

Artikel Review: Produksi Gas Hidrogen dari Reaksi Elektrolisis Sebagai Bahan Bakar Non-Fosil

Ismi Nurlatifah¹⁾ dan Lily Arlianti²⁾

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh Yusuf, Jl. Mulana Yusuf No.10 Tangerang Banten 15118, Indonesia

¹⁾ jsmiuratifah@unis.ac.id

²⁾ larlianti@unis.ac.id

Abstrak. Dalam menjalani berbagai aktivitas di zaman sekarang, banyak hal yang tidak bisa terlepas dari yang namanya bahan bakar. Seperti yang kita ketahui bersama, bahan bakar yang masih umum digunakan hingga saat ini adalah bahan bakar fosil yang sumber daya energinya semakin menipis. Tidak hanya itu, bahan bakar fosil pun terbukti dapat menghasilkan polusi udara. Kondisi udara yang tidak sehat tentunya dapat menurunkan harapan hidup manusia. Agar lingkungan menjadi bersih dan tidak secara terus menerus tercemar dengan adanya polusi udara, harus ada bahan bakar yang ramah lingkungan. Bahan bakar tersebut adalah hidrogen yang berasal dari nonfosil. Salah satu cara untuk memperoleh hidrogen adalah reaksi elektrolisis dengan bahan baku air. Hanya dengan beberapa liter air saja, proses ini dapat menghasilkan sepuluh hingga dua puluh ribu liter gas Hidrogen per jam. Cara lain untuk memperoleh gas hidrogen adalah melalui steam methane reforming (SMR), petroleum refining dan coal gasification. Penggunaan Hidrogen sebagai bahan bakar nonfosil telah terbukti sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dan free of carbon monoxide. Udara yang sehat dan lingkungan yang bersih tentunya merupakan tanggung jawab kita bersama. Saatnya untuk beralih ke penggunaan bahan bakar hidrogen.

Kata kunci: hidrogen, elektrolisis, bahan bakar

Abstract. [The Production of Hydrogen Gas from Electrolysis as Non-Fossil Fuels]. In carrying out various activities today, it cannot be separated from the fuel. As we all know, fuels that are still commonly used today are fossil fuels whose energy resources are running low. Not only that, fossil fuels have also been shown to produce air pollution. Unhealthy air conditions can certainly reduce human life expectancy. In order to make the clean environment and not polluted by the air pollution, there must be environmentally friendly fuels. The answer for this kind of fuels is hydrogen which comes from nonfossil. One way to obtain hydrogen is an electrolysis with water as raw material. Just a few liters of water, it can produce ten to twenty thousand liters of hydrogen gas per hour. Other ways to obtain hydrogen gas are steam methane reforming (SMR), petroleum refining, and coal gasification. The use of Hydrogen as a non-fossil fuel has been proven to be environmentally friendly and free of carbon monoxide. Healthy air and a clean environment are certainly our responsibility. It's time to switch by using hydrogen fuel.

Keywords: hydrogen, electrolysis, fuel

I. Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar dalam menjalani aktivitas sehari-hari menjadi suatu hal yang umum bahkan sering dijumpai. Aktivitas manusia dimulai dari mengolah makanan, bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain menggunakan transportasi, sampai pada penerangan cahaya selalu membutuhkan bahan bakar. Semakin sangat digunakannya bahan bakar semakin banyak pula bahan bakar yang diperlukan. Dengan meningkatnya permintaan bahan bakar dari hari ke hari membuat semakin menipisnya persediaan sumber daya energi fosil.

Tidak hanya karena ketersediaannya yang menipis, bahan bakar dari energi fosilpun dapat menghasilkan polusi udara. Semakin meningkatnya konsentrasi polutan di udara tentunya membuat kondisi lingkungan menjadi tidak sehat. Penggunaan energi fosil juga dapat menimbulkan efek rumah kaca (Marline, E., 2013). Menurut Michael Greenstone dan Qing Claire Fan (2019), terjadi peralihan status kondisi udara di Indonesia. Indonesia yang awalnya merupakan salah satu negara paling bersih menjadi salah satu dari 20% negara paling berpolusi. Terjadi peningkatan konsentrasi polutan hingga mencapai 171%.

Tidak dapat dipungkiri bahwa salah satu penyumbang terjadinya polusi udara adalah transportasi. Di satu sisi dengan adanya transportasi memudahkan dalam beraktivitas tapi di sisi lain dengan transportasi yang digunakan menimbulkan polusi.

Dilihat dari dua aspek yaitu ketersediaan yang menipis dan efek buruk yang ditimbulkan membuat banyak pihak yang mulai beralih untuk membuat bahan bakar dari sumber energi non fosil. Bahan bakar tersebut adalah gas hidrogen. Hidrogen merupakan unsur yang jumlahnya melimpah di alam, namun masih berikatan dengan unsur-unsur yang lain membentuk molekul seperti air dan minyak bumi. Jadi Hidrogen itu sendiri perlu diproduksi dengan cara memecah unsur Hidrogen dari molekulnya. Oleh karena itu Hidrogen bukan termasuk sumber energi (*energy source*) melainkan pembawa energi (*carrier energy*). Hidrogen akan menjadi sistem energi masa depan di seluruh dunia (Gallardo, 2020). Beberapa poin penting jika digunakan bahan bakar hidrogen, yaitu : 1) rentang pembakaran yang luas, 2) energi pengapian yang rendah, 3) jarak pendinginan yang kecil, 4) Kecepatan yang tinggi untuk pembakaran, dan 5) memiliki difusivitas yang tinggi (Bhardwaj, 2014).

Sarana transportasi berbahan bakar Hidrogen sudah diproduksi. Menurut Raju Febian (2018) dalam tulisannya yang berjudul “*Honda Clarity Fuel Cell, The Silent Future*”, Honda telah menghadirkan sebuah mobil berbahan bakar Hidrogen. Bahan bakar tersebut ada di dalam tangki yang tentunya aman karena terbuat dari *carbon fiber* dengan kapasitas 141 liter. Dengan kapasitas tersebut, kendaraannya mampu menempuh jarak hingga sejauh 750 km. Tidak hanya ramah lingkungan karena *near zero emission* tetapi juga menghadirkan kenyamanan berkendara yang maksimal.

Untuk memperoleh gas Hidrogen, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan elektrolisis air.berbagai cara, diantaranya: *Steam Methane Reforming (SMR)*, *Petroleum Refining*, *Coal Gasification*, dan Elektrolisis.

Melalui reaksi elektrolisis, gas Hidrogen dapat diperoleh dari sumber daya domestik yang berlimpah yaitu air. Salah satu negara yang sudah mengembangkan teknologi ini adalah negara Australia. Mesin yang mereka miliki mampu menghasilkan sepuluh hingga dua puluh ribu liter gas Hidrogen per jam hanya dengan beberapa liter air saja.

Bahan bakar Hidrogen merupakan bahan bakar yang sangat menarik. Tidak hanya bisa diperoleh dari sumber daya yang melimpah tetapi juga ramah lingkungan, *free of carbon monoxide (CO)*, dan bersih (McMurry, 2003). Bahan bakar itu sendiri bisa masuk ke berbagai aspek termasuk rumah tangga, transportasi, dan juga sumber energi.

II. Metode dan Pembahasan

Untuk memperoleh gas Hidrogen dapat dilakukan beberapa cara, diantaranya:

1. *Steam Methane Reforming (SMR)*

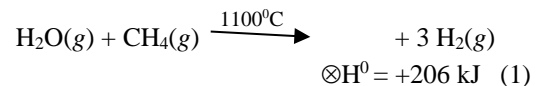
Sebanyak 48% di dunia memproduksi dengan cara ini. Dari 48% tersebut, hampir sebanyak 95% Hidrogen diproduksi oleh Negara Amerika. Mereka menganggap bahwa Hidrogen merupakan barang yang komersil.

Berdasarkan data energi tahun 2010, di Negara Amerika sudah memiliki sebanyak 313 kendaraan berbahan bakar Hidrogen dan sebanyak 70 tempat pengisian bahan bakar hidrogen.

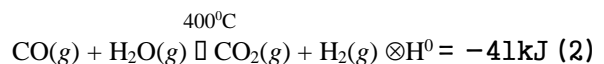


Gambar 1. Produksi gas Hidrogen dengan Teknik SMR

Teknik SMR terdiri atas tiga tahap. Tahap pertama yaitu konversi uap dan metana (CH_4) menjadi gas karbon monoksida dan hidrogen.



Agar reaksi dapat berlangsung diperlukan kondisi tekanan yang cukup tinggi, suhu tinggi dan penambahan katalis Nikel (Ni). Tahap kedua, dilakukan reaksi pergeseran air-gas dengan bantuan katalis oksida logam dan berlangsung pada suhu 400°C .



Pada tahap kedua ini, gas karbon monoksida (CO) yang beracun diubah menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan diperoleh lebih banyak gas H_2 . Tahap terakhir yaitu menghilangkan gas CO_2 dengan melewati campuran dalam larutan basa. Dengan perlakuan tersebut, CO_2 berubah menjadi ion karbonat (CO_3^{2-}) berfasa larutan.



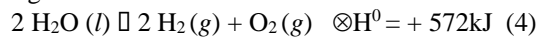
Gas Hidrogen yang dihasilkan melalui reaksi ini memang lebih banyak dibandingkan dengan teknik yang lain namun masih tetap digunakan sumber daya energi tidak terbarukan yaitu CH_4 (Takenaka dalam Ariawan, 2010).

2. Petroleum Refining dan Coal Gasification

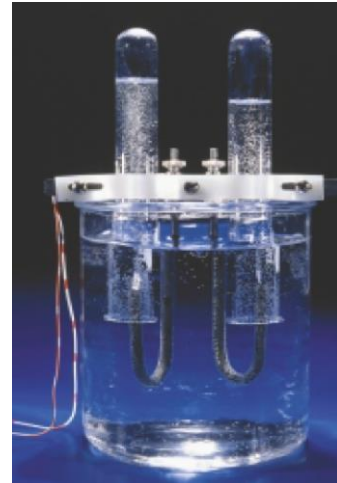
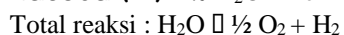
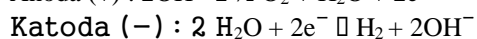
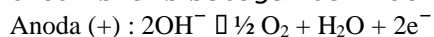
Sebanyak 30% di dunia menggunakan teknik ini dalam memproduksi Hidrogen. Untuk teknik *coal gasification*, sebanyak 18% di dunia menggunakan teknik tersebut terutama untuk negara-negara di Eropa dan Asia.

3. Elektrolisis

Produksi Hidrogen melalui teknik elektrolisis di dunia baru mencapai 4%. Hidrogen yang dihasilkan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi yaitu mencapai lebih dari 99,95%. Untuk berlangsungnya reaksi elektrolisis ini dibutuhkan energi yang besar yaitu -286 kJ/mol gas H_2 . Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Elektrolisis melibatkan arus listrik yang menghasilkan reaksi kimia (McMurry, 2003). Reaksi-reaksi kimia pada proses elektrolisis diantaranya adalah reaksi reduksi dan reaksi oksidasi. Pada reaksi oksidasi terjadi kenaikan bilangan oksidasi dan juga pelepasan elektron (Whitten, 2014), sedangkan reaksi reduksi adalah kebalikannya. Pada reaksi reduksi terjadi penurunan bilangan oksidasi dan penerimaan elektron. Bilangan oksidasi suatu unsur adalah muatan suatu atom dalam senyawa (Syukri, 1999). Reaksi oksidasi berlangsung di anode (kutub positif (+)) dan reaksi reduksi berlangsung di katode (kutub negatif (-)). Katode dan anode merupakan elektroda. Elektroda ini berfungsi untuk menghantarkan arus listrik dari sumber tegangan ke air yang akan dielektrolisis. Reaksi yang dimaksud dituliskan sebagai berikut :

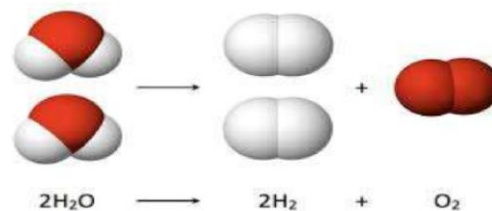


Gambar 2. Reaksi Elektrolisis Air yang menghasilkan Gas Hidrogen pada Elektroda Satu dan Gas Oksigen pada Elektroda lainnya

Sumber : McMurry

Selain elektroda, komponen lainnya yang harus ada pada saat proses elektrolisis berlangsung adalah larutan elektrolit. Larutan elektrolit adalah larutan yang di dalamnya mengandung ion-ion (Sunarya, 2007). Pemilihan dan komposisi larutan elektrolit yang digunakan berpengaruh terhadap gas H_2 yang dihasilkan.

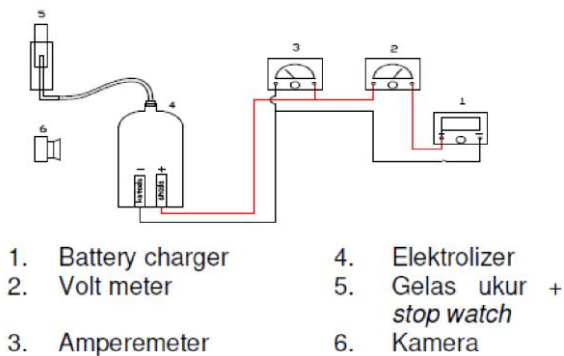
Penelitian yang dilakukan oleh Marlina (2013) bertujuan untuk mengetahui hubungan antara persentase NaHCO_3 (Natrium Bikarbonat) dan jumlah energi elektrolisis terhadap laju pembentukan gas H_2 pada proses elektrolisis, serta mendapatkan persentase NaHCO_3 (Natrium Bikarbonat) yang terbaik pada produksi gas HHO (*Brown's Gas*). *Brown's Gas* merupakan gas hasil elektrolisis yang terdiri dari 2 Hidrogen dan 1 Oksigen (HHO) yang dapat diilustrasikan melalui Gambar 3. Larutan NaHCO_3 merupakan larutan elektrolit dan bertindak sebagai katalis dalam reaksi elektrolisis.



Gambar 3. Pemisahan Molekul Air

(Sumber : Mamilla, 2018)

Skema percobaan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

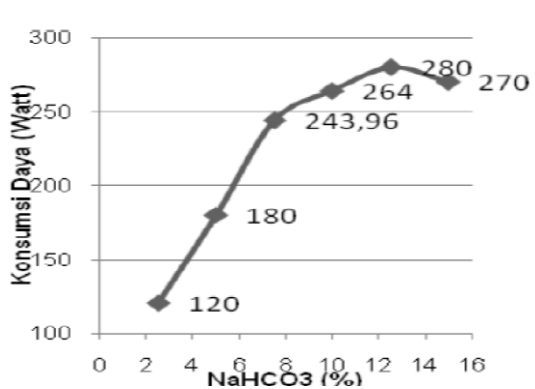


- 1. Battery charger
- 2. Volt meter
- 3. Amperemeter
- 4. Elektrolizer
- 5. Gelas ukur + stop watch
- 6. Kamera

Gambar 4. Instalasi penelitian produksi Gas HHO (Brown's Gas).

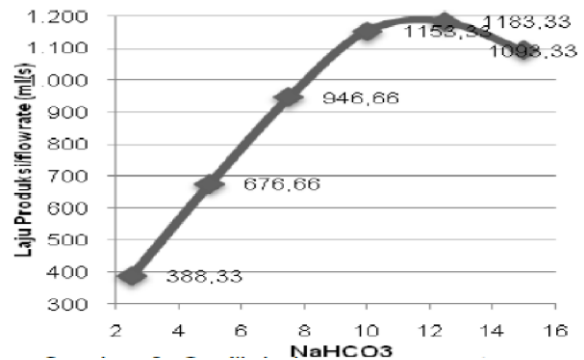
Parameter yang digunakan pada penelitian ini: 1) Daya yang dibutuhkan untuk proses produksi HHO, 2) Laju produksi /flow rate gas HHO, dan 3) Efisiensi Generator HHO. Untuk parameter yang pertama diperoleh persentase NaHCO_3 optimum sebesar 12,5% dengan daya yang dihasilkan sebesar 280 watt terlihat pada Gambar 5.

Terlihat pada grafik di Gambar 5, pada awalnya seiring dengan bertambahnya persentase NaHCO_3 bertambah pula nilai konsumsi dayanya. Hal tersebut menandakan semakin banyak NaHCO_3 yang digunakan maka semakin banyak pula ion yang dihasilkan didalam larutan yang menyebabkan semakin besar arus listrik yang dihasilkan. Arus listrik sendiri menjadi acuan untuk berlangsungnya reaksi elektrolisis. Namun semakin lama kondisinya tidak demikian, larutan NaHCO_3 akan mencapai kondisi jenuhnya yang menyebabkan pergerakan ion-ionnya menjadi terbatas.



Gambar 5. Hubungan persentase NaHCO_3 terhadap konsumsi daya

Untuk parameter yang kedua, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6.

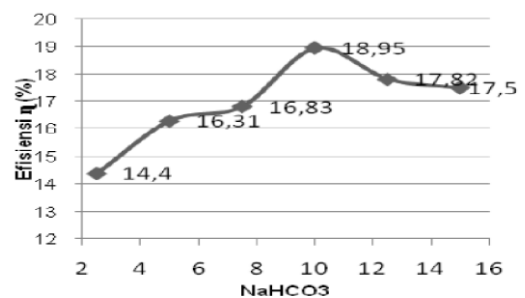


Gambar 6. Grafik hubungan persentase NaHCO_3 terhadap laju produksi (flow rate) HHO

Selang bensin yang menghubungkan botol dengan karburator

Laju produksi HHO semakin meningkat seiring dengan bertambahnya NaHCO_3 . Hal tersebut dikarenakan semakin banyak arus listrik untuk reaksi elektrolisis yang mengakibatkan semakin banyaknya gas HHO yang dihasilkan. Namun tetap akan sampai pada kondisi jenuhnya untuk NaHCO_3 yang menyebabkan pergerakan ion-ionnya terbatas. Persentase optimum untuk NaHCO_3 diperoleh sebesar 12,5%.

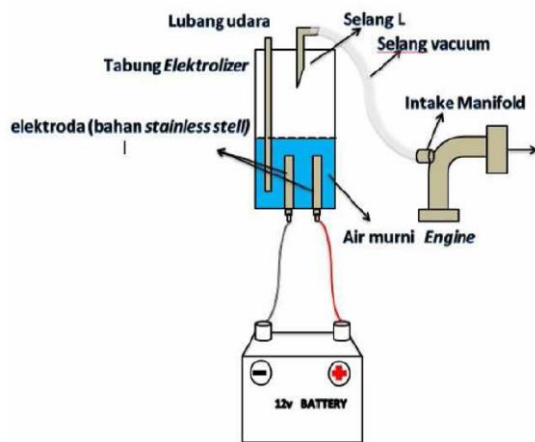
Nilai persentase optimum NaHCO_3 untuk parameter efisiensi generator HHO adalah sebesar 18,95% dapat dilihat pada Gambar 7.



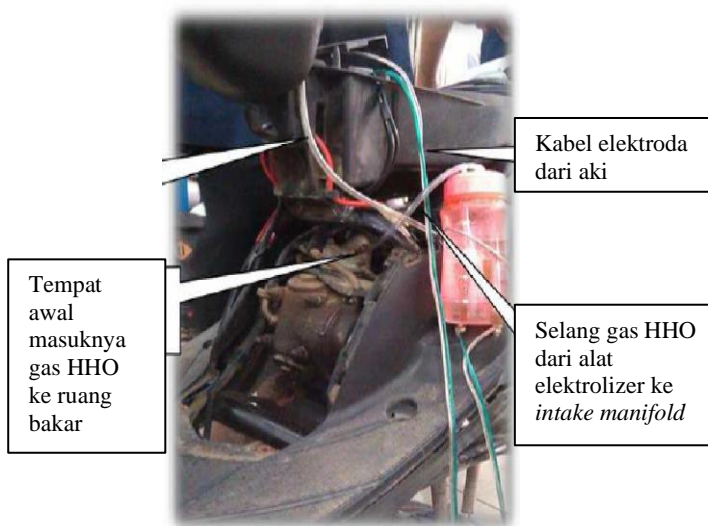
Gambar 7. Grafik hubungan persentase NaHCO_3 terhadap efisiensi generator HHO

Awalnya trend grafik terlihat menaik kemudian menurun setelah persentase 18,95%. Hal tersebut dikarenakan dengan semakin besarnya energi listrik yang mengalir membuat semakin banyak energi listrik yang berubah menjadi panas yang kemudian terlepas ke lingkungan sehingga membuat kinerja generator semakin berkurang.

Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh Suprianto (2016). Tujuan dilakukannya penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh larutan NaHCO_3 pada proses elektrolisis terhadap penghematan bahan bakar. Reaksi elektrolisis berlangsung di alat elektrolizer dengan skema yang dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.

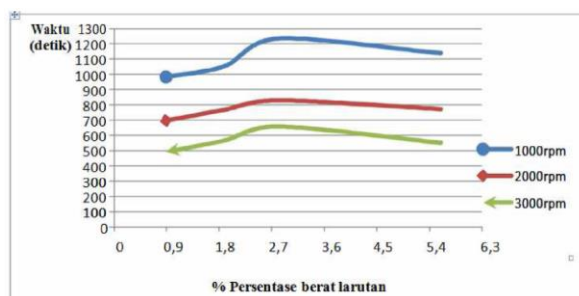


Gambar 8. Skema pemasangan alat elektrolizer



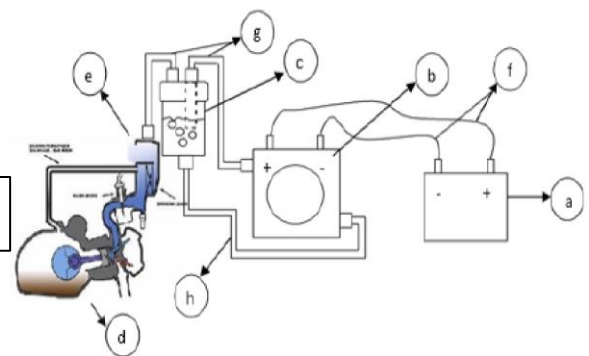
Gambar 9. Pemasangan dan pengujian alat elektrolizer

Hasil penelitiannya menunjukkan nilai presentase NaHCO_3 yang menghasilkan efisiensi tertinggi terhadap penghematan bahan bakar adalah pada rentang 2,5 – 3%. Data hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 10 dengan melihat waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bensin sebanyak 150 mL. Pada gambar tersebut menunjukkan penghematan bahan bakar yang didasari atas waktu dan % larutan NaHCO_3 .



Gambar 10. Diagram penghematan bahan bakar berdasarkan waktu dan % berat larutan

Selain itu, berdasarkan hasil penelitian Setiawan (2018) yang menyebutkan bahwa dengan ditambahkan gas hidrogen hasil elektrolisis air terhadap kendaraan sepeda motor dengan variasi campuran air dengan NaOH memberi pengaruh terhadap emisi gas buang kendaraan. Penambahan gas hidrogen beserta campuran NaOH akan membuat bahan bakar premium semakin irit. Semakin tinggi campuran NaOH maka gas hidrogen yang dihasilkan semakin banyak dan emisi semakin berkurang. NaOH berperan sebagai katalis yang dapat mempercepat jalannya reaksi. Adapun skema proses elektrolisisnya dapat dilihat pada Gambar 11.



Keterangan

- a = baterai
- b = generator hidrogen
- c = tabung reservoir
- d = mesin kendaraan
- e = bak saringan udara
- f = kabel penghubung
- g = selang saluran hidrogen
- h = selang saluran air

Gambar 11. Skema Proses Elektrolisis

Kendaraan yang banyak digunakan saat ini salah satunya adalah sepeda motor. Sering kita lihat di jalanan berbagai tipe sepeda motor dimulai dari yang terbaru hingga motor tua sekalipun masih sering kita jumpai. Sering kita rasakan knalpot yang lebih berbau dari motor-motor tua yang menandakan banyaknya pula polusi yang dikeluarkan dari motor tersebut. Kita sadari bahwa semakin lama usia suatu kendaraan maka kinerja mesinnya pun akan berkurang. Hal tersebut dapat diantisipasi sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Cosina (2018).

Pada bahan bakar ditambahkan gas Hidrogen dengan tujuan meningkatkan kinerja mesin. Gas Hidrogen diperoleh dari reaksi elektrolisis yang diterapkan pada sebuah reaktor. Gas Hidrogen yang dihasilkan masuk melalui metode *Inlet Manifold and Inlet Port Injection*. Kinerja mesin motor meningkat atau tidak dengan melihat uji data performa dan unjuk kerja mesin.

Setelah ditambahkan gas Hidrogen pada bahan bakar, rata-rata torsi mesin mengalami peningkatan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Torsi pada Berbagai Variasi Arus Reaktor Hidrogen

Putaran mesin (rpm)	Rata-rata Torsi Mesin			
	Pertamax (Nm)	Pertamax + Hidrogen (Nm)		
		4 A	5 A	6 A
3000	8,893	8,986	9,23	9,375
4500	7,77	7,963	8,163	8,25
6000	8,216	8,533	8,74	8,816
7500	7,043	7,406	7,653	7,795

Torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Nilai torsi yang semakin besar menunjukkan pembakaran di dalam mesin lebih baik. Terlihat dari Gambar 12, dengan ditambahkannya gas Hidrogen membuat nilai torsi semakin meningkat. Hal tersebut berdampak sangat baik bagi kendaraan itu sendiri.

Gas Hidrogen dapat diperoleh pula dari proses elektrolisis plasma. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ariawan (2010), melalui proses elektrolisis plasma akan diperoleh produksi Hidrogen yang lebih banyak jika dibandingkan dengan proses elektrolisis biasa. Sama halnya menurut Mizuno (2003) yang menyebutkan bahwa melalui elektrolisis plasma mampu meningkatkan pembentukan Hidrogen hingga delapan kali lipat dibanding dengan proses elektrolisis. Proses elektrolisis plasma dilakukan pada tegangan yang terbilang tinggi sehingga dihasilkan konduktivitas listrik yang tinggi pula yang membuat proses pemutusan ikatan pada air semakin meningkat.

III. Kesimpulan

Masalah pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh kendaraan merupakan permasalahan umum yang diketahui banyak orang. Salah satu solusinya adalah dengan beralih pada penggunaan bahan bakar nonfosil yaitu bahan bakar hidrogen yang tentunya ramah lingkungan. Selain tidak menghasilkan polusi, dengan penambahan hidrogen pada bahan bakar yang sudah ada pun dapat membuat irit bahan bakar tersebut dan meningkatkan unjuk kerja mesin bensin serta mengurangi emisi gas buang.

Hidrogen dapat diperoleh dari bahan yang berlimpah yaitu air dengan proses elektrolisis. Adapun cara lain untuk memperoleh gas hidrogen yaitu melalui teknik SMR, *petroleum refining*, dan *coal gasification* namun ketiganya masih tetap memerlukan gas alam sebagai bahan produksinya. Pembuatan gas hidrogen melalui proses elektrolisis sebetulnya sudah dilakukan di luar negeri sana maupun di Indonesia dari beberapa tahun lalu. Namun yang masih menjadi tantangan bagi kita semua adalah bagaimana caranya agar kita dapat beralih ke penggunaan bahan bakar hidrogen yang sudah dipastikan kelebihanannya dibanding dengan bahan bakar yang sampai saat ini masih digunakan.

Daftar Pustaka

Ariawan, B. (2010). Sistem Produksi Hidrogen dengan Elektrolisis Plasma Nontermal dalam Media Larutan Gliserol – KOH. *Skripsi*. Universitas Indonesia.

- Bhardwaj, S., Verma, A. S., & Sharma, S. K. (2014). Effect Of Brown Gas On The Performance Of A Four Stroke Gasoline Engine. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 4 (1), hlm. 300 – 308
- Carvaganza.com. (2018, 12 Maret). Honda Clarity Fuel Cell, The Silent Future. Diakses pada 24 November 2020, dari <https://carvaganza.com/honda-clarity-fuel-cell-the-silent-future/>
- Cosina, F. A. (2018). Pengaruh Penggunaan Hidrogen Hasil Elektrolisis Terhadap Performa Mesin Pada Sepeda Motor. *Saintekno: Jurnal Sain dan Teknologi*. 16 (2), hlm. 167 – 176.
- Gallardo, F. I., et al. (2020). A Techno-Economic Analysis Of Solar Hydrogen Production by Electrolysis In The North Of Chile And The Case Of Exportation From Atacama Desert To Japan. *Elvesier: Science Direct*, hlm. 1-20.
- Greenstone, M. & Fan, Q. C. (2019). *Kualitas Udara Indonesia yang Memburuk dan Dampaknya terhadap Harapan Hidup*. Air Quality Life Index.
- Mamilla, V. R., et al. (2018). Production of Brown's Gas using Hydroxy Generator. *International Journal of Engineering & Technology*. 7 (4.5), hlm. 428 – 457.
- Marlina, E., Wahyudi, S., & Yuliati, S. (2013). Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂O Dengan Katalis NaHCO₃. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 4(1), hlm.53 – 58.
- McMurry, J. & Fay, R.C. (2003). *Chemistry Fourth Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Mizuno, T., Akimoto, T. & Ohmori, T. (2003). Confirmation of Anomalous Hydrogen Generation by Plasma Electrolysis. *In 4th Meeting of Japan CF Research Society*. Iwate, Japan : Iwate University.
- Mursid, S.P. & Hamzah, Z. (2013). Pengendalian Gas Brown Pada Elektroliser Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Motor Bakar. *Jurnal Teknik Energi*. 3 (2), hlm. 250 – 259.
- Setiawan, Y. & Salam, F. (2018). Gas Hidrogen Pada Proses Elektrolisis Terhadap Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 4 (1), hlm. 10 – 13.
- Sunarya, Y. (2007). *Kimia Umum*. Bandung : Alkemi Grafisindo Press.
- Suprianto, T. & Widiawan, N. M. (2016). Pengaruh Larutan Natrium Bikarbonat pada Alat Elektroliser terhadap Penghematan Bahan Bakar. *Dalam Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan)*. Banjarmasin, Indonesia: Politeknik Negeri Banjarmasin.
- Syukri. (1999). *Kimia Dasar I*. Bandung : Penerbit ITB
- Whitten, K.W., Davis, R.E., Peck, M.L., & Stanley, G.G. (2014). *Chemistry 10th Edition*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.

