



The Utilization of Young Coconut Waste Bioethanol and Its Effect on Four-stroke Engine Emissions

Pemanfaatan Bioetanol Limbah Kelapa Muda dan Pengaruhnya Terhadap emisi Motor Empat Langkah

Sugiartono^{1*}, Wagino¹, Darul Afdal² dan Retno Wahyudi³

Abstract

This article discusses the use of Pertamina fuel and young coconut bioethanol with mixed variations (BE5, BE10, BE15, BE20) on injection step motorcycle exhaust emissions. The methodology used in this study is the post test only design control, one of the research in qualitative research. Based on the data obtained at the time of testing there was a decrease in CO and HC gas levels with each additional amount of young coconut ethanol in Pertamina fuel. The results of the difference analysis test (t test) are not significant, t arithmetic $< t$ table which means accepted and rejected. Can reduce the use of young coconut bioethanol mixture has variations in CO and HC emission reduction, but the reduction rate is not significant.

Keywords

fuel, bioethanol, young coconut waste

Abstrak

Artikel ini bertujuan untuk membahas pengaruh penggunaan bahan bakar pertamax dan bioetanol kelapa muda dengan variasi campuran (BE5, BE10, BE15, BE20) terhadap emisi gas buang sepeda motor empat langkah injeksi. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah post test only control desain, salah satu pendekatan riset dalam penelitian kualitatif. Berdasarkan data yang didapatkan pada saat pengujian terjadi penurunan kadar gas CO dan HC pada setiap peningkatan jumlah campuran bioetanol kelapa muda pada bahan bakar pertamax. Hasil dari analisis uji beda (t test) pengaruh penambahan campuran tidak signifikan, t hitung $< t$ tabel yang berarti H_0 diterima dan H_a ditolak. Dapat disimpulkan penggunaan campuran bioetanol kelapa muda memiliki pengaruh penurunan kadar emisi gas CO dan HC, tetapi angka penurunan tidak signifikan.

Kata Kunci

Bahan bakar, bioetanol, limbah kelapa muda

¹ Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang

Fakultas Teknik, Kampus UNP Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

² SMK Muhammadiyah 1 Padang

Jl. By Pass, Lubuk Begalung Nan XX, Kec. Lubuk Begalung, Kota Padang, Sumatera Barat 25145, Indonesia.

³ Politeknik Negeri Lampung

Jl. Soekarno Hatta No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141, Indonesia

*sugiartono0997@gmail.com

Submitted : May 16, 2020. Accepted : May 26, 2020. Published : June 15, 2020.



PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan transportasi menyebabkan peningkatan jumlah kendaraan. Kendaraan yang banyak diminati oleh masyarakat yaitu sepeda motor. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, penggunaan sepeda motor di Indonesia menduduki peringkat pertama dengan jumlah 113.030.793 unit pada tahun 2017[1]. Tingginya penggunaan sepeda motor salah satunya disebabkan oleh biaya perawatan yang tergolong murah dan terjangkau.

Meningkanya jumlah kendaraan bermotor mengakibatkan meningkatnya polusi udara yang diakibatkan gas buang kendaraan dan kebutuhan akan bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan merupakan bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Jika terus digunakan secara terus-menerus maka akan habis. Pada tahun 2013, produksi minyak bumi sebesar 300 juta barel. Jika diasumsikan produksi relatif konstan, dapat memenuhi kebutuhan Indonesia sekitar 12 tahun kedepan[2]. Untuk mengatasi masalah kekurangan cadangan minyak bumi dan meningkatnya polusi udara, maka penelitian terkait bahan bakar terbarukan seperti bioetanol perlu dikembangkan dan dilakukan uji emisi gas buang.

Bioetanol adalah etanol yang berasal dari tumbuhan didapatkan dengan cara fermentasi dari biomassa yang mengandung kandungan pati atau selulosa. Etanol merupakan kependekan dari etil alkohol (C_2H_5OH) atau sering disebut alkohol. Etanol memiliki wujud cair, berwarna, mudah menguap dan mempunyai bau yang khas. Berat jenisnya adalah sebesar 0,7939 g/mL, dan titik didihnya 78,320 °C pada tekanan 766 mmHg [3]. Proses produksi bioetanol meliputi tiga tahapan, yaitu (1) perlakuan awal untuk memisahkan hemiselulosa dan lignin dari selulosa, (2) hidrolisis selulosa menjadi glukosa, dan (3) fermentasi glukosa menjadi etanol yang kemudian diikuti dengan proses distilasi untuk memurnikan dan meningkatkan kadar alkohol [4].

Bahan baku bioetanol yang bersumber dari biomassa yang banyak dan belum dimanfaatkan dengan baik mendukung penelitian ini. Biomassa yang mengandung hemiselulosa menjadi pilihan untuk dijadikan bioetanol penggunaannya tidak mengganggu kebutuhan pangan. Di karenakan hasil samping dari makanan, seperti kulit kelapa muda. Serat kasar yang berasal dari ampas tebu dan serabut kelapa mengandung selulosa (21%–40%), lignin (15%–47%), dan hemiselulosa (12%–27%) [5].

Cabral dkk (2016) telah melakukan penelitian terhadap kulit kelapa muda dengan mempertimbangkan teori konversi Gay-Lussac (1g glukosa menyediakan 0,511g etanol). Hasil tersebut menunjukkan kelayakan menggunakan sabut kelapa muda sebagai bahan baku pembuatan etanol [6].

Penelitian terhadap bioetanol yang telah dilakukan, didapat bahwa emisi gas buang yang dihasilkan menggunakan bioetanol tergolong baik [7]. Hasil penelitian [8] menyatakan bahwa hasil emisi gas buang pada kendaraan dengan menggunakan bahan bakar bioetanol semakin menurun seiring meningkatnya kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar. Emisi gas buang dari hasil pembakaran yang dikeluarkan melalui saluran buang sebaiknya yang ramah lingkungan agar tidak mencemari lingkungan.

Bioetanol menjadi salah satu energi alternatif yang dipertimbangkan sebagai pengganti bahan bakar atau substitusi minyak bumi. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar bertujuan untuk menurunkan emisi gas berbahaya (CO , NO , dan SO_2) dan menghasilkan gas rumah kaca yang sangat rendah bila dibandingkan dengan pembakaran minyak bumi. Disamping itu, penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar tambahan juga dapat menurunkan emisi senyawa organik hidrokarbon, benzena karsinogenik, butadiena dan emisi partikel yang dihasilkan dari pembakaran minyak bumi [9]. Ghazikhani, dkk (2014) dalam penelitiannya didapatkan bahwa pencampuran bahan bakar bensin dengan bioetanol lebih baik. Hal ini disebabkan penguapan etanol yang cepat dalam masuknya ke silinder dan membuat pencampuran yang lebih baik sehingga dapat menurunkan kadar emisi gas buang yang dikeluarkan. [10]

Oleh karena itu, pemanfaatan bioetanol dari kulit kelapa muda terhadap emisi gas buang yang di keluarkan pada sepeda motor empat langkah injeksi.

METODA

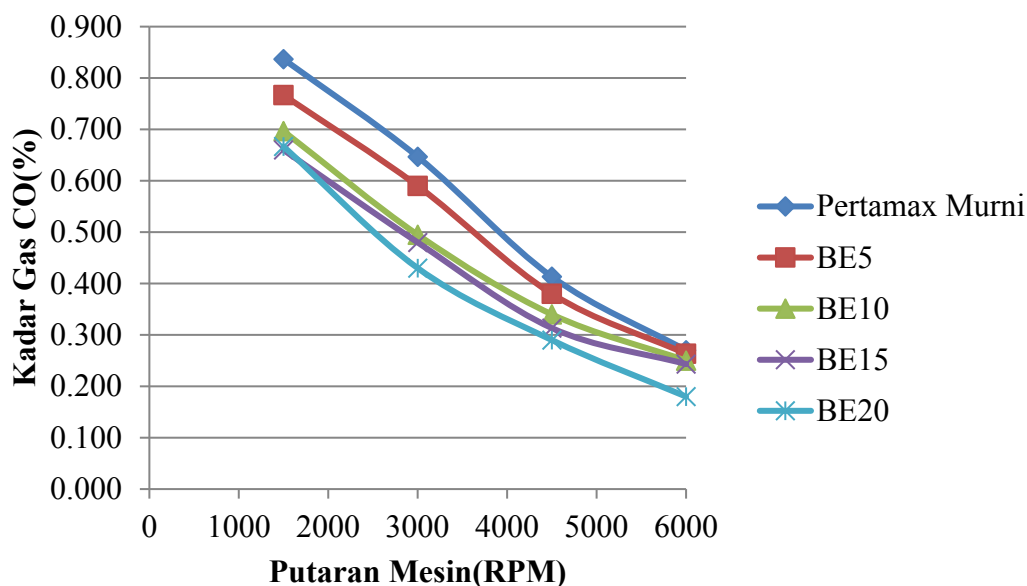
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang tergolong penelitian eksperimen. Penelitian ini merupakan penelitian yang digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Data pada penelitian ini merupakan data primer yang langsung didapatkan dari alat gas analyzer. Mesin 4 langkah yang digunakan adalah mesin Yamaha Xeon RC.

Data divariasikan dengan putaran mesin 1500rpm, 3000 rpm, 4500rpm, dan 6000 rpm. Setelah didapatkan data gas CO dan HC menggunakan bahan bakar pertamax sebagai perbandingan untuk campuran BE5, BE10, BE15, BE20 (BE5 = 95% bahan bakar pertamax dengan 5% bioetanol kulit kelapa muda, BE10 = 90% bahan bakar pertamax dengan 10% bioetanol kulit kelapa muda, BE15 = 85% bahan bakar pertamax dengan 15% bioetanol kulit kelapa muda, BE20 = 80% bahan bakar pertamax dengan 20% bioetanol kulit kelapa muda). Data selanjutnya di masukkan ke dalam grafik dan dilakukan uji beda dengan uji t polled varian untuk melihat pengaruh yang di timbulkan signifikan atau tidak signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

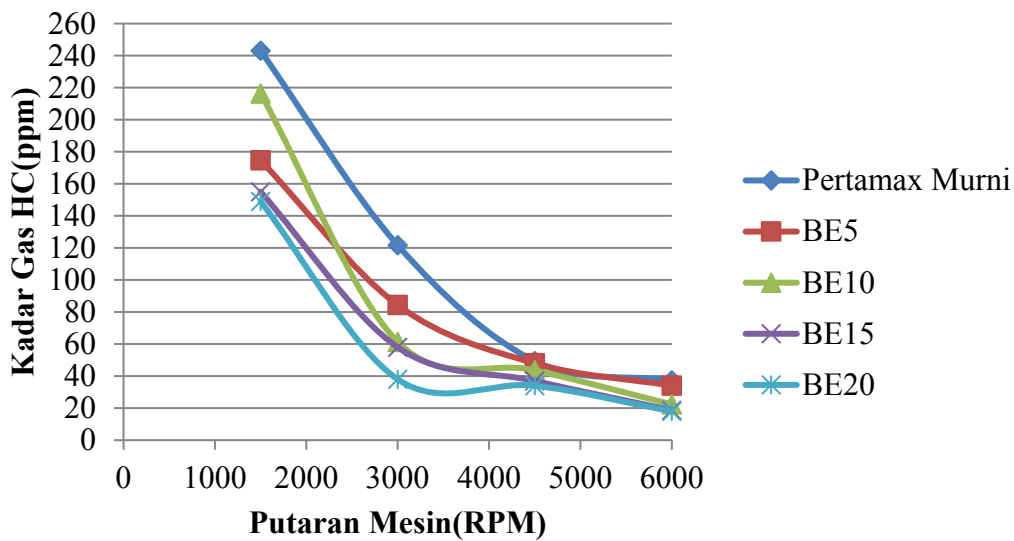
Data dari hasil pengukuran emisi gas buang didapatkan langsung dari hasil pembacaan alat gas analyzer. Data kadar CO dan HC yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan dideskripsikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik kadar gas CO(%)

Berdasarkan gambar 1 hasil pengujian kadar emisi gas buang didapatkan bahwa kadar CO yang dikeluarkan paling tinggi pada bahan bakar pertamax. Seiring dengan meningkatnya kadar campuran bioetanol dari kulit kelapa muda terhadap pertamax maka kadar CO semakin menurun. Kadar CO juga terus mengalami penurunan pada saat penambahan putaran mesin. Kadar gas CO terendah pada saat putaran idle didapatkan pada kadar campuran BE15 dan B20

yang hasilnya hampir sama yaitu kadar CO 0,66% dan 0,667%. Pada putaran tinggi 6000 RPM kadar CO terendah didapatkan dari campuran bahan bakar BE20 dengan kadar CO 0,18%.



Gambar 2. Grafik kadar gas HC(ppm)

Selanjutnya data hasil pengukuran gas HC disajikan pada gambar 2 didapatkan bahwa kadar HC yang dikeluarkan paling tinggi pada bahan bakar pertamax dibandingkan dengan . Seiring bertambahnya kadar campuran bioetanol dari kulit kelapa muda terhadap pertamax maka kadar HC semakin menurun. Kadar HC juga terus mengalami penurunan di setiap kenaikan putaran mesin. Kadar HC terendah didapatkan pada campuran BE20 dengan hasil 149 ppm pada putaran 1500 RPM dan 18 ppm pada putaran 6000 RPM.

Dari data pengujian dapat ditarik kesimpulan bahwa kadar emisi gas buang CO akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya campuran bahan bakar pertamax dan bioetanol dari kulit kelapa muda. Kadar CO akan ikut berkurang dengan meningkatnya putaran mesin. Sama halnya dengan gas CO, kadar emisi gas HC juga akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya campuran bahan bakar pertamax dan bioetanol dari kulit kelapa muda. Kadar HC akan ikut berkurang dengan meningkatnya putaran mesin.

Setelah didapatkan angka emisi BE5, BE10, BE15 dan BE20 dan dibandingkan dengan angka emisi dari bahan bakar pertamax, untuk mengetahui perbandingan angka yang didapatkan hasilnya signifikan tau tidak signifikan maka digunakan uji t dengan rumus polled varian. Hasil t hitung akan di bandingkan dengan t tabel.

Tabel 1. Perbandingan emisi gas Buang CO Pertamax dan BE5

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	0,542	0,251	0,063	6	0,248	1,940	Tidak Signifikan
B5%	4	0,500	0,223	0,050				

Pertama, perbandingan bahan bakar pertamax dan BE5 gas CO. Berdasarkan data statistik uji t pada tabel 1 dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,248 sedangkan t tabel = 1,940. Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE5 terhadap kadar emisi gas CO yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC.

Kedua, perbandingan bahan bakar pertamax dan BE10 gas CO. Berdasarkan data statistik uji t pada tabel 2 dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,606 sedangkan t tabel = 1,940.

Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE10 terhadap kadar emisi gas CO yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC.

Tabel 2. Perbandingan emisi gas Buang CO Pertamax dan BE10

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	0,542	0,251	0,063	6	0,606	1,940	Tidak Signifikan
B10%	4	0,500	0,223	0,050				

Tabel 3. Perbandingan emisi gas Buang CO Pertamax dan BE15 gas CO

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	0,542	0,251	0,063	6	0,753	1,940	Tidak Signifikan
B15%	4	0,196	0,753	0,567				

Ketiga, perbandingan bahan bakar pertamax dan BE15. Berdasarkan data statistik uji t pada tabel 3 dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,753 sedangkan t tabel = 1,940. Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE15 terhadap kadar emisi gas CO yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC.

Tabel 4. Perbandingan emisi gas Buang CO Pertamax dan BE20 gas CO

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	0,542	0,251	0,063	6	0,918	1,940	Tidak Signifikan
B20%	4	0,392	0,210	0,044				

Keempat, perbandingan bahan bakar pertamax dan BE20. Berdasarkan data statistik uji t pada tabel 4 dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,918 sedangkan t tabel = 1,940. Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE20 terhadap kadar emisi gas CO yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC

Tabel 5. Perbandingan emisi gas Buang HC Pertamax dan BE5

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	112,833	94,435	8917,963	6	0,485	1,940	Tidak Signifikan
B5%	4	85,250	63,273	4003,435				

Kelima, perbandingan bahan bakar pertamax dan BE5. Berdasarkan data statistik uji t pada tabel 5 dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,321 sedangkan t tabel = 1,940. Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE5 terhadap kadar emisi gas HC yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC.

Tabel 6. Perbandingan emisi gas Buang HC Pertamax dan BE10

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	112,833	94,435	8917,963	6	0,416	1,940	Tidak Signifikan
B10%	4	85,917	88,394	7813,583				

Keenam, perbandingan bahan bakar pertamax dan BE10. Berdasarkan data statistik uji t pada tabel 6 dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,416 sedangkan t tabel = 1,940. Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang

signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE10 terhadap kadar emisi gas HC yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC.

Tabel 7. Perbandingan emisi gas Buang HC Pertamax dan BE15

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	112,833	94,435	8917,963	6	0,814	1,940	Tidak Signifikan
B15%	4	67,167	60,721	3687,000				

Ketujuh, perbandingan bahan bakar pertamax dan BE15. Berdasarkan data statistik uji t di tabel 7 atas dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,814 sedangkan t tabel = 1,940. Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE15 terhadap kadar emisi gas HC yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC.

Tabel 8. Perbandingan emisi gas Buang HC Pertamax dan BE20

Bahan Bakar	N	Mean	S	S2	df	t hitung	t tabel	keterangan
Pertamax	4	112,833	94,435	8917,963	6	0,948	1,940	Tidak Signifikan
B20%	4	59,750	60,124	3614,917				

Kedelapan, perbandingan bahan bakar pertamax dan B20%. Berdasarkan data statistik uji t pada tabel 8 dapat dilihat bahwa *t test* (t hitung) nilainya = 0,948 sedangkan t tabel = 1,940. Artinya *t test* (t hitung) < t tabel. Dari data dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara bahan bakar pertamax dengan BE20 terhadap kadar emisi gas HC yang dikeluarkan sepeda motor Yamaha Xeon RC.

Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian emisi gas buang pada sepeda motor empat langkah injeksi dengan memvariasikan campuran bahan bakar pertamax dengan bioetanol kulit kelapa muda terjadi penurunan kadar gas CO dan HC di setiap penambahan kadar bioetanol kulit kelapa muda. Artinya, kadar gas CO dan HC yang dihasilkan saat menggunakan bahan bakar pertamax lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar pertamax dicampur bioetanol kulit kelapa muda. Semakin tinggi kadar campuran bioetanol kulit kelapa muda, kadar gas CO da HC akan semakin menurun hingga campuran BE20.

Hal di atas sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan [11] dan [12] didapatkan hasil bahwa terjadi penurunan emisi gas buang dengan menambahkan etanol sebagai campuran bahan bakar bensin. Sama halnya dengan penelitian [10] yaitu penambahan bahan bakar bensin dengan etanol mengakibatkan pembakaran yang lebih baik disebabkan penguapan etanol yang cepat dalam masuknya ke silinder dan membuat pencampuran yang lebih baik, mengakibatkan emisi gas buang menurun.

Dari hasil penelitian dan penelitian terdahulu penurunan kadar gas CO terjadi karena etanol merupakan senyawa oksigenat yang mampu mereduksi gas CO sehingga membuat bahan bakar yang masuk ke dalam silinder lebih *droplet*. Penurunan gas HC disebabkan dari bahan bakar yang masuk ke dalam silinder lebih *droplet*, sehingga bahan bakar dapat terbakar secara keseluruhan.

Setelah dilakukan perhitungan uji beda menggunakan uji t dan dibandingkan dengan t tabel. Hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel 14 sampai dengan tabe 21 dan perhitungan t hitung dapat dilihat pada lampiran 2 halaman 57, didapatkan bahwa nilai t hitung lebih kecil dari nilai t tabel. Artinya, tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil penelitian.

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh dari penggunaan campuran bioetanol kulit kelapa muda terhadap emisi gas buang. Dapat dilihat

dari tabel dan grafik hasil penelitian, terjadi penurunan kadar gas CO dan HC. Meskipun nilai penurunan kadar gas CO dan HC tidak signifikan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan, bahwa : Variasi penggunaan campuran bioetanol kulit kelapa muda terhadap bahan bakar pertamax yang di uji pada sepeda motor Yamaha Xeon RC memiliki pengaruh terhadap emisi gas buang yang dikeluarkan. Pemberian perlakuan mengakibatkan penurunan kadar emisi gas buang, penurunan kadar emisi diringi dengan penambahan kadar campuran bioetanol.

Dibandingkan dengan bahan bakar pertamax dan beberapa kadar campuran lainnya. Penurunan emisi gas buang CO dan HC terbesar pada campuran bioetanol kulit kelapa muda B20 dengan kadar CO 0,18% dan HC 18 ppm. Dari keseluruhan data emisi yang didapatkan dan dibandingkan dengan peraturan kementerian lingkungan hidup tahun 2006 didapatkan bahwa campuran bahan bakar masih di bawah ambang batas emisi gas buang, sehingga aman untuk lingkungan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, penulis menyarankan beberapa hal. Pertama, pada penelitian ini masih terbatas pada beberapa putaran mesin, sehingga pada penelitian lanjutan harapannya bisa dilakukan pada variasi putaran mesin yang lebih banyak agar data yang dihasilkan lebih detail disetiap kondisi kerja mesin. Berikutnya, penelitian selanjutnya sebaiknya juga dilakukan pengukuran terhadap kadar gas buang yang lainya seperti CO₂ dan O₂. Sehingga dapat dilakukan pembahasan lebih mendalam lagi.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] B. P. Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2017," 2018. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>. [Accessed: 07-Jul-2019].
- [2] B. P. D. P. TEKNOLOGI, "Outlook Energi Indonesia 2014," *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [3] C. Berg, "World Fuel Ethanol Analysis And Outlook," 2004. [Online]. Available: <https://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&O-2004.html>. [Accessed: 05-Sep-2019].
- [4] R. C. Anyanwu, C. Rodriguez, A. Durrant, and A. G. B. T.-R. M. in M. S. and M. E. Olabi, "Micro-Macroalgae Properties and Applications," Elsevier, 2018.
- [5] M.-A. Arsène, K. Bilba, and C. Onésippe, "4 - Treatments for viable utilization of vegetable fibers in inorganic-based composites," H. Savastano Junior, J. Fiorelli, and S. F. B. T.-S. and N. C. M. using I. B. F. C. dos Santos, Eds. Woodhead Publishing, 2017, pp. 69–123.
- [6] M. M. S. Cabral, A. K. de S. Abud, C. E. de F. Silva, and R. M. R. G. Almeida, "Bioethanol production from coconut husk fiber," *Ciência Rural*, vol. 46, no. 10, pp. 1872–1877, 2016.
- [7] M. Fauzi, "Pengaruh Bioetanol Terhadap Lambda Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor." Digilib UNNES, 2015.
- [8] M. E. Prasetyo, Sartijo, "Analisa Performa Mesin Dan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Memanfaatkan Bioetanol Dari Bahan Baku Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Campuran Peralite," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 43–54, 2018.
- [9] J. Karman, *Teknologi dan Proses Pengelolaan Biomassa*. Bandung: Alfabeta, 2012.
- [10] M. Ghazikhani, M. Hatami, B. Safari, and D. Domiri Ganji, "Experimental investigation of exhaust temperature and delivery ratio effect on emissions and performance of a gasoline-ethanol two-stroke engine," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 2, pp. 82–90, 2014.

- [11] R. Khairi, H. Maksun, and Martias, "Pengaruh Penggunaan Campuran Bahan Bakar Premium-Etanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin Empat Langkah," *Automot. Eng. Educ. JOURNALS*, vol. 1, 2015.
- [12] B. Sulistyono, J. Sentanuhady, and A. Susanto, "Pemanfaatan Etanol Sebagai Octane Improver Bahan Bakar Bensin Pada Sistem Bahan Bakar Injeksi Sepeda Motor 4 Langkah 1 Silinder," *Thermofluid Semin. Nas.*, vol. 3, pp. 196–200, 2009.