

KAJIAN EMISI DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR DALAM PENGGUNAAN CAMPURAN BAHAN BAKAR BIOSOLAR PADA KENDARAAN PENUMPANG

Budi Rochmanto¹, Hari Setiaprada², Mutia Ekasari³

¹ BT2MP-BPPT

² PTSPT-BPPT

³ PT. Pertamina (Persero)

Email: budi.rochmanto@bppt.go.id

ABSTRACT

Research has been conducted to determine the effect of using biodiesel on emission and fuel efficiency in diesel engine vehicle. Testing was conducted on vehicle 2500 cc fuelled with 2 base fuel of diesel fuel 48 and diesel fuel Euro4 standard in which both of base fuel was blended with biofuel in form of FAME and HVO with ratio of 30% (B30). Test method was using United Nations Economic Commission for Europe, yakni UN ECE R83 and R10. The results showed the addition of 30% FAME and 30% HVO in petrodiesel and diesel fuel 48, was able to reduce CO and HC emissions. While for NOx emissions there has not been a significant change. The addition of FAME to both base fuels was able to reduce particulate emissions, but conversely with the addition of HVO, particulate emissions were higher. The addition of FAME and HVO to petrodiesel has not been able to save fuel consumption, instead there was a slight increase of 0.1% for FAME and 0.5% HVO. Meanwhile for diesel fuel 48 the addition of FAME is more economical around 5.5%, while the addition of HVO is a little extravagant around 1.8%.%

Keywords: Biodiesel, diesel, exhaust emissions, fuel economy

PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor yang sudah mencapai diatas kisaran 1 juta unit pertahun berdampak positif terhadap naiknya pertumbuhan ekonomi dari sektor industri otomotif. Pada sisi lainnya, ada dua isu besar terkait dengan pertumbuhan kendaraan yang tinggi tersebut yaitu polusi udara dan energi. Menurunnya kualitas udara akibat emisi yang ditimbulkan kendaraan bermotor selain berdampak langsung terhadap kesehatan juga berakibat pada perekonomian secara keseluruhan. Sekitar tahun 1970 permasalahan lingkungan menjadi isu yang sering dibahas [1]. Hasil kajian dari Kementerian Lingkungan Hidup (sekarang Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup) Tahun 2010 menunjukkan bahwa faktor naiknya polusi udara telah menimbulkan beragam penyakit seperti asma, bronkopneumonia dan penyakit paru kronis yang pada ujungnya dapat mengakibatkan menurunnya produktivitas, rendahnya kualitas hidup dan membebani pertumbuhan ekonomi nasional [2]. Untuk sektor energi, konsumsi bahan bakar yang naik berlipat telah membuat produksi minyak fosil di Indonesia tidak sebanding dengan permintaan pasar sehingga Indonesia telah menjadi negara pengimpor minyak bumi.

Untuk mengatasi krisis lingkungan dan energi pada sektor transportasi, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup telah menetapkan standar emisi gas buang Euro-2 untuk kendaraan bermotor [3]. Dengan memperhatikan kondisi regional kawasan ASEAN, isu *fuel economy* dan penekanan emisi dari kendaraan bermotor maka

Kementerian Lingkungan Hidup Kehutanan telah meningkatkan level regulasinya dari Euro 2 menjadi Euro 4 melalui Permen KLHK No.20 Tahun 2017 [4]. Untuk mengatasi ketergantungan terhadap impor minyak bumi dan meningkatkan *energy security*, pemerintah Indonesia melalui Kementerian ESDM telah menetapkan mandatori pemakaian biodiesel dengan campuran B20 mulai Tahun 2016 dan akan meningkat menjadi B30 pada tahun 2020 [5]. Secara teori supaya kedua kebijakan tersebut dapat berjalan secara optimum maka sinkron. Harmonisasi kedua regulasi tersebut harus dilakukan [6]. Teknologi kendaraan Euro 4 yang ramah lingkungan dengan efisiensi energi yang tinggi mensyaratkan kualitas bahan bakar yang tinggi harus dipenuhi oleh spesifikasi B30. Pada Tahun 2014 sampai 2015, Kementerian ESDM bersama seluruh *stake holder* terkait biodiesel telah melakukan kajian pemakaian biodiesel B20 pada kendaraan diesel modern dimana hasilnya menunjukkan adanya sedikit penurunan emisi gas buang CO,HC dan partikulat walaupun daya turun dengan kisaran 2- 3% [7].

Pada Tahun 2017, BPPT, Pertamina dan Toyota telah melakukan kajian pemakaian B30 pada kendaraan penumpang untuk melihat pengaruh pemakaian B30 pada emisi gas buang, power dan konsumsi bahan bakar. Dalam kajian ini bahan bakar B30 disimulasikan dari berbagai variasi campuran bahan bakar fosil, FAME dan BHD. Kajian ini dilakukan untuk melihat pengaruh pemakaian B30 pada kendaraan dengan teknologi

Euro 4 yang diuji dengan menggunakan standard uji Euro 4. Potensi pemakaian bahan bakar yang sesuai dengan Permen KLHK baik untuk B0 nya dan karakteristik biodiesel yang tepat untuk menjadi B30 merupakan bagian dari kajian ini. Biodiesel harus diproduksi dengan spesifikasi industri yang ketat (ASTM D6751 / EN 14214) [8].

Dalam kajian ini berbagai campuran bahan bakar (biosolar) untuk mesin diesel akan dikaji dari parameter emisi dan konsumsi bahan bakarnya. Hal ini ditujukan untuk memberikan informasi terkait perbandingan nilai emisi dan pemakaian bahan bakar. Selain itu juga bermanfaat untuk memberikan rekomendasi terkait pemakaian bahan bakar yang sesuai dengan potensi sumber daya dan teknologi kendaraan yang berada di Indonesia

METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum kajian emisi dan *fuel economy* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Pengujian kendaraan pada *chassis dynamo-meter*.
 - b. Analisis kandungan gas buang kendaraan.
 - c. Perhitungan konsumsi bahan bakar dengan metode *carbon balance*.
 - d. Perhitungan konsumsi bahan bakar pada kendaraan.
- Metode dan langkah kegiatan yang dilakukan dalam kajian ini adalah:

1. Standar Pengujian

Standar pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

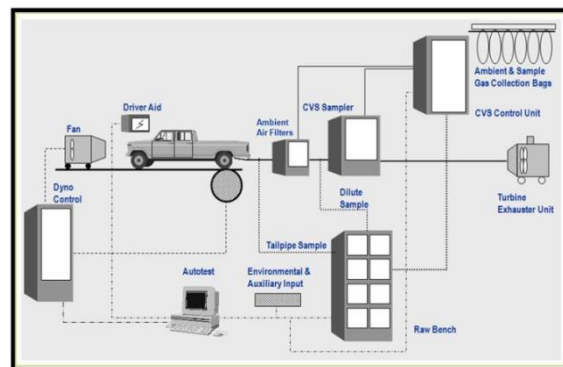
a) Skema dan Siklus kecepatan

Skema dan siklus Kecepatan Siklus kecepatan pada standar uji UN ECE terdiri atas dua siklus, yakni siklus perkotaan atau *urban* dengan tiga pengulangan dan siklus luar kota atau *extra urban* [9,10]. Pada Gambar 1 ditunjukkan skema pengujian yang sesuai regulasi tersebut untuk pengujian emisi kendaraan bermotor.

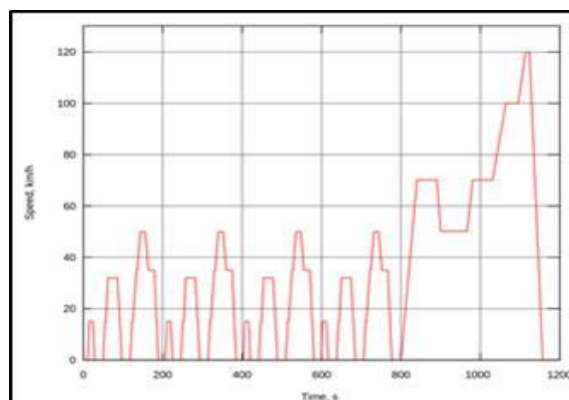
Tabel 1. Standar pengujian

No	Jenis Uji	Parameter	Metode
1	Emisi gas buang	CO, HC, NOx dan Partikulat	UN ECE- R83-05
2	Konsumsi Bahan Bakar	Konsumsi bahan bakar dalam km/l	UN ECE- R 101

Sedangkan siklus kecepatan kendaraan dalam pengujian ini yang bisa terbaca pada *driver aid* ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai grafik kecepatan terhadap waktu.



Gambar 1. Skema pengujian emisi kendaraan standar uji UN ECE



Gambar 2. 4 Siklus urban dan 1 extra urban pada standar uji UN ECE

b) Metode Perhitungan

Pengukuran emisi diperoleh dari data konsentrasi emisi yang ditangkap dari *sampling bag*, sebagai konsentrasi polutan emisi gas buang kendaraan dalam *part per million* (ppm) Sedangkan untuk perhitungan konsumsi bahan bakar dilakukan dengan metode *carbon balance* dari emisi gas buang kendaraan. Emisi gas buang yang dibutuhkan dalam perhitungan adalah:

- Karbon monoksida (CO)
- Total hidrokarbon (HC)
- Karbon dioksida (CO₂)

Adapun formula yang digunakan untuk proses perhitungan emisi adalah [9,10]:

$$M_i = \left(\frac{Vol_{mix} \times \rho_i \times C_i \times 10^{-6}}{D} \right)$$

dimana :

- M_i* : Jumlah emis (gr/km)
- Vol_{mix}* : Volume exhaust dilusi gas (liter)
- ρ_i* : Densitas dari polutan (gr/liter)
- C_i* : Konsentrasi dari polutan (ppm)
- D* : Jarak tempuh selama pengujian (km)

Semua parameter ukur tersebut bisa langsung terbaca pada PC atau panel pengujian (*autotest*) selama proses pengujian berlangsung.

Dari parameter karbon monoksida (CO), total hidrokarbon (HC) dan karbon dioksida (CO₂) selanjutnya dilakukan perhitungan konsumsi

bahan bakar yang dikeluarkan selama proses pengujian berlangsung [10,11]. Perhitungan konsumsi bahan bakar dihitung dalam satuan liter per 100 km. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk perhitungan konsumsi bahan bakar untuk kendaraan bermesin diesel.

$$FC = \frac{0,1155}{D} [0,866 HC + 0,429 CO + 0,273 CO_2]$$

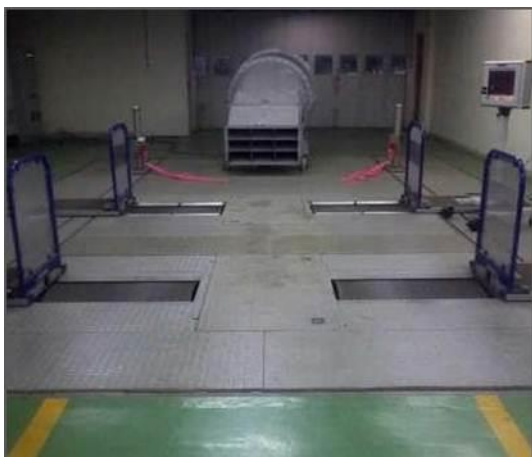
dimana *FC* adalah *fuel consumption* dalam liter per 100 km (diesel), dimana *HC* adalah emisi hidrokarbon (g/km), *CO* adalah emisi karbon monoksida (g/km), *CO₂* adalah emisi karbon dioksida (g/km) dan *D* adalah densitas bahan bakar uji (gram/cm³) [10].

2. Perangkat Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat peralatan yang meliputi *chassis dynamometer AVL, constant volume sampling AVL CVS i60* dan *gas analyser AVL AMA i60*.

Chassis dynamometer adalah sebuah peralatan berupa *roller* yang bisa berputar bebas sebagai tempat/landasan berputarnya roda-roda penggerak kendaraan bermotor ketika diuji. Alat ini dilengkapi dengan sensor beban dan sensor-sensor lainnya (temperatur, tekanan udara, kelembaban, putaran, yang terhubung ke komputer monitor dan kendali. *Roller* juga terhubung dengan sebuah rem/beban magnetik yang dapat dikontrol melalui komputer kendali, sehingga dapat mensimulasikan beban.

Karakteristik utama dari *chassis dynamometer* adalah harus mampu mensimulasi beban jalan sebagai fungsi kecepatan kendaraan, sehingga ketika kendaraan diuji berjalan di atas *chassis dynamometer* tersebut kondisinya mendekati nyata yaitu seperti berjalan di jalan raya [9,10].



Gambar 3. *Roller Dynamometer* yang dilengkapi dengan blower pendingin

Constant volume sampling AVL CVS i60 untuk memudahkan pengukuran massa emisi gas buang kendaraan dalam keadaan sebenarnya. Sistem yang digunakan adalah sistem *Constant Volume Sampler (CVS)*. Pada sistem ini dilakukan pengenceran gas

buang kendaraan secara terus menerus dengan jalan mencampur dengan udara bebas yang kondisinya terkontrol [9,10]. Untuk *CVS* diesel terdapat tambahan berupa sistem penukar kalor.

Gas analyzer AVL AMA i60, digunakan untuk menganalisa kandungan sampel gas buang yang telah terdilusi, dengan peralatan *CVS*. *Gas analyzer* terdiri dari sensor pengukur emisi yang mempunyai prinsip :

- i. Analisis karbon monoksida (*CO*) dan karbon dioksida (*CO₂*) harus dari jenis absorpsi *non-dispersive Infra Red (NIDR)*
- ii. Analisis hidrokarbon (*HC*) – kendaraan bensin harus dari jenis *Flame Ionization Detector (FID)*
- iii. Analisa hidrokarbon – kendaraan diesel harus dari jenis *Flame Ionization Detector (FID)* dan dengan pemanasan aliran 190 +10°C.

3. Kendaraan dan Bahan Bakar Uji

a. Kendaraan Uji

Pengujian emisi dan konsumsi bahan bakar ini dilakukan kendaraan penumpang car jenis SUV – diesel 2500 cc. Kendaraan yang dipergunakan pada pengujian ini memiliki teknologi Euro-4 dengan teknologi *Common rail, Turbocharger, EGR* dan *DOC*. Pada kajian ini Setting *ECU engine* masih diperuntukan untuk regulasi *Euro-2*

b. Bahan bakar uji

Base fuel yang digunakan pada kajian ini menggunakan solar produksi PT Pertamina dengan kandungan *cetane number* 48 dan *fuel Petrodiesel Euro-4* sebagai *base fuel* atau B0. Bahan bakar yang digunakan pertamina ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan bakar biosolar PT Pertamina

Kode	Biofuel	Keterangan
A.	<i>Fatty Acid Methyl Ester (FAME)</i>	Jenis <i>biofuel</i> yang saat ini umum digunakan di bahan bakar minyak solar terbuat dari esterifikasi <i>Crude Palm Oil</i> [12,13].
B.	<i>Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)</i>	<i>Biofuel</i> yang sedang dikembangkan oleh Pertamina. Terbuat dari <i>Hydrotreated RBDPO</i> .

Adapun *biofuel* yang digunakan sebagai campuran 30 % komposisinya adalah sebagai berikut:

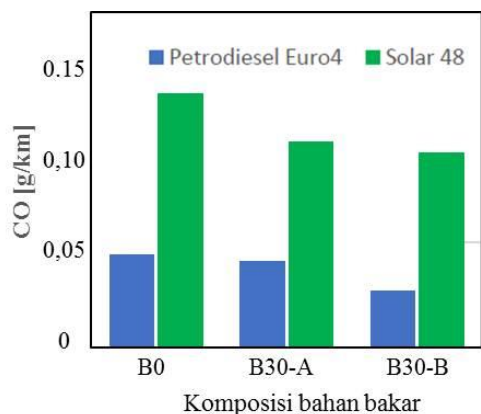
- B30 : Biodiesel 30%
- S0 : Solar 48 murni
- P0: : Petrodiesel Euro4 murni
- SF30 : Solar 48 + Fame 30%
- SH30 : Solar 48 + HVO 30%
- PF30 : Petrodiesel + Fame 30%
- PH30 : Petrodiesel + HVO 30%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian pengaruh berbagai variasi B30 terhadap emisi gas buang untuk kendaraan *Euro4* dengan menggunakan kendaraan *Euro4* dengan teknologi Common rail, Turbocharger, *EGR* dan *DOC* dilakukan di laboratorium BT2MP dengan ruang uji dikondisikan pada kisaran 23-25 degC [14]. Dalam hal ini walaupun design kendaraan untuk *Euro4* tetapi setting *ECU engine* adalah untuk regulasi *Euro2*.

Hasil pengujian emisi bahan bakar base fuel dan biodiesel B30 untuk emisi karbondioksida (CO) ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 3.



Gambar 4. Emisi CO untuk B0 dan B30

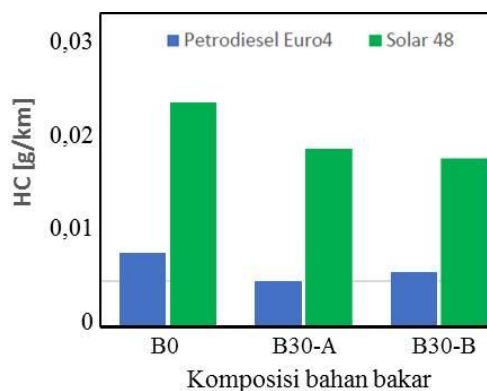
Tabel 3. Selisih nilai emisi CO untuk variasi biodiesel dengan *base fuel*-nya.

	P0 - PF30	P0 - PH30	S0 - SF30	S0 - SH30
CO	6.8	38.6	19	23.1

Ket : nilai selisih dalam % ; emisi : (+) turun , (-) naik

Dari Gambar 4 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa pemakaian *base fuel* dan campuran biodiesel 30% (B30) dapat menekan emisi dari karbon monoksida (CO) dengan kadar penurunan berbeda tergantung dari *base fuel* dan campuran biodiesel yang digunakan. *Base fuel petrodiesel* jelas secara signifikan lebih rendah emisi CO yang dihasilkan dibanding dengan solar 48, baik itu murni sebagai B0 maupun dicampur *FAME* atau *HVO* 30%. Campuran kedua jenis biodiesel 30% pada petrodiesel dan solar 48, mampu menurunkan kadar emisi yang dihasilkan, yaitu untuk *Petrodiesel-FAME* sebesar 6,8%, *Petrodiesel-HVO* 38,6% dari emisi *basefuel*-nya. Sedangkan *Solar48-FAME* menghasilkan penurunan 19,0% dan *Solar 48-HVO* terjadi penurunan 23,1% dari emisi *basefuel*-nya. Kandungan oksigen dalam *FAME* maupun angka *cetane* yang lebih tinggi untuk *HVO* merupakan hal yang dapat dipertimbangkan karena dapat mendorong pembakaran menjadi lebih sempurna [15].

Pada Gambar 5 dan Table 4 ditunjukkan hasil pengujian emisi hidrokarbon (HC) untuk B0 dan B30 dengan campuran *HVO* dan *FAME*.



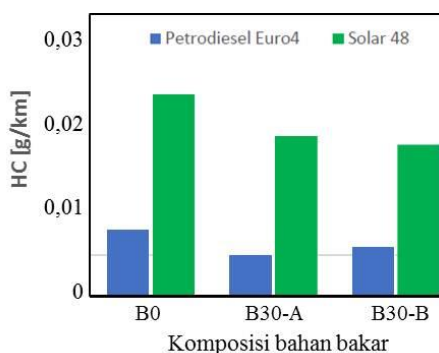
Gambar 5. Emisi HC untuk B0 dan B30

Tabel 4. Selisih nilai emisi HC untuk variasi biodiesel dengan *base fuel*-nya

	P0 - PF30	P0 - PH30	S0 - SF30	S0 - SH30
HC	37.5	25.0	20.8	25.0

Hasil pengujian emisi hidrokarbon (HC) menunjukkan trend yang identik dengan emisi karbon monoksida. *Base fuel petrodiesel* jelas secara signifikan menurunkan emisi HC yang dihasilkan dibanding dengan solar 48, baik itu murni sebagai B0 maupun dicampur *FAME* atau *HVO* 30%. Campuran 30% *Fame* dan *HVO* mampu menekan emisi HC pada kedua *basefuel* tersebut, yaitu untuk *Petrodiesel-FAME* sebesar 37,5%, *Petrodiesel-HVO* 25,0% dari emisi petrodiesel murni. Sedangkan *Solar48-FAME* menghasilkan penurunan 20,8% dan *Solar 48-HVO* terjadi penurunan 25,0% dari emisi solar 48 murni. Dapat dipertimbangkan bahwa peningkatan *cetane number* merupakan faktor dominan dalam menekan emisi HC dibandingkan parameter fisik bahan bakar lainnya.

Pada Gambar 6 dan Table 5 menunjukkan hasil pengujian emisi NOx dan selisihnya untuk untuk B0 dan B30 pada campuran *HVO* dan *FAME*.



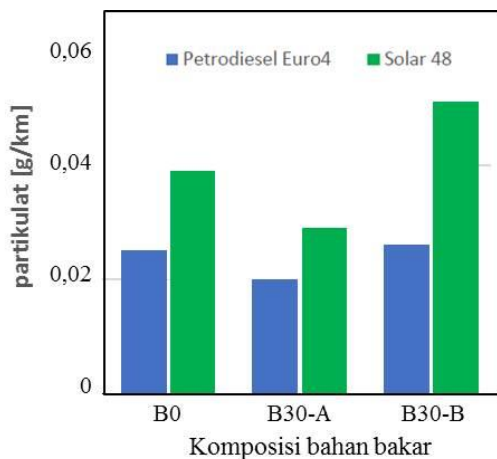
Gambar 6. Emisi Nox untuk B0 dan B30

Tabel 5. Selisih nilai emisi NOx untuk variasi biodiesel dengan *base fuel*-nya.

	P0 - PF30	P0 - PH30	S0 - SF30	S0 - SH30
NOx	-2.3	-1.8	-2.3	1.7

Pada Gambar 6 dan Table 5 tersebut, menunjukkan hasil pengujian emisi NOx untuk bahan bakar B0 dan B30. Emisi NOx yang

dihasilkan untuk pemakaian Petrodiesel murni atau dicampur 30% biodiesel lebih rendah sekitar 3,5% dibandingkan dengan pemakaian solar 48 murni ataupun dengan campuran biodiesel. Sedangkan penambahan 30% biodiesel FAME dan HVO pada kedua basefuel cenderung sedikit meningkatkan nilai NOx, walau tidak terlalu signifikan, yaitu untuk Petrodiesel– FAME naik 2,3%, Petrodiesel–HVO naik 1,8%. dari emisi petrodiesel murni. Sedangkan Solar48–FAME menghasilkan kenaikan 2,3% dan Solar 48–HVO terjadi penurunan 1,7% dari emisi solar 48 murni. Pada pengujian ini, emisi NOx yang dihasilkan diluar ambang batas emisi Euro4 yang ditetapkan oleh pemerintah Indonesia baik untuk bahan bakar B0 basefuel maupun B30 campuran biodiesel.



Gambar 7. Emisi partikulat untuk B0 dan B30

Tabel 6. Selisih nilai emisi partikulat untuk variasi biodiesel dengan base fuel-nya

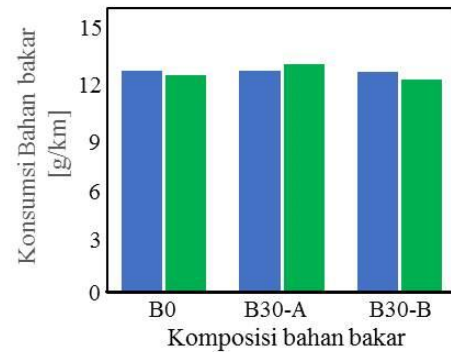
	P0 - PF30	P0 - PH30	S0 - SF30	S0 - SH30
Pertikulat	20	-4,0	25,6	-30,8

Ket : nilai selisih dalam % ; emisi : (+) turun , (-) naik

Selanjutnya Gambar 7 dan Table 6 menunjukkan hasil uji emisi partikulat untuk bahan bakar B0 dan B30. Sama seperti emisi yang lain, pemakaian petrodiesel mampu secara signifikan menekan angka emisi partikulat dibandingkan dengan solar 48 baik sebagai bahan bakar murni maupun campuran 30% dengan kedua biodiesel yang dipakai. Pembahasan selanjutnya, penambahan 30% biodiesel pada kedua base fuel menghasilkan hasil yang agak berbeda, yaitu penambahan FAME pada petrodiesel emisi partikulat turun 20%, sedangkan penambahan HVO pada petrodiesel emisi partikulat sedikit naik 4%, dibandingkan dengan petrodiesel murni. Sedangkan dari solar 48, penambahan FAME menurunkan 25,6% emisi partikulat, sedangkan dengan penambahan HVO, emisi partikulat naik 30,8% dibandingkan dengan emisi partikulat dari solar 48 murni. Dari hasil tersebut mengindikasikan bahwa bahwa potensi pengurangan emisi partikulat dapat dilakukan dengan menggunakan bahan bakar B30, dengan campuran biodiesel FAME, baik untuk base fuel petrodiesel maupun solar 48. Untuk campuran 30% HVO memiliki kecenderungan nilai emisi partikulat yang meningkat dibanding B0,

terutama untuk base fuel solar48. Hal ini menunjukkan base fuel untuk bahan bakar dengan sulphur yang cukup tinggi pada Solar 48 cenderung sulit untuk ditekan emisi partikulat dengan adanya campuran biodiesel HVO.

Hasil pengujian konsumsi bahan bakar (FE) dengan menggunakan metode uji UN ECE R 101, ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Konsumsi Bahan bakar untuk B0 dan B30

Dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa pemakaian bahan bakar berkualitas tinggi seperti petrodiesel masih sedikit irit dibandingkan dengan solar 48, tanpa campuran sekitar 2,5% dan dengan campuran B30 HVO irit sekitar 3,8%. Sebaliknya jika dicampur B30 FAME, solar 48 lebih hemat sekitar 3% dari petrodiesel. Hal ini terkait juga dengan nilai CO2 yang dihasilkan dari hasil pembakaran penggunaan bahan bakar solar 48 lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan bakar petrodiesel, walaupun bahan bakar petrodiesel mempunyai densitas yang lebih rendah.

Perbandingan hasil pengujian konsumsi bahan bakar untuk penambahan masing-masing biodiesel dari bahan bakar base-nya menunjukkan bahwa pemakaian base petrodiesel dengan penambahan 30% FAME sedikit menambah pemakaian bahan bakar 0,1% dan untuk penambahan 30% HVO pemakaian bahan bakar bertambah 0,5%. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan biodiesel 30% pada bahan bakar dengan kualitas tinggi tidak berpengaruh signifikan terkait konsumsi bahan bakar yang digunakan.

Sedangkan untuk base solar 48, dengan penambahan 30% FAME mampu menghemat pemakaian bahan bakar sampai 5,5% dibanding dengan solar 48 murni dan untuk penambahan 30% HVO pemakaian bahan bakar lebih boros sekitar 1,8%. Pemakaian base bahan bakar dengan kualitas rendah cukup berpengaruh dengan adanya penambahan biodiesel 30%.

Secara umum karakteristik FAME yang mempunyai nilai rapat massa yang lebih tinggi dari base fuel yang digunakan [16,17], mampu menurunkan pemakaian bahan bakar atau lebih hemat. Sebaliknya sifat fisik HVO yang mempunyai rapat massa yang lebih rendah dari basefuel-nya

mempunyai kecenderungan sedikit menambah pemakaian bahan bakar, walaupun mampu menurunkan kadar CO₂ dari proses pembakarannya.

KESIMPULAN

Dari Pengujian dengan 2 *base fuel* (*Petrodiesel*, dan Solar48) untuk 100% *base fuel* dan 30% campuran biodiesel (*FAME* dan *HVO*) pada kendaraan dengan teknologi *Euro4* untuk *setting ECU* nya pada *Euro2* dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Kualitas bahan bakar sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian emisi dan konsumsi bahan bakar, terlihat pemakaian petrodiesel euro4 mampu menurunkan semua emisi CO, HC, NOx, Partikulat serta memperbaiki konsumsi bahan bakar.
2. Penambahan 30% biodiesel *FAME* pada bahan bakar *petrodiesel* dan solar 48, mampu menurunkan emisi CO, HC dan Partikulat, serta memperbaiki konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat. Tetapi dengan penambahan tersebut, hasil emisi NOx sedikit mengalami peningkatan. Nilai cetane number, densitas yang lebih tinggi serta *sulfur content* yang rendah dari *FAME* cukup mempengaruhi hasil pengujian tersebut.
3. Penambahan 30% biodiesel *HVO* pada bahan bakar *petrodiesel* dan solar 48, mampu menurunkan emisi CO dan HC yang cukup signifikan, tetapi penambahan biodiesel tersebut mampu meningkatkan emisi Partikulat dan NOx, serta sedikit mengurangi pengiritan penggunaan bahan bakar. Selain mempunyai keunggulan pada nilai *cetane number* dan nilai kalor yang tinggi serta *sulfur content* yang sangat rendah, biodiesel ini mempunyai rapat massa yang agak rendah. Nilai densitas ini mempunyai pengaruh dalam peningkatan pemakaian bahan bakar.
4. Penambahan biodiesel *FAME* dan *HVO* terhadap pengujian emisi dan konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh karakteristik *base fuel*-nya (B0). Dalam hal ini *base fuel Petrodiesel* memiliki tren emisi CO,HC,NOx dan partikulat yang lebih rendah dibanding Solar 48

SARAN

1. Pengujian lanjutan terkait variasi prosentase penambahan biodiesel pada *basefuel* dengan kendaraan yang memenuhi ambang batas *Euro4* perlu dilakukan, untuk mengetahui campuran bahan bakar yang optimum.
2. Perlu dilakukan kajian lebih dalam terkait seberapa pengaruh karakteristik/spesifikasi bahan bakar dan kondisi lingkungan terhadap hasil uji emisi dan konsumsi bahan bakar yang dilakukan.
3. Pengujian dengan berbagai teknologi kendaraan *Euro4* perlu dilakukan untuk memastikan trend dari pemakaian biodiesel (*FAME* dan *HVO*) terhadap emisi dan konsumsi bahan bakar.
4. Perlu dilakukan kajian dan perhitungan yang lebih dalam terkait kemampuan *repeatability* dan keakurasian peralatan uji yang digunakan untuk mengetahui nilai kesalahan (sistematis/acak) dari peralatan tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra S. A. 2018. Motif Dibalik Penerapan Standar Emisi Euro Oleh Uni Eropa Terhadap Industri Sepeda Motor Jepang. *Jurnal Analisis HI*. Vol.7 (3) 1-11.
- [2] Peraturan pemerintah No. 41 Tahun 1999: Pengendalian pencemaran udara
- [3] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 04 Tahun 2009: Ambang batas emisi gas buang tipe baru.
- [4] Setiaprja H., Yubaidah S. Rochmanto B., Fajar R. 2015. Kesiapan Indonesia menuju Harmonisasi Regulasi Emisi Kendaraan R83-05 Diantara NegaraAsean. *Jurnal Standardisasi, Majalah Ilmiah Standardisasi*. Vol 17 (2) 137-146.
- [5] Multiningrum dan Firdaus A. 2015. Perkembangan Biodiesel Di Indonesia Tinjauan Atas Kondisi Saat Ini, Teknologi Produksi Dan Abalsa Prospektif., *Jurnal PASTI*, Vol. IX (1) 35-45.
- [6] Biatna D.T, Ary Budi M, Utari A. 2013. Ketersediaan SNI dan lembaga penilaian kesesuaian serta kesiapan industri sektor otomotif menghadapi regulasi UN ECE. *Jurnal Standardisasi*. Vol. 16 (3) 235-246.
- [7] Yubaidah S, Setiaprja H, Rochmanto B. 2017. Studi *Fuel Economy* Penggunaan Bahan Bakar Biosolar dan Solar #51 pada Kendaraan Penumpang”, Prosiding SNTTM XVI, hal. 182-186.
- [8] Komariah LN. 2018. Biodiesel effects on fuel filter; assessment of clogging characteristics. *Journal of Physics : Conference Series*. 1095 012017
- [9] UN ECE R83-04. 2000. Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements
- [10] Standar uji UN ECE R101
- [11] Taubert S. dan Majerczyk A. 2013. Some Aspects of Validation of The Fuel Consumption Measurement Method. *Journal of KONES Powertrain and Transport*. Vol. 20 (4) 457-464.
- [12] Islam M. A. Ayoko G. A., Brown R., Stuart D., Heimann K. 2013. Influence of fatty acid structure on fuel properties of algae derived biodiesel. *Procedia Engineering* 56. 591–596.
- [13] Kono N., Yamamori, K., Furukawa, T., and Noorman, M. 2012, FAME Blended Diesel Fuel Impacts on Engine/Vehicle Systems. *SAE Int. J. Fuels Lubr*. Vol. 5 (1) 163-179.
- [14] SNI-19-17025 (2000) *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Penguji dan Kalibrasi*.
- [15] Mariyamah. 2016. Analisa Emisi Gas Buang Dari Penggunaan Bahan Bakar Campuran Biodiesel Jarak Pagar Dan Solar Pada Boiler. *Jurnal Bioilmi*. Vol. 2 (1) 30-39.
- [16] Syarifudin, Cahyo H. N., Supriyadi A. 2020. Korelasi Propertis Biodiesel Terhadap Emisi

- Gas Buang dan Performa Mesin Diesel. *Jurnal Infotekmesin*. Vol.11 (01) 9-13.
- [17] Saxena Parag, Jawale Sayali, JoshipuraMilind. A review on prediction of properties of biodiesel and blends of biodiesel. *Procedia Engineering* 51. 395–402
- [18] Nguyen P. X, Vu Nam Hai. 2019. Corrosion of The Metal Parts of Diesel Engines In Biodiesel - Based Fuels. *Int. Journal of Renewable Energy Development(IJRED)*. 8 (2), 119-132