

# Pengaruh Jumlah Pelat dan Berat Katalis pada HHO Generator Tipe Dry Cell terhadap Emisi Gas Buang

Akka Sunoko<sup>1</sup>, Kris Witono<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Teknik Otomotif Elektronik, Politeknik Negeri Malang  
Jl. Soekarno Hatta No 9, Malang 65144, Indonesia

\* Penulis korespondensi; E-mail: kris.witono@polinema.ac.id

---

## ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui interaksi penambahan jumlah pelat dan berat katalis NaOH pada tiap hho generator tipe dry cell terhadap kadar emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor. Variabel yang diuji adalah jumlah pelat yaitu 11, 15 dan 19 menggunakan jenis pelat stainless steel pada HHO generator dan berat katalis yaitu 10, 20, dan 30 gram dengan jenis katalis yang digunakan yaitu NaOH. Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan alat gas analyzer yang dilakukan sebanyak 3 kali setiap putaran 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, dan 5000 rpm. Hasil yang didapatkan interaksi antara jumlah pelat dan berat katalis NaOH berpengaruh dalam mengurangi kadar emisi gas buang CO dan HC. HHO Generator dengan jumlah pelat 19 dan berat katalis 30 gram paling efektif dalam mengurangi kadar emisi gas buang CO sebesar 2,84 % pada putaran mesin 5000 RPM dan menurunkan kadar HC yakni 173,33 ppm pada putaran mesin 1000 RPM, disebabkan karena laju produksi gas brown yang dihasilkan lebih banyak sehingga mampu untuk mengoptimalkan proses pembakaran sehingga mengurangi kadar emisi CO dan HC yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

**Kata Kunci :** gas brown, HHO Generator, dry cell, emisi gas buang, katalis.

## ABSTRACT

*The purpose of the study is to know the interaction of the addition of the number of plates and the weight of NaOH catalyst in each dry cell type HHO generator on the exhaust emission levels produced by motorized vehicles. The variables tested were the number of plates, namely 11, 15, and 19 using the type of stainless steel plate on the HHO generator and the weight of the catalyst, namely 10, 20, and 30 grams with the type of catalyst used, namely NaOH. The data collection method in this study uses a gas analyzer carried out 3 times every 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, and 5000 rpm. The results obtained by the interaction between the number of plates and the weight of the NaOH catalyst affect reducing CO and HC exhaust emission levels. HHO Generator with several plates 19 and a weight of the catalyst of 30 grams is most effective in reducing CO exhaust emission levels by 2.84% at 5000 RPM engine speed and reducing HC levels, namely 173.33 ppm at 1000 RPM engine speed because the rate of brown gas production produced is more so that it can optimize the combustion process to reduce CO and HC emission levels produced by motorized vehicles*

**Keywords:** brown gas, HHO Generator, dry cell, exhaust emission, catalyst.

---

## PENDAHULUAN

Emisi gas buang hasil dari proses pembakaran pada kendaraan merupakan salah satu penyebab polusi udara. Dampak yang ditimbulkan dapat berupa gangguan saluran pernafasan, gangguan organ dalam seperti paru-paru hati dan lainnya, gangguan syaraf, gangguan reproduksi, menurunkan kecerdasan pada anak serta dapat menimbulkan kematian [1]. Salah satu cara untuk mengurangi kadar emisi gas buang terutama kadar CO dan HC adalah dengan menggunakan HHO Generator sebagai bahan bakar tambahan untuk mengoptimalkan proses pembakaran sehingga kadar HC dan CO dapat berkurang. Generator HHO adalah alat dengan prinsip kerja elektrolisis

air dan digunakan untuk memproduksi gas hidrogen, alat ini mengubah air (H<sub>2</sub>O) yang dicampur katalis menjadi gas HHO atau gas Brown [2]. Gas Brown ini merupakan "gas air" spesial yang merupakan campuran dari gas hidrogen, gas oksigen dan ketiga gelembung gas tersebut [3], gas inilah yang akan disalurkan ke ruang bakar mesin untuk memaksimalkan proses pembakaran, fungsi dari katalis sebagai suatu zat yang mempercepat laju reaksi namun katalis tersebut tidak mengalami perubahan kimia [4]. Pada penelitian [5] dilakukan dengan menggunakan generator HHO jenis wet cell dengan variasi jumlah pelat 4 buah, 8 buah, 10 buah dan dilakukan pada rpm 1400, 5000, dan 8000. Hasil penelitian menunjukkan penambahan HHO generator dengan variasi jumlah pelat juga memberi pengaruh terhadap emisi gas buang. Penurunan HC tertinggi pada rpm 8000 dengan HHO generator 12 pelat sebesar 40,52%. Penurunan CO tertinggi terjadi pada rpm 8000 dengan HHO generator 12 pelat, yaitu sebesar 91,82%, [6] Penelitian mengenai pengaruh berat katalis menunjukkan penggunaan KOH sebagai katalis hho generator mampu menurunkan kandungan gas NO<sub>x</sub>, CO dan HC hampir menjadi 15%, 18%, dan 14% ketika gas HHO dimasukkan pada sistem dengan campuran terbaik antara katalis KOH dan air yaitu 6 g/L. Sehingga berdasarkan [5][6] pada penelitian ini menggunakan HHO Generator dengan tipe dry cell dengan variasi jumlah pelat yaitu 11, 15, dan 19 buah jenis pelat yang digunakan stainless steel, dimensinya 100x155 mm, dan jenis katalis yang digunakan NaOH dengan variasi berat katalis yaitu 10, 20, 30 gram. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana pengaruh jumlah pelat dan berat katalis NaOH pada HHO generator tipe dry cell terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh jumlah pelat dan berat katalis NaOH pada efektivitas HHO generator tipe dry cell dalam mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk menyelidiki pengaruh perlakuan yang diberikan peneliti. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah dengan membandingkan hasil percobaan gas buang yang tercampur dan tidak tercampur dengan gas hho. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah pelat yaitu 11, 15 dan 19 buah, untuk berat katalis NaOH yaitu 10, 20 dan 30 gram, serta variasi kecepatan putaran mesin 1000 rpm hingga 5000 rpm dengan kenaikan 1000 rpm. Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah kadar emisi gas buang kendaraan berupa CO dan HC, dan variabel kontrol pada penelitian ini adalah arus keluaran PWM pada generator HHO sebesar 3A, dan percobaan dilakukan sebanyak 3 kali. Pada penelitian ini alasan membatasi arus yang menuju HHO Generator sebesar 3A, menurut [7] besaran arus mempengaruhi laju produksi gas brown yang dihasilkan oleh HHO Generator, sehingga ketiga jenis HHO Generator mendapatkan keluaran arus yang sama dari baterai.

Pada Gambar 1, input dari baterai yang digunakan sebagai sumber tegangan disalurkan ke PWM yang berfungsi untuk mengatur arus output yang menuju HHO Generator agar tetap stabil. Gas brown dari proses elektrolisis pada HHO Generator disalurkan ke input saluran udara pada karburator. Pengukuran kadar emisi gas buang menggunakan *gas analyzer*.

Tabel 1. Spesifikasi *gas analyzer*

Spesifikasi	
CO Measurement Range	0-9,99% with 0,01% resolution
HC Measurement Range	0-9999 ppm with 1 ppm resolution
CO <sub>2</sub> Measurement Range	0-20,0% with 0,01% resolution
O <sub>2</sub> Measurement Range	0-25,00% with 0,01% resolution
AFR Range	0-99,0 with 0,1 resolution

Pada tabel 1 dijelaskan spesifikasi pada alat uji emisi yaitu gas analyzer [8] yang digunakan pada saat pengujian kadar emisi CO (% per volume) dan HC (part per milion). Karbon monoksida (CO) terjadi karena pembakarannya tidak sempurna yang disebabkan kurangnya jumlah udara dalam campuran yang masuk ke ruang bakar atau bisa juga karena kurangnya waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pembakaran [9] dan Hidrokarbon (HC) terbentuk dari campuran bahan bakar yang tidak tercampur rata pada saat pembakaran, sehingga tidak bereaksi dengan oksigen, maka hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buangan hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemar udara [10].



Gambar 1. Setting peralatan pada saat pengujian

HHO Generator bekerja dengan menggunakan prinsip elektrolisis air untuk menghasilkan gas brown. Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air ( $H_2O$ ) menjadi oksigen ( $O_2$ ) dan hidrogen gas ( $H_2$ ) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut [11]. HHO Generator diklasifikasikan menjadi 2 tipe yakni tipe dry cell dan tipe wet cell. Tipe dry cell adalah generator hho dimana sebagian elektrodanya tidak terendam elektrolit dan elektrolit hanya mengisi celah antara elektroda itu sendiri [12], tipe wet cell adalah reaktor elektrolisis dimana semua elektrodanya terendam cairan elektrolit didalam sebuah bejana air [13].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

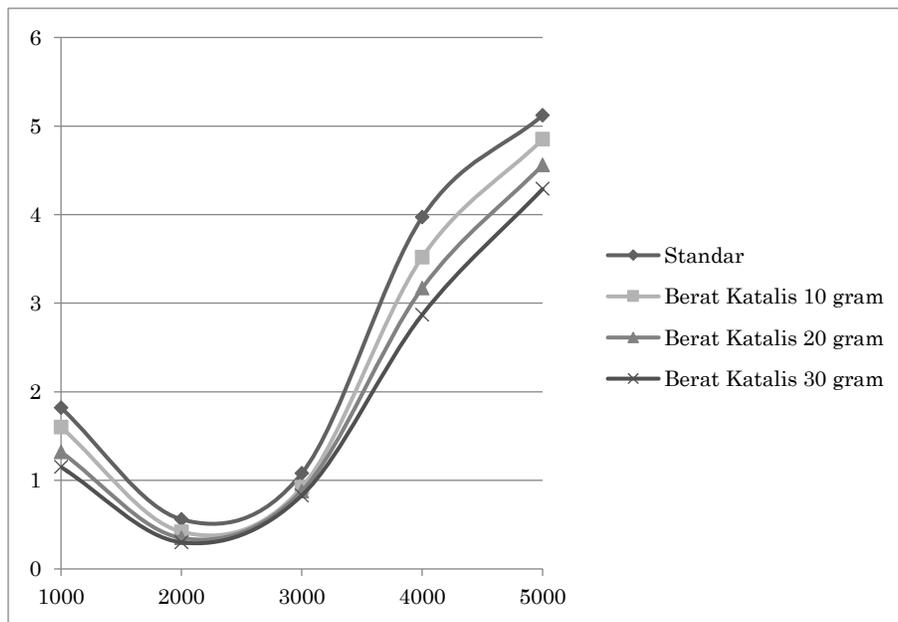
1. Pengujian emisi gas buang kendaraan dengan menggunakan HHO Generator dengan jumlah pelat 11 dan katalis NaOH dengan berat 10, 20, dan 30 gram

a. Gas CO

Pada gambar 2 hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi berat katalis berpengaruh terhadap kadar emisi CO [6]. Penurunan emisi gas buang CO terbesar terjadi pada saat pengujian standar pada putaran mesin 4000 RPM emisi gas buang CO yang dihasilkan yaitu 3,97% setelah menggunakan HHO Generator 11 pelat dengan berat katalis 30 gram dihasilkan emisi gas buang CO yaitu 2,97%, mengalami penurunan sebesar 1,1%. Hal ini disebabkan pada saat kendaraan menggunakan HHO Generator sebagai bahan bakar tambahan, gas brown yang dihasilkan oleh HHO Generator mengandung hidrogen yang memiliki potensi yang tinggi sebagai bahan bakar yang bersih, karena saat terbakar hanya menghasilkan air ( $H_2O$ ) sebagai produk sampingan [14].

Tabel 2. Pengujian kadar emisi gas CO dengan HHO Generator 11 Pelat

Putaran Mesin (RPM)	Berat Katalis (gram)	CO (%)
1000	10	1,60
	20	1,32
	30	1,15
2000	10	0,42
	20	0,35
	30	0,30
3000	10	0,92
	20	0,88
	30	0,83
4000	10	3,52
	20	3,17
	30	2,87
5000	10	4,85
	20	4,56
	30	4,29



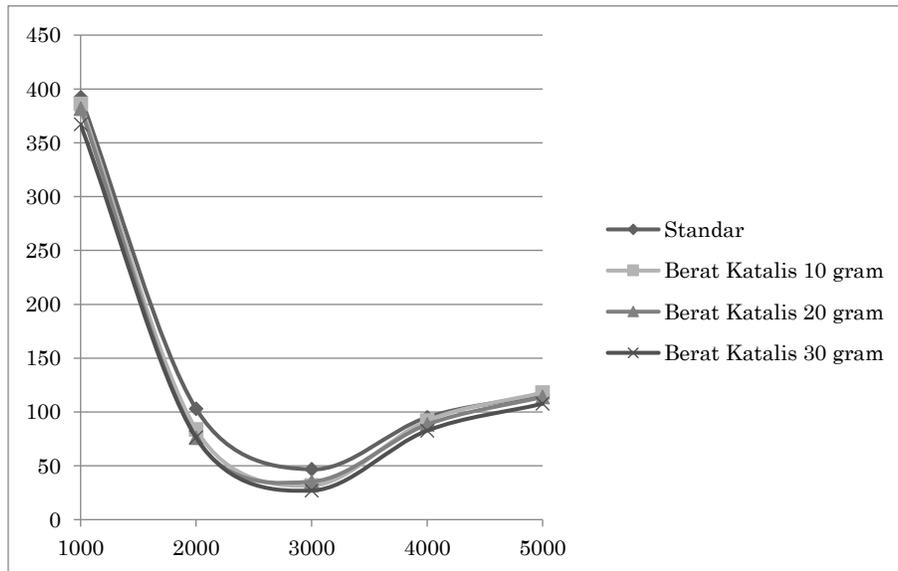
Gambar 2. Grafik Pengujian Kadar Gas CO

b. Gas HC

Pada gambar 3 hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi berat katalis berpengaruh terhadap kadar emisi HC [6]. Penurunan emisi gas buang HC terbesar terjadi pada saat pengujian standar pada putaran mesin 2000 RPM emisi gas buang HC yang dihasilkan yaitu 103 ppm setelah menggunakan HHO Generator 11 pelat dengan berat katalis 30 gram dihasilkan emisi gas buang HC yaitu 76,33 ppm, mengalami penurunan sebesar 26,67 ppm. Penambahan berat katalis dapat meningkatkan laju produksi gas brown, karena katalis meningkatkan konduktivitas air dan mempercepat reaksi elektrolisis dan juga dapat mempengaruhi kemurnian gas brown yang dihasilkan. Semakin besar campuran NaOH gas hidrogen yang dihasilkan akan meningkat [15].

Tabel 3. Pengujian kadar emisi gas HC dengan HHO Generator 11 Pelat

Putaran Mesin (RPM)	Berat Katalis (gram)	HC (ppm)
1000	10	386,00
	20	381,67
	30	367,00
2000	10	83,67
	20	76,00
	30	76,33
3000	10	31,67
	20	35,33
	30	27,00
4000	10	92,00
	20	88,33
	30	82,67
5000	10	118,00
	20	114,00
	30	107,67



Gambar 3. Grafik Pengujian Kadar Gas HC

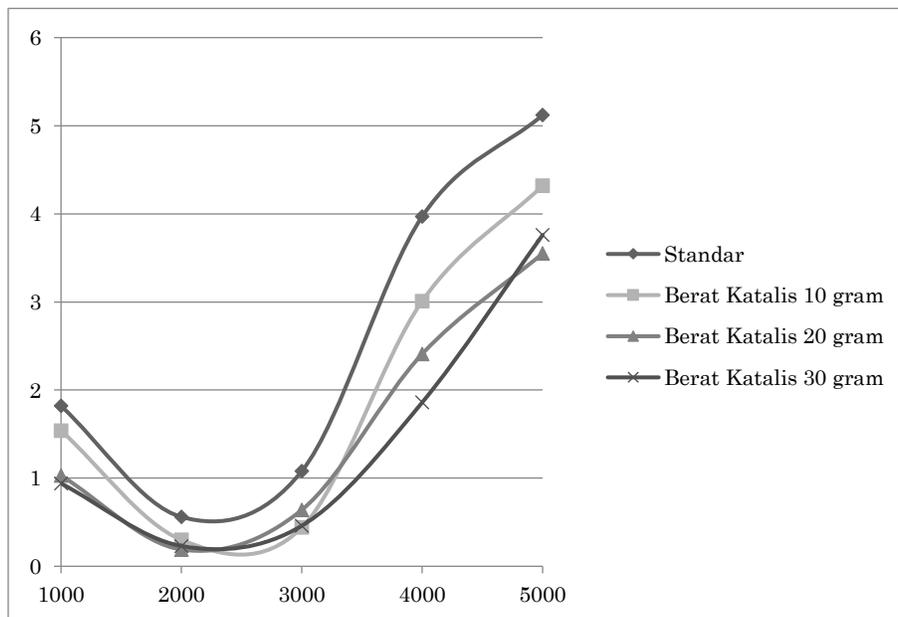
2. Pengujian emisi gas buang kendaraan dengan menggunakan HHO Generator dengan jumlah pelat 15 dan katalis NaOH dengan berat 10, 20, dan 30 gram

a. Gas CO

Pada gambar 4 hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi berat katalis berpengaruh terhadap kadar emisi CO [6]. Penurunan emisi gas buang CO terbesar terjadi pada saat pengujian standar pada putaran mesin 4000 RPM emisi gas buang CO yang dihasilkan yaitu 3,97% setelah menggunakan HHO Generator 15 pelat dengan berat katalis 30 gram dihasilkan emisi gas buang CO yaitu 1,86%, mengalami penurunan sebesar 2,11%. Hal ini disebabkan pada saat kendaraan menggunakan HHO Generator sebagai bahan bakar tambahan, gas brown yang dihasilkan oleh HHO Generator mengandung hidrogen yang memiliki potensi yang tinggi sebagai bahan bakar yang bersih, karena saat terbakar hanya menghasilkan air (H<sub>2</sub>O) sebagai produk sampingan [14].

Tabel 4. Pengujian kadar emisi gas CO dengan HHO Generator 15 Pelat

Putaran Mesin (RPM)	Berat Katalis (gram)	CO (%)
1000	10	1,54
	20	1,03
	30	0,94
2000	10	0,3
	20	0,19
	30	0,23
3000	10	0,44
	20	0,64
	30	0,46
4000	10	3,01
	20	2,41
	30	1,86
5000	10	4,32
	20	3,55
	30	3,76



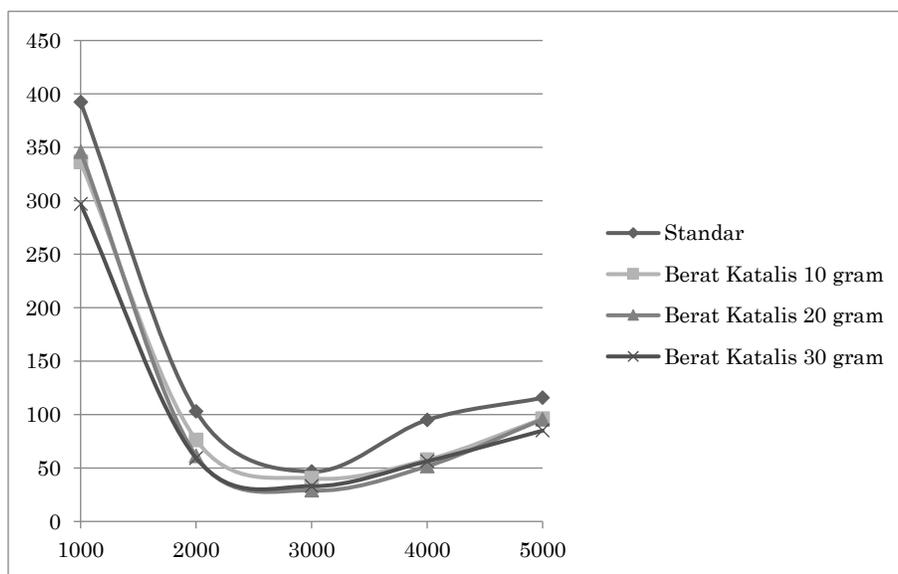
Gambar 4. Grafik Pengujian Kadar Gas CO

b. Gas HC

Pada gambar 5 hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi berat katalis berpengaruh terhadap kadar emisi HC [6]. Penurunan emisi gas buang HC terbesar terjadi pada saat pengujian standar pada putaran mesin 1000 RPM emisi gas buang HC yang dihasilkan yaitu 392,33 ppm setelah menggunakan HHO Generator 15 pelat dengan berat katalis 30 gram dihasilkan emisi gas buang HC yaitu 219 ppm, mengalami penurunan sebesar 95,33 ppm. Penambahan berat katalis dapat meningkatkan laju produksi gas brown, karena katalis meningkatkan konduktivitas air dan mempercepat reaksi elektrolisis dan juga dapat mempengaruhi kemurnian gas brown yang dihasilkan. Semakin besar campuran NaOH gas hidrogen yang dihasilkan akan meningkat [15].

Tabel 5. Pengujian kadar emisi gas HC dengan HHO Generator 15 Pelat

Putaran Mesin (RPM)	Berat Katalis (gram)	HC (ppm)
1000	10	336,33
	20	346,00
	30	297,00
2000	10	76,33
	20	61,33
	30	59,33
3000	10	40,33
	20	29,00
	30	33,00
4000	10	57,67
	20	51,67
	30	56,33
5000	10	96,00
	20	95,67
	30	85,00



Gambar 5. Grafik Pengujian Kadar Gas HC

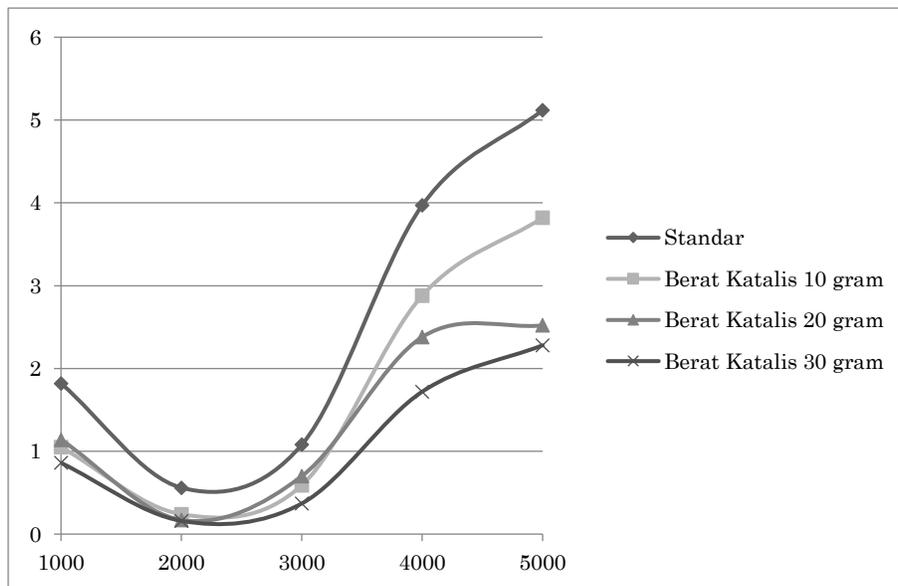
3. Pengujian emisi gas buang kendaraan dengan menggunakan HHO Generator dengan jumlah pelat 19 dan katalis NaOH dengan berat 10, 20, dan 30 gram

a. Gas CO

Pada gambar 6 hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi berat katalis berpengaruh terhadap kadar emisi CO [6]. Penurunan emisi gas buang CO terbesar terjadi pada saat pengujian standar pada 5000 putaran mesin emisi gas buang CO yang dihasilkan yaitu 5,12 % setelah menggunakan HHO Generator 19 pelat dengan berat katalis 30 gram dihasilkan emisi gas buang CO yaitu 2,28 %, mengalami penurunan sebesar 2,84%. Hal ini disebabkan pada saat kendaraan menggunakan HHO Generator sebagai bahan bakar tambahan, gas brown yang dihasilkan oleh HHO Generator mengandung hidrogen yang memiliki potensi yang tinggi sebagai bahan bakar yang bersih, karena saat terbakar hanya menghasilkan air (H<sub>2</sub>O) sebagai produk sampingan [14].

Tabel 6. Pengujian kadar emisi gas CO dengan HHO Generator 19 Pelat

Putaran Mesin (RPM)	Berat Katalis (gram)	CO (%)
1000	10	1,05
	20	1,14
	30	0,86
2000	10	0,24
	20	0,17
	30	0,16
3000	10	0,59
	20	0,7
	30	0,37
4000	10	2,88
	20	2,38
	30	1,72
5000	10	3,82
	20	2,52
	30	2,28



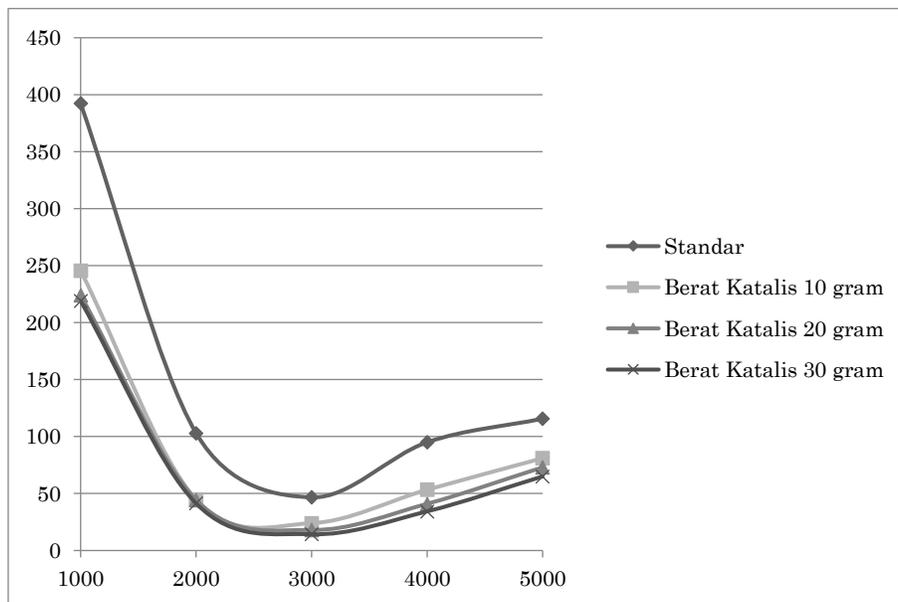
Gambar 6. Grafik Pengujian Kadar Gas CO

b. Gas HC

Pada gambar 7 hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi berat katalis berpengaruh terhadap kadar emisi HC [6]. Penurunan emisi gas buang HC tertinggi terjadi pada saat pengujian standar pada putaran mesin 1000 RPM emisi gas buang HC yang dihasilkan yaitu 392,33 ppm setelah menggunakan HHO Generator 11 pelat dengan berat katalis 30 gram dihasilkan emisi gas buang HC yaitu 219 ppm, mengalami penurunan sebesar 173,33 ppm. Penambahan berat katalis dapat meningkatkan laju produksi gas brown, karena katalis meningkatkan konduktivitas air dan mempercepat reaksi elektrolisis dan juga dapat mempengaruhi kemurnian gas brown yang dihasilkan. Semakin besar campuran NaOH gas hidrogen yang dihasilkan akan meningkat [15].

Tabel 7. Pengujian kadar emisi gas HC dengan HHO Generator 19 Pelat

Putaran Mesin (RPM)	Berat Katalis (gram)	HC (ppm)
1000	10	245,67
	20	224,00
	30	219,00
2000	10	44,67
	20	44,33
	30	41,33
3000	10	24,00
	20	18,00
	30	14,33
4000	10	53,33
	20	41,00
	30	34,33
5000	10	81,00
	20	73,00
	30	65,00



Gambar 7. Grafik Pengujian Kadar Gas CO

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan telah dijabarkan di bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variasi jumlah pelat pada HHO Generator berpengaruh terhadap penurunan kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. HHO Generator dengan jumlah pelat 19 menurunkan kadar CO tertinggi yakni 2,84 % pada putaran mesin 5000 RPM dan menurunkan kadar HC yakni 173,33 ppm pada putaran mesin 1000 RPM, HHO Generator dengan jumlah pelat 19 yang paling efektif mengurangi kadar CO dan HC yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

2. Variasi berat katalis NaOH pada HHO Generator berpengaruh terhadap penurunan kadar emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Katalis NaOH dengan berat 30 gram yang paling efektif menurunkan kadar emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.
3. Interaksi antara jumlah pelat dan berat katalis NaOH berpengaruh dalam mengurangi kadar emisi gas buang CO dan HC, dalam hal ini HHO Generator dengan jumlah pelat 19 dan berat katalis 30 gram paling efektif dalam mengurangi kadar emisi gas buang CO dan HC yang dihaluskan oleh kendaraan bermotor.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. J. Winarno, "Studi emisi gas buang kendaraan bermesin bensin pada berbagai merk kendaraan dan tahun pembuatan," *Jurnal Teknik*, vol. 4, no. 1, 2014.
- [2]. H. F. Nugroho & Yudianto, B., "Pengujian Penggunaan Generator HHO Jenis Drycell Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 258-265, 2016.
- [3]. S. P. Mursid and Z. Hamzah, "Pengendalian Gas Brown Pada Elektroliser Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Motor Bakar," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 3, no. 2, pp. 250-259, 2013.
- [4]. A. Sudrajat, I. Nugroho, K. R. Lestari, and V. V. R. Repi, "Pengaruh Penambahan Gas HHO pada Mesin Bensin Terhadap Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar," *Jurnal Ilmiah Giga*, vol. 23 no. 1, pp. 8-19, 2020.
- [5]. S. M. Islami and I. H. Siregar, "Pengaruh Jumlah Plat pada HHO Generator Tipe Wet Cell Dengan Geometris Persegi Terhadap Performa dan Emisi Motor Bensin 4 Tak," 2022.
- [6]. M. M. El-Kassaby, Y. A. Eldrainy, M. E. Khidr, and K. I. Khidr, "Effect of hydroxy (HHO) gas addition on gasoline engine performance and emissions," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 55, no. 1, pp. 243-251, 2016.
- [7]. Z. Jannah and S. Susilo, "Design of HHO generators as producers of water fuel (HHO generator product analysis based on electric current and catalyst)," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1073 no. 1, pp. 012034, 2021.
- [8]. Spesifikasi Gas Analyzer [https://en.heshbon.com/Pro\\_Mon/1916](https://en.heshbon.com/Pro_Mon/1916)
- [9]. N. E. Jayanti, M. Hakam, and I. Santiasih, "Emisi Gas Carbon Monooksida (CO) Dan Hidrocarbon (HC) Pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor "Supra X 125 Tahun 2006," *Rotasi*, vol 16, no. 2, pp. 1-5, 2014.
- [10]. F. Febriansyah, H. Maksum, and M. Nasir, "Pengaruh Penggantian Main Jet pada Karburator terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z," *Automotive Engineering Education Journals*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [11]. O. Sebastian and T. B. Sitorus, "Analisa Efisiensi Elektrolisis Air dari Hydrofill pada Sel Bahan Bakar," *Jurnal Dinamis*, vol. 12, no. 2, pp. 16-25, 2013.
- [12]. Y. A. Ghiffari and D. S. Kawano, "Tipe Dry Cell dan Wet Cell berdimensi 80 x 80 mm dengan Penambahan PWM E-3 FF (1 kHz)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 2 no. 2, pp. B245-B25, 2013.
- [13]. B. A. Negoro Tugas Akhir-TM 145502 Perbandingan Laju Aliran Massa Variasi Elektroda pada HHO Generator (Wet Cell).
- [14]. A. Sudrajat, I. Nugroho, K. R. Lestari, and V. V. R. Repi, "Pengaruh Penambahan Gas HHO pada Mesin Bensin Terhadap Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar. *Jurnal Ilmiah Giga*, vol. 23 no. 1, pp. 8-19, 2020.
- [15]. Y. Setiawan and F. Salam, "Gas hidrogen pada proses elektrolisis terhadap emisi dan konsumsi bahan bakar. Flywheel," *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, pp. 10-13, 2018.