

## KAJI EKSPERIMENTAL EMISI GAS BUANG MOTOR BAKAR DIESEL MENGUNAKAN VARIASI CAMPURAN BAHAN BAKAR BODIESEL CPO SAWIT DAN SOLAR

Oleh : Adly Havendri

### Abstrak

*Biodiesel adalah alternatif bahan bakar pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM) khususnya minyak diesel yang dibuat dari bahan dasar minyak nabati. Salah satu biodiesel tersebut dihasilkan dari proses pengolahan CPO sawit. Dalam prakteknya, biodiesel CPO sawit sering digunakan dengan cara membuat BBM campuran biodiesel CPO sawit dengan solar.*

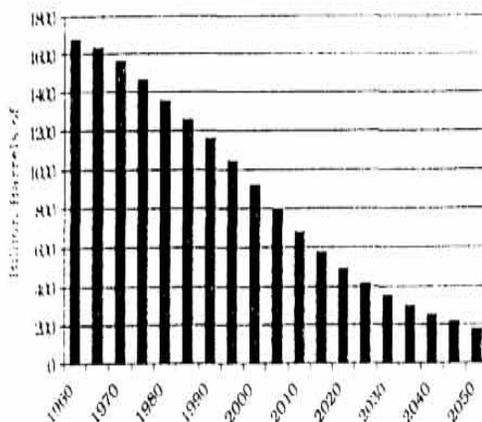
*Untuk mendapatkan komposisi campuran yang baik dari penggunaan bahan bakar campuran biodiesel sawit dengan solar, perlu dilakukan penelitian tentang emisi gas-gas berbahaya dari buangan motor diesel tersebut, meliputi kandungan  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NO_x$ , dan  $HC$ . Di dalam penelitian ini dibuat beberapa variasi campuran bahan bakar biodiesel-solar, kemudian dilakukan pengukuran kandungan gas buang pada tiap-tiap campuran, dan hasilnya dibandingkan dengan penggunaan solar murni serta standar emisi gas buang yang berlaku.*

### 1. PENDAHULUAN

Memasuki abad ke 21, dunia mulai mengalami krisis energi terutama energi yang berasal dari bahan bakar fosil. Dimana cadangan bahan bakar yang masih tersisa di dalam bumi hampir tidak mampu mencukupi permintaan masyarakat akan energi yang terus meningkat dari hari ke hari. Cadangan bahan bakar fosil yang semakin berkurang tentu saja berakibat pada peningkatan harga bahan bakar tersebut. Apalagi bahan bakar fosil termasuk ke dalam kelompok energi yang tak terbarukan atau *unrenewable energy* yang berarti energi jenis ini dapat habis pada suatu waktu.

Penggunaan bahan bakar yang terus meningkat memberikan dampak negatif pada lingkungan yaitu tingginya tingkat pencemaran di udara akibat emisi hasil proses pembakaran bahan bakar fosil. Emisi berupa partikulat (debu, timah hitam) dan gas ( $CO$ ,  $NO$ ,  $SO$ ,  $H_2S$ ) dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan kerusakan pada lingkungan.

World Oil Supply



**Gambar 1.1** Cadangan minyak dunia

Berbagai cara telah dilakukan untuk menemukan teknologi baru penghasil energi berbahan bakar alternatif yang terbarukan (*renewable energy*) dan

ramah lingkungan. Salah satu bentuk energi ini adalah biodiesel yang merupakan bahan bakar pengganti solar (*Diesel Oil*) pada mesin diesel.

Biodiesel dapat dibuat dari minyak nabati yang diperoleh dari tanaman seperti minyak sawit, jarak pagar, kacang kedelai, bunga matahari dan biji-bijian. Indonesia sebagai negara tropis merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Sehingga akan sangat menguntungkan apabila kita memanfaatkan kelebihan ini.

Biodiesel sangat ramah lingkungan karena gas buang hasil pembakarannya yang dilepaskan ke atmosfer akan diserap kembali oleh tumbuhan untuk keperluan proses fotosintesis. Biodiesel akan mengurangi emisi gas buang tanpa mengorbankan unjuk kerja dan efisiensi dari mesin.

Untuk mengetahui konsentrasi emisi gas buang yang dihasilkan oleh biodiesel berbahan dasar *crude palm oil* (CPO) sawit, dilakukanlah pengujian pada sebuah mesin Diesel. Gas buang yang dihasilkan diukur dengan menggunakan alat *Quintox Flue Gas Analyser*. Gas yang diukur terdiri atas  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$ , dan  $HC$ . Hasil pengukuran tersebut nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran gas buang yang didapatkan pada penggunaan 100% solar. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bahan bakar mana yang emisinya lebih rendah dan campuran solar-biodiesel berapa yang layak untuk digunakan sebagai bahan bakar minyak.

### TUJUAN DAN MANFAAT

Mengukur konsentrasi gas buang yang dihasilkan oleh mesin diesel pada saat menggunakan bahan bakar 100% solar dan pada saat menggunakan campuran solar dan biodiesel dengan berbagai variasi. Kemudian membandingkan hasil yang didapat dari pengukuran tersebut untuk mengetahui campuran bahan bakar mana yang lebih rendah emisinya.

Manfaat dari penelitian ini adalah kita dapat mengetahui perbandingan campuran solar-biodiesel yang layak untuk digunakan sebagai

bahan bakar minyak pengganti solar, jika ditinjau dari emisi gas buangnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Motor Diesel

Pada motor bakar Diesel terjadi penyalan sendiri karena bahan bakar disemprotkan ke udara yang telah bertemperatur dan bertekanan tinggi.

Berbeda dengan motor bakar bensin, motor bakar Diesel, pada langkah hisap hanya udara segar saja yang masuk ke dalam silinder. Saat torak hampir mencapai Titik Mati Atas (TMA), bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder dan terjadilah penyalan. Proses penyalan akan menyebabkan terjadinya pembakaran jika tekanan udara di dalam silinder tinggi.

Kondisi diatas dapat tercapai apabila digunakan perbandingan kompresi yang cukup tinggi, dimana nilainya berkisar antara 12 sampai 25. Perbandingan kompresi yang rendah pada umumnya digunakan pada motor bakar Diesel berukuran besar dengan putaran rendah. Perbandingan kompresi yang tinggi banyak dipakai pada motor bakar Diesel berukuran kecil dengan putaran tinggi (4000 rpm).

### 2.2 Biodiesel

Biodiesel adalah energi alternatif ramah lingkungan yang dapat dibuat dari minyak tumbuh-tumbuhan, lemak hewan, dan sisa dari minyak atau lemak (misalnya sisa minyak penggorengan). Bila dibandingkan dengan bahan bakar solar, biodiesel memiliki beberapa kelebihan yaitu:

- Merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat dibiodegradasi (lebih mudah terurai oleh mikroorganisme)
- Mempunyai bilangan setana yang tinggi
- Mengurangi emisi tanpa mengorbankan unjuk kerja dan efisiensi mesin. Penggunaan 100% biodiesel akan: menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sampai 100%, menurunkan emisi SO<sub>2</sub> sampai 100%, menurunkan emisi CO antara 10-50%, dan menurunkan emisi HC antara 10-50% oksida
- Meningkatkan nilai produk pertanian Indonesia
- Memungkinkan diproduksi dalam skala kecil dan menengah

Biodiesel didapatkan dengan mereaksikan minyak tanaman dengan alkohol menggunakan zat basa sebagai katalis pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga akan dihasilkan larutan yang berbentuk senyawa ester yaitu alkyl ester (methyl atau ethyl ester) dan glyserin. Proses pereaksian tersebut biasa disebut dengan Proses Transesterifikasi.

Biodiesel dari minyak tanaman dapat langsung dipergunakan sebagai bahan bakar mesin ataupun dicampur terlebih dahulu dengan solar sebelum digunakan. Biodiesel murni (tanpa campuran solar) biasa dikenal dengan istilah B100. Biodiesel jenis ini dapat digunakan pada mesin setelah mesin dimodifikasi. Sedangkan biodiesel yang dicampur

solar dengan kadar tertentu dapat dipergunakan langsung tanpa harus memodifikasi mesin. Biodiesel campur biasa dikenal dengan istilah B5, B10, B15, B20, B25, tergantung pada persentase biodiesel yang digunakan. Misalnya B5, angka 5 dibelakang huruf B berarti 5% biodiesel ditambah 95% solar. Semakin tinggi persentase biodiesel terhadap solar maka keunggulan biodiesel terhadap mesin semakin meningkat.

### 2.3 Emisi Gas Buang Motor Diesel

#### 2.3.1 Jenis Gas Buang

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari gas buang mesin dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

##### 1. Sumber

Berdasarkan sumbernya polutan dibedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti sulfur oksida (SO<sub>x</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan hidrokarbon (HC) langsung dibuangkan ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder contohnya ozon (O<sub>3</sub>).

##### 2. Komposisi kimia

Berdasarkan komposisi kimianya polutan dibedakan menjadi organik dan inorganik. Polutan organik mengandung karbon dan hidrogen, juga beberapa elemen seperti oksigen dan nitrogen. Polutan inorganik contohnya karbon monoksida (CO).

##### 3. Bahan penyusun

Berdasarkan bahan penyusunnya polutan dibedakan menjadi partikulat atau gas. Partikulat dibagi menjadi padatan dan cairan seperti debu dan asap. Partikulat dapat bertahan di atmosfer. Sedangkan polutan berupa gas tidak bertahan di atmosfer dan bercampur dengan udara bebas.

#### 2.3.1.1 Partikulat

Polutan partikulat yang berasal dari buangan mesin umumnya merupakan fasa padat yang terdispersi dalam udara dan membentuk asap. Fasa padatan tersebut berasal dari pembakaran tak sempurna bahan bakar minyak yang berkomposisi senyawa organik hidrokarbon. Partikel asap mempunyai diameter berkisar 0.5 – 1 m.

#### 2.3.1.2 Hidrokarbon (HC)

Sesuai dengan namanya, komponen hidrokarbon hanya terdiri dari elemen hidrogen dan karbon. Pelepasan hidrokarbon dari kendaraan bermotor disebabkan oleh pembakaran bahan bakar minyak yang tidak sempurna.

#### 2.3.1.3 Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah suatu komponen yang tak berwarna, tak berasa dan tak berbau. Karbon

monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses berikut:

1. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
2. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
3. Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan O.

#### 2.3.1.4 Sulfur oksida (SO<sub>x</sub>)

Polusi oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna yaitu, sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>), dan keduanya disebut sebagai SO<sub>x</sub>. Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif.

#### 2.3.1.5 Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>)

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrik oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Umumnya oksida nitrogen berbentuk nitrogen monoksida (NO), dan sejumlah kecil nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>).

#### 2.3.2 Gas Buang pada Biodiesel

Penggunaan biodiesel pada mesin dapat mengurangi emisi tanpa mengorbankan unjuk kerja dan efisiensi dari mesin. Biodiesel pada campuran 20% dapat mengurangi partikulat sebanyak 30%, CO<sub>2</sub> sebanyak 21%, dan total hidrokarbon sebanyak 47%. Sedangkan penggunaan biodiesel 100% dapat: menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sampai 100%, menurunkan emisi SO<sub>2</sub> sampai 100%, menurunkan emisi CO antara 10-50% dan menurunkan emisi HC antara 10-50%.

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Peralatan Pengujian

Perangkat pengujian yang akan digunakan adalah motor Diesel Chang Chai SX 175. Skema motor diesel dapat dilihat pada gambar 3. 1 di bawah ini



**Gambar 3.1** Motor Diesel Chang Chai SX

#### 3.2 Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari:

- Quintox Flue Gas Analyzer

Quintox Flue Gas Analyzer adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas buang yang dihasilkan oleh mesin. Alat ini menggunakan oksigen, saringan sulfur, dan saringan partikel untuk mendeteksi kandungan gas buang mesin. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (NO dan NO<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan HC. Gas analyzer dilengkapi dengan probe yang memiliki ujung yang runcing (depth stone cone) yang dapat dipakai dalam lubang-lubang yang berdiameter 8mm sampai 21mm. Hasil pengukuran yang didapatkan akan ditampilkan pada handset (remote monitor).

- Tachometer
- Neraca Gaya



**Gambar 3.2** Quintox Flue Gas Analyzer

#### 3.3 Parameter yang Diuji

Parameter yang akan diukur dalam pengujian adalah konsentrasi gas buang yang terdiri dari CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (NO dan NO<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>, dan HC.

#### 3.4 Prosedur Pengujian

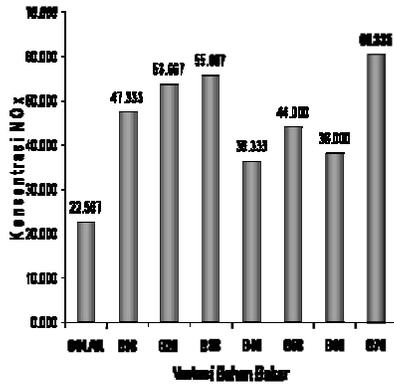
Prosedur pengujian gas buang dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Menstater mesin
2. Panaskan mesin selama 15 menit
3. Set mesin pada putaran dan pembebanan konstan yang diinginkan
4. Hidupkan alat ukur "Quintox Flue Gas Analyzer". Biarkan alat melakukan kalibrasi otomatis agar sensor disetel ke nol
5. Setelah kalibrasi otomatis komplit, letakkan ujung probe yang runcing pada titik pengambilan sampling yaitu pada knalpot mesin
6. Setelah beberapa menit, baca dan catat hasil pengukuran yang didapatkan (lakukan tiga kali pembacaan untuk data yang sama)
7. Ulangi langkah-langkah pengujian diatas untuk variasi campuran biodiesel CPO-solar yang berbeda

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang didapat, dibuatlah grafik antara variasi campuran solar-biodiesel mulai dari B0 sampai B70 terhadap konsentrasi gas buang mesin yang terdiri dari NOx, SO2, HC, CO, dan CO2. Setelah dilakukan analisa grafik, dapat diketahui pengaruh masing-masing variasi campuran solar biodiesel tersebut terhadap konsentrasi gas buang yang dihasilkan

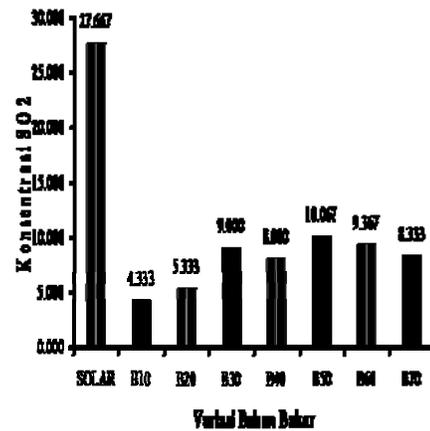
Konsentrasi NO<sub>x</sub> vs variasi bahan bakar



Gambar 4.1 Grafik konsentrasi NO<sub>x</sub> vs variasi campuran bahan bakar

Konsentrasi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan pada saat penggunaan solar dan pada saat penggunaan campuran solar-biodiesel menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Penggunaan solar hanya menghasilkan 22,567 ppm NO<sub>x</sub> saja sedangkan rata-rata penggunaan campuran solar-biodiesel menghasilkan 47,905 ppm NO<sub>x</sub>. Konsentrasi NO<sub>x</sub> terkecil didapatkan pada penggunaan campuran B40 sebesar 36,333 ppm dan konsentrasi terbesarnya didapat 60,333 ppm yaitu pada penggunaan campuran B70. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak biodiesel yang digunakan dalam campuran maka konsentrasi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan akan semakin tinggi. Ditinjau dari standar emisi yang digunakan, dapat dikatakan bahwa konsentrasi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan pada penggunaan campuran solar-biodiesel berada diatas konsentrasi NO<sub>x</sub> maksimal yang diizinkan yaitu 32 ppm.

Konsentrasi SO<sub>2</sub> vs variasi bahan bakar

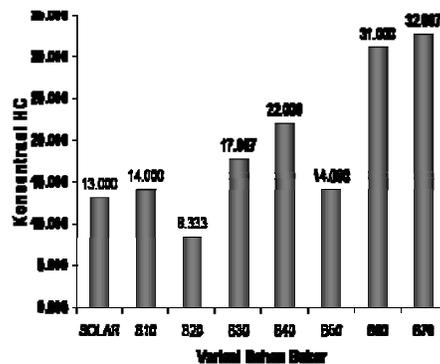


Gambar 4.2 Grafik konsentrasi SO<sub>2</sub> vs variasi bahan bakar

Secara teoritis penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar mesin tidak akan menimbulkan emisi SO<sub>2</sub>, namun hasil pengujian yang didapatkan memperlihatkan bahwa penggunaan biodiesel tetap menghasilkan emisi SO<sub>2</sub> walaupun jumlahnya lebih sedikit dari konsentrasi SO<sub>2</sub> pada penggunaan solar. Konsentrasi SO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada penggunaan solar didapatkan sebesar 27,667 ppm. Jumlah ini 72% lebih banyak dari konsentrasi rata-rata SO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada penggunaan biodiesel yaitu 7,776 ppm.. Konsentrasi SO<sub>2</sub> terkecil dihasilkan pada penggunaan B10 sebesar 4,333 ppm.

Ditinjau dari emisi SO<sub>2</sub> yang dihasilkan, penggunaan biodiesel sebagai campuran di dalam bahan bakar masih layak dan aman untuk digunakan. Walaupun begitu, untuk penggunaan komersil disarankan menggunakan campuran biodiesel di bawah 30%.

Konsentrasi HC vs variasi bahan bakar



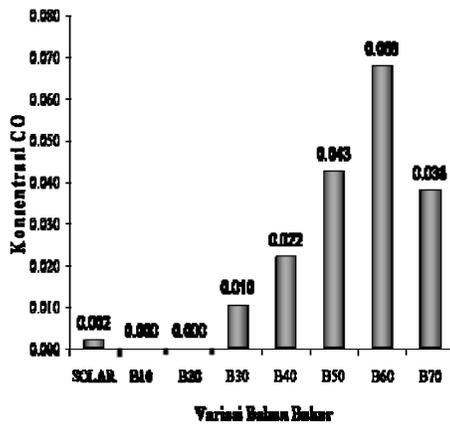
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi HC vs variasi bahan bakar.

Konsentrasi HC yang dihasilkan pada saat penggunaan solar dan pada saat penggunaan

campuran solar-biodiesel menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Penggunaan solar menghasilkan 13 ppm HC sedangkan rata-rata penggunaan campuran solar-biodiesel menghasilkan 19,952 ppm HC. Konsentrasi HC terkecil didapatkan pada penggunaan campuran B20 sebesar 8,333 ppm dan konsentrasi terbesarnya didapat 32,667 ppm yaitu pada penggunaan campuran B70. Ditinjau dari standar emisi yang digunakan, dapat dikatakan bahwa penggunaan biodiesel sebagai campuran di dalam bahan bakar masih layak dan aman untuk digunakan karena berada jauh di bawah konsentrasi HC maksimal yang diizinkan yaitu 240 ppm.

Jika ingin digunakan dalam skala komersil, disarankan untuk menggunakan campuran biodiesel kurang dari 30%. 4.3

**Konsentrasi CO vs variasi bahan bakar**

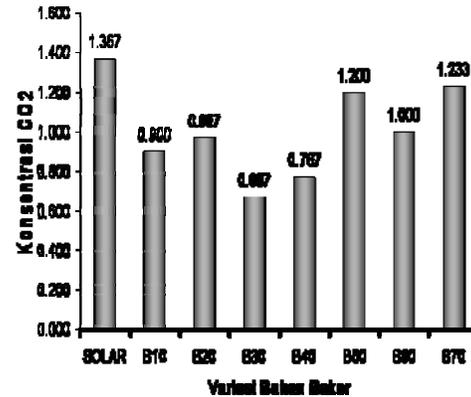


Gambar 4.4 Grafik konsentrasi CO vs variasi bahan bakar

Pada penggunaan campuran B10 dan B20 tidak ada emisi CO yang dihasilkan atau 0%. Konsentrasi CO yang dihasilkan pada penggunaan solar didapatkan sebesar 0,002% dan konsentrasi rata-rata CO yang dihasilkan pada penggunaan biodiesel adalah 0,026%. Campuran B60 adalah campuran yang menghasilkan konsentrasi CO paling tinggi dibandingkan campuran biodiesel lainnya yaitu 0,068%.

Secara umum penggunaan biodiesel di dalam bahan bakar masih aman dan layak karena konsentrasi CO yang dihasilkan masih di bawah konsentrasi maksimal yang diizinkan yaitu 0,05%. Namun untuk penggunaan secara komersil disarankan menggunakan campuran biodiesel kurang dari 30%. Karena pada campuran tersebut tidak ada emisi CO yang dihasilkan.

**Konsentrasi CO<sub>2</sub> vs variasi bahan bakar**



Gambar 4.5 Grafik konsentrasi CO<sub>2</sub> vs variasi bahan bakar

Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada saat penggunaan solar dan pada saat penggunaan campuran solar-biodiesel menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Penggunaan solar menghasilkan 1,367% CO<sub>2</sub>. sedangkan pada penggunaan campuran solar-biodiesel, rata-rata menghasilkan 0,962% CO<sub>2</sub>. Konsentrasi CO<sub>2</sub> terkecil didapatkan pada penggunaan campuran B30 sebesar 0,667% dan konsentrasi terbesarnya didapat 1,233% yaitu pada penggunaan campuran B70. Ditinjau dari standar emisi CO<sub>2</sub> teoritis, dapat dikatakan bahwa penggunaan biodiesel sebagai campuran di dalam bahan bakar masih layak dan aman untuk digunakan karena berada jauh di bawah konsentrasi CO<sub>2</sub> maksimal teoritis yang diizinkan yaitu 15%.

**5. KESIMPULAN**

Setelah dilakukan perbandingan konsentrasi dari emisi gas buang yang dihasilkan pada pemakaian bahan bakar campuran Biodiesel CPO Sawit dan Solar, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah dibandingkan dengan standar emisi yang berlaku dapat dikatakan penggunaan biodiesel sebagai campuran bahan bakar masih aman dan layak., karena berada jauh dibawah ambang batas yang diizinkan. campuran di dalam bahan bakar menghasilkan konsentrasi NO<sub>x</sub> yang melebihi standar emisi yang berlaku.
2. Untuk mendapatkan konsentrasi emisi gas buang paling baik dan tidak terlalu mengurangi daya yang dihasilkan, dianjurkan menggunakan campuran Biodiesel CPO Sawit dibawah 30 %.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Trommelmans, J. 1993. Mesin Diesel, Prinsip-Prinsip Mesin Diesel Untuk Otomotif. PT. Rosda Jayaputra: Jakarta.
2. De Bruijn, L.A dan L. Muilwijk. 1985. Motor Bakar. PT. Bhratara Karya Aksara: Jakarta.
3. Keison. 1996. KM9106 Operators Manual. Kane International Limited: United Kingdom.
4. Fajar, Rizqon dan Taufik Suryantoro. Efek Komposisi Biodiesel Terhadap Parameter Kualitas Bahan Bakar dan Unjuk Kerja Mesin. Balai Termodinamika, Motor Dan Propulsi BPP Teknologi: Jakarta.
5. Fajar, Rizqon. Prediksi Sifat Fisika Kimia Campuran Bahan Bakar Diesel dengan Model Sederhana. Balai Termodinamika, Motor dan Propulsi BPP Teknologi: Jakarta.
6. H. Soeradjaja, Tatang. 2005. Dua Hal Utama dalam Pemanfaatan Bahan Bakar Alternatif dari Minyak Tumbuhan. LIPI: Jakarta.

**UCAPAN TERIMAKASIH :**

Disampaikan kepada saudari Kartika Mashud dan Asisten Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin FTUA yang telah membantu melakukan penelitian ini.

**BIODATA :**

**Ir.Adly Havendri, MSc**, Penulis adalah Dosen Bidang Konversi Energi dan Kepala Laboratorium konversi Energi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas.