

PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR PERTALITE-BIOETANOL BIJI SORGHUM PADA MESIN BENSIN

EFFECT OF SORGHUM SEEDS PERTALITE-BIOETHANOL BLEND FUEL IN GASOLINE ENGINE

**Abdi H. Sebayang, H. Ibrahim, S. Dharma, A.S. Silitonga, dan B. Ginting*
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

N. Damanik
PT PLN (Persero) PUSLITBANG

Submitted: 04-11-2018; Revised: 22-07-2019; Accepted: 22-07-2019

ABSTRACT

The depletion of fossil fuels, rising of earth temperatures and declining air quality is an unavoidable phenomenon today. This condition is a result of increased and excessive use of fossil fuels. Bioethanol fuel is one solution to reduce this problem that is sourced from renewable raw materials. Sorghum seeds are raw materials that have the potential to be made bioethanol due to a high carbohydrate content (70%). The test has performed the use of pertalite-bioethanol blends fuels was on a four-stroke gasoline engine without modification. The percentage of the mixture volume of fuel used is 10% bioethanol-90% pertalite (E10), 15% bioethanol-85% pertalite (E15) and 20% bioethanol-80% pertalite (E20). Engine speeds vary from 1000 to 4000 rpm, and properties of the sorghum seeds bioethanol-pertalite blends are measured and analyzed. The purpose of this study is to investigate engine performance and exhaust emissions at the gasoline engine by using the sorghum seeds bioethanol-pertalite blends with different mixed ratios (E10, E15, and E20). Engine performance includes engine torque, brake specific fuel consumption (BSFC) and thermal brake efficiency (BTE) was analyzed. Besides, carbon monoxide (CO), hydrocarbon (HC), and nitrogen oxide (NOx) emissions are measured as gasoline engine exhaust emissions. The results show that BSFC decreased while BTE increased for a fuel blends containing 20% bioethanol at 3500 rpm engine speed, with each maximum value of 246.93 g/kWh and 36.28%. It is also found that CO and HC emissions are lower for the sorghum seeds bioethanol-pertalite blends. Based on the research results, it can be concluded that the sorghum seeds bioethanol-pertalite blends can improve engine performance and reduce exhaust gas emissions.

Keywords: *Alternative Fuel; Bioethanol; Exhaust Gas Emission; Performance Engine; Pertalite.*

ABSTRAK

Menipisnya bahan bakar fosil, meningkatnya suhu bumi dan memburuknya kualitas udara merupakan fenomena yang tak terelakan pada saat sekarang ini. Kondisi ini merupakan akibat dari pemakaian bahan bakar fosil yang meningkat dan berlebihan. Bioetanol, bahan bakar yang bersumber dari bahan baku terbarukan, merupakan salah satu solusi untuk mengurangi masalah ini. Biji Sorghum

*Corresponding author: abdisebayang@yahoo.co.id

Copyright © 2020 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

adalah bahan baku yang berpotensi untuk dijadikan bioetanol karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi (70%). Pengujian bahan bakar campuran pertalite-bioetanol dilakukan pada mesin bensin empat langkah tanpa modifikasi. Persentase volume campuran bahan bakar yang digunakan adalah 10% bioetanol-90% pertalite (E10), 15% bioetanol-85% pertalite (E15) dan 20% bioetanol-80% pertalite (E20). Putaran mesin bervariasi dari 1000 hingga 4000 rpm, dan sifat-sifat dari campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum diukur dan dianalisis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki kinerja mesin dan emisi gas buang mesin bensin dengan menggunakan bahan bakar campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum (E10, E15 dan E20). Kinerja mesin berupa torsi mesin, konsumsi bahan bakar spesifik rem (BSFC) dan efisiensi termal rem (BTE) dianalisis. Selain itu, emisi karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan nitrogen oksida (NOx) diukur sebagai emisi gas buang mesin bensin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BSFC menurun sementara BTE meningkat pada campuran bahan bakar yang mengandung 20% bioetanol (E20) pada putaran mesin 3500 rpm, dengan masing-masing nilai maksimum 246,93 g/kWh dan 36,28%. Juga ditemukan bahwa emisi CO dan HC lebih rendah untuk campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa bahan bakar campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum dapat meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi emisi gas buang.

Kata Kunci: *Bahan Bakar Alternatif; Bioetanol; Emisi Gas Buang; Kinerja Mesin; Pertalite.*

PENGANTAR

Menurunnya kualitas udara, menipisnya cadangan minyak bumi, dan dampak pemanasan global merupakan akibat penggunaan bahan bakar fosil yang semakin meningkat maka diperlukan suatu energi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang ramah terhadap lingkungan. Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang paling menguntungkan untuk dicampur dengan bensin dan digunakan pada mesin pembakaran dalam (Sebayang *dkk.*, 2017b). Dalam hal penggunaan, penyimpanan dan pengangkutan bahan bakar bioetanol mirip dengan bahan bakar bensin (Çay *dkk.*, 2013). Selain itu, bioetanol dapat diproduksi

dari bahan baku nonpangan yaitu biji Sorghum yang merupakan *biofuel* generasi kedua (Aditiya *dkk.*, 2016).

Ada beberapa kelebihan Sorghum dibanding dengan tanaman pangan lainnya seperti memiliki produksi biji dan biomasa yang tinggi, memiliki sifat tahan terhadap kekeringan dan kebutuhan air lebih sedikit (Marx *dkk.*, 2014; Mehboob *dkk.*, 2015; Zhang *dkk.*, 2010). Sementara itu, kandungan pati yang dimiliki biji Sorghum juga cukup tinggi berkisar 73% sehingga dapat dihidrolisis menjadi gula sederhana (Sebayang *dkk.*, 2017a). Di sisi lain, sebagai sumber energi terbarukan yang diperoleh dari biomassa, bioetanol merupakan bahan bakar alternatif untuk bensin tanpa timbal sebagai bahan bakar otomotif, dan dapat digunakan tanpa modifikasi mesin (Sebayang *dkk.*, 2016). Implementasi bioetanol di mesin penyalan dengan menggunakan busi telah diteliti dan dinilai dengan parameter kinerja mesin seperti, efisiensi termal rem (*brake thermal efficiency*, BTE), konsumsi bahan bakar spesifik rem (*brake specific fuel consumption*, BSFC), daya rem (*brake power*, BP) dan juga emisi gas buang.

Banyak tulisan telah dilakukan untuk mengurangi emisi dan memperbaiki kinerja mesin. Sebagai pengganti bahan bakar bensin, campuran bioetanol-bensin dapat memperbaiki kinerja mesin dan mengurangi emisi gas buang. Najafi *dkk.* (2009) menyelidiki kinerja mesin penyalan dengan menggunakan busi empat langkah dengan bahan bakar campuran bensin-etanol dan mereka mengamati bahwa E20 meningkatkan efisiensi pembakaran 35%. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan dibanding penggunaan bahan bakar bensin. Demikian pula (Koç *dkk.*, 2009) menggunakan rasio etanol yang lebih tinggi pada campuran (E50 dan E85) pada mesin penyalan dengan menggunakan busi satu silinder. Mereka menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar spesifik rem (BSFC) meningkat masing-masing 20,3% dan 45,6% untuk E50 dan E85.

Selain itu, emisi gas buang dianalisis oleh Ghazikhani *dkk.* (2013), mesin penyalan dengan menggunakan busi dua langkah menggunakan bahan bakar campuran bensin-etanol. Mereka

menyimpulkan bahwa pengurangan emisi karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NOx) sebesar 32% dan 38% dengan menggunakan campuran bahan bakar bensin-etanol pada konsentrasi 15%. Sementara itu, Schifter *dkk.* (2011) mengamati bahwa 20% campuran etanol dalam mesin silinder tunggal menyebabkan emisi CO dan hidrokarbon (HC) berkurang masing-masing 52% dan 19%.

Dari uraian di atas, penggunaan campuran bahan bakar bensin-etanol mendapatkan hasil yang baik. Untuk itu, diperlukan suatu bahan bakar alternatif terbaru yaitu bioetanol yang kemudian dicampurkan dengan pertalite sehingga dapat mengurangi emisi gas buang pada mesin penyalan dengan menggunakan busi empat langkah dua silinder. Penelitian ini menggunakan biji Sorghum sebagai bahan baku untuk produksi bioetanol karena shorgum merupakan salah satu bahan baku yang tidak dapat dimakan (non-pangan). Penggunaan bahan baku nonpangan sebagai bahan dasar produksi bioetanol sangat penting karena tidak bersaing dengan kebutuhan pangan (Ibrahim *dkk.*, 2017).

Sorghum merupakan salah satu tanaman yang berasal dari wilayah sekitar Afrika, tetapi sekarang ini tanaman Sorghum telah menyebar ke wilayah Asia (Elhassan *dkk.*, 2015; Mehboob *dkk.*, 2015). Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) adalah tanaman yang mempunyai adaptasi luas karena dapat tumbuh mulai dari daerah dataran rendah sampai dataran tinggi dengan iklim tropis kering sampai daerah iklim basah (Deesuth *dkk.*, 2015). Kemudian Sorghum juga dapat tumbuh pada lahan marginal utamanya lahan kering dimana tanaman lain tidak dapat tumbuh (Elhassan *dkk.*, 2015; Marx *dkk.*, 2014). Sementara itu, Sorghum juga memiliki waktu regenerasi yang singkat di antara 3-5 bulan, kebutuhan pupuk yang rendah dan laju fotosintesis tanaman Sorghum lebih cepat dibandingkan dengan tebu dan jagung (Deesuth *dkk.*, 2015; Houx III dan Fritschi, 2015). Selain itu, Sorghum juga merupakan bahan baku yang sangat baik untuk produksi *biofuel* karena Sorghum memiliki fraksi yang berbeda seperti, pati (biji-bijian), jus (*stem*), ampas tebu (batang), dan daun (Pengilly *dkk.*, 2015).

METODE

Persiapan Bahan Baku Biji Sorghum

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) dibeli dari Kroya, kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Sebelum digunakan, biji Sorghum pertama sekali dicuci dan kemudian dikeringkan untuk mempermudah pengupasan kulitnya. Setelah ini, biji Sorghum ditumbuk dan disaring untuk mendapatkan pati. Hasil penumbukan biji Sorghum berbentuk tepung dan memiliki ukuran yang lebih kecil dari satu milimeter (125-150 μm) dan hal ini akan memiliki pengaruh penguraian pati menjadi glukosa pada proses hidrolisis. Ukuran partikel yang lebih kecil akan mengurangi efek pembatasan difusi dan mengakibatkan hasil gula yang lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih besar (Barcelos *dkk.*, 2011). Untuk waktu penyimpanan yang lebih lama, biji Sorghum dikeringkan, dan disimpan pada suhu 25 °C.

Komposisi Biji Sorghum

Pati biji Sorghum disimpan dalam wadah tertutup di lemari pendingin sebelum percobaan dilakukan. Pati biji Sorghum terdiri dari partikel dengan diameter 125-150 μm (98% atau lebih partikel melewati saringan 150 μm). Menurut Sebayang *dkk.* (2017a) komponen utama pati biji Sorghum terdiri dari beberapa komponen seperti yang diperlihatkan pada tabel 1.

Table 1
Komponen Pati Biji Sorghum

Komponen	Unit	Kandungan
Karbohidrat	%wt.	73,10
Protein	%wt.	10,30
Lemak	%wt.	3,15
Abu	%wt.	1,56
Serat	%wt.	1,70
Konten kelembapan	%wt	10,20

Sumber: Sebayang *dkk.* (2017a)

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa lebih besar 70% pati Sorghum terdiri dari karbohidrat dan hal ini menjadikan pati biji Sorghum mempunyai potensi untuk menjadi bahan bakar bioetanol.

Katalis (reagen)

Katalis atau reagen yang digunakan untuk produksi bioetanol dalam penelitian ini adalah asam 3,5-dinitrosalisilat (DNS), kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), amonium klorida (NH_4Cl), pelet natrium hidroksida (NaOH , dengan kemurnian 99,9%), natrium kalium tartrat, enzim α -amilase dari *Bacillus licheniformis* Tipe XII-A, enzim amiloglukosidase dari *Aspergillus niger*, ragi dari *Saccharomyces cerevisiae*, ekstrak ragi, pepton bakteri, D-glukosa, dan *potato dextrose*. Semua katalis ini dibeli dari Sigma-Aldrich dan digunakan tanpa pemurnian.

Persiapan Mikroorganisme

Ragi *Saccharomyces cerevisiae* Tipe II, yang dibeli dari Sigma-Aldrich digunakan untuk memfermentasi pati biji Sorghum menjadi bioethanol. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* Tipe II kering instan diaktifkan dengan menambahkan 100 mL air suling steril ke dalam 150 mL labu. Ragi pepton dekstroza (*yeast peptone dextrose*, YPD) dibuat dengan dua gram ekstrak ragi, empat gram pepton bakteri, empat gram glukosa dan 12 gram agar dalam 200 mL air suling. Ragi kemudian diinokulasi dalam agar ragi pepton dekstroza dalam cawan kaca atau *petri dish* (Widianto *dkk.*, 2013). Setelah itu, ragi disimpan dalam inkubator pada suhu 37 °C selama 24 jam sebelum digunakan untuk produksi bioetanol. Enzim α -amilase dari *Bacillus licheniformis* Tipe XII-A dan enzim amiloglukosidase dari *Aspergillus niger* digunakan sebagai katalis untuk likuifikasi dan sakarifikasi. Aktivitas enzimatik untuk α -amilase dan amiloglukosidase ditentukan masing-masing ≥ 500 U/gram protein dan 300 U/mL.

Analisis Gula Reduksi (*reducing sugar*)

Konsentrasi kadar gula ditentukan dengan menggunakan metode DNS (Miller, 1959). Pertama, satu mililiter larutan gula reduksi diencerkan dengan air suling dalam tabung reaksi. Selanjutnya, satu mililiter larutan DNS ditambahkan ke larutan gula reduksi dan campuran kemudian dipanaskan pada suhu 90 °C selama lima menit. Selanjutnya, campuran didinginkan dan diencerkan, dan absorbansi diukur menggunakan *ultraviolet-visible spectro-*

photometer (SPEKOL® 1500, Analytik Jena, Berlin, Germany).

Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis enzimatik dilakukan dengan menyiapkan pati biji Sorghum 24% (b/v) dalam labu diisi dengan air suling. Proses likuifikasi dilakukan menggunakan 0,1% (v/v) α -amilase dari *Bacillus licheniformis* tipe XII-A (500 U/mg) pada suhu 90 °C dan kecepatan langkah 75 spm. Selanjutnya, 0,1% (v/v) amiloglukosidase dari *Aspergillus niger* (300 U/mL) ditambahkan ke dalam campuran dan proses sakarifikasi dilakukan pada 70 °C selama 240 menit. Selama lima menit, sampel disentrifugasi pada 10.000 rpm untuk memisahkan residu padat. Metode DNS digunakan untuk mengukur jumlah gula reduksi untuk setiap hidrolisat.

Proses Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan menggunakan labu Erlenmeyer 2-L. Setiap labu Erlenmeyer diisi dengan pati biji Sorghum yang sudah dihidrolisa dan campuran nutrisi fermentasi sebagai berikut: 10 gram ekstrak ragi, empat gram kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), dan dua gram amonium klorida (NH_4Cl) untuk setiap 1.000 mL hidrolisat. Larutan dicampur dan kemudian disterilkan pada suhu 125 °C dalam autoklaf selama 35 menit. Larutan steril diinokulasi dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Akhirnya, labu ditempatkan dalam pengocok inkubator dan diatur pada suhu dan kecepatan *agitasi* masing-masing 37 °C dan 120 rpm, untuk proses fermentasi selama 84 jam.

Proses Penyulingan

Penyulingan dilakukan menggunakan alat penguap yang berputar pada suhu, tekanan, dan kecepatan putar masing-masing 60 °C, 175 mbar, dan 100 rpm. Larutan fermentasi yang diuapkan diisap oleh pompa dan dialirkan ke ujung lainnya untuk dikondensasi dan menghasilkan peningkatan kualitas larutan bioetanol.

Analisis Bioetanol Biji Sorghum

Konsentrasi bioetanol diukur menggunakan sistem gas kromatografi (Agilent

7890A, Agilent, Santa Clara, USA) yang memiliki detektor konduktivitas termal dan kolom DB-ALC2 (Agilent, Santa Clara, dan USA) yang memiliki dimensi 30 m × 0,32 mm. Helium digunakan sebagai gas pembawa, dengan laju aliran 1,5 mL/menit. Suhu injektor dan detektor masing-masing adalah 150 dan 200 °C. Spektroskopi *Fourier transform infrared* (FTIR) (Bruker Tensor 27, Bruker, Billerica, MA, dan USA) dilakukan untuk menentukan struktur kimia dari bioetanol biji Sorghum. Bioetanol biji Sorghum dianalisis dengan menggunakan kompartemen sampel refleksi total yang dilemahkan dalam wilayah pertengahan inframerah dalam kisaran bilangan gelombang 4.000-400 cm⁻¹.

Prosedur Pengujian dan Desain Eksperimental

Penelitian unjuk kerja mesin dilakukan pada mesin bensin, dua silinder, dan empat langkah. Dinamometer digabungkan dengan sistem mesin dan unit pengontrol. Spesifikasi mesin diberikan pada tabel 2. Selain itu, emisi gas buang dianalisis menggunakan BOSCH BEA 350 seperti karbon monoksida, hidrokarbon, dan nitrogen oksida. Rentang pengukuran dan keakuratan instrumen yang digunakan diberikan dalam tabel 3. Sementara

itu, skema tata letak dari pengaturan eksperimental ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 2
Spesifikasi Mesin Pengujian

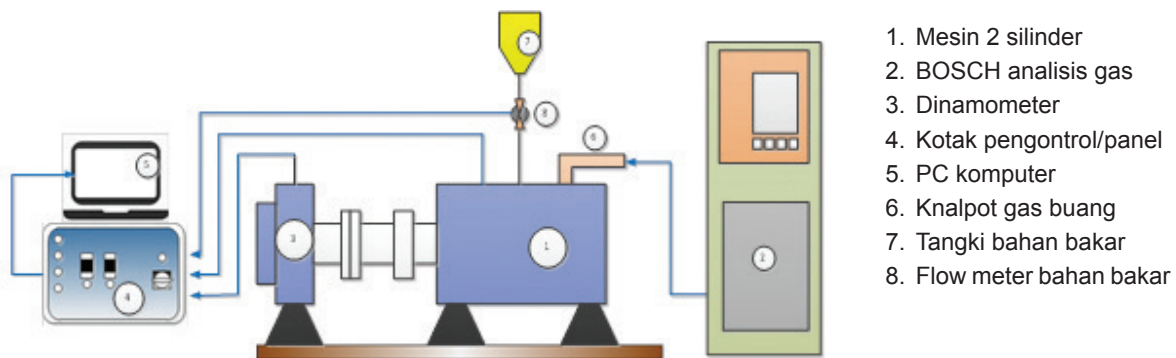
Parameter Mesin	Nilai
Nama Mesin	Daihatsu
Tipe Mesin	Siklus 4-langkah
Jumlah Silinder	2 Silinder
Bore x Stroke	71,66 mm x 68 mm
Isi Silinder	550 cc
Sistem Pembakaran	Firing Order
Torsi Maksimum	4,2 kg.m (41 N.m) / 4000 rpm
Tenaga Maksimum	30 PS (22 kW) / 5500 rpm
Kapasitas oli	2 Liter

Sumber: Analisis Data (2018)

Tabel 3
Spesifikasi Alat Analisis Gas Buang

Komponen emisi	Rentang pengukuran	Resolusi
Karbon monoksida	0 - 10% vol	0,001% vol
Hidrokarbon	0 - 9999 ppm vol	1 ppm vol
Nitrogen oksida	0 - 5000 ppm vol	≤ 1 ppm vol

Sumber: Analisis Data (2018)



Gambar 1. Diagram Skematis dari Mesin Bensin Percobaan

Sumber: Analisis Data (2018)

Perhitungan Parameter Kinerja Mesin

BSFC dan BTE dihitung sesuai dengan konsumsi bahan bakar dan tenaga rem dalam kajian ini. BSFC adalah parameter yang sangat berguna dari kinerja mesin karena menunjukkan

jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya keluaran mesin tertentu. BSFC dan BTE ditentukan menggunakan masing-masing dengan persamaan 1 dan 2 (Teoh *dkk.*, 2015).

$$BSFC = \frac{\text{Konsumsi Bahan Bakar}}{\text{Daya keluar}} \dots\dots\dots(1)$$

$$BTE = \frac{\text{Daya rem} \times 3600}{LHV \times \text{Konsumsi Bahan Bakar}} \dots\dots\dots(2)$$

Sifat Campuran Bahan Bakar Peralite-Bioetanol Biji Sorghum

Sifat-sifat bioetanol biji Sorghum dan dicampur dengan pertalite (10%, 15% dan 20% yang disebut E10, E15, dan E20) dievaluasi dan dibandingkan dengan bahan bakar pertalite.

Pertalite digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan bakar dasar dan dibeli dari Pertamina. Pertalite memiliki angka oktan 90. Selain itu, sifat-sifat pertalite dan campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum diperiksa berdasarkan standar ASTM dan membandingkannya dengan penelitian lain yang dapat dilihat pada tabel 4. Campuran pertalite-bioetanol disiapkan sebelum memulai percobaan untuk memastikan bahwa campuran bahan bakar adalah homogen untuk menghindari reaksi bioetanol dengan air.

Tabel 4
Sifat-Sifat Fisika Kimia Peralite Dan Campuran Peralite-Bioetanol Biji Sorghum

Sifat-sifat	Pertalite	Bioetanol biji Sorghum	E10	E15	E20	E20 (Yücesu dkk., 2006)	E20 (Masum dkk., 2015)	Metode
Kandungan oksigen (%wt)	0	35,6	4,89	6,69	6,98	-	7,36	ASTM D 4814
Densitas (20 °C) (kg/m ³)	770	807	774,1	775,7	777,6	771,5	759,7	ASTM D 4052
Nilai kalor (MJ/kg)	44,14	27,298	41,51	40,86	40,19	40,430	39,47	ASTM D 240
Nilai oktan	90	108	91,8	92,7	93,6	89,81	93	ASTM D 2699

Sumber: Analisis Data (2018)

Semua campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum diuji di bawah kondisi putaran mesin yang berbeda. Sebelum melakukan percobaan, pencampuran bahan bakar dipastikan bahwa campuran bahan bakar bioetanol biji Sorghum dengan pertalite homogen. Kinerja dan emisi gas buang dari mesin diteliti pada bahan bakar bioetanol biji Sorghum dicampur dengan Pertalite (E10, E15, dan E20) dengan variasi putaran mesin dan kemudian dibandingkan dengan kinerja mesin dengan menggunakan bahan bakar pertalite.

Semua campuran bahan bakar pertalite-bioetanol biji Sorghum diuji dengan berbagai kondisi putaran mesin, yaitu mesin bensin dioperasikan menggunakan bahan bakar pertalite sampai mencapai kondisi stabil. Putaran mesin dan torsi diukur, sementara daya rem, konsumsi bahan bakar spesifik rem, dan efisiensi volumetrik dihitung. Setelah mesin bensin mencapai kondisi kerja yang stabil, emisi gas buang dianalisis dengan

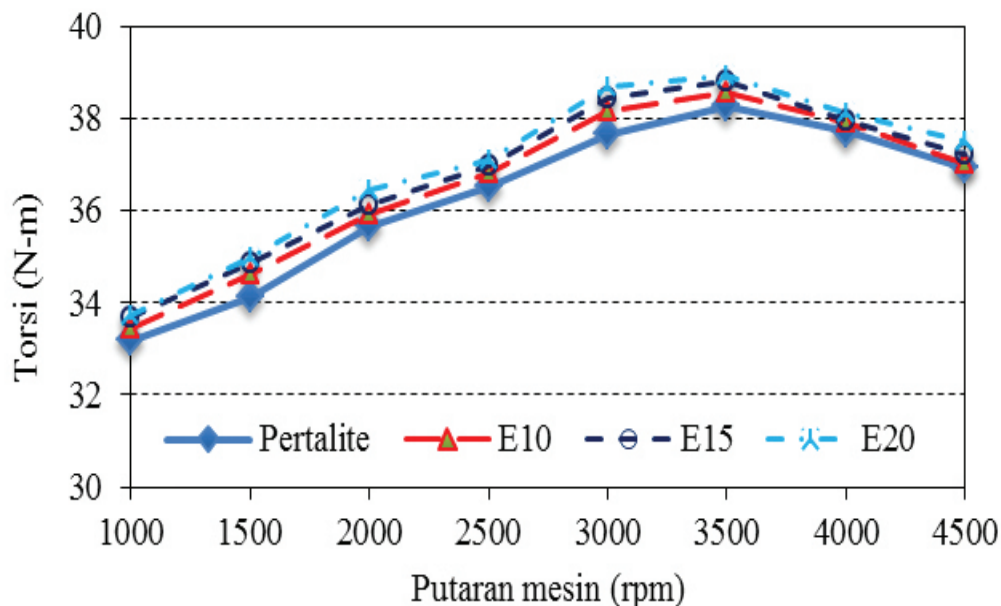
menggunakan analisis gas BOSCH. Semua percobaan akan dilakukan pada kondisi beban penuh. Sebelum mendapatkan data dari mesin bensin yang dioperasikan dengan campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum baru, mesin dioperasikan dengan menggunakan pertalite selama waktu yang cukup untuk membersihkan sisa bahan bakar dari campuran bahan bakar pertalite-bioetanol biji Sorghum sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN Parameter Kinerja Mesin

Gambar 2 menunjukkan torsi mesin bahan bakar pertalite dan campuran pertalite-bioetanol untuk berbagai variasi putaran mesin. Untuk kedua bahan bakar tersebut, torsi mesin meningkat dengan meningkatnya putaran mesin. Pada 3500 rpm, torsi mesin untuk semua campuran bahan bakar pertalite-bioetanol biji Sorghum meningkat masing-masing sebesar 38,58 Nm (E10), 38,82 Nm (E15), dan 38,95 Nm (E20) dibandingkan dengan menggunakan

bahan bakar pertalite (38,27 Nm). Ini terjadi karena campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum yang diperkaya dengan kandungan oksigen sekitar 5%-10% dan memiliki angka oktan lebih tinggi daripada pertalite, sehingga meningkatkan pembakaran. Meskipun penambahan etanol ke pertalite menurunkan nilai kalornya, tetapi peningkatan torsi dan tenaga mesin meningkat. Menurut, Karaaslan *dkk.* (2011) ini terjadi karena beberapa alasan seperti efek etanol sebagai bahan bakar teroksigenasi yang memungkinkan hasil pembakaran bahan bakar yang lebih baik, sehingga meningkatkan

torsi. Selain itu, peningkatan konsentrasi bioetanol dalam campuran bahan bakar meningkatkan torsi mesin karena peningkatan viskositas dan densitas. Ini sesuai dengan hasil Najafi *dkk.*, (2009), yang melaporkan bahwa kelebihan oksigen dalam etanol meningkatkan rasio udara-bahan bakar dan kepadatan bahan bakar. Di samping itu, menurut Masum *dkk.* (2014) penambahan etanol yang memiliki oksigen menghasilkan campuran bahan bakar yang baik sehingga pembakaran lebih efisien daripada bensin.



Gambar 2
Pengaruh Campuran Pertalite-Bioetanol Biji Sorghum dan Bahan Bakar Pertalite pada Torsi Mesin
Sumber: Analisis Data (2018)

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

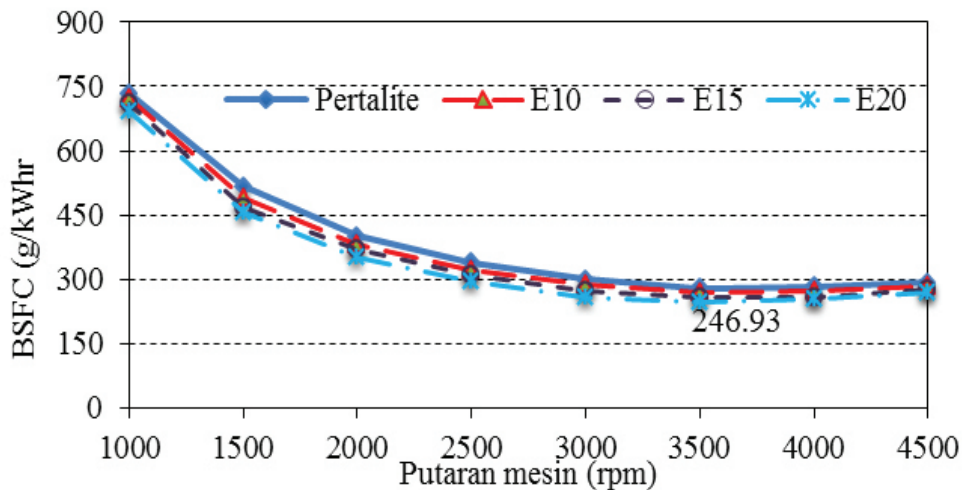
Gambar 3 menunjukkan BSFC untuk pertalite dan campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum pada berbagai variasi putaran mesin. BSFC yang terjadi pada 3500 rpm, dengan nilai 268,03 g/kWh (E10), 256,65 g/kWh (E15), dan 246,93 g/kWh (E20), hasil ini lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar pertalite yaitu 279,97 g/kWh. Telah diketahui bahwa nilai BSFC suatu mesin tergantung dari pada nilai kalor bahan bakar. Ketika mesin digunakan tanpa modifikasi,

maka kandungan energi yang lebih rendah dari bahan bakar pertalite-bioetanol menyebabkan peningkatan BSFC. Peningkatan tersebut terutama tergantung pada persentase bioetanol. Hasil eksperimen menunjukkan nilai kalor bioetanol sekitar 38% lebih rendah dari nilai pertalite, sehingga nilai kalor bahan bakar campuran juga turun dibandingkan dengan pertalite. Hal ini mengakibatkan BSFC meningkat dan ini sesuai dengan hasil penelitian dari Koç *dkk.* (2009).

Selain itu, kandungan oksigen yang lebih tinggi dari bioetanol biji Sorghum juga

memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan BSFC. Ketika mesin dioperasikan menggunakan campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum, tren BSFC lebih rendah daripada pertalite karena tidak ada modifikasi yang dilakukan pada mesin bensin yang digunakan dalam penelitian ini, kinerja mesin yang diinginkan dikaitkan dengan angka oktan tinggi dari bioetanol, yang menghasilkan pembakaran yang lebih baik dari pada ketika menggunakan pertalite. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa BSFC untuk semua bahan bakar campuran bioetanol (E5, E10 dan

E20) lebih rendah daripada pertalite. Tingginya kandungan oksigen menyebabkan peningkatan efisiensi pembakaran dan ini menurunkan BSFC. Hasil ini sesuai dengan kesimpulan dari penelitian Najafi *dkk.* (2009) yang menyatakan bahwa dengan meningkatnya persentasi campuran bioetanol diikuti dengan menurunnya konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC). Selain itu, Eyidogan *dkk.* (2010) juga mengatakan pada hasil penelitiannya bahwa pengaruh tingginya kandungan oksigen pada bahan bakar menyebabkan terjadinya penurunan BSFC.



Gambar 3
Pengaruh Campuran Pertalite-Bioetanol Biji Sorghum dan Bahan Bakar Pertalite pada BSFC
Sumber: Analisis Data (2018)

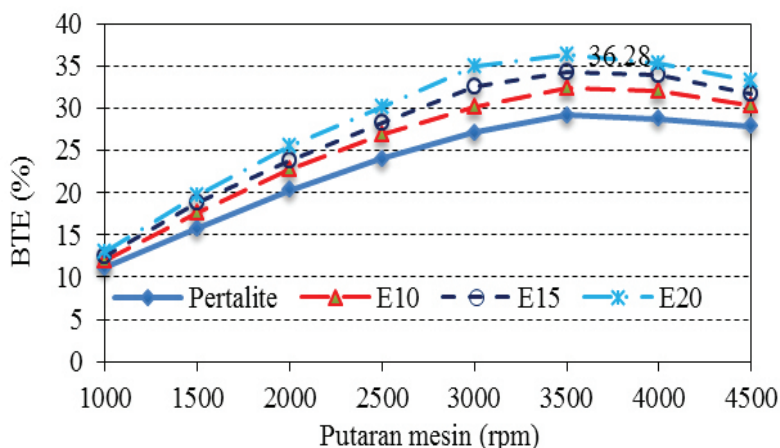
Efisiensi Termal Rem (BTE)

Gambar 4 menunjukkan efisiensi termal rem (BTE) untuk bahan bakar pertalite dan campuran bahan bakar pertalite-bioetanol biji Sorghum pada berbagai variasi putaran mesin. BTE maksimum untuk campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum adalah 32,36% (E10), 34,33% (E15), dan 36,28% (E20). BTE maksimum untuk pertalite adalah 29,13%. BTE meningkat dengan meningkatnya konsentrasi bioetanol dalam campuran bahan bakar, dan ini sesuai dengan hasil (Najafi *dkk.*, 2009). Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa BTE untuk campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum adalah 16% lebih tinggi dari pertalite. Hal ini dikarenakan kandungan oksigen pada bahan

bakar campuran lebih tinggi dibandingkan dengan pertalite yang tidak mengandung oksigen (Eyidogan *dkk.*, 2010). Kandungan oksigen berlebih mengarah ke pembakaran yang mendekati sempurna, dan meningkatkan BTE (Masum *dkk.*, 2015; Schifter *dkk.*, 2011).

Parameter Emisi Gas Buang Emisi Nitrogen Oksida (NOx)

Konsentrasi emisi NOx cenderung meningkat dengan peningkatan konsentrasi bioetanol dan putaran mesin untuk semua kondisi pengujian seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Emisi NOx umumnya lebih tinggi untuk campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum dari pada pertalite, dengan nilai 187,4

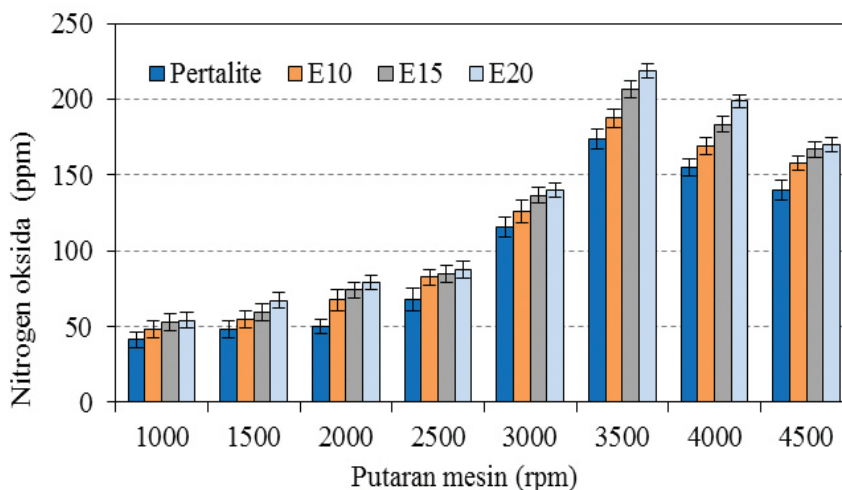


Gambar 4
Pengaruh Campuran Peralite-Bioetanol Biji Sorghum dan Bahan Bakar Peralite Pada BTE
Sumber: Analisis Data (2018)

ppm (E10), 202,6 ppm (E15), dan 218,6 ppm (E20) pada putaran 3500 rpm. Sebaliknya, nilai peralite adalah 174,2 ppm. NO_x terbentuk pada suhu tinggi dan suhu nyala adiabatik terjadi ketika pembakaran mendekati stoikiometri. Temperatur silinder yang lebih tinggi pada 3.500 rpm menyebabkan peningkatan emisi NO_x.

Secara umum, emisi NO_x bergantung pada rasio udara-bahan bakar dan suhu. Suhu tinggi selama pembakaran dan kandungan

oksigen tinggi dari bioetanol menghasilkan emisi NO_x yang tinggi (Celik, 2008). Selain itu, emisi NO_x dapat berubah tergantung pada persentase etanol dalam campuran dan kondisi operasi. Suhu tinggi dan oksigen tinggi dapat meningkatkan jumlah kandungan nitrogen bahan bakar (Masum *dkk.*, 2013). Oleh karena itu, ini dapat menyebabkan emisi NO_x meningkat karena pembakaran menuju yang lebih baik dan menghasilkan suhu pembakaran yang lebih tinggi sehingga memungkinkan lebih banyak NO_x diproduksi

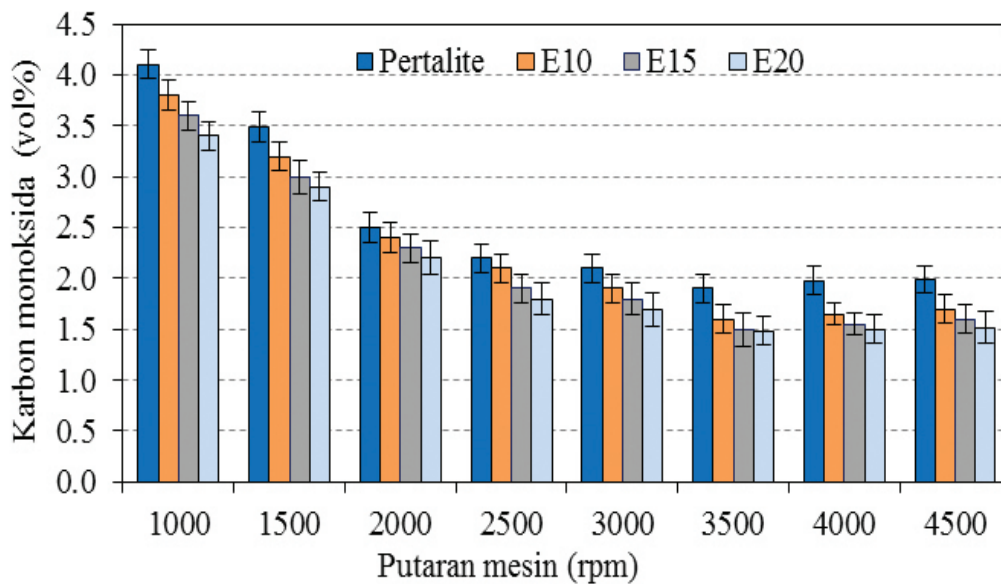


Gambar 5.
Pengaruh Peralite dan bahan bakar E10-E20 pada emisi NO_x
Sumber: Analisis Data (2018)

Emisi Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida (CO) adalah gas yang relatif tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan elemen lain. Gambar 6 menunjukkan emisi CO untuk campuran pertalite-bioetanol dan pertalite pada berbagai putaran mesin. Emisi CO lebih rendah untuk campuran pertalite-bioetanol daripada untuk pertalite. Selain itu, emisi CO juga menurun rata-rata sebesar 17% ketika menggunakan bahan bakar campuran pertalite-bioetanol dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar pertalite. Emisi CO menurun karena konsentrasi bioetanol dalam campuran bahan bakar meningkat. Emisi CO juga berkurang ketika beban engine meningkat karena meningkatnya rasio udara-bahan bakar dan menghasilkan pembakaran yang lebih baik (Canakci *dkk.*, 2013; Ozsezen dan Canakci, 2011). Menurut Costa & Sodré (2010) dan Ghazikhani *dkk.*

(2013), bioetanol memiliki kandungan oksigen yang tinggi, sehingga oksigen berkontribusi untuk pembakaran campuran udara-bahan bakar yang lebih baik. Di samping itu, pada dasarnya etanol mengandung atom oksigen, sehingga dapat diperlakukan sebagai hidrokarbon teroksidasi sebagian. Ketika etanol ditambahkan ke bahan bakar campuran, ini memberikan lebih banyak oksigen pada proses pembakaran. Ini menunjukkan bahwa mesin cenderung beroperasi dalam kondisi yang lebih ramping, lebih dekat dengan pembakaran stoikiometrik karena kandungan etanol meningkat. Selain itu, suhu gas silinder tinggi dikombinasikan dengan konsentrasi oksigen dari campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum meningkatkan proses oksidasi CO, yang menyebabkan penurunan emisi CO (Alptekin *dkk.*, 2015).



Gambar 6.
Pengaruh Pertalite dan bahan bakar E10-E20 pada emisi CO
Sumber: Analisis Data (2018)

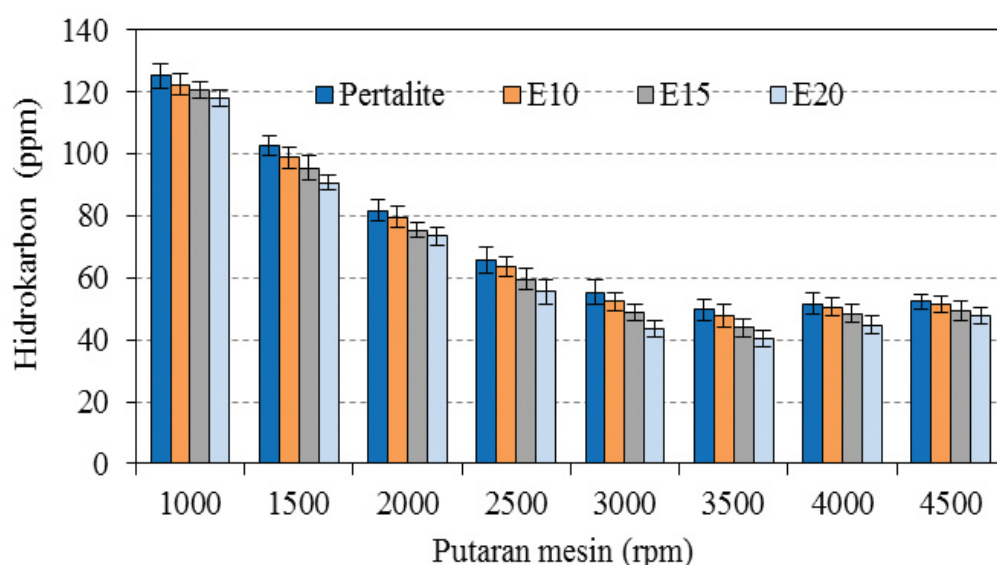
Emisi Hidrokarbon (HC)

Gambar 7 menunjukkan emisi HC untuk campuran pertalite-bioetanol dan pertalite pada berbagai putaran mesin. Emisi HC turun untuk campuran pertalite-bioetanol dibandingkan dengan pertalite. Seperti yang terlihat dari gambar, HC terendah yang dihasilkan adalah

40,3 ppm (E20) pada 3500 rpm. Namun, HC terendah yang diproduksi oleh pertalite adalah 49,7 ppm pada 3500 rpm. Konsentrasi bioetanol memiliki efek yang signifikan terhadap penurunan emisi HC. Menurut Schifter *dkk.* (2011) meningkatnya kandungan etanol dalam bahan bakar campuran menghasilkan

penurunan HC. Emisi HC turun rata-rata sebesar 8%, ketika menggunakan bahan bakar campuran pertalite-bioetanol dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar pertalite. Emisi HC lebih tinggi pada putaran engine yang lebih rendah (1000 rpm) karena kalor penguapan yang tinggi dari bioetanol, yang mengakibatkan penguapan lambat dan pencampuran udara-bahan bakar yang buruk. Ketika putaran mesin dinaikkan, campuran udara bahan bakar menjadi lebih homogen

dan mesin bergerak menuju pembakaran stoikiometri, karenanya meningkatkan suhu nyala adiabatik dan menghasilkan pembakaran yang lebih baik sehingga emisi HC menurun karena kandungan bioetanol meningkat (Chansauria dan Mandloi, 2018; Saikrishnan *dkk.*, 2018). Di samping itu, karakteristik pengkabutan bahan bakar sangat dipengaruhi oleh sifat aliran di dalam pengkabutan bahan bakar dan udara di ruang bakar, yang berperan dalam mengurangi emisi HC yang tidak terbakar (Alptekin *dkk.*, 2015).



Gambar 7.
Pengaruh Pertalite dan bahan bakar E10-E20 pada emisi HC
Sumber: Analisis Data (2018)

SIMPULAN

Bahan bakar alternatif menjadi semakin penting disektor otomotif karena menipisnya cadangan bahan bakar fosil serta masalah lingkungan yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil. Bioetanol dianggap sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan, bersih, dan terbarukan untuk mesin bensin. Penggunaan bahan bakar campuran pertalite-bioetanol biji Sorghum menghasilkan sedikit peningkatan pada torsi mesin, daya rem, dan BTE namun menurunkan BSFC. Di sisi lain, emisi CO dan HC menurun karena efek dari etanol pada campuran pertalite-bioetanol dibandingkan dengan pertalite. Emisi NO_x meningkat untuk campuran ini karena tingginya

panas laten vaporisasi dan kandungan oksigen dari bahan bakar, bersama dengan suhu pembakaran yang tinggi. Secara umum, ada peningkatan kinerja mesin dan penurunan emisi gas buang untuk bahan bakar campuran (E20), yang mengandung 20% bioetanol yang dicampur dengan pertalite. Dengan demikian, campuran E20 tampaknya menjadi pengganti yang baik untuk bahan bakar dari minyak bumi fosil guna meningkatkan kinerja mesin dan penurunan emisi gas buang.

Ucapan Terima kasih

Para penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan

finansial yang diberikan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui dana DIPA Politeknik Negeri Medan Tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya, H.B., Mahlia, T.M.I., Chong, W., Nur, H., dan Sebayang, A.H. 2016. Second Generation Bioethanol Production: A Critical Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66: 631-653.
- Alptekin, E., Canakci, M., Ozsezen, A.N., Turkcan, A., dan Sanli, H. 2015. Using Waste Animal Fat Based Biodiesels–Bioethanol–Diesel Fuel Blends in a DI Diesel Engine. *Fuel*, 157: 245-254.
- Barcelos, C., Maeda, R., Betancur, G., dan Pereira Jr, N. 2011. Ethanol Production from Sorghum Grains [*Sorghum Bicolor* (L.) Moench]: Evaluation of the Enzymatic Hydrolysis and the Hydrolysate Fermentability. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28: 597-604.
- Canakci, M., Ozsezen, A.N., Alptekin, E., dan Eyidogan, M. 2013. Impact of Alcohol–Gasoline Fuel Blends on the Exhaust Emission of an SI Engine. *Renewable Energy*, 52: 111-117.
- Çay, Y., Korkmaz, I., Çiçek, A., dan Kara, F. 2013. Prediction of Engine Performance and Exhaust Emissions for Gasoline and Methanol using Artificial Neural Network. *Energy*, 50: 177-186.
- Celik, M.B. 2008. Experimental Determination of Suitable Ethanol–Gasoline Blend Rate at High Compression Ratio for Gasoline Engine. *Applied Thermal Engineering*, 28: 396-404.
- Chansauria, P., dan Mandloi, R. 2018. Effects of Ethanol Blends on Performance of Spark Ignition Engine-a Review. *Materials Today: Proceedings*, 5: 4066-4077.
- Costa, R.C., dan Sodr , J.R. 2010. Hydrous Ethanol Vs. Gasoline-Ethanol Blend: Engine Performance and Emissions. *Fuel*, 89: 287-293.
- Deesuth, O., Laopaiboon, P., Klanrit, P., dan Laopaiboon, L. 2015. Improvement of Ethanol Production from Sweet Sorghum Juice Under High Gravity and Very High Gravity Conditions: Effects of Nutrient Supplementation and Aeration. *Industrial Crops and Products*, 74: 95-102.
- Elhassan, M.S., Emmambux, M.N., Hays, D.B., Peterson, G.C., dan Taylor, J.R. 2015. Novel Biofortified Sorghum Lines with Combined Waxy (High Amylopectin) Starch and High Protein Digestibility Traits: Effects on Endosperm and Flour Properties. *Journal of Cereal Science*, 65: 132-139.
- Eyidogan, M., Ozsezen, A.N., Canakci, M., dan Turkcan, A. 2010. Impact of Alcohol–Gasoline Fuel Blends on the Performance and Combustion Characteristics of an SI Engine. *Fuel*, 89: 2713-2720.
- Ghazikhani, M., Hatami, M., Safari, B., dan Ganji, D.D. 2013. Experimental Investigation of Performance Improving and Emissions Reducing in a Two Stroke SI Engine by using Ethanol Additives. *Propulsion and Power Research*, 2: 276-283.
- Houx III, J.H., dan Fritschi, F.B. 2015. Influence of Late Planting on Light Interception, Radiation use Efficiency and Biomass Production of Four Sweet Sorghum Cultivars. *Industrial Crops and Products*, 76: 62-68.
- Ibrahim, H., Sebayang, A.H., Dharma, S., dan Silitonga, A.S. 2017. Prediksi Kinerja Mesin Diesel dengan Bahan Bakar Biodiesel-Solar menggunakan Artificial Neural Network. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 1.

- Karaaslan, S., Erman, C., Hepkaya, E., dan Yücel, N. 2011. Numerical Investigation of Ethanol Fuel Blends on Engine Performance Characteristics by using Diesel-RK Software. *International Scientific Journal*: 36-39.
- Koç, M., Sekmen, Y., Topgül, T., dan Yücesu, H.S. 2009. The Effects of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emissions in a Spark-Ignition Engine. *Renewable Energy*, 34: 2101-2106.
- Marx, S., Ndaba, B., Chiyanzu, I., dan Schabort, C. 2014. Fuel Ethanol Production From Sweet Sorghum Bagasse using Microwave Irradiation. *Biomass and Bioenergy*, 65: 145-150.
- Masum, B., Kalam, M., Masjuki, H., Palash, S., dan Fattah, I.R. 2014. Performance and Emission Analysis of a Multi Cylinder Gasoline Engine Operating at Different Alcohol-Gasoline Blends. *RSC Advances*, 4: 27898-27904.
- Masum, B., Masjuki, H., Kalam, M., Fattah, I.R., Palash, S., dan Abedin, M. 2013. Effect of Ethanol-Gasoline Blend on Nox Emission in SI Engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24: 209-222.
- Masum, B., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Palash, S., dan Habibullah, M. 2015. Effect of Alcohol-Gasoline Blends Optimization on Fuel Properties, Performance and Emissions of a SI Engine. *Journal of Cleaner Production*, 86: 230-237.
- Mehboob, S., Ali, T.M., Alam, F., dan Hasnain, A. 2015. Dual Modification of Native White Sorghum (*Sorghum Bicolor*) Starch via Acid Hydrolysis and Succinylation. *LWT-Food Science and Technology*, 64: 459-467.
- Miller, G.L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31: 426-428.
- Najafi, G., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Buttsworth, D., Yusaf, T., dan Faizollahnejad, M. 2009. Performance and Exhaust Emissions of a Gasoline Engine With Ethanol Blended Gasoline Fuels Using Artificial Neural Network. *Applied Energy*, 86: 630-639.
- Ozsezen, A.N., dan Canakci, M. 2011. Performance and Combustion Characteristics of Alcohol-Gasoline Blends at Wide-Open Throttle. *Energy*, 36: 2747-2752.
- Pengilly, C., García-Aparicio, M., Diedericks, D., Brienzo, M., dan Görgens, J. 2015. Enzymatic Hydrolysis of Steam-Pretreated Sweet Sorghum Bagasse by Combinations of Cellulase and Endo-Xylanase. *Fuel*, 154: 352-360.
- Saikrishnan, V., Karthikeyan, A., dan Jayaprabakar, J. 2018. Analysis of Ethanol Blends on Spark Ignition Engines. *International Journal of Ambient Energy*, 39: 103-107.
- Schifter, I., Diaz, L., Rodriguez, R., Gómez, J., dan Gonzalez, U. 2011. Combustion and Emissions Behavior for Ethanol-Gasoline Blends in a Single Cylinder Engine. *Fuel*, 90: 3586-3592.
- Sebayang, A.H., Masjuki, H., Ong, H.C., Dharma, S., Silitonga, A.S., Kusumo, F., dan Milano, J. 2017a. Optimization of Bioethanol Production from Sorghum Grains using Artificial Neural Networks Integrated with Ant Colony. *Industrial Crops and Products*, 97: 146-155.
- Sebayang, A.H., Masjuki, H., Ong, H.C., Dharma, S., Silitonga, A.S., Kusumo, F., dan Milano, J. 2017b. Prediction of Engine Performance and Emissions with *Manihot Glaziovii* Bioethanol-Gasoline Blended using Extreme Learning Machine. *Fuel*, 210: 914-921.

- Sebayang, A.H., Masjuki, H., Ong, H.C., Dharma, S., Silitonga, A.S., Mahlia, T.M.I., dan Aditiya, H.B. 2016. A perspective on Bioethanol Production from Biomass as Alternative Fuel for Spark Ignition Engine. *RSC Advances*, 6: 14964-14992.
- Teoh, Y., Masjuki, H.H., Kalam, M., dan How, H. 2015. Comparative Assessment of Performance, Emissions and Combustion Characteristics of Gasoline/Diesel and Gasoline/Biodiesel in a Dual-Fuel Engine. *RSC Advances*, 5: 71608-71619.
- Widianto, D., Pramita, A.D., dan Wedhastri, S. 2013. Perbaikan Proses Fermentasi Biji Kakao Kering dengan Penambahan Tetes Tebu, Khamir, dan Bakteri Asam Asetat. *Jurnal Teknosains*, 3(1):38-44.
- Yücesu, H.S., Topgül, T., Cinar, C., dan Okur, M. 2006. Effect of Ethanol-Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emissions in Different Compression Ratios. *Applied Thermal Engineering*, 26: 2272-2278.
- Zhang, C., Xie, G., Li, S., Ge, L., dan He, T. 2010. The Productive Potentials of Sweet Sorghum Ethanol in China. *Applied Energy*, 87: 2360-2368.