

PENGARUH JUMLAH PLAT PADA HHO GENERATOR TIPE WET CELL DENGAN GEOMETRIS PERSEGI TERHADAP PERFORMA DAN EMISI MOTOR BENSIN 4 TAK

Sayyidah Minashofwati Islami

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: sayyidahislami@mhs.unesa.ac.id

Indra Herlamba Siregar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: indrasiregar@unesa.ac.id

Abstrak

HHO Generator digunakan sebagai wadah untuk pengoptimalan bahan bakar air. Dimana nantinya akan mengolah dan memisahkan partikel/molekul air sebelum disalurkan menjadi suplemen/penambahan pada kendaraan demi mengurangi keborosan pembakaran bahan bakar dan mengurangi polusi yang dikeluarkan knalpot kendaraan. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimental. Menggunakan variasi jumlah plat pada HHO generator tipe *wet cell* dengan jumlah plat sebanyak 4 buah, 8 buah, dan 12 buah dimana pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah plat pada HHO generator terhadap performa (torsi dan daya) dan terhadap emisi gas buang (HC dan CO) pada sepeda motor Honda Beat tahun 2015. Variabel kontrol meliputi pengujian dilakukan pada rpm 1400, 5000, dan 8000, dengan bahan bakar yang digunakan adalah pertamax. Instrumen penelitian yang digunakan yaitu *chassis dynamometer, exhaust gas analyzer, rpm counter and oil temperature meter*, timbangan, dan *four in one multifunction environment meter*. Penambahan HHO generator dengan variasi plat 4 buah, 8 buah, dan 12 buah memberi pengaruh kepada performa mesin, yaitu berupa penurunan torsi dan daya. Penurunan torsi tertinggi pada HHO generator 12 plat pada rpm 1400 sebesar 35,55%. Penurunan daya tertinggi terjadi pada HHO generator 12 plat pada rpm 1400 sebesar 33,42%. Penambahan HHO generator dengan variasi jumlah plat juga memberi pengaruh terhadap emisi gas buang. Penurunan HC tertinggi pada rpm 8000 dengan HHO generator 12 plat sebesar 40,52%. Penurunan CO tertinggi terjadi pada rpm 8000 dengan HHO generator 12 plat, yaitu sebesar 91,82%.

Kata Kunci: HHO generator, *brown gas*, jumlah plat, rpm, performa mesin, emisi gas buang.

Abstract

HHO generator is used as a container for water fuel optimization. Where it will process and separate water particles/molecules before being channeled into supplements/additions to vehicles in order to reduce waste of fuel combustion and reduce pollution released by vehicle exhaust. The research method used is descriptive quantitative with the type of experimental research. Using variations in the number of plates on wet cell type HHO generator with number of plates of 4, 8, and 12 where the test was carried out to determine the effect of variations in number of plates on the HHO generator on performance (torque and power) and on exhaust emissions (HC and CO) on 2015 Honda Beat motorcycle. Control variables include tests carried out at 1400, 5000, and 8000 rpm, with the fuel used is pertamax. The research instruments used were chassis dynamometer, exhaust gas analyzer, rpm counter and oil temperature meter, scales, and four in one multifunction environment meter. The addition of HHO generator with variations of 4, 8, and 12 plates has an effect on engine performance, namely a decrease in torque and power. The highest torque reduction on the 12 plate HHO generator at 1400 rpm is 35,55%. The highest decrease in power occurred in the 12 plate HHO generator at 1400 rpm by 33,42%. The addition of a HHO generator with variations in the number of plates also has an effect on exhaust emissions. The highest HC decrease is 40,52% at 8000 rpm with 12 plate of HHO generator. The highest CO reduction occurred at 8000 rpm with a 12 plate HHO generator, which was 91,82%.

Keywords: HHO generator, brown gas, number of plates, rpm, engine performance, exhaust gas emissions.

PENDAHULUAN

Bahan bakar fosil untuk kendaraan menjadi salah satu produksi utama dalam pengolahan minyak bumi.

Dikarenakan seiring berkembangnya teknologi, semakin bertambah pula penggunaan kendaraan bermotor dan semakin meningkat pula kebutuhan bahan bakar. Hal ini

kelas berbanding terbalik dengan produksi minyak bumi yang semakin menurun dan menyebabkan kelangkaan BBM di tengah bertambah banyaknya kendaraan bermotor.

Selain dihadapkan dengan masalah kelangkaan BBM dan semakin menurunnya produksi minyak bumi, masyarakat juga dihadapkan oleh pemanasan global yang terus bertambah parah. Salah satunya adalah polusi udara yang disebabkan oleh penggunaan kendaraan bermotor yang semakin meningkat setiap tahunnya. Selain itu, karena tingginya penggunaan BBM, tentu saja menyebabkan masalah lain berupa polusi udara yang berasal dari sisa gas buang bahan bakar.

Oleh karena itu, banyak cara dan upaya, terutama yang dilakukan oleh pemerintah untuk menghadirkan sistem transportasi ramah lingkungan yang ditujukan untuk mengatasi kelangkaan BBM, reduksi gas buang, dan permasalahan polusi udara. Upaya-upaya tersebut antara lain adalah pengembangan teknologi kendaraan dari segala merek dan perusahaan otomotif dengan klaim kendaraan yang irit bahan bakar, namun itu semua belum cukup untuk mengurangi tingginya penggunaan BBM dan polusi di udara dan upaya pemerintah untuk menghadirkan kendaraan listrik di Indonesia yang baru ditargetkan 600 ribu unit untuk kendaraan roda empat pada tahun 2030 (medcom.id, diakses pada 3 Desember 2021), sedangkan untuk roda dua sendiri pergerakannya belum sebesar roda empat. Beberapa cara lain untuk menekan keborosan penggunaan BBM dengan energi alternatif seperti biodiesel, biogas, energi surya, energi angin, dan energi air. Hal yang menarik di sini adalah pengembangan energi alternatif menggunakan air, terutama menggunakan air pada kendaraan bermotor. Air sendiri adalah sumber energi yang terbilang sangat potensial, dimana ketersediaan air sendiri mencakup 70% bagian bumi. Untuk dapat digunakan sebagai penghemat bahan bakar minyak sendiri, air perlu melalui proses elektrolisis dimana nantinya akan menghasilkan gas H_2 dan O_2 yang memiliki nilai oktan yang lebih tinggi. Ada beberapa metode atau cara memproduksi gas hidrogen, salah satunya adalah dengan metode elektrolisis air. Metode ini mengubah air (H_2O) menjadi gas HHO (*oxyhydrogen*) atau biasa disebut sebagai *brown gas*.

Karena itu, penelitian ini bertujuan menggunakan air sebagai suplemen/tambahan pada kendaraan untuk mereduksi bahan bakar bensin. HHO Generator tipe *wet cell* ini menggunakan elektroda berupa *stainless steel* dikarenakan bahan tersebut tidak mudah berkarat di dalam air dan menghantarkan listrik lebih baik. Wadah yang digunakan adalah akrilik dengan ketebalan 10 mm agar lebih kuat menahan reaksi elektrolisis yang terjadi di dalam generator. Sehingga diperlukanlah HHO Generator sebagai wadah untuk pengoptimalan bahan bakar air

tersebut. Dimana nantinya akan mengolah dan memisahkan partikel/molekul air sebelum disalurkan menjadi suplemen/penambahan pada kendaraan demi mengurangi keborosan pembakaran bahan bakar minyak dan mengurangi polusi yang dikeluarkan knalpot kendaraan nantinya.

Penelitian tentang penggunaan gas HHO juga dilakukan oleh Nu'man (2013) dengan menggunakan bahan bakar LPG yang diberi tambahan gas HHO pada motor bensin 1 silinder 4 langkah. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa dengan penggunaan bahan bakar LPG baik tanpa dan dengan penambahan gas HHO terjadi penurunan daya dan torsi, kemudian untuk konsumsi bahan bakar juga terjadi penurunan, dan penurunan juga terjadi pada emisi CO dan HC.

Penelitian tentang penggunaan air sebagai penambah daya untuk menghemat BBM dan mengurangi polusi udara telah dilakukan oleh Kusumawati (2014) dengan menggunakan multicell water electrolyzer model plat pada Yamaha Mio 2004 dengan penambahan katalis KOH 2 gram, 3 gram, dan 4 gram dimana terjadi peningkatan daya efektif masing-masing sebesar 9,71%, 9,94%, dan 11,03%. Penurunan konsumsi bahan bakar masing-masing sebesar 17,65%, 17,08%, dan 16,20%, penurunan emisi CO masing-masing sebesar 20,06%, 22,98%, dan 23,94%, dan penurunan emisi HC masing-masing sebesar 13,28%, 14,33%, dan 22,03%.

Penelitian lainnya oleh Nugroho dan Yudianto (2016) yang melakukan penelitian performa mesin sepeda motor Satria FU 150cc tanpa dan dengan HHO Generator, dimana HHO Generator yang digunakan adalah tipe *Dry Cell*. Katalis yang digunakan adalah katalis NaOH dengan konsentrasi 25%, 30%, 35%, dan 40%. Hasil yang didapatkan adalah dengan penambahan konsentrasi NaOH sebesar 25% terjadi penghematan bahan bakar terbesar, yaitu 21,05% pada rpm 6000, sedangkan peningkatan torsi dan daya mesin terbesar terjadi dengan penambahan 30% NaOH masing-masing sebesar 5,3% dan 5,2% pada rpm 3000, dan penurunan mesin dan torsi terendah terjadi pada rpm 8000 dengan konsentrasi NaOH 40% masing-masing -6,49% dan -6,44%.

Penelitian yang lainnya dilakukan oleh Al-Rousan dan Musmar dalam jurnalnya (2018) dengan meneliti efek dari ketebalan anoda-katoda pada HHO pada performa mesin bensin dengan ketebalan anoda-katoda yang digunakan adalah 3 mm, 5 mm, 7 mm, dan 10 mm. Hasilnya pada rpm 2000 didapatkan nilai efisiensi rata-rata dan maksimum pada engine brake masing-masing 17.7% dan 22.4%. Lalu, penurunan rata-rata dan maksimum pada sfc adalah 16.55% dan 18.53%. pengurang rata-rata dan maksimum dalam λ masing-masing 7.5% dan 9.8%. Pengurangan emisi HC dan CO

rata-rata dan maksimum pada ketebalan plat 10 mm adalah 10% dan 8%.

Penelitian yang lain juga dilakukan oleh Tamer M. Ismail, et al (2018) dengan meneliti performa dan emisi gas buang pada kendaraan menggunakan HHO tipe *dry cell* dengan menggunakan tiga jenis sel (alfa, beta, dan omega) ditambah dengan sensor oksigen, sensor MAP, dan sensor MAF didapatkan hasil jumlah gas HHO yang perlu dipasok ke mesin 1500 CC adalah 0,375 LPM dan terjadi pengurangan 17% dalam konsumsi bahan bakar. Ditunjukkan pula 17 % pengurangan CO, 27% pengurangan HC, 15% peningkatan O₂, dan 1% peningkatan CO₂.

Merujuk dari penelitian-penelitian terdahulu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan dengan melakukan variasi jumlah plat pada HHO Generator, selain itu HHO Generator yang akan dibuat adalah generator dengan tipe *Wet Cell*. Desain dari generatornya juga akan dibuat lebih rapi dan nyaman untuk digunakan tanpa mengganggu kenyamanan berkendara.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah penelitian eksperimen (*experimental reseach*).

Objek Penelitian

Objek penelitian adalah mesin Honda Beat tahun 2015.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya dan di Laboratorium Otomotif SMK Senopati Sedati.

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2021.

Variabel penelitian

- Variabel Independen
“Variabel bebas atau variable independent adalah variable yang memengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variable terikat/dependen” (Sugiyono, 2016:39). Variabel independen dalam penelitian ini adalah HHO generator plat tipe *wet cell* dengan geometris persegi, jenis motor, dan katalis yang akan digunakan..
- Variabel Dependen
“Variabel dependen adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel independen” (Sugiyono, 2013:39). Variabel dependen dalam penelitian ini adalah:
 - Performa mesin (torsi dan daya)
 - Emisi gas buang (HC dan CO)

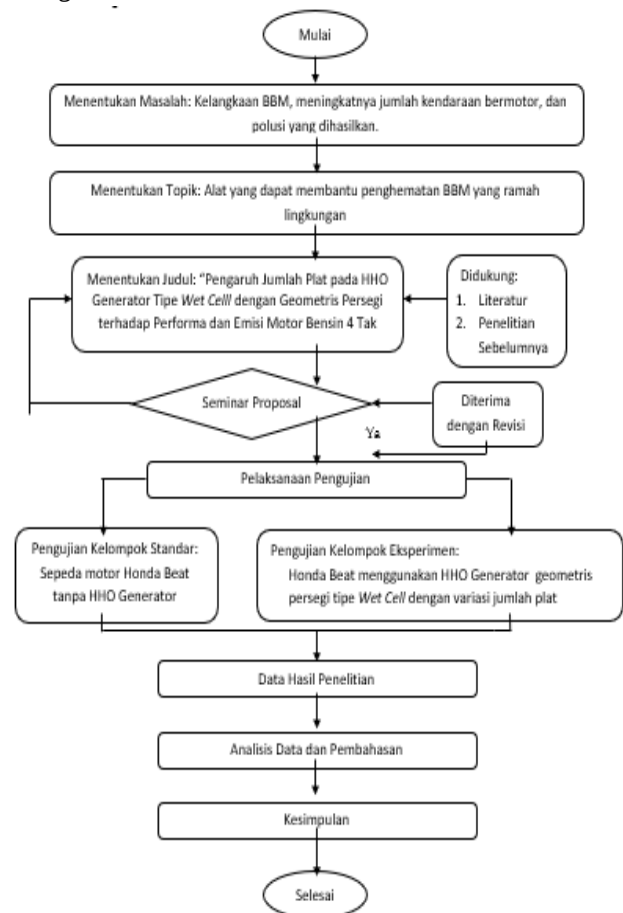
Variabel Kontrol (*Control Variable*)

“Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan, sehingga faktor luar yang tidak diteliti tidak memengaruhi variabel bebas dan terikat” (Sugiyono, 2016:120). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Jumlah plat yang digunakan 4, 8, dan 12 buah.
- Ketebalan plat 1 mm.
- Bahan bakar pertamax jenis 92.
- Kecepatan putaran mesin (rpm) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1400 rpm (putaran rendah), 5000 rpm (putaran tengah), dan 8000 rpm (putaran tinggi).
- Sumber arus yang digunakan adalah baterai sepeda motor.

Rancangan Penelitian

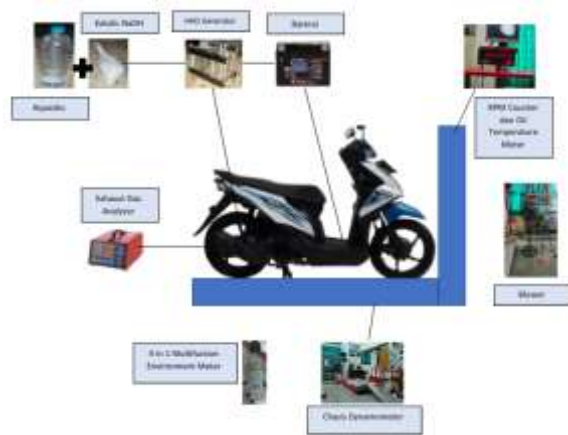
Rancangan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



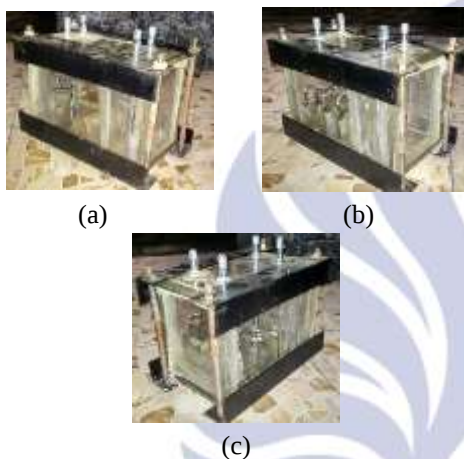
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat ukur dan alat uji yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian. Adapun skema instrumen penelitian dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Instrumen Penelitian



Gambar 3. (a) HHO Generator 4 Plat, (b) HHO Generator 8 Plat, (c) HHO Generator 12 Plat

Metode Pengujian

- Pengukuran emisi gas buang berdasarkan SNI 09-7118.3-2005 tentang pengujian emisi kendaraan kategori L. Metode pengujian ini dapat dilakukan pada saat posisi *idle* ataupun pada keadaan *throttle* terbuka.
- Pengukuran performa mesin berdasarkan SAE J1349, tentang *Engine Power Test Code – Spark Ignition and Compression Ignition – Net Power Rating*. Metode pengujian performa ini dilakukan pada saat kondisi *idle* sampai bukaan *throttle* penuh (maksimum).

Prosedur Pengujian

Adapun langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

- Pengujian Performa Mesin
 1. Persiapan pengujian tingkat kebisingan:
 - Pengecekan kondisi mesin
 - Menyiapkan rangkaian HHO generator plat tipe *wet cell*.
 - Pemeriksaan posisi sepeda motor Honda Beat, kondisi, dan kelengkapan *chassis dynamometer*.

- Persiapkan alat untuk pengujian.
- Menyalakan blower.
- 2. Pelaksanaan pengujian performa mesin:
 - Menaikkan kendaraan ke *chassis dynamometer*.
 - Memasangi tali pengikat dan sensor-sensor pada kendaraan.
 - Memilih batas kecepatan pada akuisisi.
 - Memilih volume silinder yang sesuai/mendekati volume silinder kendaraan uji.
 - Memasukkan data *ambient temperature* dan *humidity*.
 - Menyalakan mesin.
 - Menunggu mesin mencapai suhu kerja.
 - Arahkan *switch computer data acquisition* ke mode "*acquire*".
 - Melakukan akselerasi perlahan untuk membuka *throttle* dari posisi *idle* sampai *throttle* terbuka penuh.
 - Mulai melakukan pengamatan.
 - Ketika batas maksimum tercapai, maka lepaskan *handle* akselerasi untuk mengembalikan posisi *throttle*.
 - Kurangi kecepatan roda dengan rem.
 - Menyimpan data yang diperoleh pada monitor.
 - Mengulangi langkah-langkah di atas untuk mendapatkan data pengujian standard dan eksperimen.
 - Pengujian dari pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali.
- 3. Akhir pengujian performa mesin:
 - Membiarkan mesin sementara waktu pada posisi *idle*.
 - Matikan mesin.
 - Matikan blower.

• Pengujian Emisi Gas Buang

1. Persiapan pengujian emisi gas buang:
 - Memeriksa kesiapan *exhaust gas analyzer*.
 - Memeriksa saluran gas buang kendaraan terhadap kebocoran.
 - Mematikan semua peralatan tambahan pada kendaraan.
 - Menyiapkan alat ukur uji emisi gas buang yang sesuai standar ISO 3930/OIML R-99.
 - Memasukkan *probe* alat uji emisi ke dalam knalpot sedalam 30 cm.
 - Menyiapkan alat ukur pendukung lain.
2. Pelaksanaan pengujian emisi gas buang:
 - Menyalakan mesin dengan putaran *idle*.
 - Melakukan pengambilan data pada putaran berubah mulai putaran rendah (1400 rpm), putaran tengah (5000 rpm), dan putaran tinggi (8000 rpm).

- Amati hasil uji emisi dengan mencetak hasilnya.
 - Konsentrasi gas CO dinyatakan dalam satuan persen (%) dan HC dalam satuan ppm.
 - Melakukan pengujian di atas pada kelompok standard dan eksperimen.
 - Pengujian dan pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali.
3. Akhir pengujian emisi gas buang:
- Membiarkan mesin sementara pada posisi *idle*.
 - Bila perlu, perlambat kecepatan mesin dengan rem.
 - Matikan mesin.
 - Melepaskan semua alat.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan metode deskriptif kuantitatif, yaitu dengan mendeskripsikan atau menggambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai realita yang diperoleh selama pengujian.

Data hasil penelitian yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya, data dideskripsikan dengan kalimat sederhana sehingga mudah dipahami untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang diteliti, lalu dapat ditarik kesimpulannya

ANALISA DAN PEMBAHASAN

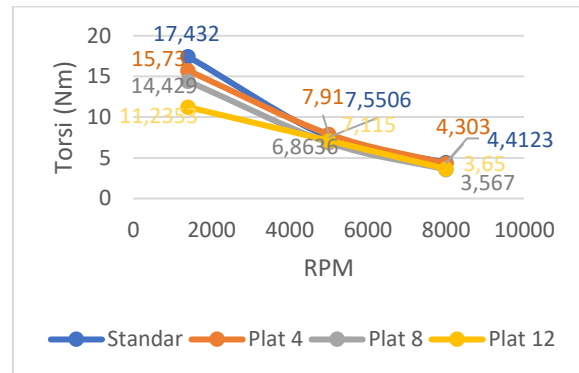
Analisa dan Pembahasan Performa Mesin

- Pengujian Torsi (Nm)
Secara umum, hasil pengujian performa yang dihasilkan mesin Honda Beat tahun 2015 tanpa HHO generator dan dengan HHO generator dengan jumlah plat 4, 8, dan 12 dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 4 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Torsi (Nm)

Pengujian	RPM		Jenis Pengujian			
			Standar	HHO 4 Plat	HHO 8 Plat	HHO 12 Plat
Torsi (Nm)	1400	1	17.285	15.752	15.605	10.535
		2	17.525	13.152	13.413	11.501
		3	17.487	18.287	14.269	11.670
	5000	Rata-rata	17.432	15.730	14.429	11.2353
		1	7.557	7.889	6.532	6.759
		2	7.577	7.872	7.050	7.407
		3	7.518	7.970	7.009	7.180

	Rata-rata		7.5506	7.910	6.8636	7.1153
	8000	1	3.981	4.343	3.49	3.738
		2	4.625	4.289	3.544	3.502
		3	4.631	4.277	3.666	3.710
	Rata-rata		4.4123	4.303	3.567	3.65



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Torsi Mesin Standar dan Eksperimen

Persentase perubahan torsi mesin pada motor Honda Beat tahun 2015 standar dengan penambahan HHO Generator *wet cell* (Plat 4, Plat 8, dan Plat 12) ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Persentase Perubahan Torsi Mesin.

RPM	Torsi (N.m)				Presentase Perubahan Δ%)		
	Standar	Plat 4	Plat 8	Plat 12	Plat 4	Plat 8	Plat 12
1400	17,432	15,730	14,429	11,2353	-9,76	-17,22	-35,55
5000	7,5506	7,910	6,8636	7,1153	4,76	-9,10	-5,76
8000	4,4123	4,303	3,567	3,65	-2,48	-19,16	-17,28

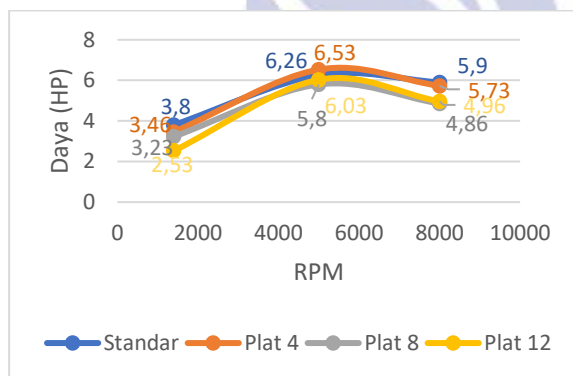
Secara umum hasil pengujian torsi mesin sepeda motor Honda Beat tahun 2015 mengalami penurunan dengan menggunakan HHO Generator Plat 4, Plat 8, dan Plat 12 dibandingkan dengan pengujian standar tanpa diberi apapun. Torsi tertinggi yang didapat dengan pengujian standar adalah pada RPM 1400 dengan nilai 174,32 Nm. Sementara pada saat diberi HHO Generator terjadi penurunan nilai torsi dimana presentase penurunan torsi dapat dilihat pada tabel 4 presentase penurunan torsi tertinggi didapat pada RPM 1400 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 35,55% lebih rendah dibanding uji standarnya. Sementara untuk nilai torsi terendah yang didapat adalah pada RPM 8000 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 36,50 Nm.

- Pengujian Daya (HP)

Secara umum, hasil pengujian daya yang dihasilkan mesin Honda Beat tahun 2015 tanpa HHO generator dan dengan HHO generator dengan jumlah plat 4, 8, dan 12 dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 5 berikut ini:

Tabel 3. Hasil Pengujian Daya (HP)

Pengujian	RPM		Jenis Pengujian			
			Standar	HHO 4 Plat	HHO 8 Plat	HHO 12 Plat
Daya (HP)	1400	1	3.7	3.4	3.5	2.4
		2	3.9	2.9	3.0	2.6
		3	3.8	4.1	3.2	2.6
	5000	1	6.3	6.5	5.5	5.7
		2	6.3	6.5	6.0	6.3
		3	6.2	6.6	5.9	6.1
	8000	1	5.3	5.8	4.8	5.1
		2	6.2	5.7	4.8	4.8
		3	6.2	5.7	5.0	5.0
	Rata-rata		3.8	3.46	3.23	2.53
			6.26	6.53	5.8	6.03
			5.9	5.73	4.86	4.96



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Daya Mesin Standar dan Eksperimen

Persentase perubahan daya mesin pada motor Honda Beat tahun 2015 standar dengan penambahan HHO Generator *wet cell* (Plat 4, Plat 8, dan Plat 12) ditunjukkan pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Persentase Perubahan Daya Mesin

RPM	Daya (HP)				Presentase Perubahan Δ%		
	Standar	Plat 4	Plat 8	Plat 12	Plat 4	Plat 8	Plat 12
1400	3,8	3,46	3,23	2,53	-8,94	-15,00	-33,42
5000	6,26	6,53	5,8	6,03	4,31	-7,34	-3,67
8000	5,9	5,73	4,86	4,96	-2,88	-17,62	-15,94

Secara umum hasil pengujian daya mesin sepeda motor Honda Beat tahun 2015 mengalami penurunan dengan menggunakan HHO Generator Plat 4, Plat 8, dan Plat 12 dibandingkan dengan pengujian standar

tanpa diberi apapun. Daya tertinggi yang didapat pada pengujian dengan penambahan HHO Generator plat 4 adalah pada RPM 5000 dengan nilai 6,53 HP. Tetapi angka cenderung mengalami penurunan pada pengujian ketika diberi HHO Generator dimana presentase penurunan daya dapat dilihat pada tabel 4.15. Presentase penurunan daya tertinggi didapat pada RPM 1400 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 33,42% lebih rendah dibandingkan pada pengujian standarnya. Sementara itu, untuk nilai daya terendah yang didapat adalah pada RPM 1400 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 3,23 HP.

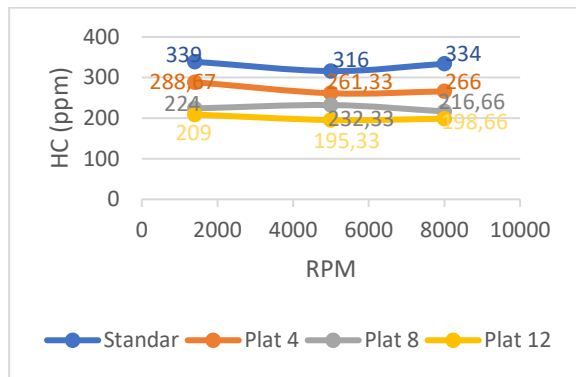
Analisa dan Pembahasan Emisi Gas Buang

- Pengujian HC (ppm)

Hasil pengujian emisi gas buang HC yang dihasilkan mesin Honda Beat tahun 2015 tanpa HHO generator dan dengan HHO generator dengan jumlah plat 4, 8, dan 12 dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 6 berikut ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Emis Gas Buang HC (ppm)

Pengujian	RPM		Jenis Pengujian			
			Standar	HHO 4 Plat	HHO 8 Plat	HHO 12 Plat
HC (ppm)	1400	1	350	285	206	209
		2	373	288	231	190
		3	294	293	235	228
	5000	1	282	271	281	207
		2	335	259	225	196
		3	331	254	191	183
	8000	1	301	218	182	186
		2	311	309	266	200
		3	390	271	202	210
	Rata-rata		339	288.67	224	209
			316	261.33	232.33	195.33
			334	266	216.66	198.66



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Standar dan Eksperimen

Persentase perubahan emisi gas buang HC pada motor Honda Beat tahun 2015 standar dengan penambahan HHO Generator *wet cell* (Plat 4, Plat 8, dan Plat 12) ditunjukkan pada tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Persentase Perubahan Emisi Gas Buang HC (ppm)

RPM	HC(ppm)				Presentase Perubahan Δ(%)		
	Standar	Plat 4	Plat 8	Plat 12	Plat 4	Plat 8	Plat 12
1400	339	288,67	224	209	-14,85	-33,93	-38,34
5000	316	261,33	232,33	195,33	-17,3	-26,47	-38,18
8000	334	266	216,66	198,66	-20,35	-35,13	-40,52

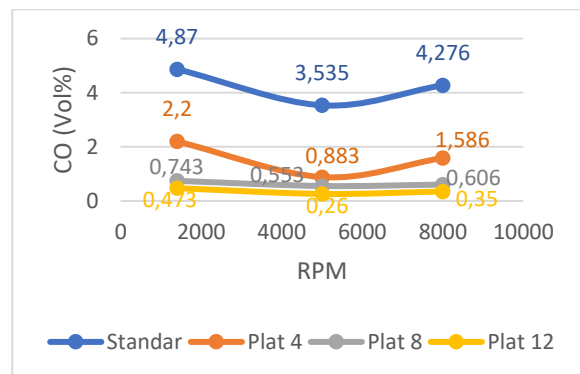
Hasil pengujian emisi gas buang HC pada sepeda motor Honda Beat tahun 2015 mengalami penurunan dengan menggunakan HHO Generator Plat 4, Plat 8, dan Plat 12 dibandingkan dengan pengujian standar tanpa diberi apapun. Emisi gas buang HC tertinggi yang didapat pada pengujian standar adalah pada RPM 5000 dengan nilai 339 ppm. Tetapi angka cenderung mengalami penurunan pada pengujian ketika diberi HHO Generator dimana presentase penurunan emisi gas buang HC dapat dilihat pada tabel 4.20. Presentase penurunan emisi gas buang HC tertinggi didapat pada RPM 8000 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 40,52% lebih rendah dibandingkan pada pengujian standarnya. Sementara itu, untuk nilai emisi gas buang HC terendah yang didapat adalah pada RPM 5000 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 195,33 ppm.

- Pengujian CO (%)

Hasil pengujian emisi gas buang CO yang dihasilkan mesin Honda Beat tahun 2015 tanpa HHO generator dan dengan HHO generator dengan jumlah plat 4, 8, dan 12 dapat dilihat pada tabel 7 dan gambar 7 berikut ini:

Tabel 7. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO (%)

Pengujian	RPM		Jenis Pengujian			
			Standar	HHO 4 Plat	HHO 8 Plat	HHO 12 Plat
CO (Vol%)	1400	1	5.02	2.32	0.79	0.52
		2	4.86	2.27	0.74	0.48
		3	4.73	2.01	0.70	0.42
	Rata-rata		4.87	2.2	0.743	0.473
	5000	1	4.24	1.00	0.58	0.30
		2	3.46	0.99	0.55	0.26
		3	2.36	0.66	0.53	0.22
	Rata-rata		3.353	0.883	0.553	0.26
	8000	1	4.69	1.84	0.62	0.38
		2	4.18	1.62	0.60	0.35
		3	3.96	1.30	0.60	0.32
	Rata-rata		4.276	1.586	0.606	0.35



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Standar dan Eksperimen

Persentase perubahan emisi gas buang CO pada motor Honda Beat tahun 2015 standar dengan penambahan HHO Generator *wet cell* (Plat 4, Plat 8, dan Plat 12) ditunjukkan pada tabel 8 dibawah ini:

Tabel 8. Persentase Perubahan Emisi Gas Buang CO (%)

RPM	CO (Vol%)				Presentase Perubahan Δ%)		
	Standar	Plat 4	Plat 8	Plat 12	Plat 4	Plat 8	Plat 12
1400	4,87	2,2	0,743	0,473	-54,82	-84,75	-90,28
5000	3,535	0,883	0,553	0,26	-75,02	-84,35	-90,65
8000	4,276	1,586	0,606	0,35	-62,91	-85,82	-91,82

Hasil pengujian emisi gas buang CO pada sepeda motor Honda Beat tahun 2015 mengalami penurunan yang signifikan dengan menggunakan HHO Generator Plat 4, Plat 8, dan Plat 12 dibandingkan dengan pengujian standar tanpa diberi apapun. Emisi gas buang CO tertinggi yang didapat pada pengujian standar adalah pada RPM 1400 dengan nilai 4,87 vol%. Tetapi angka mengalami penurunan yang signifikan pada pengujian ketika diberi HHO Generator dimana presentase penurunan emisi gas buang CO dapat dilihat pada tabel 4.24. Presentase penurunan emisi gas buang CO tertinggi didapat pada RPM 8000 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 91,82% lebih rendah dibandingkan pada pengujian standarnya. Sementara itu, untuk nilai emisi gas buang CO terendah yang didapat adalah pada RPM 5000 dengan HHO Generator plat 12 sebesar 0,26 vol%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengambilan data, analisa dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

- Penggunaan HHO generator plat tipe *wet cell* berpengaruh terhadap performa mesin Honda Beat tahun 2015. Pengaruh berupa penurunan torsi dan daya. Penurunan torsi tertinggi terjadi di rpm 1400 dengan HHO generator 12 plat sebesar 35,55% lebih rendah dibanding pengujian standar di rpm yang sama. Penurunan daya tertinggi didapat di rpm 1400 dengan HHO generator 12 plat sebesar 33,42% lebih rendah dibanding pengujian standar di rpm yang sama.
- Penggunaan HHO generator tipe *wet cell* berpengaruh pula terhadap emisi gas buang Honda Beat 2015. Pengaruh berupa penurunan HC dan CO. penurunan HC tertinggi sebesar 40,52% pada rpm 8000 dengan HHO generator 12 plat. Penurunan CO tertinggi terjadi pada HHO generator 12 plat pada rpm 8000 sebesar 91,82%.

SARAN

Pada pengujian dan analisis data yang telah dilakukan pada sepeda motor Honda Beat tahun 2015 dan dari simpulan yang didapat, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Dari hasil penelitian sudah dibuktikan bahwa dengan penambahan HHO generator dengan plat 12 pada sepeda motor Honda Beat tahun 2015 dapat mengurangi emisi gas buang secara signifikan, tetapi tidak memberikan peningkatan performa mesin. Oleh karena itu, perlunya pada penelitian selanjutnya dapat memberikan pengatur arus untuk mengatur arus yang keluar dari HHO generator menuju kendaraan, atau dengan eksperimen lain yang dapat membantu meningkatkan performa mesin.
- Perlunya pada penelitian selanjutnya untuk mengukur suhu kerja mesin.
- Untuk penelitian selanjutnya dapat mencari optimal dari penelitian ini.
- Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian dengan variasi berat katalis NaOH atau variasi jenis katalis.
- Untuk penelitian selanjutnya juga disarankan melakukan pengujian pada HHO generator dengan variasi bahan bakar yang digunakan dan variasi jenis kendaraan.
- Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan plat dengan ketebalan di bawah 1 mm guna mengurangi penurunan performa mesin.
- Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan desain HHO generator agar jauh lebih efisien dan mudah digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Rousan, Ammar A., dan Sa'ed A. Musmar. 2018. "Effect of Anodes-Cathodes Inter-distance of HHO Fuel Cell on Gasoline Engine Performance Operating by a Blend of HHO". *International Journal of Hydrogen Energy*. Hal: 1-9.
- Arends, BPM., dan H. Berenschot (Ed). 1980. *Motor Bensin*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.
- Arismunandar, Wiranto. 2005. *Penggerak Mula: Motor Bakar Torak*. Edisi Kelima. Bandung: Penerbit ITB.
- Ismail, Tamer M., et al. 2018. "Performance of Hybrid Compression Ignition Engine Using Hydroxy (HHO) from Dry Cell". *Energy Conversion and Management*. Vol. 155: hal. 287-300.
- Jeremiah, dan Vigneshwaran. 2017. "Design, Fabrication, and Analysis of HHO Generator for Two Wheelers". *International Journal of Advanced Research Trends in Engineering and Technology (IJARTET)*. Vol. 4: hal. 610-619. 5 (2): hal 105-112
- Kusumawati, Ariezatina. 2014. "Unjuk Kemampuan Multi Cell Water Electrolyzer Model Plat Terhadap Reduksi Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Yamaha Miko". *Jurnal Teknik Mesin Unesa*. Vol. 3 (2): hal. 20-28.

- Nu'man. 2013. "Performa Mesin dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bahan Bakar LPG Dengan Penambahan Gas HHO". *Jurnal Teknik Mesin Unesa*. Vol. 1 (2): hal. 271-276.
- Nugroho, Heru Fitra, dan Bambang Yunianto. 2016. "Pengujian Penggunaan Generator HHO Jenis *Dry Cell* Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor". *Jurnal Teknik Mesin S-1*. Vol. 4 (2): hal. 258-265.
- Obert, Edward F. 1973. *Internal Combustion Engine and Air Pollution*. Third edition. New York: Harper & Row, Publisher, Inc.
- Sudarmanta, Bambang, et al. 2016. "Application of Dry Cell HHO Gas Generator With Pulse Width Modulation on Sinjai Spark Ignition Engine Performance". *International Journal of Research in Engineering and Technology*. Vol
- Sudirman, Urip. 2008. *Hemat BBM dengan Air*. Jakarta: PT. Kawan Pustaka.
- Sugiyono. 2016. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Swisscontact. 2001. *Injeksi Bensin Elektronik dan Manajemen Mesin*. Jakarta: Swisscontact Clean Air Project.
- Warju. 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Warju. 2013. *Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- <https://www.bps.go.id/statictable/.html>, diakses 1 Mei 2019
- <https://docplayer.info/30688579-Jurnal-rona-teknik-pertanian-issn.html>, diakses 20 November 2019
- <https://docplayer.info/71376601-Abdillah-nur-zaied-k.html>, diakses 20 November 2019
- <https://hho4u.wordpress.com/2013/02/01/new-hho-dry-cells-25-and-13-plate-dry-cell-by-hho2u>, diakses 15 Februari 2020
- <https://otomotif.kompas.com/read/2021/11/04/121200815/pahami-ketentuan-ambang-batas-emisi-gas-buang-kendaraan>, diakses 3 Desember 2021
- <https://www.google.com/search?q=Katalis>, diakses 20 November 2019
- <https://www.google.com/search?q=water+trap+hho+generator>, diakses 20 November 2019
- https://www.researchgate.net/figure/Generator-gas-HHO-Wet-Cell-type-generator-construction-bElectrodes-area_fig4_297289889, diakses 15 Februari 2020
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319918305871>, diakses 20 Februari 2020
- https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2018/10/shsconf_ices2018_02016.pdf, diakses 15 Februari 2020