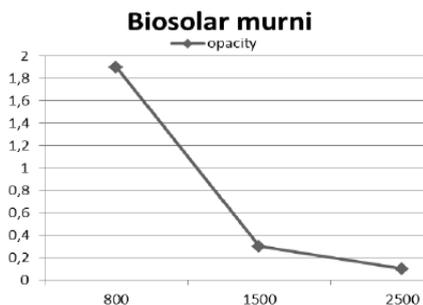
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengambilan Data

Berikut ini tabel dan grafik hasil pengambilan data percobaan perbandingan antara biosolar dan dexlite pada engine.

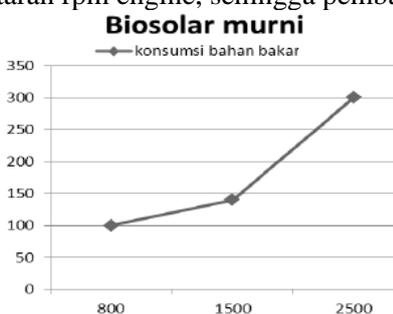
Tabel 1. Hasil Pengujian Biosolar murni

Bahan Bakar	Opacity (%)	Putaran Mesin (rpm)	Waktu (menit)	Konsumsi Bahan Bakar (ml)
Biosolar Murni (1000 ml)	1.9	800	5	100
	0.3	1500		140
	0.1	2500		300



Gambar 2 Grafik Opacity

Pada gambar 2 nilai opasitas bahan bakar biosolar murni sebesar 1.9% berada pada rpm 800, kemudian berkurang secara signifikan pada rpm 1500 yaitu 0.3% hingga pada putaran 2500 berkurang menjadi 0.1%. Dari data grafik diatas menunjukkan nilai opositas bahan bakar Biosolar murni semakin berkurang dikarnakan besarnya putaran rpm engine, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.

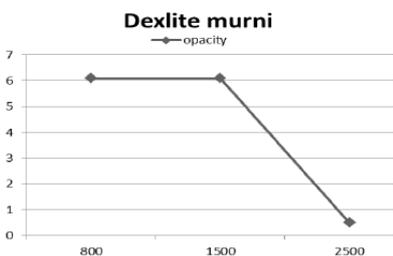


Gambar 3 Grafik konsumsi bahan bakar

Pada gambar 3 konsumsi bahan bakar Biosolar muni sebesar 100ml berada di rpm 800, kemudian bertambah pada rpm 1500 yaitu 140ml hingga pada rpm 2500 menjadi 300ml. Dari data grafik di atas menunjukkan semakin besarnya rpm engine semakin besar pula komsumsi bahan bakarnya.

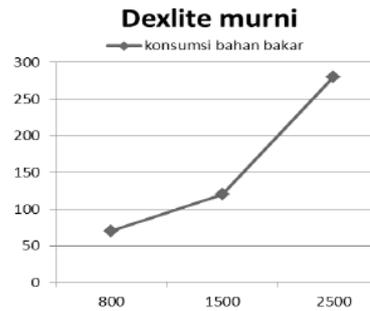
Tabel 2. Hasil Pengujian Dexlite murni

Bahan Bakar	Opacity (%)	Putaran Mesin (rpm)	Waktu (menit)	Konsumsi Bahan Bakar (ml)
Dexlite Murni (1000 ml)	6.1	800	5	70
	6.1	1500		120
	0.5	2500		280



Gambar 4 Grafik Opacity

Pada gambar 4 nilai opasitas bahan bakar Dexlite murni sebesar 6.1% berada pada rpm 800 hingga 1500 kemudian berkurang secara signifikan pada rpm 2500 yaitu 0.5%. Dari data grafik diatas menunjukkan nilai opositas bahan bakar Dexlite murni semakin berkurang dikarnakan besarnya putaran rpm engine, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.

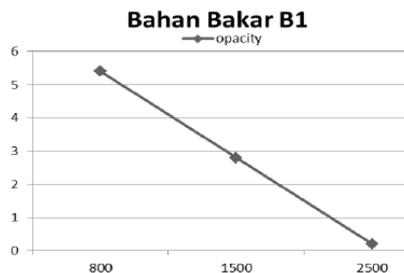


Gambar 5 Grafik konsumsi bahan bakar

Pada gambar 5 konsumsi bahan bakar Dexlite murni sebesar 70ml berada di rpm 800, kemudian bertambah pada rpm 1500 yaitu 120ml hingga pada rpm 2500 menjadi 280ml. Dari data grafik di atas menunjukkan semakin besarnya rpm *engine* semakin besar pula komsumsi bahan bakarnya.

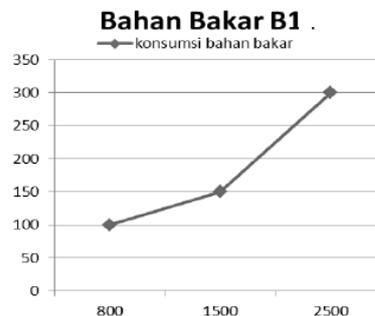
Tabel 3. Hasil Pengujian B1

Bahan Bakar	Opacity (%)	Putaran Mesin (rpm)	Waktu (menit)	Konsumsi Bahan Bakar (ml)
Biosolar + Dexlite (500 ml + 500 ml) B1	5.4	800	5	100
	2.8	1500		150
	0.2	2500		300



Gambar 5 Grafik Opacity B1

Pada gambar 5 nilai opasitas bahan bakar B1 sebesar 5.4% berada pada rpm 800, kemudian pada rpm 1500 berkurang menjadi 2.8% dan pada rpm 2500 turun hingga mencapai 0.2% . Dari data grafik diatas menunjukkan nilai opositas bahan bakar B1 semakin berkurang dikarnakan besarnya rpm engine, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.

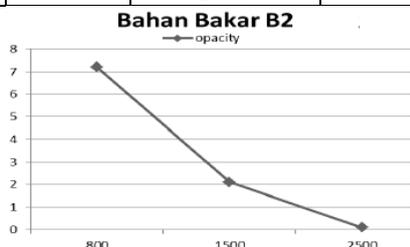


Gambar 6 Grafik Konsumsi Bahan Bakar B1

Pada gambar 6 konsumsi bahan bakar B1 sebesar 100ml berada di rpm 800, kemudian bertambah pada rpm 1500 yaitu 150ml hingga pada rpm 2500 menjadi 300ml. Dari data grafik di atas menunjukkan semakin besarnya rpm *engine* semakin besar pula komsumsi bahan bakarnya.

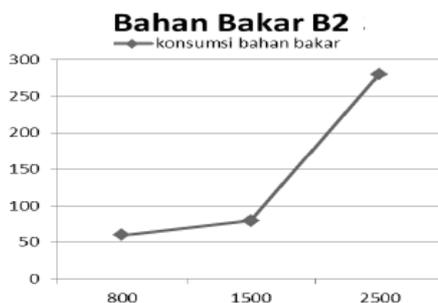
Tabel 4. Hasil Pengujian B2

Bahan Bakar	Opacity (%)	Putaran Mesin (rpm)	Waktu (menit)	Konsumsi Bahan Bakar (ml)
Biosolar + Dexlite (200 ml + 500 ml) B2	7.2	800	5	60
	2.1	1500		80
	0.1	2500		280



Gambar 7 Grafik Opacity B2

Pada gambar 7 nilai opasitas bahan bakar B2 sebesar 7.2% berada pada rpm 800, kemudian pada rpm 1500 berkurang menjadi 2.1% dan pada rpm 2500 turun hingga mencapai 0.1% . Dari data grafik diatas menunjukkan nilai opositas bahan bakar B2 semakin berkurang dikarnakan besarnya rpm engine, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.

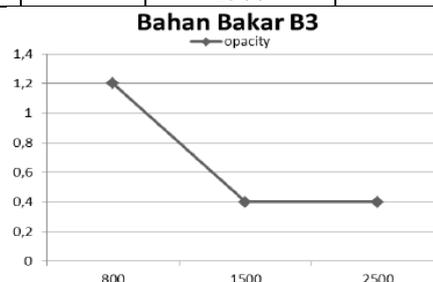


Gambar 8 Grafik Konsumsi Bahan Bakar B2

Pada gambar 8 konsumsi bahan bakar B2 sebesar 80ml berada di rpm 800, kemudian bertambah pada rpm 1500 yaitu 100ml hingga pada rpm 2500 menjadi 290ml. Dari data grafik di atas menunjukkan semakin besarnya rpm engine semakin besar pula komsumsi bahan bakarnya.

Tabel 4. Hasil Pengujian B3

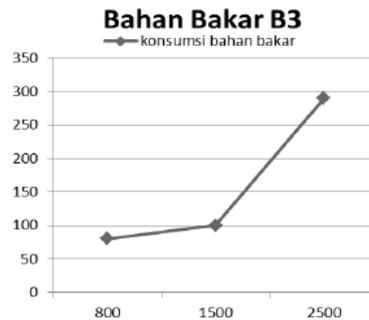
Bahan Bakar	Opacity (%)	Putaran Mesin (rpm)	Waktu (menit)	Konsumsi Bahan Bakar (ml)
Biosolar + Dexlite (800 ml + 500 ml) B3	1.2	800	5	80
	0.4	1500		100
	0.4	2500		290



Gambar 9 Grafik Opacity B3

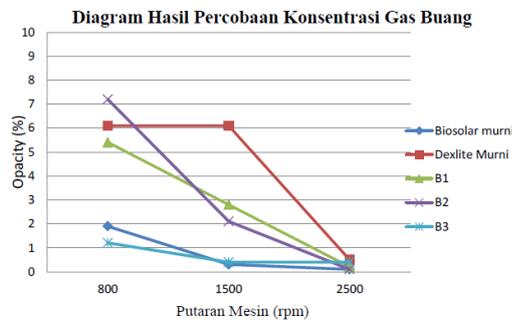
Pada gambar 9 nilai opasitas bahan bakar B3 sebesar 1.2% berada di rpm 800, kemudian berkurang pada rpm 1500 sampai 2500 sebanyak 0.4% . Dari data grafik diatas menunjukkan nilai opositas bahan

bakar B2 semakin berkurang dikarenakan besarnya rpm engine, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.



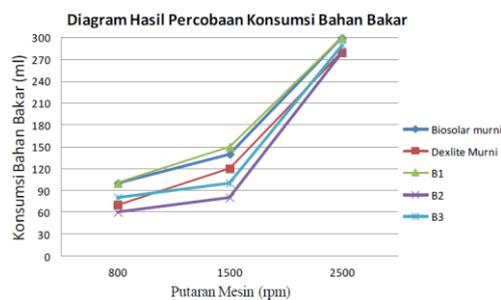
Gambar 10 Grafik Konsumsi Bahan Bakar B3

Pada gambar 10 konsumsi bahan bakar B3 sebesar 80ml berada di rpm 800, kemudian bertambah pada rpm 1500 yaitu 100ml hingga pada rpm 2500 menjadi 290ml. Dari data grafik di atas menunjukkan semakin besarnya rpm engine semakin besar pula komsumsi bahan bakarnya.



Gambar 11 Grafik Hasil Kesimpulan Opasitas

Pada gambar grafik 11 dari hasil data dan grafik pengujian didapatkan rpm 800 sampai 2500 menunjukkan penurunan yg sangat signifikan dengan angka emisi gas buang (7,2% sampai 0,1%) memasuki range standar karena nilai opasitas yang didapat tidak melebihi baku mutu emisi dan opasitasnya yg terjadi masih berada dalam keadaan standar.



Gambar 12 Grafik Hasil Kesimpulan Komsumsi Bahan Bakar

Pada gambar 12 dari data dan grafik hasil pengujian didapat bahwa penggunaan bahan bakar B2 sangat efisien dan hemat (60ml sampai 280ml) pada tiap putaran engine. Hal ini terjadi karena adanya campuran bahan bakar yang sangat efektif di dalam memvariasikan bahan bakar pengujian.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian campuran bahan bakar Biosolar dan Dexlite, terjadi peningkatan nilai opasitas sebesar 0,1 % sampai dengan 6,1% pada tiap putaran engine. Hal ini dipengaruhi karena semakin banyaknya volume bahan bakar Dexlite yang dicampurkan pada tiap campuran bahan bakar.

2. Dari hasil pengujian campuran bahan Biosolar dan Dexlite, terjadi penurunan konsumsi bahan bakar (hemat) sebesar 300 ml sampai dengan 60 ml pada tiap putaran *engine*. Hal ini dipengaruhi karna semakin banyaknya *volume* bahan bakar Dexlite yang di campurkan pada tiap campuran bahan bakar.

2. Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan adapun berupa saran yang ingin di sampaikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Dalam proses penelitian di lab gunakan safety yang sesuai dengan SOP
2. Selalu melakukan perawatan terhadap komponen-komponen mesin agar tidak terjadi kerusakan pada saat mesin beroperasi. Dalam proses penelitian dianjurkan menggunakan peralatan yang memadai sehingga data yang dihasilkan akurat.

Daftar Pustaka

- [1]. Adly Hevendri, *Kaji Ekperimntal Emisi Gas Buang Menggunakan Bahan Bakar Campuran Biodiesel CPO Sawit dan Solar*, Jurnal Teknik No. 28 Vol. 1, Hal 1-6,2014.
- [2]. Arismunandar, W., Tsuda, Koichi, (2002), *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Pradya Paramita, Jakarta, 15-17.
- [3]. Fajar, Rizqon, dan Taufik Suryantoro. *Efek Komposisi Bidisel Terhadap Parameter Kualitas Bahan Bakar dan Unjuk Kerja Mesin* . Balai Thermodinamika, Motor dan Propulsi BPP Teknologi : Jakarta,2000.
- [4]. Garwal, A.K., Rajamanoharan, K., (2009), *Experimental Investigation of Performance and Emissions of Karanja Oil and its Blends in a Single Cylinder Agricultural Diesel engine* , Applied Energy, Vol. 86, PP.106 -112.
- [5]. Sugiarto,B., Setiawan dan Suryantoro, (2005), *Studi Emisi dan Heat Release Biodiesel Minyak Sawit Dan Minyak Jarak Pada Mesin Diesel Indirect Injection* ,Jurnal Teknologi , Vol. 2, PP.101-107.
- [6]. Soedomo, Mostikahandi, *Pencemaran Udara*, Penerbit ITB, Bandung, 2001.
- [7]. Swisscontact, “ *Motor Diesel Berdasarkan Hasil Uji Emisi Gas Buang*”, Swisscontact Jakarta, 2001.
- [8]. Tirtoatmodjo, Willy, (1999), *Peningkatan Unjuk Kerja Motor Diesel dengan Penambahan Pemanas Solar* ,Jurnal Teknik Mesin,Vol 1,No 2, PP. 127-133