

PENGARUH KOMPOSISI BODIESEL TERHADAP KINERJA MESIN DAN EMISI GAS BUANG

Martin Djamin¹ dan Soni S.Wirawan²

Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi¹⁾

Peneliti di Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi²

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Renewable energy sources make a distinction as a promising solution towards sustainable and environmentally friendly energy production. Developing biodiesel is very important for Indonesia due to various reasons including the abundance availability of the raw materials; an alternative renewable fuel to strengthen the country energy security and it is a solution to improve local air quality in several Indonesian major cities. Biodiesel offers a realistic short-term alternative to substitute fossil fuels, and it will also be a necessary addition to the emission free technology for the future. This paper is intended to provide assessment and investigation of the use of different composition of biodiesel and its impact to the environment.

Key words: Energy security, renewable energy, Biodiesel.

1. PENDAHULUAN

Setiap jenis kendaraan bermotor mempunyai faktor emisi yang spesifik. Faktor emisi tersebut tergantung dari teknologi dan kapasitas mesin serta jenis bahan bakar yang dipakai. Sampai saat ini hampir semua data faktor emisi didapat berdasarkan pengukuran kendaraan yang berbasis bahan bakar fosil (solar dan bensin), sedangkan data yang berbasis bahan bakar biodiesel masih sangat terbatas.

Biodiesel adalah bahan bakar terbarukan ramah lingkungan, yang terbuat dari minyak nabati. Secara kimia biodiesel termasuk dalam golongan mono alkyl ester atau metyl ester dengan panjang rantai karbon antara 12 sampai 20, sedangkan *petroleum diesel* (solar) mempunyai komponen utama adalah hidrokarbon. Karena mempunyai sifat kimia

dan fisika yang serupa dengan solar maka biodiesel dapat digunakan langsung untuk mesin diesel atau dicampur dengan solar tanpa perlu memodifikasi mesin.

Biodiesel mempunyai *flash point* lebih tinggi dari pada solar, sehingga tidak mudah terbakar. Disamping itu biodiesel tidak mengandung sulfur¹⁾ dan senyawa benzene yang karsinogenik sehingga biodiesel merupakan bahan bakar yang lebih bersih dan lebih mudah ditangani dibandingkan dengan solar. Sifat lain dari biodiesel adalah mempunyai *Cetane number* dan Viskositas lebih tinggi, serta sifat pelumasan yang lebih baik dibandingkan solar.

Makalah ini akan membahas kinerja mesin diesel dan pengaruhnya terhadap lingkungan (emisi gas buang) dengan

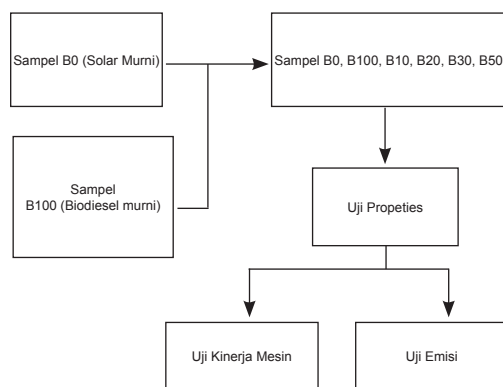
menggunakan berbagai komposisi campuran biodiesel.

Campuran biodiesel yang akan dipergunakan pada penelitian ini adalah B0 (minyak diesel murni), B10, B20, B30, B50 dan B100 (biodiesel murni).

Kinerja mesin akan dievaluasi dengan pengukuran torsi daya dan konsumsi bahan bakar. Sedangkan evaluasi terhadap emisi dilakukan dengan pengukuran karbon monoksida (CO), hydrocarbon (HC), partikel (PM), karbon dioksida (CO₂) dan polutan NO_x²¹.

2. METODOLOGI

Tahapan penelitian dimulai dengan penyiapan sampel bahan bakar solar murni (B0) dan Biodiesel murni (100) yang kemudian dibuat campuran B10, B20, B30, dan B50 untuk dijadikan obyek pengujian (uji properties, kinerja mesin dan emisi), seperti ditampilkan dalam gambar 1



Gambar 1. Metodologi Pengujian

2.1. Sampel Bahan Bakar

Sampel bahan bakar solar murni ditentukan yaitu solar yang diambil langsung dari kilang minyak balongan milik Pertamina. Alasan penentuan solar dari Pertamina ini adalah solar masih murni dan diasumsikan belum terjadi perubahan spesifikasi dalam tahap distribusi. Sedangkan sampel

biodiesel murni digunakan biodiesel hasil produksi proses pengolahan biodiesel Balai Rekayasa Desain dan Sistem Teknologi (BRDST–BPPT) yang berlokasi di kawasan PUSPIPTEK Serpong. Spesifikasi dari kedua sampel tersebut telah memenuhi standard yang ditentukan (SNI) seperti ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi B0 dan B100

No	Parameter	Unit	B(0)	B100
1	Density at 40°C	kg/m ³	851 (15 °C)	859,0
2	Kinematic viscosity (40 °C)	Mm ² /s (cSt)	5,733	4,448
3	Cetane number			
4	Flash point	°C	101	185
5	Cloud point	°C	18	16
6	Copper strip corrosion (3 hours at 50°C)	Rating	No. 1	No. 1
7	Carbon residue - in undistilled sample, or - in 10 % distillation residue	% (m/m)	0,02	0,30
8	Water and sediment	%-vol.	0.05	0,020
9	90% (v/v) recovered at distillation temperature	°C	379	344
10	Ash content (sulfated ash)	% (m/m)	< 0,01	nil
11	Sulfur content	ppm-m (mg/kg)	222	< 3
12	Phosphorous content	ppm-m (mg/kg)	-	4,960
13	Acid number	mg-KOH/g	0,18	0,504
14	Free glycerol	% (m/m)	-	0,0052
15	Total glycerol	% (m/m)	-	0,23967
16	Ester content	% (m/m)	-	99,158
17	Iodine number	% (m/m) (g-I ₂ /100g)	-	58,550
18	Halphen test		-	negative

2.2. Pengujian Mesin

Pengujian kinerja dan emisi gas buang dari mesin dilakukan dengan menggunakan *chassis dynamometer* di Laboratorium Balai Termodinamika, Mesin dan Propulsi (BTMP-BPPT).

Spesifikasi kendaraan yang diuji:

- Kendaraan penumpang tahun 2004;
- *Direct injection*;
- Transmisi otomatis;
- Kapasitas mesin diesel 2500 cc

Chassis dynamometer terdiri dari sepasang drum dengan diameter 48 inci. Roda bagian belakang dari kendaraan ditempatkan pada drum tersebut (seperti terlihat pada gambar 2). Drum ini dihubungkan dengan sebuah motor arus searah dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kecepatan maksimum 200 km/jam
- Daya maksimum 150 kW
- Inertia dapat diuji: 454-2722 kg
- Suhu ruangan pengujian: 5°-40°C

2.3. Analisa Emisi

Sistem analisa dari emisi CVS (*Constant Volume Sampling*) terdiri dari lima bagian utama yaitu *handling unit* (sistem pengelola), *bag* (kantong), partikel dan *hydrocarbon sampling system* dan penganalisa emisi.

Fungsi dari sistem pengelola adalah untuk mengontrol sirkulasi gas keluaran (*exhaust gas*) dari kendaraan. Emisi dari CVS dikumpulkan dalam kantong. Sistem penyampelan partikel dan *hydrocarbon* hanya digunakan untuk pengujian kendaraan bermesin diesel. Sistem analisa emisi terdiri dari penganalisa gas (*gas analyzer*) yang berfungsi untuk menganalisa emisi gas buang dari kantong atau kondisi *transient* dan menimbang partikel.

Spesifikasi alat penganalisa gas adalah sebagai berikut:

- **Total Hydrocarbon Analyzer**
Detector: heated flame ionization
Accuracy and repeatability: +/- 1%
Measurement range: 0-4, 0-10, 0-100, 0-400, 0-1000, 0-4000, 0-10000 ppm
Response time: 2s at 2 L/min flow rate
Ambient temperature: 5-40°C
Relative humidity: maximum 95%
- **NO_x analyzer**
Detector: Chemiluminescent
Accuracy and repeatability: +/- 1%
Measurement range: 0-4, 0-10, 0-100, 0-400, 0-1000, 0-4000, 0-10000 ppm
Respond time: 1.5 s at 2 L/min flow rate
- **CO analyzer**
Detector : non dispersive infra-red
Accuracy and repeatability: +/- 1%
Measurement range: 0-100, 500, 1000 ppm, 1%, 5%, 10%
Respond time: 15 s at 1 L /min flow rate
Ambient temperature: 5-30°C
- **Particulate weighing**
Maximum load: 5000 mg
Readability: 0.001 mg
Time for stabilization: 10 s
Filter used: PALLFLEX-70mm

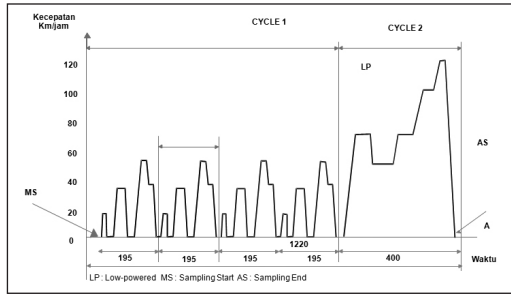
Tata letak dari peralatan uji ditampilkan dalam gambar 2.



Gambar2. Tata Letak Peralatan Uji

3. HASIL DAN DISKUSI

Pengujian emisi untuk semua sampel diuji dengan standar pengukuran ECE R83 (EURO 2) seperti terlihat pada gambar 3. Penggunaan bahan bakar diukur dengan metoda pengujian ECE No.84 dan kinerja mesin diuji dengan metoda 80/1269 EEC.



3.1. Kinerja Mesin

Hasil pengukuran kinerja mesin digambarkan dalam bentuk grafis seperti terlihat pada gambar 4 dan 5. Gambar tersebut

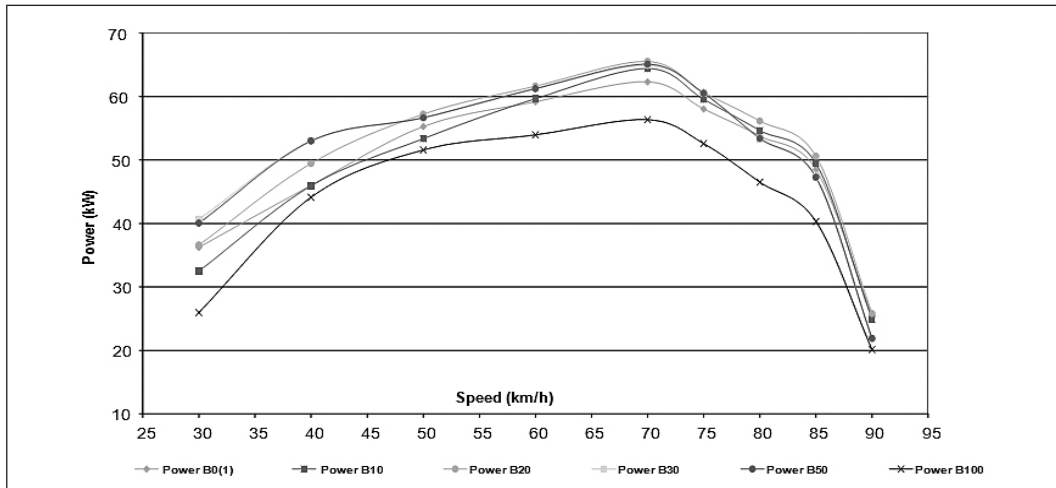
memperlihatkan torsi dan daya mesin versus kecepatan mesin sebagai fungsi dari beberapa komposisi campuran biodiesel (B0, B10, B20, B30, B50 dan B100).

Pada gambar 4 terlihat bahwa daya puncak dicapai pada kecepatan yang sama yaitu 70 km/jam. Daya paling kecil dihasilkan oleh mesin yang menggunakan B100 (56 kW).

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa daya yang dibangkitkan oleh B100 lebih rendah dari pada daya yang dihasilkan oleh B0. Hal ini disebabkan oleh nilai kalori dari biodiesel murni lebih rendah sekitar 10% dari minyak solar murni (B0).

Gambar 5 memperlihatkan bahwa torsi maksimum tercapai pada kecepatan 30-40 km/jam untuk semua jenis bahan bakar. Torsi yang paling rendah adalah untuk biodiesel murni (B100).

Dari gambar 4 dan 5 terlihat bahwa campuran terbaik adalah untuk 20% biodiesel (B20) dimana pada kecepatan 70 km/jam didapat daya dan torsi tertinggi.



Gambar 4. Daya vs Kecepatan Mesin

3.2. Pengaruh Biodiesel Terhadap Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar

Pengaruh komposisi biodiesel untuk pengurangan emisi gas buang ditunjukkan pada gambar 6. Dimana terlihat emisi

gas buang turun secara linier dengan penambahan campuran biodiesel. Emisi partikel berkurang dengan tajam untuk B10, sedangkan emisi HC mulai berkurang pada campuran biodiesel 20% (B20).

Pengaruh dari sulphur didalam solar

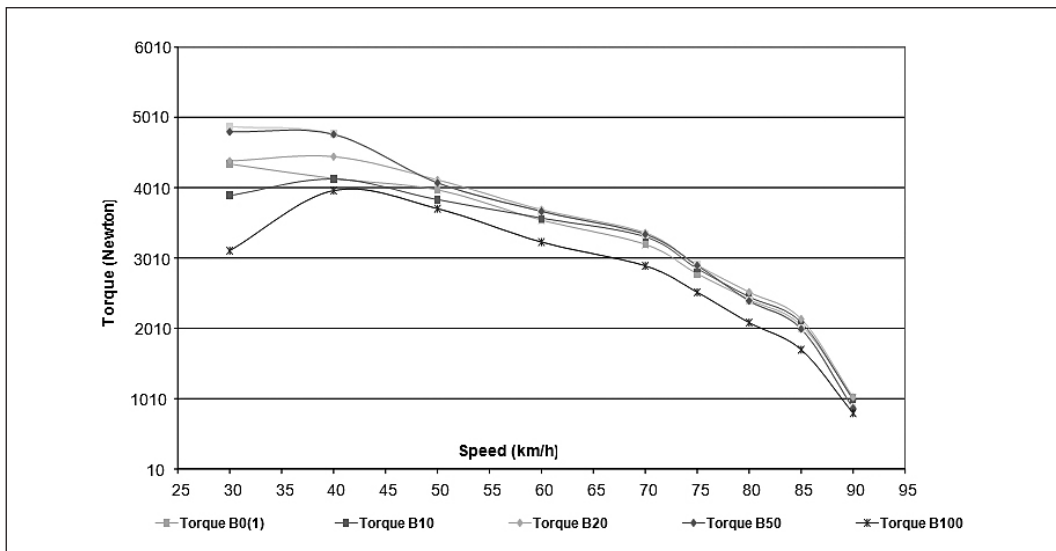
pada emisi partikel telah diteliti oleh Merkis³⁾ dimana hasilnya adalah partikel tertinggi terjadi untuk bahan bakar yang mengandung sulphur tertinggi. Untuk bahan bakar yang mengandung sulphur rendah (350-50 ppm) menghasilkan partikel (PM) yang sama. Tetapi untuk bahan bakar yang mengandung sulphur lebih tinggi (2000 ppm) akan menghasilkan PM 20% lebih tinggi dari pada solar yang mengandung sulphur rendah.

Emisi CO dan NO_x juga berkurang walaupun tidak setajam penurunan emisi partikel dan HC. Hasil pengukuran Emisi NO_x untuk campuran biodiesel yang tinggi terlihat rendah, hasil ini berlawanan dengan

hasil penelitian yang telah dilakukan untuk biodiesel berbahan baku bukan sawit.

Hal ini disebabkan karena pembentukan NO_x tergantung dari suhu pembakaran dan kandungan oksigen didalam campuran pembakaran. Karena bahan bakar campuran biodiesel mempunyai kemampuan pembakaran yang lebih cepat, akan menaikkan suhu ruang bakar dan tekanan, yang kemudian meningkatkan pembentukan NO_x.

Hampir pada semua rujukan menyatakan bahwa mesin yang menggunakan bahan bakar biodiesel menghasilkan peningkatan sedikit emisi NO_x⁴⁾.



Gambar 5. Torsi vs Kecepatan Mesin

Gambar 7 memperlihatkan hasil pengukuran konsumsi bahan bakar terhadap komposisi campuran biodiesel.

Konsumsi bahan bakar untuk B100 (0,69 L/10 km) adalah lebih tinggi dari pada konsumsi bahan bakar B0 yaitu sebesar 1,03 L/10 km.

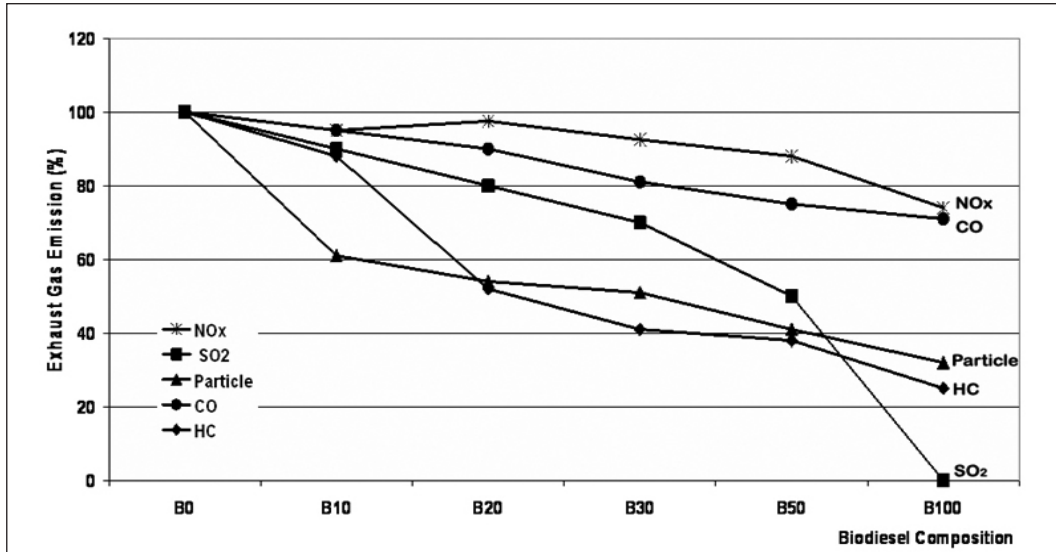
Walaupun emisi CO dan HC dari B0 lebih tinggi dari pada B100, B0 melepaskan emisi CO₂ lebih rendah dari pada B100 yang mengakibatkan efek yang signifikan dalam mengurangi konsumsi bahan bakar.

Dari kurva gambar 7 terlihat bahwa

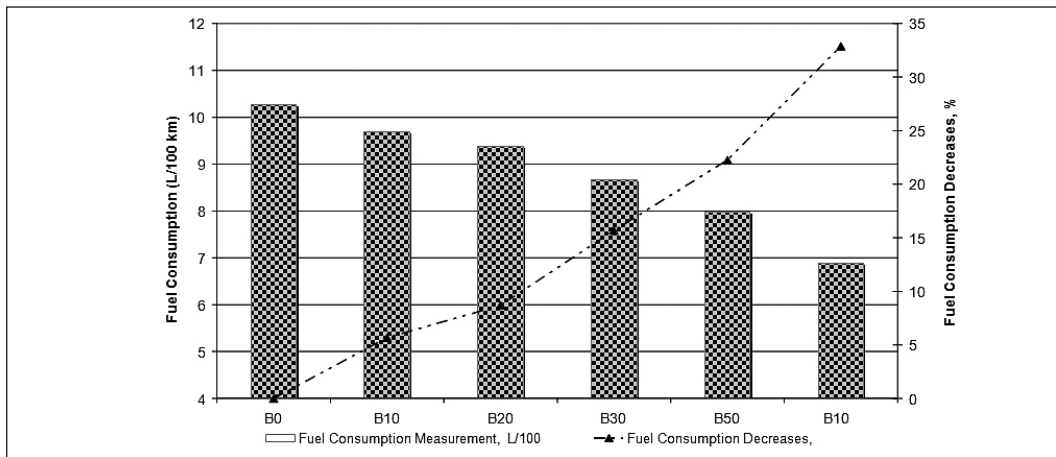
pengurangan konsumsi bahan bakar tergantung dari komposisi campuran biodiesel. B10, B20, B30, B50 dan B100 yaitu 6%, 9%, 16%, 22% dan 33%.

Hasil ini menunjukkan hubungan yang jelas antara viskositas bahan bakar dengan atomisasi bahan bakar. Viskositas bahan bakar yang tinggi cenderung mengurangi kualitas dari atomisasi bahan bakar yang berakibat kepada emisi dan konsumsi bahan bakar.

Sifat kimiawi dan fisika dari bahan bakar seperti angka *cetane* akan menentukan



Gambar 6. Pengaruh Campuran Biodiesel Terhadap Emisi



Gambar 7. Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Komposisi Biodiesel

kandungan emisi gas buang NO_x ^{5,6]}. Secara umum dapat dikatakan bahwa pembentukan emisi NO_x sangat kompleks karena tergantung kepada bahan bakar, teknologi mesin dan faktor siklus pengujian

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Hasil pengujian membuktikan bahwa penambahan biodiesel sampai dengan 20% kedalam solar dapat meningkatkan

kinerja mesin. Daya dan torsi tertinggi dihasilkan pada kecepatan 70 km/jam, akan tetapi penambahan komposisi biodiesel lebih tinggi mengakibatkan penurunan kinerja mesin.

Emisi SO_2 , partikel, CO dan NO_x menurun secara konsisten dengan peningkatan kandungan biodiesel dalam campuran bahan bakar. Akan tetapi karakteristiknya bervariasi tergantung dari jenis emisinya. Penurunan kadar emisi paling signifikan dengan digunakannya biodiesel terjadi pada emisi SO_2 dan PM.

4.2. Saran

Dalam mensukseskan penerapan biodiesel sebagai bahan bakar untuk mensubstitusi minyak, perlu juga dilakukan penelitian tentang faktor-faktor sosial ekonomi, seperti penerimaan masyarakat, efek terhadap pertumbuhan ekonomi, penurunan angka kemiskinan dan pembukaan kesempatan kerja sesuai dengan strategi pembangunan nasional yang dicanangkan oleh Bapak Presiden RI dan dikenal dengan istilah "Triple Track Strategy"

DAFTAR PUSTAKA

1. Moreno, F., M. Munoz and J. Morea-Roy. Sunflower Methyl Ester as a Fuel for Automobile Diesel Engines. In *Transaction of the ASAE* 42(5):1181-1185. 1999.
2. Wirawan, S.S. Tambunan, A.H. Djamin, M. and Nabetani, H. *The Effect of Palm Biodiesel Fuel on the Performance and Emission of the Automotive Diesel Engine*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript EE 07 005. Vol. X. April. 2008.
3. Merkisz, J., M. Kozak, P. Bielaczyc, A. Szczotka. An Investigation of Influence of Diesel Fuel Sulphur Content on Particulates Emissions From Direct Injection Common Rail Diesel Vehicle. *Journal of KONES Internal Combustion Engines*, No. 3 – 4 ISSN 1231 – 4005. 2002.
4. Mittelbach M, Remschmidt C. *Biodiesel, The Comprehensive Handbook*. 1st ed. Graz Austria: Martin Mittelbach (Publisher); 2004.
5. Sharp, C. Emission with ethyl and methyl esters of biodiesel. In *Commercialization of Biodiesels: Environmental and Health Benefits*. Moscow. Idaho: National Institute for Advanced Transp. Tech. University of Idaho. 1996.
6. Peterson, C. L., J. S. Taberski, J.C. Thompson and C.L. Chase. 2000. The Effect of Biodiesel Feedstock on Regulated Emission in Chassis Dynamometer Test of a Pickup Truck. In *Transaction of the ASAE* 43(6):1371-1381