

Studi Emisi Gas Buang 4 Stroke SI Engine Dengan *Multi Fuel Reformer* Berbahan Bakar Blended Gasoline-Ethanol

George E Kusuma^{1*}, Mardi Santoso¹, Sryang T Sarena², Anda Iviana¹, Ekky Budiyanto¹, Emie Santoso¹

¹Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

²Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

kusuma.george@ppns.ac.id

Abstract— The limitations of energy sources and the threat of global warming to the environment are two substantial aspects that encourage the use of biofuel based fuels, especially alcohol. The availability of raw materials to produce alcohol is very abundant and is quickly produced using locally simple technology. These factors provide opportunities for engine development with multi-fuel based alcohol in particular. Some Ether / Alcohol fuels are commonly used as low additives for gasoline fuels to increase Octane numbers as well as oxygen fractions. Alcohol combustion process that occurs cleaner and carbon monoxide (CO) production is lower than gasoline. In general, alcohol can be used as pure fuel in Spark Ignition (SI) engines but requires some modification of additional tools on the engine. This research resulted in additional tools in the form of Multi-Fuel Reformer (MFR) 4-stroke stroke Engine so that the engine can adapt and be compatible with Blended fuel Gasoline-Ethanol. The addition of the MFR to the SI Engine reduces carbon monoxide (CO) emissions significantly compared to without a single-fuel MFR of gasoline up to 18.85%. The addition of MFR with the use of 10-30% blended fuel to the engine can reduce CO emissions by an average of 65.63% compared to engines with 10-30% blended fuel ethanol without using MFR.

Keywords—Multi Fuel Reformer, Blended Fuel, SI Engine, ethanol

Abstrak— Keterbatasan sumber energi dan ancaman global warming pada lingkungan menjadi dua aspek kuat yang mendorong penggunaan bakar berbasis nabati khususnya golongan alcohol. Ketersediaan bahan baku untuk memproduksi alcohol sangat melimpah dan secara teknologi mudah diproduksi dengan teknologi proses yang sederhana secara lokal. Faktor-faktor tersebut memberikan peluang pengembangan engine dengan multi bahan bakar berbasis nabati alcohol pada khususnya. Beberapa bahan bakar alat Ether/Alcohol biasa digunakan sebagai tambahan (additives) dalam jumlah rendah untuk bahan bakar bensin untuk menambah angka Octane sekaligus fraksi oksigen. Proses pembakaran alcohol yang terjadi lebih bersih dan produksi carbon monoxide (CO) lebih rendah dibanding bensin. Secara umum alcohol dapat digunakan sebagai bahan bakar murni pada Spark Ignition (SI) Engine namun membutuhkan beberapa modifikasi alat tambahan pada engine. Penelitian ini menghasilkan alat tambahan berupa Multi Fuel Reformer (MFR) 4-strokes SI Engine sehingga mesin mampu beradaptasi dan compatible dengan blended fuel Gasoline – Ethanol. Penambahan MFR pada SI Engine mereduksi emisi carbon monoksida (CO) signifikan dibandingkan tanpa MFR

berbahan bakar tunggal bensin hingga 18,85%. Penambahan MFR dengan penggunaan blended fuel 10-30% pada engine mampu menurunkan emisi CO rata-rata sebesar 65,63 % dibandingkan dengan mesin dengan blended fuel ethanol 10-30% tanpa menggunakan MFR.

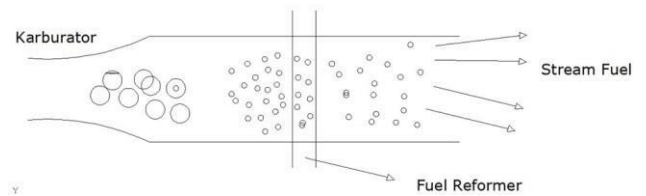
Kata kunci—Multi Fuel Reformer, Bahan Bakar Campur, Mesin SI, ethanol

I. PENDAHULUAN

Tren terkini banyak negara dan kota di dunia mulai meninggalkan mesin diesel dikarenakan makin tingginya kesadaran akan potensi bahaya emisi gas buang yang tinggi pada tipe mesin diesel. Di tengah ketergantungan dunia akan bahan bakar konvensional antara lain bensin (*gasoline*) dan solar (*High Speed Diesel-HSD*) mencapai lebih dari ½ konsumsi energi dunia [1][2][3]. Indonesia sebagai salah satu negara di dunia juga memiliki rencana jangka panjang untuk tetap memakai mesin berbahan bakar solar namun diikuti peningkatan kualitas dari bahan bakar. Indikasinya bisa dilihat dari road map rencana pemerintah, yang mulai mencanangkan penggunaan bahan bakar solar dengan campuran minyak sawit 30 persen (B30) pada 2020. Proyeksinya bahan bakar B30 akan lebih sesuai kadar emisinya dengan standar emisi EURO 4, yang sudah mulai diberlakukan untuk kendaraan roda empat berbahan bakar bensin. Mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 41 Tahun 2018, saat ini masih berlaku bahan bakar campuran solar (cetane number 48) dengan biodiesel 20 persen atau biasa disebut B20. Rencananya, mulai 2019 dilakukan uji jalan untuk B30 sampai diimplementasikan pada 2020. Peta rencana jangka panjang, diharapkan Indonesia bisa menyentuh penggunaan biodiesel B100 yang kemudian disebut green fuel. Bahan bakar dengan 100 persen menggunakan bahan nabati tak lagi dicampur dengan bahan bakar fosil. Penambahan bahan bakar berbasis nabati khususnya berbasis *alcohol* secara umum memberikan efek, proses pembakaran makin sempurna sehingga mesin akan menjadi lebih bersih sehingga akan mengurangi biaya perawatan *engine* [4][5]. Bahan bakar blended fuel – Methanol secara keseluruhan akan meningkatkan Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) disebabkan rendahnya nilai kalori bahan bakar dan tidak menambah tenaga mesin tapi menjadikan akselerasi mesin lebih ringan dan cepat [6]. Desain *engine* SI memberikan kesempatan



luas penelitian untuk membuka peluang penggunaan alternatif bahan bakar berbasis nabati sebagai additive bahan bakar fosil. Sosialisasi penggunaan berbagai alternatif bahan bakar nabati *alcohol* pada mesin SI membutuhkan system modifikasi fuel system yang *adaptable* dan *compatible* sehingga memudahkan pengguna mesin berbasis *spark ignition engine*. Prototipe *multi engine fuel reformer* yang didesain mampu menerima penggunaan bahan bakar alternatif berbasis nabati dengan berbagai variasi prosentase *alcohol* sangat dibutuhkan untuk memberikan peluang ketertarikan pada konsumen pengguna *engine* untuk menggunakan bahan bakar terbarukan. Pada akhir penelitian diharapkan didapatkan desain *multi fuel reformer* yang dipasang pada *engine* sehingga *engine* bisa menggunakan berbagai jenis bahan bakar berbasis *alcohol*.



Gambar 2 Aliran Blended Fuel melalui Multi Fuel Reformer

II. MATERIAL DAN METODE

A. Metode Eksperimen

Fokus penelitian pada mesin silinder tunggal dan tipe spark ignition (SI) engine yang menggunakan system bahan bakar konvensional yaitu carburetor. Pemilihan tipe mesin dengan carburetor ini karena engine ini lebih mirip sistemnya dengan engine yang digunakan pada mesin SI yang digunakan pada kapal dan jumlah engine ini masih banyak digunakan karena kemudahan pengoperasiannya. Peta penelitian lebih diarahkan untuk menunjang perkembangan teknologi mesin penggerak kapal kecil berbahan bakar bensin dengan variable bahan bakar tambahan. Spesifikasi Engine yang digunakan adalah sebagai berikut :

TABEL 1 SPESIFIKASI SI ENGINE

| No | Motor Honda Spesifikasi | |
|----|-------------------------|---------|
| 1 | Compression Ratio | 9 : 1 |
| 2 | Volume | 98 CC |
| 3 | Stroke | 49.5 mm |
| 4 | Diameter Cylinder | 50 mm |



Gambar 3 Motor SI dengan MFR

B. Parameter penelitian

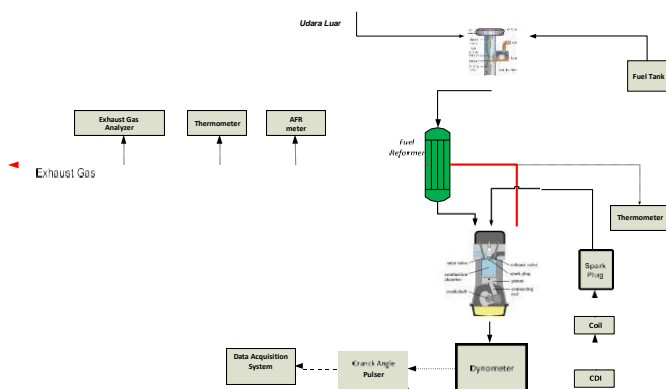
Penelitian ini mengukur data emisi gas buang yang bisa dihasilkan oleh sistem pembakaran sehingga dapat didapatkan pengaruh pemasangan *Multi Fuel Reformer* (MFR) pada bahan bakar tunggal gasoline dan campuran bahan bakar gasoline (*Blended Fuel Gasoline-Ethanol*) dengan variasi 10%, 20% dan 30% Ethanol. Bahan bakar bensin memiliki karakteristik beroktan rendah 90 dengan nilai *Low Heating Value* (LHV) rata-rata sebesar 44 MJ/kg dan *latent heat* 298 kJ/kg sebesar digunakan sebagai bahan bakar utama menyesuaikan desain engine SI yang memiliki *compression ratio* rendah. Bahan bakar tambahan digunakan ethanol dengan kemurnian 98% (2% air) dan memiliki nilai rata-rata LHV 26,7 MJ/kg dan *latent heat* 856 kJ/kg dengan nilai bilangan oktan 117. *Gas analyzer* digunakan mendeteksi kualitas dari gas buang dengan parameter CO, CO₂, Hydrocarbon (HC), O₂ dan pengaruhnya pada AFR yang mampu menunjukkan kualitas proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar engine. Penelitian akan bisa menemukan pengaruh campuran ethanol terhadap kualitas emisi gas buang mesin SI dengan dan tanpa MFR.

III. HASIL DAN DISKUSI

Eksperimen menghasilkan data emisi gas buang dengan adanya pengaruh penambahan Ethanol pada bahan bakar utama Gasoline. Eksperimen juga akan menghasilkan pengaruh pemasangan MFR pada engine dan pengaruhnya terhadap emisi gas buang yang ditunjukkan oleh parameter C, CO, CO₂, Hydrocarbon (HC) dan O₂.

A. Pengujian Engine tanpa menggunakan MFR

Mesin SI dioperasikan tanpa menggunakan MFR dan exhaust gas analyzer akan mendeteksi emisi gas buang dengan hasil pengujian tabel 2 dan gambar 4. Data menunjukkan pada penambahan ethanol (C₂H₅OH) pada bahan bakar pada mesin SI mampu secara signifikan menurunkan kadar gas Carbon Monoksida mencapai nilai ekstrim 83,15 % pada saat penambahan 30% ethanol dibandingkan hanya bahan bakar



Gambar 1 Sistem bahan bakar modifikasi dengan penambahan MFR

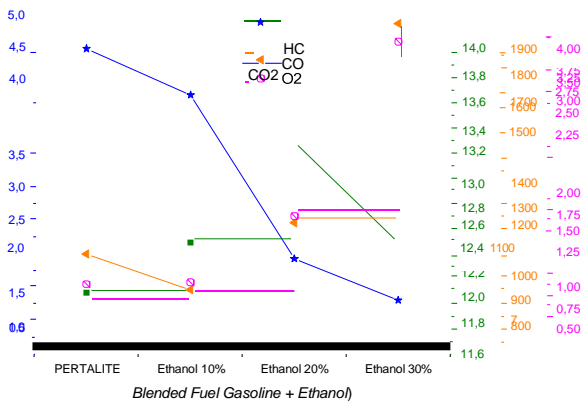


pertalite tanpa ethanol. Penurunan ini menunjukkan reaksi pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan gas berbahaya CO dapat direduksi dengan penambahan ethanol. Parameter reaksi pembakaran juga ditunjukkan gas emisi CO₂ yang memiliki trend naik 3,39%. Perbaikan reaksi pembakaran ditunjukkan oleh kenaikan produk reaksi pembakaran sempurna yaitu CO₂ pada gas buang. Perbaikan reaksi pembakaran ini disebabkan penambahan atom oksigen dari ethanol sehingga AFR pembakarannya mendekati nilai AFR pembakaran bensin stokiometri 14,7. Penambahan atom oksigen pada reaksi pembakaran dari ethanol juga ditunjukkan kenaikan oksigen 3x lipat pada blended fuel 30% ethanol dibandingkan bahan bakar tunggal pertalite. Penambahan ethanol 10-30% pada campuran bahan bakar gasoline rata-rata akan mampu menurunkan

55,95% namun juga memberikan efek kenaikan HC sebesar 41,41% yang berasal dari sisa ethanol dan galine yang belum terbakar.

TABEL 2 EMISI GAS MESIN SI TANPA MFR

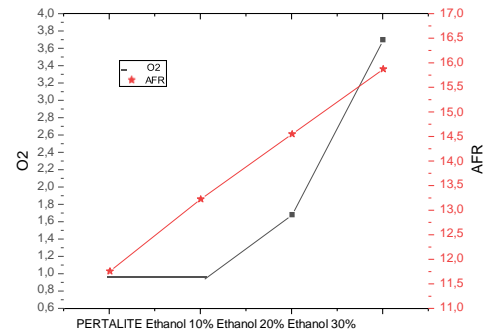
| No | GAS EMISSION | PERTALITE | PERTALITE + ETHANOL | | |
|----|---------------------|-----------|---------------------|--------|--------|
| | | | 10% | 20% | 30% |
| 1 | CO (%) | 4.51 | 3.82 | 1.38 | 0.76 |
| 2 | CO ₂ (%) | 11.8 | 12.20 | 13.00 | 12.20 |
| 3 | HC (ppm) | 953.0 | 811.0 | 1078.0 | 1870.0 |
| 4 | O ₂ (%) | 0.89 | 0.91 | 1.68 | 3.70 |
| 5 | Lambda | 0.8 | 0.90 | 0.99 | 1.08 |
| 6 | AFR | 11.76 | 13.23 | 14.553 | 15.876 |



Gambar 4 Parameter emisi gas buang bahan bakar blended Gasoline Ethanol tanpa MFR

B. Pengujian menggunakan MFR

Penambahan MFR meningkatkan persiapan pembakaran campuran bahan bakar dan udara sebelum masuk ke dalam ruang bakar dengan kontak langsung dengan fuel reformer. Temperatur fuel reformer yang memiliki suhu 200 °C hasil memanfaatkan panas gas buang. Proses di MFR memperbaiki *spray pattern* (pengabutan) dan sekaligus meningkatkan suhu campuran bahan bakar. Kondisi temperatur campuran bahan bakar yang tinggi akan memperbaiki kecepatan pembakaran. Peningkatan kadar ethanol akan mempengaruhi sifat kimia campuran bahan bakar.



Gambar 5 Hubungan AFR dengan O2 pada blended Gasoline Ethanol tanpa MFR

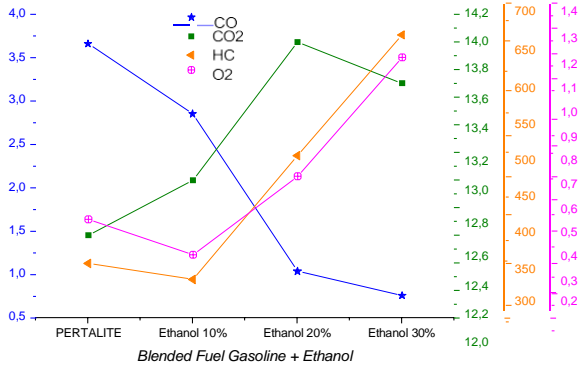
Ethanol memiliki panas laten tinggi menyebabkan penurunan suhu *intake manifold*. Penurunan temperatur akan memberikan pengaruh peningkatan density/kepadatan udara pembakaran yang masuk. Efek lain penurunan temperatur udara mencapai hanya 18-20 °C di intake manifold juga akan mengurangi efisiensi pembakaran karena efek proses pengabutan ethanol. Desain mesin dengan compression ratio yang rendah hanya sesuai digunakan pada bahan bakar dengan oktan rendah 88-90. Penambahan ethanol dengan nilai oktan tinggi 117 dan AFR 9 akan menurunkan proses pengabutan akan memperpanjang proses pembakaran bahan bakar di ruang bakar. Proses pelepasan panas 50% pembakaran pada sudut poros engkol sekitar 17 derajat setelah Titik Mati Atas (TMA) akan membutuhkan waktu lebih lama dibanding bahan bakar tunggal pertalite. Penggunaan MFR mampu mengembalikan kecepatan pembakaran sekaligus menambah kecepatan dan pelepasan panas pembakaran. Proses perbaikan proses pembakaran dapat dilihat dari data AFR yang mendekati proses stokiometri. Pengujian emisi gas buang pada mesin menggunakan MFR ditunjukkan oleh tabel 3:

TABEL 3 PENGUJIAN MESIN DENGAN MFR

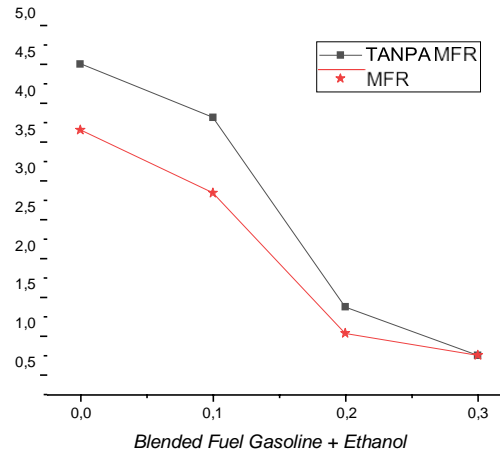
| No | GAS EMISSION | PERTALITE | PERTALITE + ETHANOL | | |
|----|---------------------|-----------|---------------------|--------|--------|
| | | | 10% | 20% | 30% |
| 1 | CO (%) | 3.66 | 2.85 | 1.04 | 0.76 |
| 2 | CO ₂ (%) | 12.60 | 13.0 | 14.0 | 13.70 |
| 3 | HC (ppm) | 372.0 | 351.0 | 514.0 | 673 |
| 4 | O ₂ (%) | 0.59 | 0.45 | 0.76 | 1.23 |
| 5 | Lambda | 0.85 | 0.93 | 1.01 | 1.01 |
| 6 | AFR | 12.495 | 13.671 | 14.847 | 14.847 |

Penambahan MFR mampu mereduksi emisi carbon monoksida (CO) signifikan dibandingkan tanpa MFR pada mesin SI berbahan bakar tunggal bensin sebesar 18,85%. Namun pada penggunaan blended fuel 10-30%, penambahan MFR pada engine mampu menurunkan emisi CO rata-rata sebesar 65,63 dibandingkan dengan mesin dengan blended fuel ethanol 10-30% tanpa menggunakan MFR.

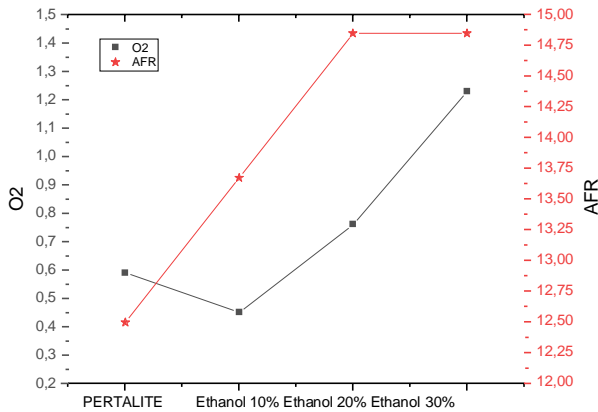




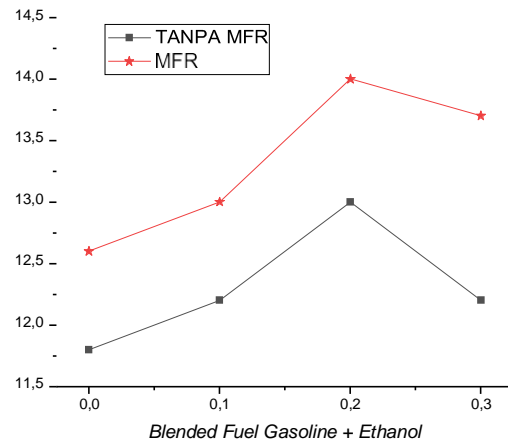
Gambar 6 Parameter emisi gas buang bahan bakar blended Gasoline Ethanol dengan MFER



Gambar 8 Pengaruh MFR pada emisi gas CO



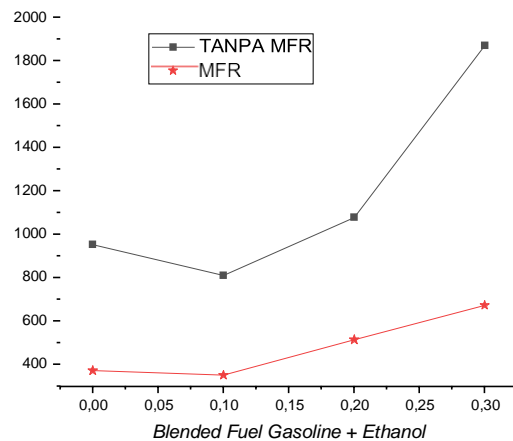
Gambar 7 Hubungan AFR dengan O2 pada blended Gasoline Ethanol dengan MFER



Gambar 9 Pengaruh MFR pada emisi gas CO₂

C. Analisis Pengaruh MFR terhadap emisi gas buang

Penggunaan MFR secara keseluruhan mampu menurunkan emisi gas buang terutama pada penggunaan bahan bakar tunggal. Perbaikan emisi CO ini dipengaruhi kualitas pembakaran yang lebih baik di ruang bakar ditunjukkan oleh AFR pembakaran yang mendekati AFR stokiometri bensin. Pada pembakaran blended fuel gasoline 10-30% ethanol, penggunaan MFR secara keseluruhan mampu menurunkan emisi CO dibandingkan tanpa menggunakan MFR. Perbaikan proses pembakaran ditunjukkan juga oleh kenaikan CO₂ yang merupakan produk pembakaran sempurna pada penggunaan bahan bakar tunggal dan blended fuel gasoline-10-30% ethanol. MFR juga akan meningkatkan kualitas pembakaran secara signifikan keseluruhan ditunjukkan oleh gambar 10, dimana di setiap pembakaran MFR mampu menurunkan emisi HC di penggunaan bahan bakar tunggal maupun pada blended fuel ethanol.



Gambar 10 Pengaruh MFR pada emisi gas HydroCarbon (HC)



IV. KESIMPULAN

Penggunaan Blended Fuel Gasoline – Ethanol pada SI engine yang dilengkapi MFR dapat menurunkan emisi gas buang secara signifikan, terutama pada gas CO sebesar 65% dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar biasa tanpa MFR. Penurunan emisi gas ini disebabkan oleh perbaikan kualitas pembakaran yang ditandakan oleh kenaikan nilai AFR pembakaran mendekati nilai AFR stokiometri pembakaran gasoline 14,7. Penerapan blended fuel gasoline – ethanol dengan penambahan MFR pada masa depan dapat menjadi solusi kelangkaan sumber energi dan solusi sumber energi penggerak kapal di daerah terpencil yang sulit mendapat distribusi bahan bakar. Pengembangan bahan bakar blended fuel berbasis ethanol akan menjadi solusi jangka panjang untuk Indonesia sebagai negara agraris untuk mengatasi keterbatasan sumber energy fossil.

REFERENCES

- [1] M. M. Noor, A. P. Wandel, and T. Yusaf, "MILD combustion: The future for lean and clean combustion technology," *Int. Rev. Mech. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 251–257, Jan. 2014.
- [2] M. M. Noor, A. P. Wandel, and T. F. Yusaf, "A review of mild combustion and open furnace design consideration," *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 6, pp. 2229–8649, Jul. 2012.
- [3] M. Balat and H. Balat, "Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel," *Appl. Energy*, vol. 86, no. 11, pp. 2273–2282, Nov. 2009.
- [4] I. M. Yusri *et al.*, "Alcohol based automotive fuels from first four alcohol family in compression and spark ignition engine: a review on engine performance and exhaust emissions.," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 77, pp. 169–181, 2017.
- [5] R. Mamat *et al.*, "Alcohol and ether as alternative fuels in spark ignition engine: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, no. January, pp. 2586–2605, 2017.
- [6] M. Eyidogan, A. N. Ozsezen, M. Canakci, and A. Turkcan, "Impact of alcohol–gasoline fuel blends on the performance and combustion characteristics of an SI engine," *Fuel*, vol. 89, no. 10, pp. 2713–2720, Oct. 2010.



Halaman ini sengaja dikosongkan

