

## **Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH**

*Yoyon Wahyono, Heri Sutanto, dan Eko Hidayanto*

*Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*E-mail: yoyonwahyono@st.fisika.undip.ac.id*

### **ABSTRACT**

*This study deals with the production of hydrogen gas ( $H_2$ ) using electrolysis method.  $H_2$  gas is a source of Renewable Energy (EBT). This research was conducted to determine the amount of concentration (ppm) and purity (% vol) of  $H_2$  gasses produced by electrolysis method. The purify and concentration of  $H_2$  gasses was determined using gas analyzer and MQ sensor 8 respectively. The results showed that the production of  $H_2$  gas with the highest concentration was obtained in aqueous electrolysis DM + NaCl + NaOH with a 12 volt voltage 4500 ppm. Production of  $H_2$  gas in aqua DM electrolysis, aqua DM + NaCl, and aqua DM + NaOH no detectable pollutant gas such as CO,  $CO_2$ , HC, NO.*

**Keywords:** *Electrolysis, Energy, Hydrogen gas, Catalyst.*

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini berkaitan dengan produksi gas hidrogen ( $H_2$ ) menggunakan metode elektrolisis. Gas  $H_2$  merupakan sumber Energi Baru Terbarukan (EBT). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi (ppm) dan kemurnian (%vol) gas  $H_2$  yang diproduksi melalui proses elektrolisis. Konsentrasi dan kemurnian gas  $H_2$  yang diproduksi ditentukan menggunakan sensor MQ 8 dan gas analyzer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi gas  $H_2$  dengan konsentrasi tertinggi diperoleh pada elektrolisis aqua DM + NaCl + NaOH dengan tegangan 12 volt 4500 ppm. Produksi gas  $H_2$  pada elektrolisis aqua DM, aqua DM + NaCl, dan aqua DM + NaOH tidak terdeteksi adanya gas pencemar seperti CO,  $CO_2$ , HC, NO.*

**Kata kunci :** *Elektrolisis, Energi, Gas hidrogen, Katalis.*

### **PENDAHULUAN**

Krisis energi bukan hanya menjadi isu di dunia, tetapi juga menjadi isu di Indonesia. Hingga saat ini Indonesia masih menggunakan energi fosil (minyak bumi, batu bara, dan gas bumi) sebagai sumber energi utama. Pemakaian energi fosil akan menyebabkan pemanasan global akibat sisa pembakarannya yang berupa gas CO dan  $CO_2$  [1].

Pada tahun 2013, cadangan gas bumi nasional adalah 150,4 tscf (*trillions standard*

*cubic feet*), dengan cadangan terbukti sebesar 101,5 tscf dan cadangan potensial sebesar 48,9 tscf. Produksi gas bumi Indonesia pada tahun 2013 adalah sebesar 8.130 mmscfd (*million metric standard cubic feet per day*). Hal ini berarti dengan asumsi tidak adanya penemuan cadangan gas baru, maka usia gas bumi Indonesia sekitar 34 tahun lagi (berdasarkan cadangan terbukti) [1]. Sehingga, dibutuhkan solusi berupa Energi Baru Terbarukan (EBT) yang potensial dan ramah lingkungan sebagai suplai energi di Indonesia.

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dalam buku statistik Kelautan dan Perikanan Tahun 2011 menyatakan bahwa Indonesia memiliki luas lautan 3.544.743,900 km<sup>2</sup>. Dengan rincian luas laut teritorial pedalaman seluas 284.210,900 km<sup>2</sup>, luas Zona Ekonomi Eksklusif seluas 2.981.211,000 km<sup>2</sup>, dan luas laut 12 Mil seluas 279.322,000 km<sup>2</sup> [2]. Air laut yang melimpah ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber EBT.

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H<sub>2</sub>O) menjadi gas gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut [3]. Gas H<sub>2</sub> sangat potensial digunakan sebagai sumber energi karena sifatnya yang ramah lingkungan [4]. Proses elektrolisis dalam mengurai senyawa air berlangsung lambat sehingga dibutuhkan katalis untuk mempercepat reaksi dan dapat menambah jumlah gas hidrogen yang diproduksi.

Produksi gas hidrogen dari air laut yang mengandung natrium klorida (NaCl) merupakan cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan gas hidrogen. Gas hidrogen memberikan tingkat emisi yang mendekati *zero emission* [5]. NaCl yang terkandung dalam air laut berfungsi sebagai katalis secara alami. NaCl belum maksimal dalam membantu proses penguraian ikatan hidrogen dan oksigen di dalam air [6]. Sehingga, dibutuhkan tambahan katalis berupa elektrolit kuat yang memiliki pH asam atau basa lain yang dapat memaksimalkan proses penguraian ikatan hidrogen dan oksigen di dalam air.

Penggunaan katalisator elektrolit kuat seperti NaOH, KOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan [7]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan studi tentang nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi menggunakan sensor MQ 8 dan pengujian kemurnian gas hidrogen yang diproduksi menggunakan gas analyzer.

## DASAR TEORI

### Elektrolisis

Elektrolisis terjadi ketika aliran arus listrik melalui senyawa ionik dan mengalami reaksi kimia. Larutan elektrolit dapat menghantar listrik karena mengandung ion-ion yang dapat bergerak bebas. Ion-ion tersebut yang menghantarkan arus listrik melalui larutan. Hantaran listrik melalui larutan elektrolit terjadi ketika sumber arus searah memberi muatan yang berbeda pada kedua elektroda. Katoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif) bermuatan negatif, sedangkan anoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif) bermuatan positif. Spesi (ion, molekul, atau atom) tertentu dalam larutan akan mengambil elektron dari katoda, sementara spesi lainnya melepas elektron ke anoda. Selanjutnya elektron akan dialirkan ke katoda melalui sumber arus searah [8].

Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain penggunaan katalisator, luas permukaan tercelup, sifat logam bahan elektroda, konsentrasi pereaksi, dan besar tegangan eksternal. Berikut akan diuraikan penjelasan dari faktor-faktor tersebut [8].

### Penggunaan katalisator

Katalisator NaOH, KOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi menjadi ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan. Zat tersebut tidak mengalami perubahan yang kekal (tidak dikonsumsi dalam proses elektrolisis).

### Luas permukaan tercelup

Semakin besar luasan menyentuh elektrolit maka semakin mempermudah suatu

elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan berbanding lurus. Jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit. Sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit.

### Konsentrasi pereaksi

Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Ini dikarenakan dengan presentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit. Sehingga transfer elektron dapat lebih cepat mengelektrolisis elektrolit. Terjadi hubungan sebanding terhadap presentase katalis dengan transfer elektron.

### Besar tegangan eksternal

Semakin besar nilai tegangan yang diberikan akan semakin besar pula laju reaksinya. Ini dikarenakan dengan besarnya nilai tegangan dapat memperbesar arus yang dihantarkan oleh ion-ion bebas yang ada didalam larutan. Semakin besar arus listrik maka semakin banyak ion-ion yang terlibat dalam penghantaran arus listrik. Semakin banyaknya ion-ion yang terlibat dalam penghantaran arus listrik inilah yang membuat laju reaksi semakin besar [9].

### Elektrolisis air

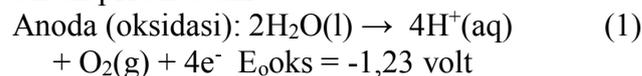
Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air ( $H_2O$ ) menjadi gas hidrogen ( $H_2$ ) dan oksigen ( $O_2$ ) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas  $H_2$  dan ion hidroksida ( $OH^-$ ). Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen ( $O_2$ ), melepaskan 4 ion  $H^+$  serta mengalirkan elektron ke katoda. Ion  $H^+$  dan  $OH^-$  mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air

[3]. Berikut adalah reaksi yang terjadi pada elektrolisis air [10].

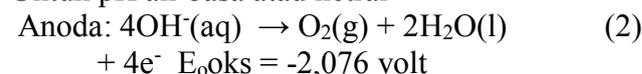
Reaksi pada anoda:

Reaksi yang terjadi pada kutub positif (anoda) adalah reaksi oksidasi.

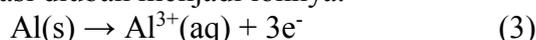
Untuk pH air asam.



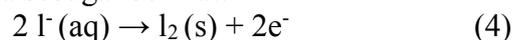
Untuk pH air basa atau netral



Bila pada anoda menggunakan logam tak inert misalnya aluminium. Aluminium akan dioksidasi diubah menjadi ionnya.



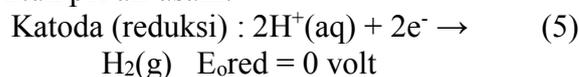
Bila anoda menggunakan logam inert misalnya Pt. Logam inert tidak teroksidasi. Yang teroksidasi adalah anion (ion-ion negatif) dalam air. Misalnya pada ion logam  $I^-$  reaksinya sebagai berikut:



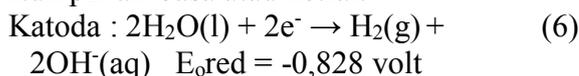
Reaksi pada katoda:

Reaksi yang terjadi pada kutub negatif (katoda) adalah reaksi reduksi.

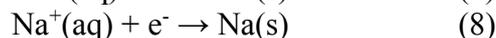
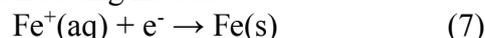
Untuk pH air asam.



Untuk pH air basa atau netral.

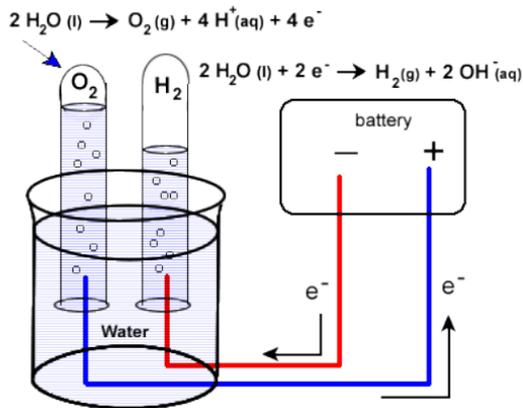


Jika larutan mengandung ion-ion positif (kation), maka kation logam ini akan direduksi menjadi masing-masing logamnya dan logam yang terbentuk itu diendapkan pada permukaan batang katoda.



Faktor yang mempengaruhi elektrolisis air adalah kualitas elektrolit, konsentrasi elektrolit, dan material dari elektroda [3]. Elektrolit kuat lebih mempercepat reaksi elektrolisis air daripada elektrolit lemah. Konsentrasi semakin besar akan semakin mempercepat reaksi elektrolisis air. Logam yang reaktif akan mempercepat reaksi

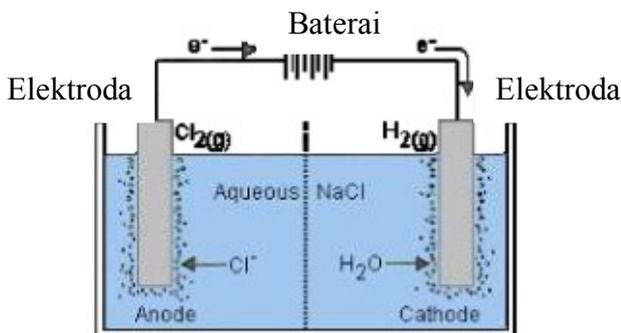
elektrolisis air. Gambar 1 menunjukkan skema dan mekanisme reaksi elektrolisis air.



Gambar 1 Elektrolisis air [3]

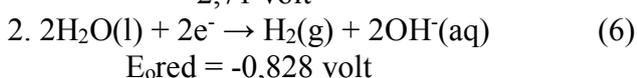
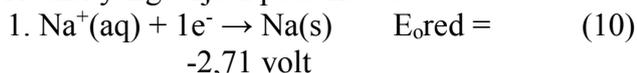
### Elektrolisis natrium klorida dalam air

Natrium klorida, juga dikenal dengan NaCl atau halit adalah senyawa kimia dengan rumus molekul NaCl. Gambar 2 menunjukkan skema reaksi elektrolisis larutan garam NaCl dalam air. Pada katoda, terjadi reaksi reduksi dan kation yang ada adalah persaingan antara air dengan ion Na<sup>+</sup>.

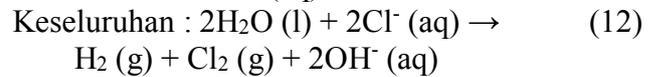
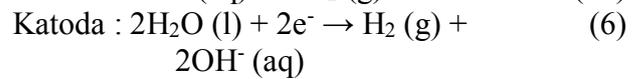
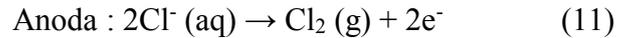


Gambar 2 Proses elektrolisis air dan NaCl [11].

Reaksi yang terjadi pada katoda:



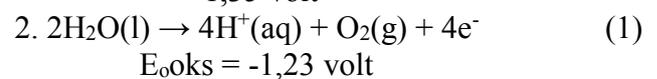
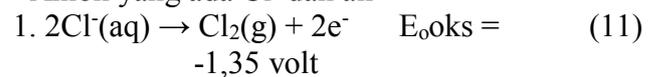
Semakin positif  $E_{\text{ored}}$ , maka semakin besar kecenderungan zat untuk tereduksi, air yang akan tereduksi. Jadi, reaksi yang terjadi pada elektrolisis larutan natrium klorida dengan elektroda inert (tidak reaktif) adalah:



Reaksi pada anoda:

- Termasuk anoda inert sehingga tidak bereaksi

- Anion yang ada Cl<sup>-</sup> dan air



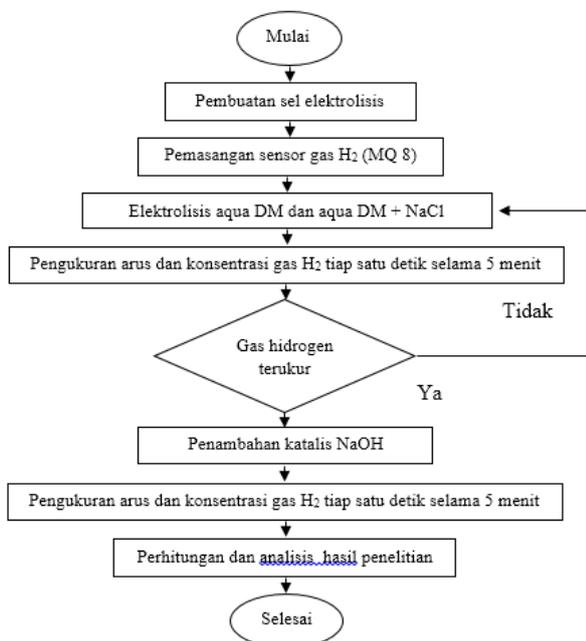
Zat yang mudah mengalami oksidasi adalah yang memiliki  $E_{\text{oks}}$  lebih positif, berdasarkan data yang akan tereduksi adalah air, tapi fakta percobaan menunjukkan bahwa yang terbentuk di anoda adalah gas Cl<sub>2</sub>. Karena voltase yang dibutuhkan untuk suatu reaksi jauh lebih tinggi dibandingkan yang ditunjukkan oleh potensial elektrodanya (*overvoltage*) selisih antara potensial elektroda dan voltase sebenarnya yang diperlukan untuk terjadinya elektrolisis. *Overvoltage* pembentukan O<sub>2</sub> cukup tinggi sehingga pada kondisi kerja normal yang terbentuk di anoda adalah gas Cl<sub>2</sub> [11].

### METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan adalah adaptor, rol kabel, kabel, selang, sensor gas H<sub>2</sub> (MQ 8) produk dari Hanwei Elektronik, kotak kaca, elektroda aluminium, multimeter, timbangan digital, gas analyzer dengan merk dagang Star Gas. Adaptor sebagai penurun tegangan dari 220 menjadi maksimal 12 volt dan merubah arus dari AC menjadi DC. Rol kabel sebagai penghubung listrik PLN ke adaptor. Kabel sebagai media aliran listrik. Selang sebagai media aliran gas hidrogen. Sensor gas H<sub>2</sub> (MQ 8) sebagai pendeteksi konsentrasi gas hidrogen. Kotak kaca sebagai komponen sel elektrolisis. Elektroda aluminium sebagai komponen sel elektrolisis. Multimeter digunakan untuk mengukur arus

dan tegangan. Timbangan untuk mengukur massa NaCl dan NaOH. Gas analyzer digunakan untuk uji gas selain gas hidrogen yaitu gas CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO, dan O<sub>2</sub>. Adapun bahan penelitian berupa aqua DM (aqua demineralisasi), NaCl, padatan NaOH. Aqua DM (H<sub>2</sub>O) sebagai elektrolit lemah. NaCl sebagai campuran untuk membuat air laut artifisial yaitu air garam (aqua DM + NaCl). Padatan NaOH sebagai katalis.

**Diagram Pelaksanaan Penelitian**

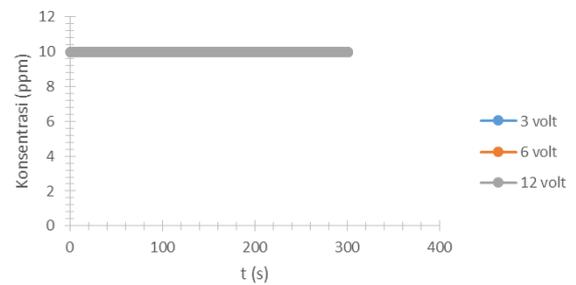


**Gambar 3** Diagram pelaksanaan penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM**

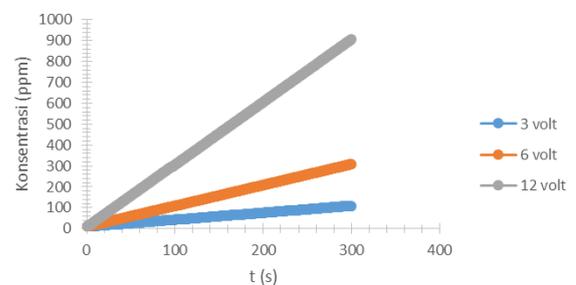
Gambar 4 adalah grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM. Terlihat bahwa nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM adalah konstan sebesar 10 ppm. 10 ppm adalah batas minimal kemampuan sensor MQ 8 dalam mendeteksi konsentrasi gas hidrogen. Secara fisik dapat diamati sangat sedikit gelembung gas hidrogen yang diproduksi.



**Gambar 4** Grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM

**Konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM + NaCl**

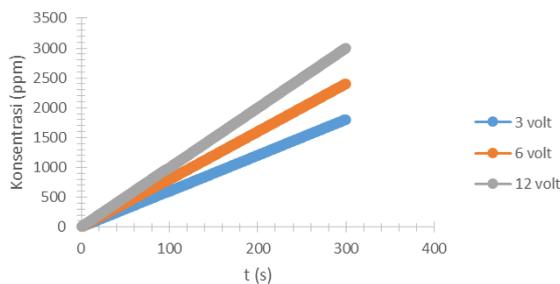
Gambar 5 adalah grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM + NaCl. Pada gambar 4.2 terlihat bahwa nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM + NaCl semakin besar apabila tegangan semakin besar. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 3 volt adalah 109 ppm. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 6 volt adalah 309 ppm. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 12 volt adalah 907 ppm. Secara fisik dapat diamati gelembung gas hidrogen yang diproduksi lebih banyak daripada elektrolisis aqua DM.



**Gambar 5** Grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM + NaCl

**Konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM + NaOH**

Secara fisik dapat diamati gelembung gas hidrogen yang diproduksi lebih banyak daripada elektrolisis aqua DM dan elektrolisis aqua DM + NaCl. Gambar 6 adalah grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM + NaOH. Terlihat bahwa nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM + NaOH semakin besar apabila tegangan semakin besar. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 3 volt adalah 1804 ppm. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 6 volt adalah 2402 ppm. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 12 volt adalah 3000 ppm.

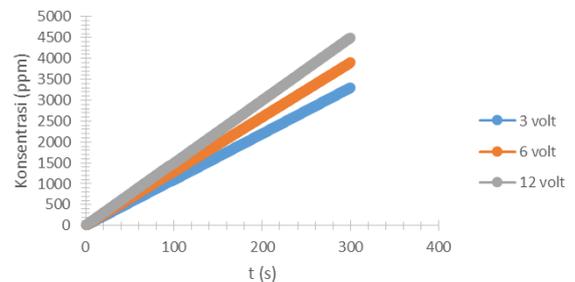


**Gambar 6** Grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM + NaOH

**Konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM + NaCl + NaOH**

Secara fisik dapat diamati gelembung gas hidrogen yang diproduksi lebih banyak daripada elektrolisis aqua DM, elektrolisis aqua DM + NaCl, dan elektrolisis aqua DM + NaOH. Gambar 7 adalah grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM + NaCl + NaOH. Pada gambar 4.4 terlihat bahwa nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada elektrolisis aqua DM + NaCl + NaOH semakin besar apabila tegangan semakin besar. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 3 volt adalah 3300 ppm. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada

tegangan 6 volt adalah 3900 ppm. Nilai konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi pada tegangan 12 volt adalah 4500 ppm.



**Gambar 7** Grafik konsentrasi gas H<sub>2</sub> terhadap waktu pada elektrolisis aqua DM + NaCl + NaOH

**Kemurnian gas hidrogen yang diproduksi**

Tabel 1 merangkum hasil uji kemurnian gas hidrogen pada elektrolisis aqua DM dengan menggunakan alat gas analyzer. Hasilnya adalah tidak terdeteksi adanya gas pencemar seperti CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO yang terdeteksi hanya gas oksigen (O<sub>2</sub>) sebesar 20,92 %vol.

**Tabel 1** Komposisi gas kondisi elektrolisis aqua DM

Kriteria Uji Gas	% vol	Ppm
CO	0,000	-
CO <sub>2</sub>	0,00	-
HC	-	0
O <sub>2</sub>	20,92	-
NO	-	-

**Tabel 2** Komposisi gas kondisi elektrolisis aqua DM + NaCl

Kriteria Uji Gas	% vol	Ppm
CO	0,000	-
CO <sub>2</sub>	0,00	-
HC	-	0
O <sub>2</sub>	21,04	-
NO	-	-

Pada Tabel 2 terlihat bahwa uji kemurnian gas hidrogen pada elektrolisis aqua

DM + NaCl. Hasilnya adalah tidak terdeteksi adanya gas pencemar seperti CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO yang terdeteksi hanya gas oksigen (O<sub>2</sub>) sebesar 21,04 %vol.

**Tabel 3** Komposisi gas kondisi elektrolisis aqua DM + NaOH

Kriteria Uji Gas	% vol	Ppm
CO	0,000	-
CO <sub>2</sub>	0,00	-
HC	-	0
O <sub>2</sub>	21,11	-
NO	-	-

Pada Tabel 3 terlihat bahwa uji kemurnian gas hidrogen pada elektrolisis aqua DM + NaOH. Hasilnya adalah tidak terdeteksi adanya gas pencemar seperti CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO yang terdeteksi hanya gas oksigen (O<sub>2</sub>) sebesar 21,11 %vol.

Dari ketiga perlakuan diatas dapat disimpulkan bahwa elektrolisis aqua DM, aqua DM + NaCl, dan aqua DM + NaOH adalah tidak terdeteksi gas pencemar pada kutub negatif (kutub dimana diproduksi gas hidrogen). Hanya terdapat gas O<sub>2</sub>. Gas O<sub>2</sub> ini %vol utamanya adalah berasal dari gas O<sub>2</sub> yang ada di udara. Gas O<sub>2</sub> yang ada di udara sekitar 20 %vol. Didalam prototipe ini tetap ada komposisi gas O<sub>2</sub> dari udara karena sistem tidak dibuat vakum. Jadi, gas O<sub>2</sub> dari udara ada di dalam sistem.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi gas H<sub>2</sub> dengan konsentrasi tertinggi diperoleh pada elektrolisis aqua DM + NaCl + NaOH dengan tegangan 12 volt 4500 ppm. Produksi gas H<sub>2</sub> pada elektrolisis aqua DM, aqua DM + NaCl, dan aqua DM + NaOH tidak terdeteksi adanya gas pencemar seperti CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO yang terdeteksi hanya gas oksigen (O<sub>2</sub>) secara berurutan nilainya 20,92 %vol, 21,04 %vol, dan 21,11 %vol.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hikam M AS, 2014, *Ketahanan Energi Indonesia 2015-2025 Tantangan dan Harapan*, cv.rumah buku, Jakarta..
- [2] Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2011, *Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2011*, Pusdatin-KKP, Jakarta.
- [3] Achmad H, 1992, *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*, Citra Aditya Bakti, Bandung .
- [4] Bari S, dan Esmaeil M M, 2010, *Effect Of H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> Addition In Increasing The Thermal Efficiency Of A Diesel Engine*, Fuel, 89, 378–383.
- [5] Alimah S dan Dewita E, 2008, *Pemilihan Teknologi Produksi Hidrogen Dengan Memanfaatkan Energi Nuklir*, Jurnal Pengembangan Energi Nuklir 10, 2, 123-132.
- [6] Yilmaz A C, Erinc, Uludamar, dan Aydin K, 2010, *Effect Of Hydroxy (HHO) Gas Addition On Performance and Exhaust Emissions In Compression Ignition Engines*, International Journal Of Hydrogen Energy, 35, 1-7.
- [7] Purba, M, 2001, *Kimia untuk SMA Kelas XI*, Erlangga, Jakarta.
- [8] Suyuty A, 2011, *Studi Eksperimen Konfigurasi Komponen Sel Elektrolisis Dalam Rangka Peningkatan Performa dan Reduksi Sox-Nox Motor Diesel*, ITS Undergraduate.
- [9] Petrucci R H, Harwood W S, Herring F G, dan Madura J D, 2011, *Kimia Dasar Prinsip-Prinsip dan Aplikasi Modern*, Edisi Kesembilan, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [10] Lamy C, Leger J-M, dan Srinivasan S, 2001, *Modern Aspects Of Electrochemistry* 34, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- [11] Brady J E, 2008, *Kimia Universitas Asas dan Struktur*, Jakarta, Binarupa Aksara