

PENGARUH APLIKASI GENERATOR HHO TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KUALITAS EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR KONVENSIONAL

Muhammad Khalil¹, Ika Kusuma Nugraheni², Anggun Angkasa Bela Persada³
Politeknik Negeri Tanah Laut^{1,2,3}
khalil@politala.ac.id¹, ika.kusuma.n@politala.ac.id², angkasa@politala.ac.id³

ABSTRACT

Every year there is population growth accompanied by an increase in the economic level of the Indonesian people so that the fulfillment of transportation facilities needs also increases. Vehicles with fossil fuel still dominate the Indonesian market. Gasoline is a non-renewable energy source. One alternative step that can reduce the use of gasoline for vehicles is the utilization of hydrogen hydrogen oxygen (HHO) gas which is used as additional input to the combustion process of conventional gasoline engines. This HHO gas can be obtained through water electrolysis. Through the electrolysis process of water two hydrogen gas molecules and one oxygen gas molecule will be obtained. In the combustion process, oxygen is also needed so that the two gases can be directly used simultaneously, namely hydrogen as fuel and oxygen as air. To be able to produce HHO gas through water electrolysis, it can be done by making a HHO generator with an electric energy source taken from the vehicle through a power regulator. Furthermore, HHO gas is used as an additional input on the vehicle air intake. Two generators with different electrode are tested in this research. HHO generators with aluminum electrodes can increase the duration of the engine running up to 575.7 s, reducing the specific consumption to 0.0313 ml / s and saving up to 19.77%. In addition to reducing fuel consumption, the use of this gas can also improve engine performance and improve the quality of exhaust emissions. HHO generators with stainless steel electrodes produce better performance compared to aluminum generators. The CO content produced is 0.9% and 5.1% for CO₂. While the HC content with the use of HHO generators is worse than standard conditions.

Keywords: HHO Generator, Water Electrolysis, Gasoline Engine.

ABSTRAK

Setiap tahun terjadi pertumbuhan penduduk diiringi tingkat ekonomi masyarakat Indonesia semakin meningkat sehingga pemenuhan akan kebutuhan sarana transportasi juga meningkat. Kendaraan dengan bahan bakar minyak masih mendominasi pasar Indonesia. Minyak merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Salah satu langkah alternatif yang dapat menekan penggunaan minyak untuk kendaraan adalah pemanfaatan gas *hydrogen hydrogen oxygen* (HHO) yang digunakan sebagai masukan tambahan pada proses pembakaran dari mesin bensin konvensional. Gas HHO ini dapat diperoleh melalui elektrolisa air. Melalui proses elektrolisis air maka akan diperoleh dua molekul gas hidrogen serta satu molekul gas oksigen. Pada proses pembakaran juga diperlukan oksigen sehingga kedua gas dapat langsung dimanfaatkan secara bersamaan yaitu hidrogen sebagai bahan bakar dan oksigen sebagai udara. Untuk dapat menghasilkan gas HHO melalui elektrolisis air maka dapat dilakukan dengan membuat generator HHO dengan sumber energi listrik diambil dari kendaraan melalui regulator daya. Selanjutnya gas HHO digunakan sebagai input tambahan pada bagian intake udara kendaraan. Pada penelitian ini diuji dua generator HHO dengan elektroda yang berbeda. Generator HHO dengan elektroda aluminium dapat meningkatkan durasi mesin menyala yaitu selama 575.7 s, menurunkan konsumsi spesifik menjadi 0.0313 ml/s serta penghematan hingga 19.77%. Selain dapat mengurangi konsumsi bahan bakar, penggunaan gas ini juga dapat meningkatkan prestasi kerja mesin dan memperbaiki kualitas emisi gas buang. Generator HHO dengan elektroda stainless steel menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan generator aluminium. Kadar CO yang dihasilkan sebesar 0.9% dan 5.1% untuk CO₂. Sedangkan kandungan HC dengan penggunaan generator HHO tidak lebih baik daripada kondisi standar.

Kata Kunci: Gas HHO, Elektrolisis Air, Mesin Bensin

PENDAHULUAN

Seiring terjadinya kenaikan jumlah penduduk, kebutuhan terhadap sarana transportasi juga meningkat. Berdasarkan hasil proyeksi dari Badan Pusat Statistik, rata-rata laju pertumbuhan penduduk Indonesia untuk periode 2020-2025 adalah sebesar 1,00% dengan jumlah populasi 271 juta jiwa di tahun 2020 (Bappenas, 2013). Disektor transportasi juga terjadi pertumbuhan penjualan kendaraan. Retail sales industri kendaraan yang tergabung pada “Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia (GAIKINDO)” sejumlah 1.077.317 unit kendaraan terjual pada periode Januari-Desember tahun 2017. Kemudian terjadi kenaikan penjualan menjadi 1.151.291 unit ditahun 2018 (Gaikindo, 2019). Begitu juga dengan distribusi domestik sepeda motor di Indonesia mengalami peningkatan dari 5.886.103 unit ditahun 2017 menjadi 6.383.108 ditahun 2018 (AISI, 2019). Hal ini menunjukkan selain terjadi pertumbuhan penduduk, tingkat ekonomi masyarakat Indonesia juga semakin baik sehingga pemenuhan akan kebutuhan sarana transportasi meningkat.

Dari sejumlah unit yang terjual, kendaraan dengan bahan bakar minyak masih mendominasi pasar Indonesia. Minyak merupakan salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Dengan kondisi yang terjadi saat ini maka dapat diperkirakan cadangan sumber energi dari minyak semakin cepat menipis karena adanya pertumbuhan kebutuhan sarana transportasi.

Salah satu langkah alternatif yang dapat menekan penggunaan minyak untuk kendaraan adalah pemanfaatan gas hydrogen hydrogen oxygen (HHO) yang digunakan sebagai masukan tambahan pada proses pembakaran dari mesin bensin konvensional. Gas HHO ini dapat diperoleh melalui elektrolisa air yang tersedia dimana saja. Selain dapat mengurangi konsumsi bahan bakar, penggunaan gas ini juga dapat memperbaiki kualitas emisi gas buang. Untuk dapat menghasilkan gas HHO maka diperlukan suatu generator yang dapat memecah molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen. Dalam hal ini generator memerlukan sumber listrik sehingga dapat melakukan proses elektrolisis air. Pada generator terdapat elektroda sebagai penghantar listrik dari sumber listrik menuju air.

METODE PENELITIAN

Untuk dapat menyelesaikan penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang akan dilaksanakan. Tahapan ini berorientasi pada indikator keberhasilan berupa performa generator dalam memproduksi gas HHO serta performa motor bakar pada sepeda motor uji dengan adanya input tambahan gas HHO. Adapun tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut.

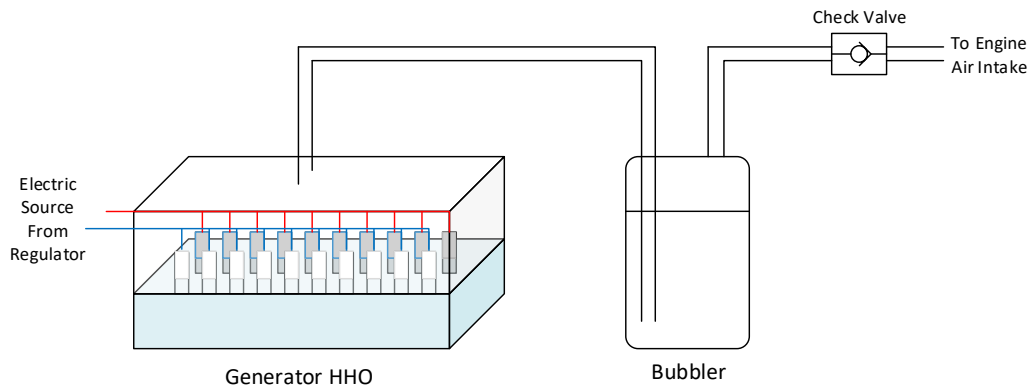
- a. Merancang dan membuat generator hidrogen yang mampu menahan kalor dari proses produksi gas hidrogen sehingga dapat dimanfaatkan pada mesin bensin konvensional.
- b. Melakukan pengujian performa generator dengan variasi elektroda.
- c. Melakukan analisis terhadap hasil pengujian yang diperoleh serta mengambil kesimpulan dari penelitian.

Pada penelitian ini terdapat beberapa parameter yang diamati untuk mengetahui kinerja dari pemanfaatan generator HHO pada sepeda motor. Parameter yang diukur yaitu konsumsi bahan bakar spesifik sepeda motor pada kondisi standar dan dengan adanya pemanfaatan gas HHO. Kemudian juga dilakukan pengujian emisi gas buang dengan parameter CO, CO₂, dan HC.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Generator HHO
- b. Sepeda motor
- c. Tachometer
- d. Termometer
- e. Alat uji emisi Texa Multi Pegaso 3
- f. Gelas Ukur
- g. Stopwatch

Adapun generator HHO yang telah dibuat diilustrasikan melalui Gambar 1.



Gambar 3.1 Skema Generator HHO

Dalam menyelesaikan pembuatan generator HHO maka dilakukan beberapa langkah-langkah sebagai berikut.

- Membuat rangkaian katoda dan anoda menggunakan plat logam yang dapat menghantarkan listrik. Rangkaian tersebut kemudian dihubungkan pada sumber listrik dari sepeda motor melalui regulator daya sehingga generator hanya akan melakukan proses produksi saat sepeda motor menyala.
- Rangkaian katoda dan anoda yang telah dibuat kemudian dipasang pada badan generator HHO. Pada bagian atas badan generator dibuat lubang sebagai jalan keluar dari gas hidrogen dan oksigen hasil elektrolisis. Badan generator dibuat kedap udara dan tidak bocor agar gas HHO dapat dimanfaatkan secara optimal.
- Gas tersebut kemudian dialirkan untuk melalui bubbler agar tidak ada kandungan air pada gas HHO yang akan masuk ke *intake* udara dari sepeda motor. Sebelum masuk intake diperlukan katup satu arah (*check valve*) sebagai pengaman agar gas HHO tidak kembali ke generator HHO.

Pada proses pengujian, elektroda yang digunakan dua variasi elektroda. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah *stainless steel* dan aluminium. Selain itu juga divariasikan putaran mesin pada tiap pengujian yaitu 1000 RPM, 2000 RPM, dan 4000 RPM.

Dari kedua elektroda tersebut dapat diketahui pemanfaatan generator yang optimal. Untuk dapat mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik dilakukan dengan cara mengukur volume bahan bakar. Dengan volume tertentu kemudian sepeda motor dinyalakan dan lama waktu mesin menyala diukur. Konsumsi bahan bakar spesifik dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Konsumsi Spesifik} \left(\frac{\text{ml}}{\text{s}} \right) = \frac{\text{Volume BBM (ml)}}{\text{Durasi Mesin Menyala (s)}}$$

Dengan mengacu pada kondisi standar, dapat dihitung persentase penurunan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor uji menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Persentase Penghematan (\%)} = \frac{t_{HHO} - t_{STD}}{t_{STD}} \times 100\%$$

t_{STD} merupakan durasi sepeda motor menyala pada kondisi standar tanpa adanya aplikasi generator HHO dengan satuan s. Sedangkan t_{HHO} merupakan durasi sepeda motor menyala dengan aplikasi generator HHO dengan satuan s.

Pada tahap selanjutnya yaitu melakukan pengujian emisi gas buang untuk mengetahui pengaruh penambahan gas HHO pada sepeda motor. Dari data yang didapat kemudian dilakukan analisa sehingga dapat diketahui performa sistem pemanfaatan gas HHO pada sepeda motor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian konsumsi spesifik digunakan bahan bakar “premium” yang merupakan produk PT. Pertamina. Volume bahan bakar ditentukan pada jumlah yang sama untuk tiap pengujian yaitu 15 ml. Dengan jumlah volume tersebut kemudian diukur durasi mesin menyala. Pengambilan data dilakukan pada tiga kondisi yaitu kondisi standar tanpa ada penggunaan gas HHO, yang kedua yaitu dengan tambahan penggunaan generator HHO elektroda aluminium dan terakhir dengan generator HHO elektroda stainless steel. Pada tiap kondisi dilakukan pengambilan data pada putaran mesin 1000 RPM, 2000 RPM dan 4000 RPM.

Pada tabel 1 telah dijabarkan temperatur mesin dan durasi mesin menyala. Pengujian dilakukan dengan memberikan perlakuan yang sama agar analisa menjadi lebih akurat. Pada setiap kondisi pengujian, temperatur mesin sebelum diuji sama dengan temperatur lingkungan (27 °C). Pada variasi putaran mesin juga dimulai dari temperatur lingkungan.

Tabel 1. Temperatur Mesin dan Durasi Mesin Menyala

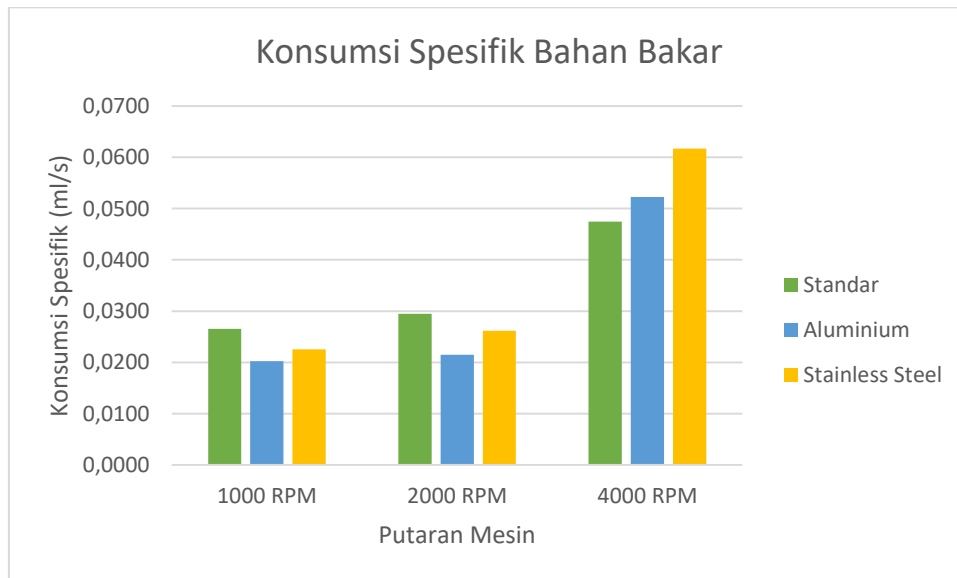
Putaran Mesin (RPM)	Temperatur Mesin (°C)	Durasi Mesin Menyala (s)		
		Standar	Aluminium	Stainless Steel
1000	80	565	741	666
2000	84	509	699	573
4000	88	316	287	243

Berdasarkan data pada tabel 1, didapat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka durasi mesin menyala semakin sebentar pada tiap kondisi. Hal tersebut sudah rasional karena pada putaran tinggi asupan bahan bakar menjadi lebih banyak sehingga bahan bakar lebih cepat habis. Kemudian dengan pemanfaatan gas HHO yang dimasukkan pada intake bahan bakar menyebabkan durasi mesin menyala menjadi lebih lama pada putaran mesin 1000 RPM dan 2000 RPM. Tetapi pada putaran 4000 RPM generator aluminium maupun stainless steel menyebabkan mesin mati lebih cepat. Dengan melakukan perhitungan rata-rata, maka penggunaan generator dengan elektroda aluminium akan menyebabkan mesin menyala lebih lama yaitu selama 575.7 s untuk 15 ml bahan bakar. Penggunaan generator stainless steel juga menambah durasi mesin menyala selama 494 s, lebih lama daripada pada kondisi standar yaitu 463 s.

Tabel 2. Konsumsi Spesifik Bahan Bakar

Putaran Mesin (RPM)	Konsumsi Spesifik Bahan Bakar (ml/s)		
	Standar	Aluminium	Stainless Steel
1000	0.0265	0.0202	0.0225
2000	0.0295	0.0215	0.0262
4000	0.0475	0.0523	0.0617

Dari data durasi tersebut, kemudian dilakukan perhitungan konsumsi spesifik bahan bakar dan didapat nilai yang dipaparkan pada tabel 2. Semakin tinggi nilai konsumsi spesifik maka sepeda motor semakin boros. Dan semakin tinggi putaran maka juga akan menyebabkan motor semakin boros. Hal ini dapat terlihat jelas pada grafik konsumsi spesifik bahan bakar pada gambar 2. Berdasarkan perhitungan rata-rata, generator HHO dengan elektroda aluminium menyebabkan mesin lebih irit dengan konsumsi spesifik rata-rata sebesar 0.0313 ml/s. Konsumsi spesifik paling sedikit adalah ketika penggunaan motor dengan ditambah generator HHO aluminium pada putaran 1000 RPM yaitu sebesar 0.0202 ml/s. Tetapi pada pemakaian normal dilapangan mesin dipacu disekitar putaran 1500 sampai 3000 RPM. Sehingga pada kenyataan dilapangan konsumsi spesifik bahan bakar akan lebih tinggi daripada data pada putaran 1000 RPM.



Gambar 2. Konsumsi Spesifik Bahan Bakar

Tabel 3. Persentase Konsumsi Bahan Bakar Pemanfaatan Generator terhadap Kondisi Standar

Putaran Mesin (RPM)	Persentase Konsumsi Bahan Bakar	
	Aluminium	Stainless Steel
1000	31.15%	17.88%
2000	37.33%	12.57%
4000	-9.18%	-23.10%

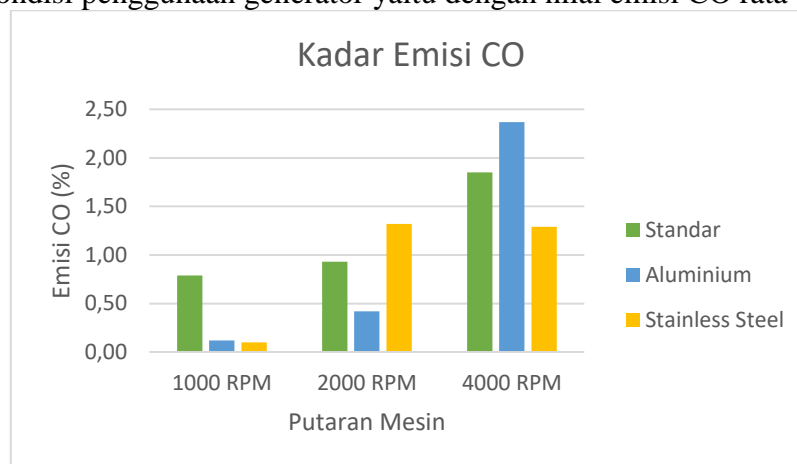
Dari data durasi juga dapat dianalisa penghematan yang didapat dengan memanfaatkan generator HHO. Nilai positif menunjukkan bahwa penggunaan generator akan menghemat bahan bakar. Dari data sebelumnya didapat bahwa konsumsi bahan bakar paling sedikit adalah ketika kondisi menggunakan generator aluminium pada putaran 1000 RPM. Tetapi dengan menganalisa besar penghematannya maka didapat bahwa penggunaan generator aluminium pada putaran 2000 RPM dengan penghematan sebesar 37.33% lebih hemat dibanding kondisi standar. Nilai rata-rata penggunaan generator aluminium adalah sebesar 19.77% dan 2.45% untuk generator stainless steel. Penggunaan generator HHO dapat menurunkan konsumsi bahan bakar. Hal tersebut dikarenakan dengan adanya tambahan gas HHO maka akan membantu menambah dua molekul hidrogen sebagai bahan bakar dan 1 molekul oksigen sebagai udara. Generator HHO dengan elektroda aluminium menghasilkan penurunan konsumsi yang lebih baik daripada elektroda stainless steel. Hal tersebut dikarenakan konduktifitas aluminium lebih baik daripada stainless steel. Dengan konduktifitas yang lebih baik maka hambatan listrik menjadi lebih rendah. Pada tahap selanjutnya penelitian ini juga menganalisa emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan generator HHO pada variasi yang sama. Dengan menggunakan alat uji emisi didapat data untuk 3 kondisi pengujian yang ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Emisi Gas Buang

Putaran Mesin (RPM)	Emisi Gas Buang								
	Standar			Aluminium			Stainless Steel		
	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)
1000	0.79	1.63	207.00	0.12	3.33	942.30	0.10	5.10	585.66
2000	0.93	1.93	168.60	0.42	3.60	413.60	1.32	5.13	458.33
4000	1.85	2.27	102.60	2.37	4.73	234.30	1.29	5.13	133.33

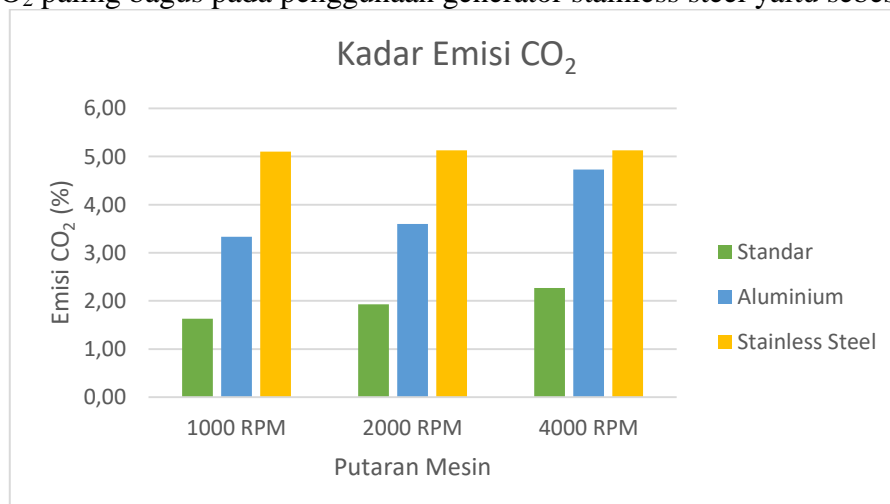
Parameter emisi yang dibahas pada penelitian ini adalah CO, CO₂ dan HC. CO mengindikasikan bahwa pembakaran yang terjadi diruang bakar tidak sempurna. Ketika tidak cukup banyak oksigen untuk mengkonversi bahan bakar menjadi CO₂ maka sebagian karbon berakhir menjadi CO. Sedangkan CO₂ mengindikasikan bahwa pembakaran sempurna. Semakin tinggi nilai CO₂ maka kinerja mesin semakin optimal. Dengan pembakaran sempurna maka kerja yang dihasilkan lebih optimal sehingga bahan bakar lebih irit. Adapun emisi HC merupakan bahan bakar yang tidak habis terbakar. Emisi HC merupakan polutan yang bereaksi sebagai iritant serta memiliki bau dan sebagian bersifat *carcinogenic* (beracun).

Pada emisi CO yang didapat bahwa semua kondisi memiliki kecenderungan naik pada saat putaran mesin tinggi. Umumnya mesin bensin memiliki kadar CO 0.2% hingga 5% (Pulkrabek, 1997). Dalam hal ini, baik pada kondisi standar maupun dengan aplikasi generator HHO masih pada batas normal. Berdasarkan perhitungan rata-rata, generator stainless steel memiliki rata-rata emisi CO paling rendah yaitu pada angka 0.9% disusul pada kondisi penggunaan elektroda aluminium pada nilai 1%. Dan pada kondisi standar masih berada pada level paling tinggi dibanding dua kondisi penggunaan generator yaitu dengan nilai emisi CO rata-rata sebesar 1.2%.



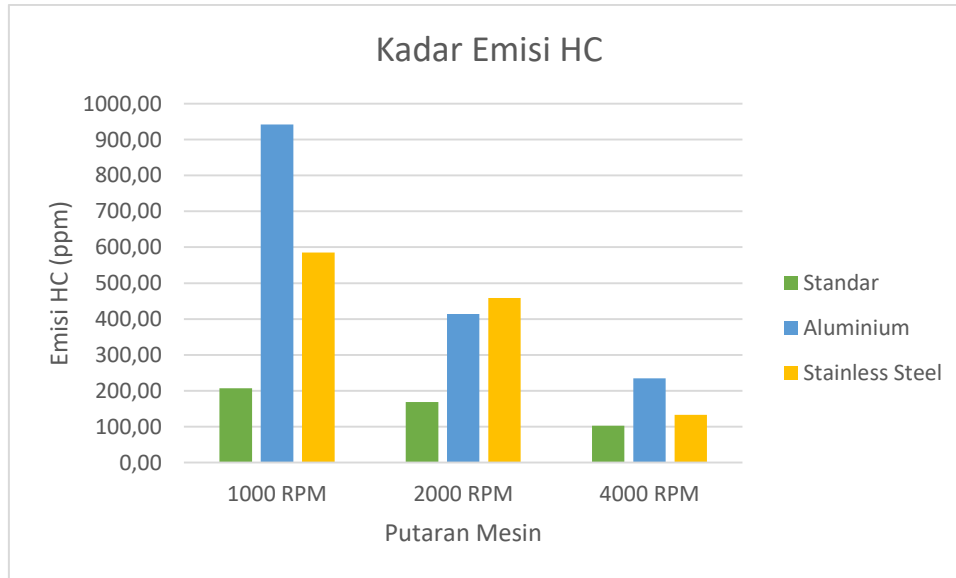
Gambar 4. Kadar Emisi CO

Gambar 4 menampilkan hasil uji emisi untuk kadar CO₂. Sama seperti emisi CO, ketika putaran mesin semakin tinggi maka kadar emisi CO₂ semakin besar. Pada parameter ini, penggunaan generator stainless steel kembali menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan generator aluminium dan kondisi standar. Pada kondisi standar rata-rata kandungan CO₂ pada emisi gas buang sebesar 1.9%. Penggunaan generator aluminium menyebabkan lebih banyak partikel bahan bakar yang terbakar sempurna dengan nilai 3.9%. Dan nilai kadar CO₂ paling bagus pada penggunaan generator stainless steel yaitu sebesar 5.1%,



Gambar 4. Kadar Emisi CO₂

Pada parameter emisi terakhir, penggunaan generator stainless steel maupun aluminium justru meningkatkan kadar HC. Berdasarkan properti termokimia, substansi hidrogen memiliki *heating values* paling besar dibanding zat lain (Moran, Shapiro, Boettner, & Bailey, 2011).



Gambar 6. Kadar Emisi HC

Nilai rata-rata kadar HC pada kondisi standar yang telah diuji adalah 159.4 ppm. Penggunaan generator dengan elektroda stainless steel menghasilkan emisi HC hingga 392.3 ppm. Dan pada kondisi penggunaan generator aluminium mencatat nilai yang lebih tinggi yaitu 530.1 ppm. Umumnya pada mesin dengan sistem *spark ignition* mengandung hingga 6000 ppm HC atau setara 1-1.5% bahan bakar. Dengan demikian meskipun terjadi kenaikan emisi HC masih pada batas standar. Dengan melakukan penyetelan ulang maka dapat diperbaiki emisi HC untuk menyesuaikan jika generator HHO diaplikasikan pada sepeda motor.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa aplikasi generator HHO pada sepeda motor konvensional dapat menurunkan konsumsi bahan bakar. Generator HHO dengan elektroda aluminium memiliki performa lebih baik yaitu dapat meningkatkan durasi mesin menyala yaitu selama 575.7 s untuk 15 ml bahan bakar, menurunkan konsumsi spesifik menjadi 0.0313 ml/s serta penghematan hingga 19.77%. Penggunaan generator HHO menyebabkan bensin sebagai bahan bakar utama tidak terbakar semua diindikasikan oleh HC yang meningkat. Tetapi emisi berbahaya CO menurun dan pembakaran lebih optimal diindikasikan oleh CO₂ yang semakin tinggi. Generator HHO dengan elektroda stainless steel menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan generator aluminium. Kadar CO yang dihasilkan sebesar 0.9% dan 5.1% untuk CO₂. Sedangkan kandungan HC dengan penggunaan generator HHO tidak lebih baik daripada kondisi standar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Tanah Laut yang telah memberikan pendanaan dan dukungan melalui skema Penelitian Dosen Dana DIPA (PD3) Politeknik Negeri Tanah Laut dalam pelaksanaan studi dan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AISI, 2019, *Statistic Domestic Distribution and Export*, AISI, Jakarta.
- Bappenas, 2013, *Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*, Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Fuel Cell Today, 2013, *Water Electrolysis & Renewable Energy Systems*, Fuel Cell Today, Royston.
- Gaikindo, 2019, *Indonesian Automotive Industry Data by Brand Jan-Dec 2018*, Gaikindo, Jakarta.
- Masters, G. M, 2004, *Renewable and Efficient Electric Power Systems*, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Moran, M. J., Shapiro, H. J., Boettner, D. D., & Bailey, M. B, 2011, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Pulkrabek, W. W, 1997, *Engineering Fundamental of The Internal Combustion Engine*, Prentice Hall, New Jersey.