

The Effect of Electrolyzer Installation on 4-Stroke Modified Injection Motorcycle on Fuel Consumption and Exhaust Gas

Pengaruh Penambahan Elektroliser pada Sepeda Motor 4 Langkah Modifikasi Injeksi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Gas Buang

Ridho Wahyudi^{1*}, Wawan Purwanto¹, Hasan Maksum¹, M Yasep Setiawan¹, Yoga Guntur Sampurno²

Abstract

The increasing population of motorbikes has an impact on fuel needs and the resulting increase in exhaust emissions. The electrolyzer has an effect on fuel consumption and gasoline exhaust of a modified 4-stroke motorbike. This research is experimental research, starting with designing and making the tools to be studied, then conducting research. As a result, there was a decrease in fuel consumption of 31.36% at 2000 RPM rotation, 8.73% at 4000 RPM engine speed, and 15.48% at 6000 RPM rotation. While exhausting emissions, there was a decrease in CO of 47.37%, an increase in h2o of 24.37%, and a decrease in HC of 45.11% at 2000 RPM rotation. The 4000 RPM rotation decreased CO by 89.11%, CO2 increased by 35.48%, and HC decreased by 36.98%. The 6000 RPM rotation decreased CO by 41.67%, CO2 increased by 17.26% and HC decreased by 6.92%.

Keywords

Fuel Consumption, Exhaust Emissions, Electrolyzer

Abstrak

Semakin banyak populasi sepeda motor berdampak pada kebutuhan bahan bakar dan meningkatnya emisi gas buang yang dihasilkan. Elektroliser berpengaruh pada konsumsi bahan bakar dan gas buang sepeda motor 4 langkah modifikasi injeksi. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, dimulai dengan merancang dan membuat alat yang akan diteliti, kemudian dilakukan penelitian. Hasilnya, terjadi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 31.36% pada putaran 2000 RPM, 8.73% pada putaran mesin 4000 RPM dan 15.48% pada putaran 6000 RPM. Sedangkan emisi gas buang, terjadi penurunan CO sebesar 47.37%, kenaikan CO₂ sebesar 24.37% dan penurunan HC sebesar 45.11% pada putaran 2000 RPM. Putaran 4000 RPM terjadi penurunan CO sebesar 89.11%, kenaikan CO₂ sebesar 35.48%, dan penurunan HC sebesar 36.98%. Putaran 6000 RPM terjadi penurunan CO sebesar 41.67%, kenaikan CO₂ sebesar 17.26% dan penurunan HC sebesar 6.92%.

Kata Kunci

Konsumsi bahan bakar, Emisi gas buang, Elektroliser

¹Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Kampus UNP, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Sumatera Barat

²Jurusan Teknik Mesin dan Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

Jl. Colombo Yogyakarta No.1, Karang Malang, Caturtunggal, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

* ridho.wahyudi12@gmail.com

PENDAHULUAN

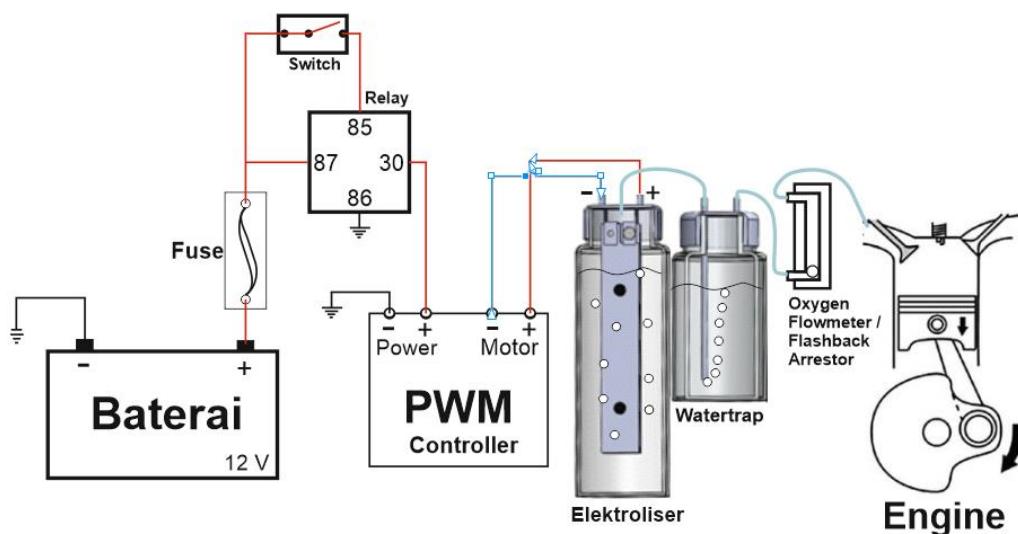
Peningkatan pertumbuhan ekonomi masyarakat berdampak pada peningkatan keinginan masyarakat untuk memiliki sepeda motor. Berdasarkan survei Badan Pusat Statistik, populasi sepeda motor di Indonesia terus terjadi peningkatan dari tahun ke tahun. Untuk provinsi Sumatera Barat, tahun 2019 populasi sepeda motor sebanyak 1.979.526 unit, meningkat di tahun 2020 populasi sepeda motor menjadi 2.022.227 unit dan begitu juga pada tahun 2021 populasi sepeda motor terus meningkat menjadi 2.188.305 unit^[1]. Hal ini tentu akan menimbulkan permasalahan, seperti meningkatnya polutan udara dikarenakan pencemaran dari gas buang kendaraan dan meningkatnya kebutuhan bahan bakar. Meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan tentu akan menimbulkan banyak kerugian pada lingkungan^[2]. Memang benar motor bakar dengan bahan bakar fosil akan selalu menghasilkan gas polutan khususnya CO, HC, dan NOx. Selain itu, hal ini membuat bahan bakar fosil semakin berkurang dan langka^[3]. Dengan begitu, perlu adanya keterbaruan bahan bakar alternatif, salah satu cairan yang dapat diaplikasikan dalam ruang bakar kendaraan yaitu menggunakan air. Saat ini kendaraan dengan bahan bakar minyak fosil bisa digantikan oleh gas HHO yang terdapat pada air dan kendaraan bahan bakar air ini yang telah dikembangkan mulai dari abad 19, salah satu alat yang paling terkenal adalah *water fuel cell* ciptaan Stanley Meyer^[4].

Kendaraan dengan bahan bakar air dapat menjadi solusi dari permasalahan bahan bakar, namun penemuan bahan bakar air juga memiliki kekurangan, kekurangannya yaitu air perlu diproses untuk pemisahaan molekul agar bisa menjadi bahan bakar, proses ini membutuhkan energi listrik yang besar. Dengan pemanfaatan air sebagai suplemen bahan bakar, menjadi solusi untuk mengurangi emisi gas buang^[5]. Temuan pada bahan bakar air generator mini nikuba buatan lokal, seperti Aryanto Misel sudah diteliti dan diuji dengan kendaraan bermotor dan mendapatkan hasil yang baik, yang berarti bahan bakar air generator mini buatan Aryanto Misel berhasil^[6]. Hingga saat ini, HHO atau brown gass menjadi alternatif energi terbarukan yang banyak diteliti, pengaplikasian HHO pada kendaraan mampu menurunkan konsumsi bahan bakar dari 14% sampai 18%, akan tetapi untuk mendapatkannya diperlukan penambahan energi listrik^[7].

Pembaharuan terus dilakukan agar bahan bakar air ini bisa diaplikasikan kepada kendaraan bermotor secara masal. Sehingga peneliti, ikut serta mencari pembaharuan untuk bahan bakar air ini. Peneliti melakukan penelitian terhadap sepeda motor modifikasi injeksi dengan perlakuan elektroliser tipe basah (*wet cell*) dengan campuran elektrolit 500 ml air dan 5 gram NaHCO₃. Pemanfaatan elektroliser pada kendaraan bermotor yang dimodifikasi injeksi diharapkan dapat membantu melengkapi temuan yang telah dicapai sebelumnya.

Elektroliser

Elektroliser adalah generator penghasil gas Hidrogen (HHO). Prosesnya untuk memisahkan hidrogen dan oksigen dari air (H₂O), pada elektroliser terdapat anoda dan katoda. Pada katoda terjadi reaksi penangkapan dua elektron yang mengalir ke katoda sehingga direduksi menjadi H₂ dan ion OH⁻. Ion OH⁻ inilah yang akan mengalir ke anoda. Sehingga pada anoda elektronnya terlepas ke permukaan anoda kemudian kembali ke sumber listrik. Ion OH⁻ yang terurai terurai akan membentuk gelembung oksigen dan air. Gas H₂ dihasilkan oleh katoda, sedangkan gas O₂ dihasilkan oleh anoda pada proses elektrolisis^[8]. Elektroda yang digunakan pada elektroliser dari bahan konduktor, yang sering aplikasikan yaitu *stainless steel*, grafit, besi, dan tembaga^[9]. Penggunaan baja tahan karat berjenis *stainless steel* pada penelitian ini dikarenakan memiliki kandungan Cr yang tinggi dan mampu mencegah terjadinya korosi^[10]. Rancangan elektroliser dalam penelitian ini terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema pemasangan elektroliser pada sepeda motor

Tabung elektroliser berisi larutan elektrolit (0.5 liter air distilasi + 5 gram NaHCO₃) akan mengisi penuh ruang cell elektroliser, lalu dialiri tegangan listrik 5.8 volt dari PWM controller ke kutup positif (anoda) dan negatif (katoda) pada tabung elektroliser. Guna menghambat korosi, digunakan elektrolit dengan persentase katalis yang dibatasi hingga 28% (berat)[11]. Dengan dialiri aliran listrik pada elektroda, menyebabkan terjadinya proses elektrolisis dan terbentuk gelembung udara. Hal ini menjadi pertanda adanya reaksi pada air, pada anoda menghasilkan gas O₂ dan H₂ didapatkan dari katoda.

Gelembung udara tersebut dialiri ke tabung pemisah gas dengan air (water trap). Pada water trap terjadi pemisahan antara uap air dan gas hidrogen dengan teknik kondensasi. Selanjutnya, gas hidrogen tersebut dialirkan ke oxygen flowmeter yang juga berperan sebagai flashback arrestor untuk pengaman dan diteruskan ke intake manifold. Gas yang sudah dialirkan ke intake manifold akan menjadi homogen dengan campuran udara dan bahan bakar.

Brown Gas

Brown gas atau HHO adalah campuran antara hidrogen dan oksigen[12]. Menurut Pratiwi, HHO adalah gabungan hidrogen(H₂) dan oksigen(O₂) didapatkan dari air murni (H₂O) yang diuraikan melalui proses elektrolisis atau hidrolisis[13]. Pada prosesnya, terjadi peningkatan suhu dengan rentang waktu tertentu, semakin meningkat suhu berdampak pada semakin cepatnya reaksi[14]. Secara alami, gas HHO mudah meledak dengan *auto-ignition* 570°C pada ruang standar (tekanan dan temperatur). Energi yang terkandung pada gas HHO yaitu sekitar 139,560 kJ/kg[15].

Gas hidrogen bisa dihasilkan metode elektrolisis air. Elektrolisis yaitu penguraian elektrolit dengan memanfaatkan arus listrik. Reaksi kimia yang terjadi pada sel elektrolisis akan terjadi jika dialiri arus listrik. Dalam pemanfaatannya, gas HHO juga bisa menjadi bahan bakar kompor, campuran bahan bakar kendaraan bermotor yang berdampak pada performa mesin [16].

Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation merupakan metode manipulasi lebar sinyal (pulsa) untuk satu periode, sehingga didapatkan perbedaan tegangan rata-rata. Arus yang terlalu besar akan berdampak pada peningkatan suhu ruang elektroliser (tabung). Untuk mengatasi hal ini, perlu diaplikasikan kontrol arus pada elektroliser agar tidak terjadi ledakan [17]. Dikarenakan pemanfaatan proses elektrolisis akan terjadi selama menfaatannya akan terjadi density

elektrolit yang terus meningkat sehingga menghasilkan thermal. Hal ini juga akan menyebabkan aliran arus elektrolisis juga meningkat. Jika dibiarkan, akan berdampak pada keringnya elektroliser atau yang sering disebut *thermal runaway* [18]. Sebagai solusi atas permasalahan ini, diaplikasikan *Pulse Width Modulator*.

Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar adalah nominal yang menunjukkan berapa kilometer yang mampu didapatkan oleh motor dengan 1 liter bensin [19]. Pada penelitian ini konsumsi bahan bakar menjadi hal yang akan diteliti. Beberapa faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar, yaitu perbandingan campuran udara dan bahan bakar, putaran engine, temperatur, beban.

Untuk perhitungan bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$FC = \frac{V}{t} \cdot \rho_{bb} \cdot \frac{3600}{1000} \text{ kg/jam} \quad (1)$$

dengan

- FC = Jumlah bahan bakar yang terpakai
- V = Volume bahan bakar yang terpakai (cm³)
- t = Waktu yang digunakan (detik)
- ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar
- $\frac{3600}{1000}$ = Bilangan konversi

Kemudian konsumsi bahan bakar diubah kedalam liter/jam:

$$m^o f = \frac{V_{bb}}{t} \text{ liter/jam} \quad (2)$$

Keterangan:

- $m^o f$ = Bahan bakar yang digunakan (liter/jam)
- V_{bb} = Volume bahan bakar yang digunakan (cm³)
- t = Waktu dibutuhkan (detik)

dimana:

- 1 cm³ = 10-3 liter
- 1 dt = 1/3600 jam

Gas Buang

Gas buang adalah salah satu hasil pembakaran motor pembakaran dalam berupa gas (HC, CO, NOx). Gas ini akan dihasilkan jika pembakaran tidak sempurna dan dikeluarkan melalui knalpot *exhaust manifold*. Gas ini akan mempengaruhi kualitas udara dan berpotensi mencemari udara, bersifat racun. Hasil pembakaran yang sempurna maka menghasilkan reaksi CO₂ dan H₂O saja [20].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk kedalam penelitian eksperimen, penelitian ini diawali dengan merancang dan membuat peralatan yang akan diteliti, kemudian dilakukan percobaan dengan variasi putaran mesin 2000 rpm, 4000 rpm, 6000 rpm dan berbagai macam (eksperimen) yaitu percobaan standar, percobaan tanpa perlakuan elektroliser. Penelitian eksperimen dilakukan dengan menguji satu atau dua treatment [21]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan elektroliser terhadap konsumsi bahan bakar dan gas buang yang dihasilkan. Suatu desain dalam penelitian ini akan terdapat dua kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kontrol dengan pola pada Tabel 1.

Tabel 1. Pola Penelitian

Kelompok	Perlakuan	Hasil percobaan	Keterangan
R	X1	Y1	Tanpa perlakuan (tanpa menggunakan tabung elektroliser)
R	X2	Y2	Perlakuan menggunakan tabung elektroliser

Keterangan:

R : Kelompok eksperimen dan kontrol

X1 : Tanpa perlakuan (tanpa penambahan elektroliser)

X2 : Perlakuan dengan penambahan elektroliser

Y1 : Pengaruh tanpa perlakuan (tanpa penambahan elektroliser)

Y2 : Pengaruh penambahan elektroliser.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Setelah dilakukan perancangan alat elektroliser, dilanjutkan dengan pengaplikasian pada sepeda motor modifikasi injeksi, dapat diliat pada [Gambar 2](#).



[Gambar 2.](#) Rancangan elektroliser pada sepeda motor

Hasil data penelitian dengan perlakuan elektroliser dan tanpa perlakuan elektroliser dengan variasi putaran mesin 2000 rpm, 4000 rpm, 6000 rpm. Berdasarkan data pada [Tabel 2](#), elektroliser yang diteliti mampu menghasilkan rata rata 1.91 ml per detik dengan tegangan 5.80 volt.

[Tabel 2.](#) Hasil pengukuran produksi gas HHO per detik

Percobaan	Tegangan (volt)	Waktu (detik)	Volume (ml)	Produksi (ml/detik)
1	5.80	10	20	2
2	5.79	10	19	1.9
3	5.81	10	18.4	1.84
Debit rata-rata			1.91	

Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Percobaan konsumsi bahan bakar sepeda motor 4 langkah modifikasi injeksi dimulai dengan mencari nilai konsumsi bahan bakar tanpa perlakuan elektroliser yang menjadi nilai awal untuk pembanding terhadap pengaruh setelah dilakukan percobaan dengan perlakuan elektroliser. Dapat diliat pada [Tabel 3](#), dengan variasi putaran mesin dalam waktu yang ditetapkan yaitu 60 detik, dilakukan 2 kali percobaan dan dicari nilai rata-ratanya untuk nilai yang akan dibandingkan.

Tabel 3. Hasil percobaan konsumsi bahan bakar tanpa perlakuan

Tanpa Perlakuan Elektroliser						
No	Putaran Mesin (RPM)	Waktu (detik)	Percobaan (ml)			Rata-rata (ml/detik)
			I	II	Rata-rata	
1.	2000	60	7.4	6.8	7.1	0.118
2.	4000	60	7.2	8	7.6	0.126
3.	6000	60	9.6	9	9.3	0.155

Setelah dilakukan pengaplikasian elektroliser pada sistem bahan bakar sepeda motor 4 langkah modifikasi injeksi, dilakukan percobaan konsumsi bahan bakar dengan dua kali percobaan, selanjutnya diambil nilai rata-rata dari kedua nilai tersebut yang dapat diliat pada [Tabel 4](#).

Tabel 4. Hasil percobaan konsumsi bahan bakar dengan perlakuan

Dengan Perlakuan Elektroliser						
No	Putaran Mesin (RPM)	Waktu (detik)	Percobaan (ml)			Rata-rata (ml/detik)
			I	II	Rata-rata	
1.	2000	60	4.2	5.6	4.9	0.081
2.	4000	60	7.2	6.6	6.9	0.115
3.	6000	60	8.6	7.2	7.9	0.131

Berdasarkan data percobaan pada [Tabel 3](#) dan [Tabel 4](#), terjadi perubahan konsumsi bahan bakar dengan penambahan elektroliser pada sistem bahan bakar sepeda motor 4 langkah modifikasi injeksi, dapat diliat pada [tabel 5](#).

Tabel 5. Kalkulasi perubahan rata rata konsumsi bahan bakar

No	Putaran Mesin (RPM)	Konsumsi Bahan Bakar (ml/detik)		Perubahan (ml/detik)
		Tanpa Elektroliser	Dengan Elektroliser	
1.	2000	0.118	0.081	0.037
2.	4000	0.126	0.115	0.011
3.	5000	0.155	0.131	0.024

Pengujian Emisi Gas Buang

Percobaan ini dilakukan dengan variasi putaran mesin dan dua kali percobaan untuk mendapatkan nilai rata-rata yang akan menjadi nilai pembanding terhadap nilai emisi gas buang dengan perlakuan elektroliser. Didapatkan nilai CO, CO₂, dan HC seperti pada [Tabel 6](#).

Tabel 6. Hasil percobaan emisi gas buang tanpa perlakuan

No.	Putaran Mesin (RPM)	Tanpa Perlakuan Elektroliser								
		CO (%)			CO ₂ (%)			HC (ppm)		
		Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Rata-rata
1.	2000	6.14	6.78	6.46	8.1	7.9	8	176	243	209.5
2.	4000	5.01	5.09	5.05	9.4	9.2	9.3	115	116	115.5
3.	6000	4.44	4.45	4.44	9.9	9.8	9.85	208	240	224

Selanjutnya dilakukan percobaan emisi gas buang dengan perlakuan elektroliser yang dapat diliat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil percobaan emisi gas buang dengan perlakuan

No.	Putaran Mesin (RPM)	Dengan Perlakuan Elektroliser								
		CO (%)			CO ₂ (%)			HC (ppm)		
		Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Rata-rata
1.	2000	2.76	4.04	3.4	10.2	9.7	9.95	92	138	115
2.	4000	0.25	0.86	0.55	12.7	12.5	12.6	151	45	98
3.	6000	2.32	2.87	2.59	11.6	11.5	11.55	165	252	208.5

Berdasarkan data percobaan pada [Tabel 6](#) dan [Tabel 7](#), dapat diliat perubahan nilai emisi gas buang pada [tabel 8](#). Nilai CO dan HC terjadi penurunan, tetapi nilai CO₂ terjadi kenaikan yang menandakan terjadinya pembakaran yang lebih baik..

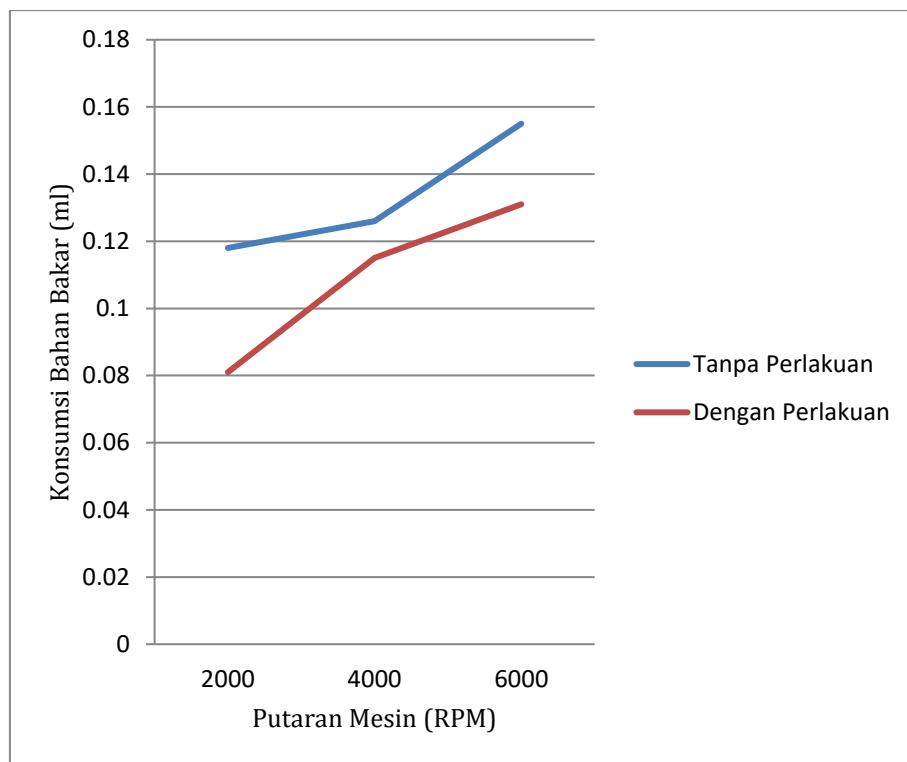
Tabel 8. Kalkulasi perubahan rata rata emisi gas buang

N o.	Puta ran Mesi n (RP M)	Emisi Gas Buang								
		CO (%)			CO ₂ (%)			HC (ppm)		
		Tanpa perlakuan	Denga n perlakuan	Perub ahana	Tanp a perlakuan	Deng an perlakuan	Perub ahana	Tanp a perlakuan	Denga n perlakuan	Perub ahana
1.	2000	6.46	3.4	3.06	8	9.95	-1.96	209.5	115	94.5
2.	4000	5.05	0.55	4.5	9.3	12.6	-3.3	115.5	98	17.5
3.	6000	4.44	2.59	1.85	9.85	11.55	-1.7	224	208.5	15.5

Grafik Hasil Percobaan

Percobaan konsumsi bahan bakar

Menurut data kalkulasi perubahan rata rata pemakaian bahan bakar dalam Tabel 5, maka dapat dijelaskan dalam bentuk grafik. Percobaan Konsumsi Bahan Bakar dapat dilihat pada [Gambar 3](#).

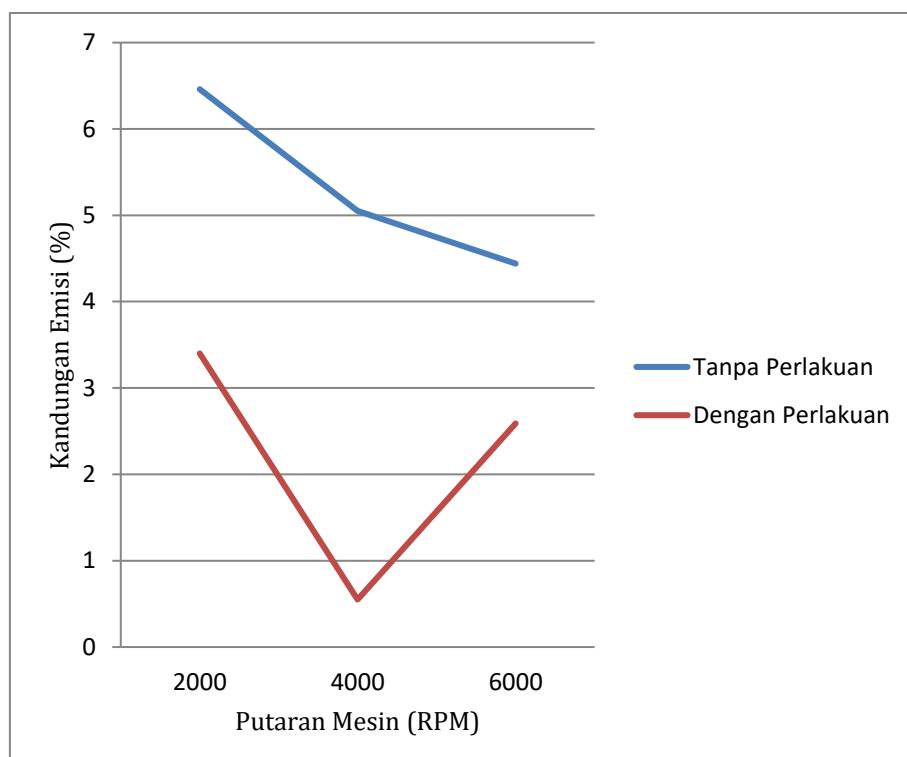


Gambar 3. Grafik Konsumsi Bahan Bakar

Percobaan emisi gas buang

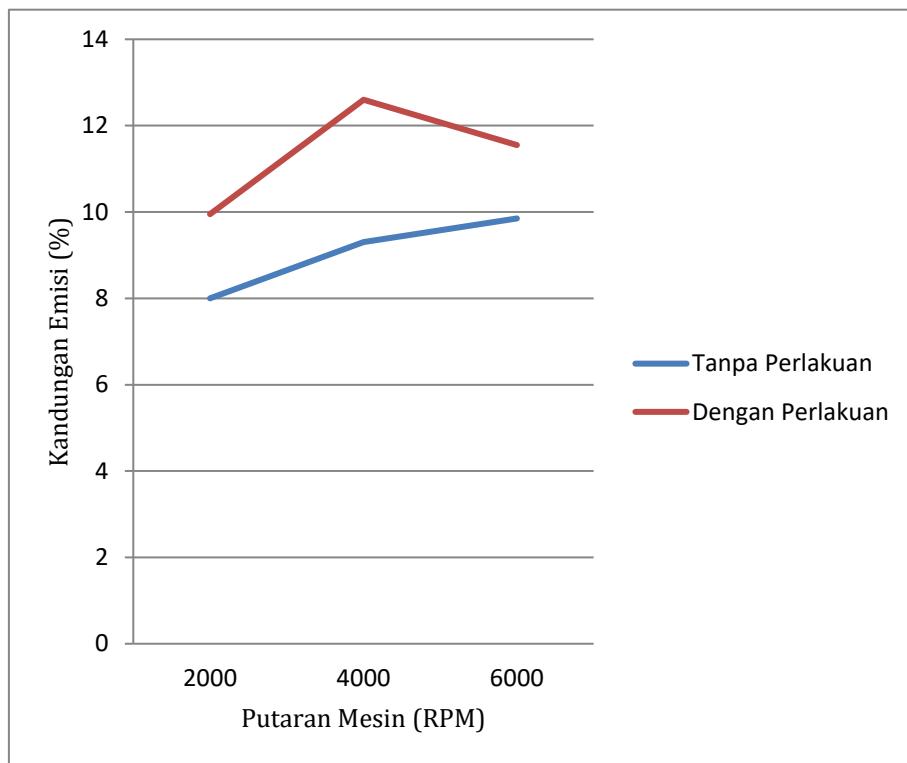
Menurut data kalkulasi perubahan rata rata emisi gas buang dalam [Tabel 8](#), maka dapat dijelaskan dalam bentuk grafik pada [Gambar 4](#), [Gambar 5](#) dan [Gambar 6](#).

1) Grafik hasil percobaan emisi gas buang CO



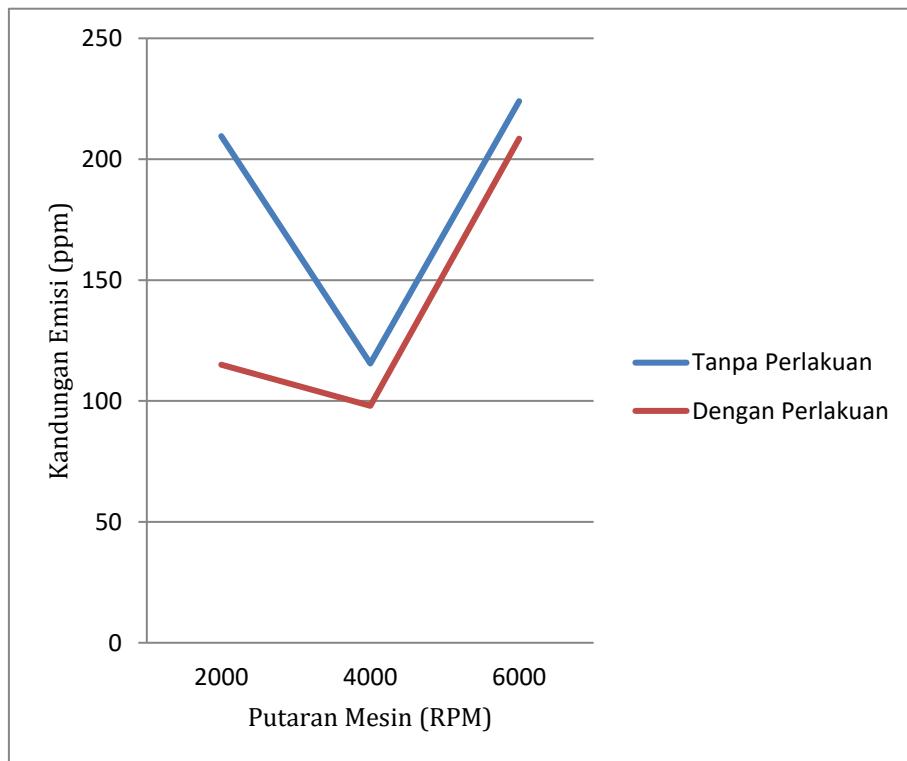
Gambar 4. Grafik emisi gas buang CO

2) Grafik hasil percobaan emisi gas buang CO₂



Gambar 5. Grafik emisi gas buang CO₂

3) Grafik hasil percobaan emisi gas buang HC



Gambar 6. Grafik emisi gas buang HC

Pembahasan

Dari grafik pada [Gambar 3](#), dapat dilihat hasil percobaan dan perbandingan antara penambahan elektroliser dengan tanpa penambahan elektroliser maka lebih bagus dengan penambahan elektroliser, dengan penurunan konsumsi bahan bakar terbaik pada putaran 2000 RPM yang terjadi penurunan pemakaian bahan bakar sebesar 0.037 ml/detik. Hal ini terjadi karena dengan penambahan gas HHO pada pembakaran maka akan menaikkan nilai oktan dari campuran udara dan bahan bakar yang membuat pembakaran menjadi sempurna. Hidrogen memiliki nilai oktan lebih tinggi dibandingkan dengan pertalite. Nilai oktan yang terkandung pada gas hidrogen lebih besar dari 130[\[22\]](#).

Dari grafik, dapat dilihat perubahan emisi gas buang hasil percobaan dan perbandingan antara penambahan elektroliser dan tanpa penambahan elektroliser, untuk emisi gas buang CO ([Gambar 4](#)) terjadi penurunan dengan nilai tertinggi pada putaran 4000 RPM sebesar 4.5%, sedangkan untuk emisi gas buang CO₂ ([Gambar 5](#)) terjadi peningkatan dengan nilai tertinggi pada putaran 4000 RPM sebesar 3.3%, dan pada emisi gas buang HC ([Gambar 6](#)) terjadi penurunan dengan nilai tertinggi pada putaran 2000 RPM sebesar 94.5ppm.

Konsentrasi CO₂ dapat dijadikan acuan mengetahui status pembakaran di ruang bakar. Jika nilai CO₂ semakin tinggi maka dapat disimpulkan pembakaran mendekati sempurna atau semakin baik. Idealnya emisi CO₂ berada di sekitar 12% hingga 15%. Apabila nilai CO₂ berada dibawah 12%, maka kita harus memperhatikan emisi lain yang dihasilkan. Perlu diketahui bahwa sumber CO₂ ini hanya diruang bakar. Jika nilai CO₂ yang dihasilkan terlalu rendah tapi nilai CO dan nilai HC normal, maka dapat disimpulkan terjadi kebocoran pada *exhaust pipe*[\[23\]](#).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan konsumsi bahan bakar, terjadi penurunan. Putaran 2000 RPM terjadi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 31.36%, putaran 4000 RPM terjadi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 8.73% dan putaran 6000 RPM terjadi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 15.48%.

Berdasarkan percobaan emisi gas buang, terjadi perubahan emisi gas buang yang dihasilkan. Pada putaran 2000 RPM terjadi penurunan CO sebesar 47.37%, kenaikan CO₂ sebesar 24.37% dan penurunan HC sebesar 45.11%. Pada putaran 4000 RPM terjadi penurunan CO sebesar 89.11%, kenaikan CO₂ sebesar 35.48%, dan penurunan HC sebesar 36.98%. Pada putaran 6000 RPM terjadi penurunan CO sebesar 41.67%, kenaikan CO₂ sebesar 17.26% dan penurunan HC sebesar 6.92%.

Saran

Penggunaan elektroliser dapat dijadikan sebagai salah satu upaya untuk menurunkan konsumsi bahan bakar dan gas buang. Peneliti menganjurkan untuk penelitian selanjutnya menuangkan idenya dalam mendapatkan katalis dan perbandingan campurannya sehingga dapat menghasilkan gas HHO yang banyak tanpa membutuhkan arus yang besar.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Badan Pusat Statistik, Statistik Transportasi Provinsi Sumatera Barat, Padang: Badan Pusat Statistik, 2021.
- [2] Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M., & Caetano, N. "Analysis of fossil fuel energy consumption and environmental impacts in european countries". Energies, vol.12, no.6, pp.1–11, 2019.

- [3] Nabil, Tamer, & Khairat Dawood, M. M. "Enabling efficient use of oxy-hydrogen gas (HHO) in selected engineering applications; transportation and sustainable power generation". *Journal of Cleaner Production*, 2019.
- [4] Martawati, M. E, "Sistem Elektrolisa Air Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Kendaraan," *Jurnal Eltek*, vol.12, no.1, pp.93-104, 2017.
- [5] Setiawan, Y., & Salam, F, "Gas Hidrogen Pada Proses Elektrolisis Terhadap Emisi Dan Konsumsi Bahan Bakar," *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol.1, no.1, pp.10-13, 2018.
- [6] Setya, D. 2022. Pakar BRIN Beri Penjelasan Terkait Temuan Bahan Bakar Air, diakses 18 November 2022).
- [7] A. Fahrurrobin and U. M. Sidoarjo, "Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Generator HHO Model Wet Cell Terhadap Debit dan Efisiensi (Effectof Plates Gap of Wet Cells HHO Generatorto The Flowrate and Efficiency) Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Generator HHO Model Wet Cell Terhadap Debit dan Efis," *J. Saintek*, 2018.
- [8] Anam, Khairul. dkk, "Performansi Electrolyzer Dry Cell Pada Beberapa Jenis Material Elektroda Dan Jumlah Pelat Netral," *Universitas Brawijaya*, Malang, 2017.
- [9] A. Ridhuan, S. A. Osman, M. Fawzi, A. J. Alimin, and S. A. Osman, "A Review of Comparative Study on The Effect of Hydroxyl Gas in Internal Combustion Engine (ICE) On Engine Performance and Exhaust Emission," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol.87, no.2, pp.1-16, 2021.
- [10] de Fretes, H. V. Widhiyanuriyawan, D. "Pengaruh Variasi Diameter Lubang dan Bentuk Profil Elektroda serta Jumlah Pelat Netral terhadap Produksi Brown Gas". *Rekayasa Mesin*, vol.10, no.2, pp.155–163, 2019.
- [11] Kady, M. A. El. "Parametric study and experimental investigation of hydroxy (HHO) production using dry cell". *Fuel*, 2020.
- [12] T. B. Arjun, K. P. Atul, A. P. Muraleedharan, P. A. Walton, P. B. Bijinraj, and A. A. Raj, "A review on analysis of HHO gas in IC engines,". *Mater. Today Proc.*, vol.11, pp.1117–1129, 2019.
- [13] Pratiwi, P. Fachurrozi, A. "Perbandingan Performa Generator HHO Sel Basah dengan Elektroda Baja Galvanis dan Stainless Steel". *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang*, vol.11, no.2, pp.172–178, 2021.
- [14] Anggraini, I. N., Nugroho, W. S., Herawati, A. "Analisis Pengaruh Tegangan terhadap Karakteristik Kerja Sel Electrolyzer dengan Variasi Bahan Elektroda". *Jurnal Amplifier*, vol.9, no.1, pp.09–15, 2019.
- [15] Jakliński, P. "An experimental investigation of the impact of added HHO gas on automotive emissions under idle conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.45, no.23, pp.13119–13128, 2020.
- [16] Prasetyo, Rahmanto, R. H., & Diningrum, J. P. "Analisis Penggunaan Variasi Katalis NaOH, NaCl, dan KOH Terhadap Laju Aliran Gas HHO". *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol7, no.2, pp. 64–71, 2020.
- [17] H. Harman and A. Ahyar, "Design of HHO Generator to Reduce Exhaust Gas Emissions and Fuel Consumption of Non-Injection Gasoline Engine," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol.4, no.1, pp.9–17, 2019.
- [18] Nasrul, Witriponanda, "Rancang Bangun Sistem Pengontrolan Arus Dan Temperatur Pada Kompor Listrik Berbahan Bakar Air Berbasis Arduino MEGA 2560" *JURNAL TEKNIK ELEKTRO ITP*, vol.8, no.1, 2019.
- [19] Basori. "Experimental Investigation on Dry Cell Hho Generator With Catalyst". *Journal of Mechanical Engineering and Vocational Education*, vol.1, no.1, pp.1–8, 2018.
- [20] Jama dkk, *Teknik Sepeda Motor Jilid 1*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.

-
- [21] Huda. S, dkk, "The Effect of Turbo Cycle Instalation on 4 Stroke Motor Cycle on Fuel Consumption and Exhaust Emissions," *Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol.3, no.2, pp.69-76, 2021.
 - [22] Sugiyono, Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, Bandung: Alfabeta, 2019.
 - [23] Suhirta, Pengaruh Penambahan Gas Hasil Elektrolisis Air Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Bensin Pada Motor Bakar Empat Langkah 80 CC. Jakarta: UI, 2008