

Optimalisasi Kinerja Motor Bakar Empat Langkah Berbahan Bakar Bensin dan Penambahan Water Elektrolisis dengan Katalis KOH

Berly Aliyansyah

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Jember

Email: berlyaliyansyah576@gmail.com

Nasrul Iminnafik

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Jember

Email: nasrul.teknik@unej.ac.id

Ahmad Syuhri

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Jember

Email: ahmad.syuhri@unej.ac.id

ABSTRAK

Indonesia adalah negara dengan penduduk terbanyak didunia. Peningkatan jumlah penduduk juga berdampak dengan bertambahnya kendaraan dan polusi udara. Polusi udara yang tinggi disebabkan oleh kurang sempurnanya pembakaran pada ruang bakar, penambahan elektrolisis air dapat menurunkan emisi gas buang serta dapat menambah kinerja pada motor bakar. Penambah produksi elektrolisis pada penelitian kali ini membandingkan pada kondisi standar dan konsentrasi KOH 3%, 6%, 9%. Hasil dari penelitian kali ini mendapatkan kenaikan torsi 2.8% dari standar pada konsentrasi 9%, daya naik 2.2% pada konsentrasi 9%, konsumsi bahan bakar spesifik turun 28.64 % dan emisi gas buang kadar HC turun 94.66 % serta kadar CO turun 97.37%.

Kata kunci: motor bakar 4 langkah, elektrolisis, konsentrasi katalis, KOH

ABSTRACT

Indonesia is the most populous country in the world. The increase in population also has an impact on the increase in vehicles and air pollution. High air pollution is caused by incomplete combustion in the combustion chamber, the addition of water electrolysis can reduce exhaust emissions and can increase performance in the combustion motor. The electrolysis production enhancer in this study compares to standard conditions and KOH concentrations of 3%, 6%, 9%. The results of this study obtained a torque increase of 2.8% from the standard at a concentration of 9%, power rose 2.2% at a concentration of 9%, specific fuel consumption decreased by 28.64% and exhaust gas emissions HC levels decreased by 94.66% and CO levels decreased by 97.37%.

Keywords: 4-stroke combustion motor, electrolysis, catalyst concentration, KOH

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan memiliki warga negara yang cukup banyak di dunia dan setiap tahunnya jumlah penduduknya yang terus meningkat. Peningkatan jumlah penduduk diikuti juga dengan peningkatan kendaraan bermotor. Jumlah kendaraan yang berada di Indonesia semakin naik setiap tahunnya, total kendaraan bermotor pada tahun 2020 adalah 136.137.451 unit yang terdiri dari mobil penumpang 15.797.746 unit, mobil bus 233.261 unit, mobil barang 5.083.405 unit, dan sepeda motor 115.023.039 unit [1].

Jumlah kendaraan yang semakin meningkat juga berdampak pada semakin parahnya kualitas udara karena sisa pembakaran pada mesin kendaraan. Adapun senyawa yang sangat berbahaya bagi manusia seperti senyawa *hydrocarbon* (HC), oksida nitrogen (NO_x), karbon monoksida (CO) dan *particulate matter* (PM) yang kebanyakan besar terdapat pada kendaraan bermotor [2]. Kadar emisi yang tinggi pada gas buang kendaraan bermotor dipicu oleh kurang sempurnanya pembakaran pada ruang bakar kendaraan bermotor yang menyebabkan unsur yang keluar dari sisa pembakaran bermotor menjadi berbahaya bagi manusia [3].

Air merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah di dunia, air banyak diteliti oleh ilmuwan untuk dikembangkan dimasa yang akan datang. Secara ikatan kimia air (H₂O) memiliki unsur yang sangat baik untuk dijadikan bahan bakar. Elektrolisis air disini dapat menguraikan senyawa air (H₂O) menjadi 2 unsur yaitu hydrogen (H₂) dan oksigen (O₂) dengan cara melewatkan arus listrik ke air yang sudah campur dengan katalisator.

Penambahan gas hasil elektrolisis air pada motor bakar dapat mengurangi gas buang pada kendaraan bermotor. Pengurangan emisi SO_x, NO_x, CO, dan HC dalam studi ini disebabkan oleh hampir sempurnanya pembakaran oksigen tambahan dalam gas HHO [4]. Dengan menambahkan gas hasil elektrolisis dapat menurunkan emisi gas buang yaitu kadar CO dan HC pada kendaraan dan mengurangi penggunaan bahan bakar [5]. Penggunaan gas hasil elektrolisis dapat menghemat bahan bahan bakar dan dapat menurunkan kadar CO dan HC pada emisi gas buang yang dapat disimpulkan bahwa penambahan gas hasil elektrolisis dapat memperbaiki pembakaran pada ruang bakar motor bakar [6]. Penambahan gas hasil elektrolisis dengan meningkatnya kadar CO₂ dan menurunnya kadar HC dan O₂ yang tidak terbakar, dan konsumsi bahan bakar terlihat membaik hingga 62%, membuat pembakaran terlihat sempurna [7]. Penambahan gas hasil elektrolisis pada motor vario dapat menurunkan emisi gas buang CO dan HC serta menurunkan konsumsi bahan bakar [8]. Penambahan hidrogen dari hasil elektrolisis dapat berdampak pada kinerja mesin. Penambahan hidrogen juga dapat meningkatkan torsi sebesar 5.42% dan daya 10.501% menjadi 8.25 hp yang semula 7.466 hp. Penggunaan putaran mesin yang terbaik adalah 3000 RPM dengan arus 6 ampere[9]. Penelitian yang dilakukan oleh Putra, A.M tentang laju aliran gas hydrogen dan oksigen yang dihasilkan dari proses elektrolisis menggunakan katalis KOH yang divariasikan konsentrasinya yang menghasilkan setiap penambahan konsentrasi katalis KOH dapat meningkatkan produksi gas hidrogen dan oksigen [10].

Kesimpulan dari beberapa pendapat para peneliti di atas adalah penggunaan *Water electrolysis* dapat mengurangi emisi dan meningkatkan kinerja pada sepeda motor, serta penambahan konsentrasi larutan katalis dapat menambahkan produksi gas hydrogen dan oksigen.

Untuk itu, perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang penambahan *Water electrolysis* pada motor bakar dengan meningkatkan konsentrasi larutan katalis KOH guna meningkatkan kinerja pada sepeda motor dan mengurangi emisi gas buang, agar motor bakar bisa lebih optimal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Pengujian ini membandingkan antara kondisi standar dan menggunakan 3 perbandingan konsentrasi KOH yang berbeda. Elektrolisis akan diinjeksikan kedalam intake manifold, penelitian ini untuk mengetahui pengaruh terhadap performa dan emisi gas buang dari motor 4 langkah berbahan bakar bensin.

2.2. Variabel Penelitian

2.2.1. Variabel Bebas

- a. Variabel perlakuan
Variabel perlakuan dengan menggunakan KOH 3% dan Aquades 97%, KOH 6% dan Aquades 94% dan 9 % KOH dan 91% Aquades. Persentase komposisi KOH dan aquades berbasis Massa.

- b. Putaran Mesin
Putaran mesin yang digunakan adalah 4000 RPM sampai 8000 RPM.

2.2.2. Variabel Terikat

- a. Torsi mesin (N.m)
b. Daya (kW)
c. Konsumsi Bahan Bakar (kg/h)
d. Emisi Gas Buang (CO dan HC)

2.3. Alat dan Bahan

2.3.1. Alat penelitian

Tabel 1. Sepeda Motor Honda Revo Fi 110 cc

<i>Sepeda motor dengan spesifikasi di bawah ini:</i>	
<i>Merk mesin</i>	<i>Honda Revo</i>
<i>SikLus</i>	<i>4 Langkah</i>
<i>System bahan bakar</i>	<i>sistem Injeksi PGM-FI</i>
<i>Volume Langkah Total</i>	<i>109.17cc (110cc)</i>
<i>Max Power</i>	<i>6.56kW/8.91PS @7.500RPM</i>
<i>Max Torsi</i>	<i>8.76Nm @6.000RPM</i>
<i>Sistem Transmisi</i>	<i>Roda Gigi 4 speed rotary (N-1-2-3-4)</i>
<i>Perbandingan Kompresi</i>	<i>9.3:1</i>

Tabel 2. Alat Uji Dynotest

<i>Spesifikasi Dynotest</i>	
<i>Nama Produk</i>	<i>Dynotest Sport device Iqutech dynamex</i>
<i>Roller</i>	<i>dynoMax DW-25</i>
<i>Dimensi (LxWxH)</i>	<i>2.21 (m) x 0.8 (m) x 0.75 (m)</i>
<i>Panjang drum</i>	<i>0.25 (m)</i>
<i>Diameter drum</i>	<i>0.39 (m)</i>
<i>Inersia total</i>	<i>4.6 (kg/m²)</i>
<i>Maksimal power dinamis</i>	<i>150 (hp)</i>
<i>Pendingin</i>	<i>Blower pendingin</i>

Tabel 3. Alat Uji Gas Analyzer

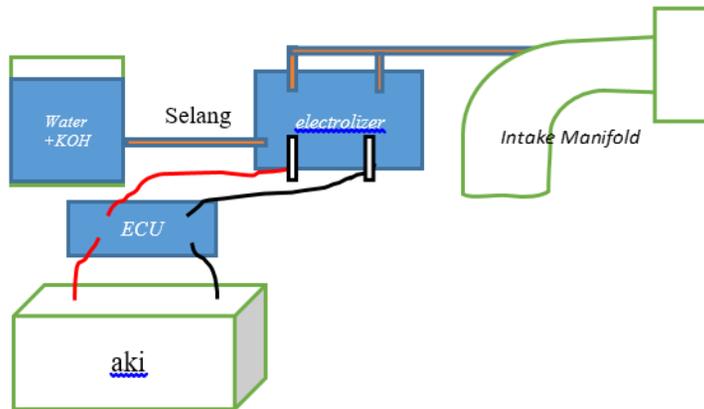
<i>Spesifikasi Gas analyzer</i>	
<i>Nama Produk</i>	<i>Gas Analyzer 4 - Gas Gasoline Krisbow</i>
<i>Parameter</i>	<i>CO, HC, CO₂, O₂, Lamda (Air surplus rate)</i>
<i>O₂</i>	<i>0 – 25% Resolusi 0.01%</i>
<i>CO</i>	<i>0 – 9.999% Resolusi 0,1%</i>
<i>CO₂</i>	<i>0 – 20% Resolusi 0.01%</i>
<i>HC</i>	<i>0 – 10.000 ppm Resolusi 1 ppm</i>
<i>NO_x</i>	<i>0 – 5000 ppm Reslusi 1 ppm</i>
<i>AFR</i>	<i>0.0 – 99,0 Resolusi 0.01</i>

- a) *Stopwatch*
- b) *Toolset*
- c) *Komponen elektrolisis air:*
 - 1. Pipa stainless sebagai anoda : diameter 4cm
 - 2. Pipa stainless sebagai katoda : diameter 2cm

2.3.2. *Bahan Penelitian*

- a) *Pertamax*
Pertamax adalah bahan bakar minyak produksi PT. Pertamina (Persero) yang memiliki angka oktan minimal 92.
- b) *Aquades*
- c) *KOH*

2.4. *Skema Pemasangan*



Gambar 1. Skema Pemasangan Electrolizer

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Data Hasil Pengujian*

Hasil pengujian diambil dari alat *dynotest* dan *Gas analyzer* dengan menggunakan sepeda motor Honda Revo Fi 110 cc. parameter penelitian adalah torsi, daya, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan variasi standar dan katalis KOH 3%, KOH 6% dan KOH 9%.

Pengambilan data dilakukan dalam beberapa variasi putaran mesin yaitu 4000 RPM sampai 8000 RPM dengan range 1000 RPM. Maka dapat diketahui seberapa besar perbedaan dari setiap variasi yang digunakan.

3.2. *Analisa Hasil Torsi*

Pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil dari alat *dyno test Sport Device SPI-V4*, hasil yang didapatkan adalah torsi pada putaran mesin 4000 sampai 8000 RPM dengan *range* 1000 RPM, maka akan diketahui seberapa besar torsi dari tiap – tiap variasi elektrolisis dengan katalis KOH 3%, KOH 6% dan KOH 9% serta putaran mesin yang terlampir pada Tabel 1.

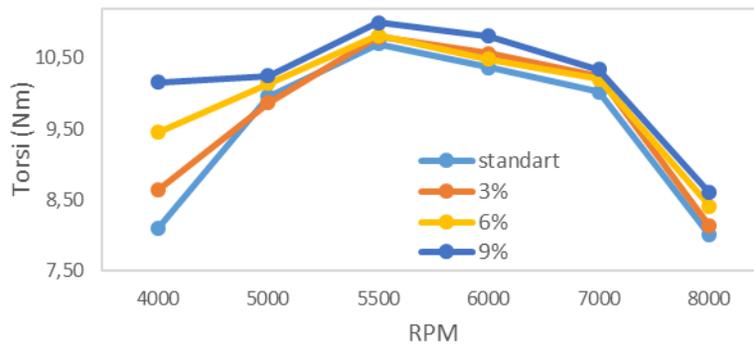
Pada Gambar 2 menunjukkan data masing – masing variasi mempunyai nilai perpindahan yang berbeda di tiap putaran mesin, ditinjau dari putaran mesin dari 4000 RPM sampai 5500 RPM kenaikan torsi terkecil menuju terbesar yaitu Standar (tanpa penambahan elektrolisis), pembahan elektrolisis mendapatkan nilai cenderung naik dari pada variasi standar (tanpa penambahan elektrolisis). Ditinjau dari putaran mesin 4000 RPM – 5500 RPM pada kondisi normal kenaikannya adalah 8.10 Nm ke 10.70

Nm dengan selisih 2.61 Nm. Sedangkan nilai torsi pada variasi katalis 9% kenaikan torsinya dari 10.16 Nm ke 11 Nm dengan selisih 0.84 Nm. Sedangkan torsi puncak yang diperoleh pada variasi standar yang paling rendah yaitu 10.7 Nm pada putaran mesin 5.500 RPM. Adapun hasil puncak torsi terbaik adalah dengan penambahan elektrolisis dengan variasi katalis 9% pada putaran mesin 5.500 RPM memperoleh nilai 11 Nm selisih torsi puncak dari variasi standar ke variasi Katalis 9% adalah 0.3 Nm atau 2.8% dari standar (tanpa penambahan elektrolisis).

Tabel 4. Hasil Torsi

RPM	Nm			
	Standart	3%	6%	9%
4000	8.10	8.63	9.45	10.16
5000	9.96	9.87	10.14	10.25
5500	10.70	10.80	10.82	11.00
6000	10.37	10.56	10.49	10.81
7000	10.02	10.24	10.20	10.34
8000	8.00	8.13	8.41	8.60

Dari Tabel 1 dapat disederhanakan dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam mengambil kesimpulan.



Gambar 2. Hasil torsi (Nm) terhadap putaran mesin

Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa penambahan elektrolisis air dapat meningkatkan torsi pada motor bakar 4 langkah. Hal ini juga terjadi pada penelitian sebelumnya torsi meningkat maksimal sebesar 5.42% [19]. Peningkatan nilai torsi dipengaruhi oleh peningkatan variasi katalis yang menyebabkan debit gas hasil elektrolisis semakin banyak [8]. Peningkatan gas hasil elektrolisis dapat memperbaiki pembakaran diruang bakar dikarenakan gas hidrogen memiliki angka oktan 130 sedangkan pertamax hanya memiliki angka oktan 92 [9] Hidrogen pada ruang bakar dapat menjadi pemicu pembakaran pada ruang bakar yang dapat membantu pembakaran menjadi lebih baik dari pada standarnya [10].

3.3. Analisa Brake-specific fuel consumption (BSFC)

Brake-specific fuel consumption (BSFC) merupakan berapa banyak penggunaan bahan bakar yang diukur antara satuan massa bahan bakar per satuan daya dikali jam. Pengambilan data menggunakan bahan bakar pertamax dengan mesin standar dan dengan penambahan elektrolisis dan terjadi pada putaran mesin 4000 RPM dihitung dengan rumus berikut:

Konsumsi Bahan Bakar/Fuel Consumption

$$FC = \frac{Vf}{t} \times \frac{3600}{1000} \tag{1}$$

Keterangan:

FC = konsumsi bahan bakar (L/h)
 V_f = (*Volume fuel*) Jumlah bahan bakar (mL)
 T = interval waktu pengukuran konsumsi bahan bakar (detik)

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

$$BSFC = \frac{FC}{B.P} \times \rho_f \quad (2)$$

Keterangan:

$BSFC$ = konsumsi bahan bakar spesifik (gr/hp.h)

FC = konsumsi bahan bakar (l/h)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m³)

$B.P$ = (*Brake Power*) daya keluaran mesin (hp)

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar per satuan waktu dibutuhkan beberapa parameter hasil pengukuran, pada penggunaan standar tanpa elektrolisis adalah sebagai berikut:

Laju bahan bakar:

$$FC = \frac{100}{1025.6} \times \frac{3600}{1000} = 0.35 \text{ L/h} \quad (3)$$

Massa jenis bahan bakar pertamax: 0.7542 kg/m³

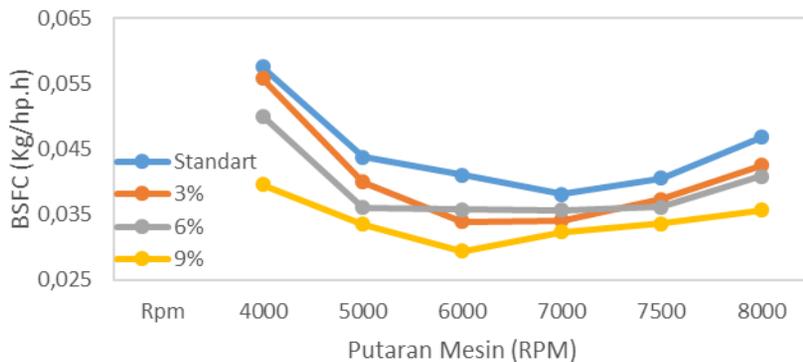
Setelah mendapatkan nilai FC maka dapat dihitung konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) di putaran mesin 4000 RPM pada pengujian standar tanpa elektrolisis sebagai berikut:

$$BSFC = \frac{0.35}{4.6} \times 0.7542 \text{ kg/m}^3 = 0.0575 \text{ kg/hp.h} \quad (4)$$

Tabel 5. Hasil Data Terhadap Konsumsi Bahan Bakar

RPM	Standar	3%	6%	9%
	<i>Kg/hp.h</i>			
4000	0.0575	0.0557	0.0512	0.0395
5000	0.0438	0.0399	0.0360	0.0335
6000	0.0410	0.0339	0.0357	0.0293
7000	0.0381	0.0341	0.0356	0.0323
7500	0.0405	0.0373	0.0361	0.0336
8000	0.0468	0.0425	0.0408	0.0356

Dari Tabel 3 dapat disederhanakan dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam mengambil kesimpulan.



Gambar 3. Grafik BSFC Terhadap RPM

Pada ditunjukkan grafik konsumsi bahan bakar spesifik pada masing - masing penggunaan elektrolisis dengan variasi konsentrasi katalis KOH, pada variasi standar mendapatkan nilai 0.0575 pada putaran mesin 4000 RPM. Sedangkan nilai terkecil pada putaran mesin 4000 RPM adalah dengan menggunakan elektrolisis dengan menggunakan konsentrasi 9% KOH dengan nilai 0.0395. Pada grafik konsumsi bahan bakar spesifik dari masing – masing variasi elektrolisis KOH mengalami penurunan dari pada yang standar. Ini menunjukkan semakin rendahnya nilai SFC yang dihasilkan maka tingkat efisiensi penggunaan bahan bakar yang semakin baik [11]. Pada putaran mesin 6000 RPM kondisi standar mendapatkan nilai 0.0410, sedangkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik terbaik adalah 0.0293 pada putaran mesin 6000 RPM turun 28.54% dari pada kondisi standar. Penambahan elektrolisis air dengan katalis KOH 9% dapat menambah efisiensi pada motor bakar 4 langkah. Hydrogen merupakan bahan bakar yang memiliki sifat mudah terbakar [10]. Penurunan konsumsi bahan bakar disebabkan karena gas hasil elektrolisis air memproduksi jenis bahan bakar gas hydrogen yang memiliki angka oktan 130 [9]. Hidrogen pada ruang bakar dapat menjadi bahan bakar tambahan dan penggunaan bahan bakar pertamax menjadi berkurang. Penambahan gas hasil elektrolisis ke ruang bakar dapat menurunkan penggunaan konsumsi bahan bakar karena gas hasil elektrolisis air mengandung gas hydrogen dan oksigen yang dapat memperbaiki pembakaran [6].

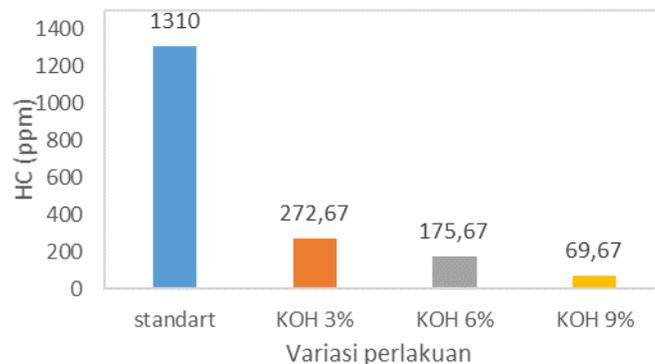
3.4. Analisa Data Emisi Gas Buang

Pengambilan data emisi gas buang ini menggunakan *Gas Analyzer* dilakukan pada saat kendaraan stasioner/idle. Kandungan emisi yang di ambil pada penelitian ini adalah HC (ppm) dan CO (%). Data hasil emisi gas buang dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Hasil Emisi Gas Buang HC dan CO

<i>Kandungan emisi</i>	<i>Standar</i>	<i>KOH 3%</i>	<i>KOH 6%</i>	<i>KOH 9%</i>
<i>HC (ppm)</i>	1310	272.67	175.67	69.67
<i>CO (%)</i>	0.38	0.29	0.01	0.02

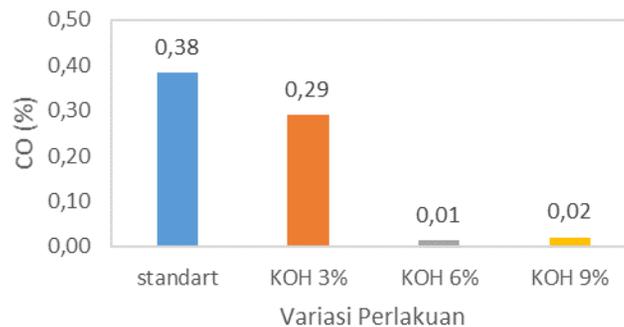
Dilihat dari Tabel 4 menunjukkan hasil dari masing – masing variasi dengan standar tanpa penambahan elektrolisis mendapatkan nilai HC 1310 ppm dan CO 0.38%, penambahan elektrolisis dengan konsentrasi katalis 3% memperoleh HC 272.67 ppm dan CO 0.29, ko nsentrasi katalis 6% HC 175.67 ppm dan CO 0.01% serta konsentrasi katalis 9% HC 69.67 ppm dan CO 0.02%. grafik dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Emisi Gas Buang HC

Kadar HC merupakan proses pembakaran yang tidak sempurna karena bahan bakar pada ruang bakar tidak terbakar pada ruang bakar [6]. Penambahan elektrolisis air mendapatkan hasil gas buang Hydrocarbon (HC) terjadi penurunan nilai HC yang sangat baik dari yang standar 1310 ppm ke 69.67 ppm dengan selisih nilai 1240 ppm atau 94.66 % dari standar (tanpa penambahan elektrolisis) pada

konsentrasi katalis KOH 9%. Penambahan elektrolisis air dapat menurunkan kualitas kadar CO dan HC, menunjukkan secara langsung bahwa proses pembakaran dalam ruang bakar semakin baik [6]. Pembakaran di ruang bakar yang masih mentah dapat dibakar lebih baik di ruang bakar dengan gas hasil elektrolisis yang dan mendapatkan hasil gas buang HC yang cukup rendah. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan hasil pengujian emisi gas buang Hydrocarbon (HC) menunjukkan nilai yang mengalami penurunan 19.44 % dibandingkan dengan standar (tanpa penambahan elektrolisis air) [8]. Penurunan kadar Hydrocarbon (HC) dikarenakan pengaruh dari oksigen yang terkandung dalam gas hasil elektrolisis air memberikan pasokan udara atau oksigen tambahan agar pencampuran bahan bakar pada ruang bakar bereaksi dengan lebih baik [6].



Gambar 5. Grafik Perbandingan Emisi Gas Buang CO

Pengaruh penambahan elektrolisis air dengan katalis KOH menunjukkan hasil yang baik dibandingkan dengan motor bakar standar tanpa penambahan elektrolisis air (standar), penurunan kadar CO pada motor bakar dapat dikatakan sangat baik dibandingkan keadaan standar yang mendapatkan nilai 0.38% dan setelah ditambahkan elektrolisis pada motor bakar 4 langkah dapat menurun hingga 0.01% CO pada elektrolisis dengan konsentrasi 6% membaik 97.37% dari standar (tanpa penambahan elektrolisis). Pada penelitian sebelumnya penambahan gas hasil elektrolisis dapat menurunkan kadar emisi gas buang, yaitu dengan persentase CO sebesar 13.04% [8]. Penambahan elektrolisis air dapat menurunkan kualitas kadar CO dan HC, menunjukkan secara langsung bahwa proses pembakaran dalam ruang bakar semakin baik [6]. Tingginya kadar CO (Karbon monoksida) terjadi karena pembakaran yang kurang optimal akibat ruang bakar kurangnya supply bahan oksigen sehingga bahan bakar pada ruang bakar tidak terbakar semua. Penurunan kadar CO dipengaruhi oleh oksigen yang terkandung pada gas hasil elektrolisis memberikan pasokan oksigen tambahan agar tercampur pada ruang bakar bereaksi dengan baik [6].

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian mengenai optimalisasi kinerja mesin 4 langkah berbahan bakar bensin dengan variasi konsentrasi katalis KOH dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pengaruh penambahan gas hasil *water elektrolisis* memperoleh hasil torsi maksimum pada variasi konsentrasi katalis KOH 9% dengan torsi maksimum adalah 11 Nm pada putaran mesin 5500 RPM naik 2.8% dari standar (tanpa penambahan elektrolisis), daya maksimum diperoleh pada variasi konsentrasi katalis KOH 9% dengan daya maksimum adalah 10.7 hp pada putaran mesin 7500 RPM naik 2.2% dari standar (tanpa penambahan elektrolisis), konsumsi bahan bakar minimum diperoleh pada variasi konsentrasi katalis KOH 9% dengan nilai SFC 0.029 pada putaran mesin 6000 RPM.
- Emisi gas buang (HC) Hydrocarbon mendapatkan nilai minimum pada variasi katalis KOH 9% dengan mendapatkan nilai 69.67 ppm turun 94.66% dari standar (tanpa penambahan elektrolisis). Sedangkan kadar CO minimum pada variasi katalis KOH 6% dengan mendapatkan nilai 0.01 % turun 97.37% dari standar (tanpa penambahan elektrolisis).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistika. (2020). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis dan Tahun 2018-2022*. Retrieved April 27, 2022, from <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/perkembangan-jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-jenis.html>
- [2] Fleming, F. .. (2007). Reply to "Comment on 'Nature of The Chemical Bond in Pronated Methane'". *The Journal of Physical Chemistry*, 111(15), 15.
- [3] Munthe, I. (2021). Analisa Perbandingan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Shell. *JURNAL ILMIAH CORE IT*, 9(6).
- [4] Wicaksono, A. D. (2009). Peningkatan Kualitas Emisi dan Penghematan Bahan Bakar pada Sepeda Motor Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Elektrolit NaOH. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan-ITS.
- [5] Ardiansyah, M. (2011). Analisa Penambahan Gas Hasil Elektrolisis Air pada Motor 4 Langkah dengan Posisi Injeksi Sebelum Karbulator Disertai Variasi Derajat Taiming Pengapaaian. Jakarta: Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya.
- [6] Setiawan, D. T. (2015). Perbandingan Gas Buang Antara Motor Bakar Empat Langkah Berbahan Bakar Premium, Peralite, dan LPG. Jember: Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Jember.
- [7] Rosyidi, F. (2013). WGES (Water Gas Electrolyzer System): Studi Eksperimental Elektrolisis Air Terhadap Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar pada Kendaraan Bermotor. *Inovasi Pendidikan Kimia*, 2(1).
- [8] Putra, I. A. (2014). Pengaruh Penambahan Gas Elektrolisis Air Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Honda Vario Techno. *Automotive Engineering Education Journals*, 3(4).
- [9] Cosina, F. A. (2018). Pengaruh Penggunaan Hidrogen Hasil Elektrolisis Terhadap Performa Mesin pada Sepeda Motor. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(2), 167-176.
- [10] Putra, A. M. (2010). Analisis Produktifitas Gas Hidrogen dan Gas Oksigen pada Elektrolisis Larutan KOH. *Jurnal Neutrino*, 2(2)
- [11] Mara, I. M., Alit, I. B., & Nuarsa, I. M. (2021). Penurunan Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin Besin 4 Langkah 1 Silinder Dengan Menggunakan Medan Magnet Elektromagnetik. *Dinamika Teknik Mesin*, 11(1), 49-56.

