



PENGARUH JUMLAH KEPINGAN DAN JENIS MATERIAL TERHADAP LAJU PRODUKSI HIDROGEN

Mochamad Taufik (Mahasiswa), Ir. Gatut Priyo Utomo, M.Sc (Dosen Pembimbing)

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: mohmesin@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Gas HHO ialah suatu proses pemecahan molekul air (H₂O) murni menjadi gas Hidrogen (H₂) dan Oksigen (O) yang melewati sebuah proses penguraian yaitu elektrolisis. Banyak atau sedikitnya produksi suatu gas HHO ini diantaranya ialah dipengaruhi oleh luasan elektroda. Penelitian ini memiliki tujuan ialah untuk mengetahui dampak yang dihasilkan dari berbagai variasi jumlah kepingan elektrode yang digunakan pada proses produksi gas HHO, dalam penggunaannya memanfaatkan daya listrik yang dialirkan pada elektrode ke dalam air yang bersumber dari power supply 12 Volt 30 Ampere. Elektrode yang digunakan memiliki tiga variasi utama yaitu bahan Stainless Steel tipe 316, Titanium, dan Aluminium. Tentu saja dari berbagai variasi material pasti berbeda dari dengan yang lain. Mengacu pada perhitungan kecepatan produksi gas hidrogen dari ke tiga variasi proses elektrolisis adalah sebagai berikut variasi tiga keping material ST 316 ialah $0,78 \times 10^{-3}$ L/s, sedangkan pada variasi dua keping ialah $0,54 \times 10^{-3}$ L/s. Setelah itu pada variasi tiga keping material Titanium mencapai angka ialah $0,8 \times 10^{-3}$ L/s, sedangkan pada variasi dua keping ialah $0,62 \times 10^{-3}$ L/s. Selanjutnya variasi tiga keping material Aluminium mencapai angka ialah $0,65 \times 10^{-3}$ L/s, sedangkan pada variasi dua keping ialah $0,47 \times 10^{-3}$ L/s. Seperti pada percobaan tersebut maka yang paling cepat dalam produksi hidrogennya ialah pada material Titanium yang memiliki jumlah tiga keping dengan capaian ialah $0,8 \times 10^{-3}$ L/s.

Kata kunci : gas HHO, elektrolisis, stainless steel, Titanium, Aluminium, power supply 12 Volt 30 Ampere.



PENDAHULUAN

Elektrolisis air yang menggunakan suatu energi dari sebuah power supply 12 Volt 30 Ampere ini perlu penyesuaian dengan kebutuhan / waktu pemanfaatan suatu molekul HHOnya tersebut, semisal untuk alternatif BBM. Oleh karena itu, diperlukan waktu untuk proses elektrolisisnya yang cukup agar efektif dalam proses elektrolisisnya. Karena energinya berasal dari power supply maka cara pemanfaatannya bisa direkayasa dalam suatu proses elektrolisis salah satunya ialah dengan membuat variasi luasan elektroda yang dipakai yang mampu mempengaruhi suatu produksi HHOnya sesuai dengan yang diperhitungkan atau dibutuhkan.

Marlina. (2013) melakukan penelitian bahwa generator HHO yang memiliki energi dari baterai 12 volt 24 ampere dengan konduktor listrik yang terbuat dari katoda dan anoda stainless steel yang divariasikan dengan dicampurkan NaHCO_3 (Sodium bicarbonate), selesainya diujikan data dari suatu katalis diperoleh persentase hingga mencapai 12,5% yang terdapat efisiensi generator HHO yang mencapai 21,2% dan besarnya pemanfaatan daya laju produksi/laju aliran gas HHO (Brown's gas) serta efisiensi generator HHO meningkat seiring dengan peningkatan persentase NaHCO_3 . Pada penelitian ini tidak ada masalah pengaruh luas elektroda terhadap proses elektrolisis. Oleh karena itu, Marlina memberikan masukan untuk mengkaji pengaruh luas elektroda terhadap produksi HHO.

Wahyono (2016) pembuatan pada elektroliser sebagai suatu alat ujinya hanya dengan 2 variasi luasannya. Pada variasi ini hanya pada permukaan depan belakang saja, sisi lain seperti sisi samping kanan, kiri, atas, tidak terlalu diperhatikan. Oleh karena itu, kurang akurat dalam penelitiannya, serta arus listrik yang dialirkan tidak langsung

atau dengan sambungan, sehingga kemungkinan besar terjadinya hambatan arus. Belum lagi arus yang dialirkan hanya 10 Amper saja dan konsentrasi air menggubakan katalis KOH, yang menyebabkan pengaruh suatu luasannya memiliki akusurasi yang rendah terhadap produksi HHOnya, semakin banyak katalis yang di larutkan maka semakin banyak pula HHO yang dihasilkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Air

Air dalam tabel periodik memiliki rumus kimia H_2O . Sifat dari Air ialah tidak berwarna, tidak memiliki rasa dan tidak memiliki bau pada saat kondisi normal yaitu terletak pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan memiliki temperature 273,15 K (0 °C). Senyawa ini sangat penting karena mampu melarutkan berbagai macam zat kimia yang ada, seperti natrium klorida, sukrosa, dan masih banyak lagi molekul-molekul organik lainnya.

Elektrolisis Air

Elektrolisis air ialah suatu proses pemisahan dari senyawa air (H_2O) menghasilkan gas hydrogen (H_2) dan Oksigen (O_2) memanfaatkan arus listrik yang melalui air. Hidrogen ialah salah satu dari sekian banyak energi baru yang mampu menurunkan emisi gas buang dengan cara memanfaatkan air sebagai bahan bakar, melalui proses elektrolisis senyawa air (H_2O) dikonversikan menjadi 2 senyawa yaitu oksigen dan hydrogen (Bow *et al.*, 2020).

Stainless Steel 316

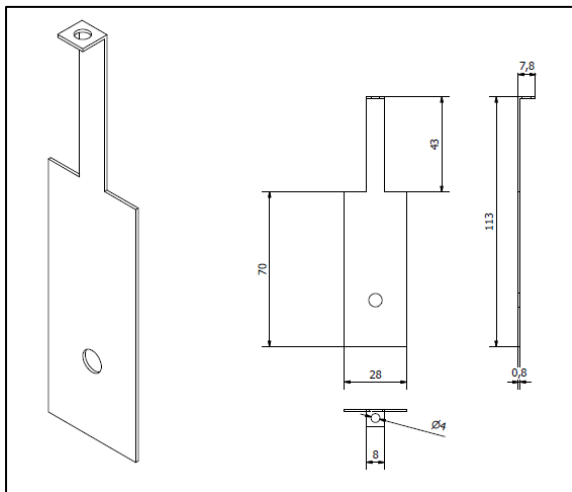
Tipe 316 kerap dimanfaatkan sebagai kelongsong bahan bakar. Baja tahan terhadap karat tipe 316 dengan 20% proses pengerjaan dingin dipergunakan secara umum sebagai bahan kelongsong FBR baik pada

penggunaan prototipe maupun komersial, yang mana suhu operasinya bisa mencapai angka hingga 500°C. Baja tahan karat austenitik memiliki problematika utama apabila terjadi suatu pemanasan atau pengelasan pada rentang suhu antara 500–800°C dan sensitif terhadap korosi batas butir dan stress corrosion cracking pada lingkup klorida dan basa.

Titanium

Logam titanium murni dan paduan titanium memiliki biokompatibilitas dan biomekanik yang lebih baik daripada logam lainnya. Titanium memiliki kemampuan untuk melekat pada tulang yang disebut osseointegrasi. Dalam osseointegrasi, tulang bersentuhan langsung dengan permukaan implan, menghasilkan pertumbuhan tulang di sekitar implan. Secara biologis, titanium bersifat inert dan memiliki ketahanan korosi yang cukup tinggi serta dapat secara spontan membentuk lapisan TiO₂ (Titanium Oxide) pada permukaannya. Bahan yang memiliki biokompatibilitas belum tentu memiliki sifat bioaktif. Suatu bahan dikatakan bioaktif jika tidak hanya bersifat osteokonduktif tetapi juga mampu memberikan osteoinduktif.

Bentuk Kepingan



PROSEDUR EKSPERIMEN

Gambar 1. Bentuk kepingan elektroda

Berdasarkan gambar diatas merupakan gambar dari bentuk kepingan elektroda untuk

proses elektrolisis. Pada bentuk kepingan elektrodanya minim sekali terdapat sambungan, hal tersebut bertujuan agar lebih sempurna dalam mengalirkan listrik dan juga agar lebih efektif proses elektrolisisnya. Berikut spesifikasi dari bentuk kepingan elektroda :

p	: 113 mm
Ø lubang	: 4 mm
l	: 28 mm
Tebal Lempengan	: 0,8 mm

Hidrogen

Gas hidrogen dianggap dapat menjadi suatu alternatif untuk menjadi pengganti energi fosil karena minimnya efek lingkungan yang dihasilkan. Gas hidrogen memiliki banyak kelebihan, selain ramah lingkungan ternyata hidrogen juga memiliki energi pembakaran yang besar yaitu sekitar 286 kJ/mol dan emisi pembakarannya hanya air.

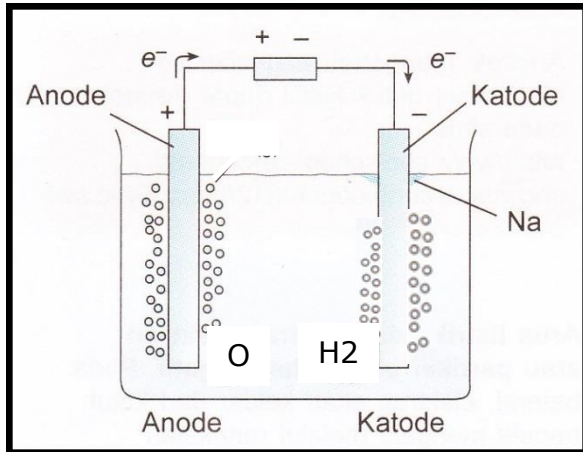
Elektrokimia

Elektrokimia adalah studi ilmu yang berkonsentrasi pada pertukaran elektron yang terjadi dalam media pengarah listrik (katoda). Terminal terdiri dari katoda positif dan katoda negatif. Hal ini karena katoda akan diberdayakan oleh aliran listrik sebagai sumber energi dalam pertukaran elektron. Ide elektrokimia tergantung pada respon oksidasi-penurunan (redoks) dan pengaturan elektrolit. Respon redoks adalah campuran dari respon penurunan dan oksidasi yang terjadi pada saat yang bersamaan. Pada reaksi penurunan terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi adalah peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada medium penyajian dalam sel elektrokimia.

Cara Kerja Alat Elektrolisis Air Menjadi Gas Hidrogen

Prinsip dasar alat elektrolisis air yaitu memanfaatkan aliran listrik yang di hasilkan dari *power supply* melalui penghantar anoda katoda yang dialirkan ke air yang menghasilkan gelembung gas hidrogen. Air

yang memiliki senyawa H₂O terelektrolisis menyebabkan perpisahkan molekul yaitu H₂ dan O. Energi listrik yang dibutuhkan agar terprosesnya elektrolisis air memiliki tegangan tinggi. Hal itu dibutuhkan agar proses elektrolisis terproses dengan efektif dan proses dihasilkan maksimal. Agar lebih maksimal proses elektrolisisnya, maka air di beri campuran soda api agar lebih cepat proses elektrolisis airnya.



Gambar 2. Cara Kerja Elektrolisis Air

Macam Elektrolisis

Siklus yang terjadi dalam suatu elektrolisis dibagi menjadi 2 macam dilihat dari reaktor yang digunakan, yaitu siklus elektrolisis yang menggunakan teknik sel kering dan strategi sel basah.. (Koponen, jr dkk. 2015)

Proses elektrolisis yang digunakan oleh peneliti adalah metode basah (Wet Cell) yaitu metode yang menggunakan reaktor elektrolisis dimana seluruh elektroda terendam dalam cairan elektrolit dalam wadah berisi air. Metode sel basah ini memanfaatkan energi listrik dalam jumlah besar karena seluruh area pelat elektroda terendam air untuk proses elektrolisis sehingga menghasilkan gas HHO (brown gas).

Bagian Penyusun Alat elektrolisis Air

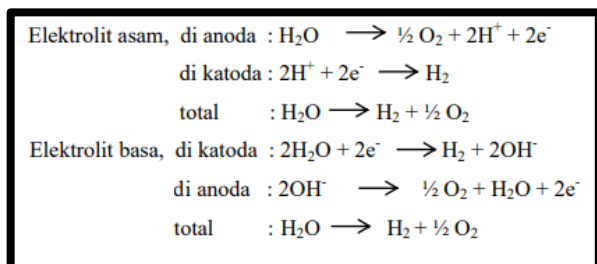
Dalam merancang sebuah prototype tentu saja sangat diperlukan beberapa komponen yang perlu dipersiapkan untuk merancang sebuah alat elektrolisis dapat bekerja dengan baik dan efektif. Berikut

beberapa komponen yang dibutuhkan, sebagai berikut :

1. Tabung generator HHO, berfungsi sebagai tempat menampung air yang akan di elektrolisis.
2. Selang output gas, berfungsi sebagai keluranya gas.
3. Niple gas, berfungsi mencegah api balik.
4. Kabel, berfungsi untuk mengalirkan listrik ke anoda dan katoda.
5. Anoda dan katoda, berfungsi untuk mengalirkan listrik ke air yang akan di elektrolisis.
6. Power supply, berfungsi sebagai sumber listrik untuk mengalirkan ke anoda dan katoda.
7. Fan Cooler, berfungsi sebagai pendingin generator HHO.

Reaksi Elektrolisasi Air

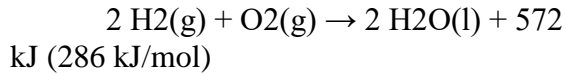
Gas hidrogen dan oksigen dihasilkan dari proses elektrolisis yang menimbulkan butir-butir gelembung pada elektroda dan bisa ditampung dalam jumlah yang besar. Prinsip dasar ini bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan gas hidrogen yang mampu digunakan untuk bahan bakar kompor gas hydrogen. Sediakan sumber energy listrik dari baterai atau aki, Air (H₂O) dapat dipecah lagi ke dalam molekul diatomik yaitu hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂).



Gambar 3. Reaksi Pecahan Diatomik
 Sumber : (<http://eprints.polsri.ac.id>)

Reaksi Pembakaran Gas Hidrogen

Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia :



$$\text{Faraday} = (\text{Amper} \times \text{Waktu (det)}) / 96500 = (I \times t) / 96500$$

Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai proporsi, hidrogen segera meledak pada penyalaan dan akan meledak sendiri pada suhu 560 °C. Api yang dihasilkan dari pembakaran hidrogen-oksigen murni memancarkan gelombang ultraviolet dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Oleh karena itu, sangat sulit untuk mendeteksi terjadinya kebocoran hidrogen secara visual. Kasus ledakan pesawat Hindenburg adalah contoh terkenal dari pembakaran hidrogen.

Kecepatan Produksi Gas Hidrogen (Brown's gas)

Pada gas Brown, hal ini dapat diketahui dengan mencari laju pembentukan atau pelepasan gas HHO dalam satuan mililiter yang merupakan pembagian volume yang diperoleh dari siklus elektrolisis, yang dapat dilihat pada gelas perkiraan pada jam pemeriksaan. memanfaatkan mililiter yang dipisahkan oleh waktu penanganan untuk menghasilkan gas HHO. memanfaatkan kondisi di bawah ini:

Energi Listrik Yang Dibutuhkan Untuk Proses Elektrolisis

Gas HHO ialah suatu gas yang tergolong mudah terbakar, berdasarkan hal tersebut maka perlu di pahami bahwa 1 Mol elektron = 1 Faraday = memiliki muatan listrik sebesar 96500 Coulomb. Jika suatu muatan listrik (q) yang diperlukan berbanding lurus dengan mol elektronnya maka bisa kita rumuskan

$$Q = \frac{V}{t} \left[\frac{\text{ml}}{\text{s}} \right]$$

Dimana :

- Q = laju produksi (ml/s)
- v = Volume gas HHO yang ditampung dalam gelas ukur (ml)
- t = Waktu untuk menghasilkan gas HHO (s)

$$q = n \cdot F$$

Dimana :

n = jumlah Mol elektron (Mol)

F = Muatan listrik per 1 Mol elektron (Coulom / Mol)

Coulomb adalah satuan muatan listrik yang diperoleh dengan menduplikasikan aliran listrik (Ampere) saat digunakan (detik) yang dapat direncanakan dengan :

$$q = i \cdot t$$

Rumus diatas bisa diketahui bahwa i ialah suatu arus listrik, sedangkan t merupakan waktu (detik). Oleh karena itu, dapat dirumuskan antara Faraday, Amper dan Waktu yang digunakan dalam elektrolisis yaitu :

Efektifitas Generator

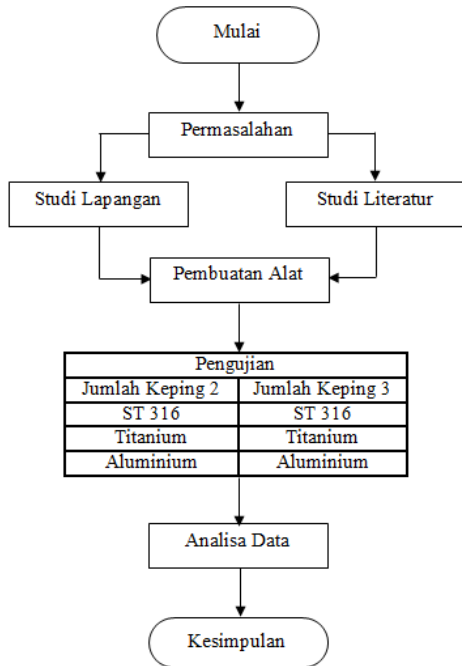
Berdasarkan perhitungan sebelumnya, data tersebut dapat digunakan untuk mencari efektifitas kemampuan generator (η HHO) bila digunakan untuk percobaan dimana hasil percobaan diperoleh dengan metode perkalian pada QHHO. Laju pembentukan HHO dengan kekentalan gas HHO, dan memanfaatkan nilai Low Heating yang merupakan insentif pemanasan yang lebih rendah untuk gas HHO (LHV) kemudian dapat dipisahkan ke dalam laju penciptaan gas PHHO dan selanjutnya ditingkatkan sebesar 100 persen. Agar lebih jelas perkiraannya, bisa ditentukan dengan rumus di bawah ini:

$$\eta_{\text{HHO}} = \frac{Q_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P_{\text{HHO}}} \times 100\%$$

dimana :

ρ HHO = Massa jenis gas HHO (gr / lt)
 LHV = Low Heating Value, nilai kalor bawah gas HHO (13250 J /gr)
 PHHO = (J / s)

PROSEDUR EKSPERIMEN



Pada penelitian ini menggunakan metode studi dari berbagai referensi dan juga studi lapangan sekaligus mengambil beberapa data yang diambil pada saat percobaan. Berikut dokumentasi hasil percobaan pada penelitian ini :



Gambar 4. Gelembung Gas HHO



Gambar 5. Reaksi Elektrolisis Air



Gambar 6. Percobaan Variasi Pertama



Gambar 7. Pembuktian Adanya Hidrogen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Volume Dari Variasi Material ST 316

Berdasarkan tabel di bawah ini adalah hasil dari informasi eksplorasi jumlah satu chip disimpan seperti jarum jam atau 1800 detik dalam siklus eksekusi selama satu setengah jam dengan batas waktu yang telah ditentukan, dalam 30 menit pertama volume mencapai 1268.1 ml, mengembang hingga 30 menit. Sampai 60 hingga mencapai puncaknya menyentuh angka 1480 ml

kemudian terjadi demosi secara pelan-pelan hingga ke angka 1450 ml pada menit ke 90 begitu seterusnya. Bila diamati dari sudut tegangannya stabil yaitu 12V sampai 30 menit pertama lalu terjadi tren demosi hingga akhir penelitian. Jika kita amati pada arus listriknya di 30 menit pertama mencapai angka 1,5 Ampere hingga menit ke 90 mengalami kenaikan yaitu 1,7 Ampere. Terjadi naik turun pada arus listrik selama proses elektrolisis.

Sedangkan jumlah dua buah berdasarkan tabel di bawah adalah efek lanjutan dari informasi eksplorasi yang direkam setiap 30 menit bisa dikatakan 1800 detik pada proses pelaksanaannya selama 90 menit batas dengan waktu yang ditentukan, pada 30 menit pertama volumenya mencapai angka sebesar 1190 ml. Pada menit ke 60 mengalami penurunan hingga menyentuh angka 990 ml kemudian terjadi hingga ke angka 730 ml pada menit ke 90 begitu seterusnya. Bila diamati dari sudut tegangannya cenderung stabil yaitu 11V sampai 12 V hingga akhir penelitian, pada arus listriknya cenderung naik turun di angka 1,2 Ampere kemudian meningkat pada menit ke 60 mencapai 1,9 Ampere. Baru kemudian demosi pada angka 1,1 Ampere pada menit 90 sampai akhir penelitiannya.

Jumlah Kepingan	Waktu (Menit)	Waktu (detik)	Volume (ml)	Tegangan (v)	Arus (A)	P Ke (v xA)
3	30	1800	1389	11	1.5	16.5
	60	3600	1550	12	1.4	16.8
	90	5400	1400	12	1.8	21.6
2	30	1800	1100	11	1.3	14.3
	60	3600	1275	12	1.5	18
	90	5400	985	12	1.1	13.2

Data Volume Dari Variasi Material Titanium

Berdasarkan tabel di bawah ini ialah merupakan hasil data eksperimen yang di catat setiap 30 menit atau 1800 detik pada proses pelaksanaannya selama 90 menit batas dengan waktu yang ditentukan, pada 30 menit pertama volumenya mencapai angka sebesar 1389 ml. pada menit ke 60 mengalami kenaikan hingga menyentuh angka 1550 ml kemudian terjadi penurunan hingga ke angka 1400 ml pada menit ke 90

begitu seterusnya. Bila diamati dari sudut tegangannya cenderung stabil yaitu 11V sampai 12 V hingga akhir penelitian, pada arus listriknya cenderung naik turun di angka 1.5 Ampere kemudian meningkat pada menit ke 90 mencapai 1.8 Ampere. Baru kemudian sempat demosi pada angka 1,4 Ampere pada menit ke 60 sampai akhir.

Sedangkan pada jumlah dua keping berdasarkan tabel di bawah ini ialah merupakan hasil data eksperimen yang di catat setiap 30 menit atau 1800 detik pada proses pelaksanaannya selama 90 menit batas dengan waktu yang ditentukan, pada 30 menit pertama volumenya mencapai angka sebesar 1100 ml. Pada menit ke 60 mengalami kenaikan hingga menyentuh angka 1275 ml kemudian terjadi penurunan hingga ke angka 985 ml pada menit ke 90 begitu seterusnya. Bila diamati dari sudut tegangannya cenderung stabil yaitu 11V sampai 12 V hingga akhir penelitian, pada arus listriknya cenderung naik turun di angka 1.3 Ampere kemudian meningkat pada menit ke 60 mencapai 1.5 Ampere. Baru kemudian demosi pada angka 1,1 Ampere pada menit 90 sampai akhir penelitiannya.

Data Volume Dari Variasi Material Aluminium

Berdasarkan tabel di bawah ini ialah merupakan hasil data eksperimen yang di catat setiap 30 menit atau 1800 detik pada proses pelaksanaannya selama 90 menit batas dengan waktu yang ditentukan, pada 30 menit pertama volumenya mencapai angka sebesar 1200 ml. Pada menit ke 60

Jumlah Kepingan	Waktu (Menit)	Waktu (detik)	Volume (ml)	Tegangan (v)	Arus (A)	P Ke (v xA)
3	30	1800	1268,1	12	1,5	18
	60	3600	1480	12	1,4	16
	90	5400	1450	12	1,7	20,4
2	30	1800	1190	11	1,2	13,2
	60	3600	990	12	1,9	22,8
	90	5400	730	12	1,1	13,2

mengalami kenaikan hingga menyentuh angka 1250 ml kemudian terjadi demosi hingga ke angka 1000 ml pada menit ke 90 begitu seterusnya. Bila diamati dari sudut

tegangannya cenderung stabil yaitu 11V sampai 12 V hingga akhir penelitian, pada arus listriknya cenderung naik turun di angka 1.5 Ampere. Kemudian menurun pada menit ke 60 mencapai 1.4 Ampere. Baru setelah itu meningkat pada angka 1.8 Ampere pada menit 90 sampai akhir penelitiannya.

Sedangkan pada jumlah dua keping berdasarkan tabel di bawah ini ialah merupakan hasil data eksperimen yang di catat setiap 30 menit atau 1800 detik pada proses pelaksanaannya selama 90 menit batas dengan waktu yang ditentukan, pada 30 menit pertama volumenya. mencapai angka sebesar 1000 ml. Pada menit ke 60 mengalami penruan hingga menyentuh angka 860 ml kemudian demosi juga terjadi terjadi hingga ke angka 725 ml pada menit ke 90 begitu seterusnya. Bila diamati dari sudut tegangannya cenderung stabil yaitu 11V sampai 12 V hingga akhir penelitian, pada arus listriknya cenderung naik turun di angka 1.3 Ampere kemudian meningkat pada menit ke 60 mencapai 1.5 Ampere. Baru kemudian demosi pada angka 1,1 Ampere pada menit 90 sampai akhir penelitiannya.

Jumlah Kepingan	Waktu (Menit)	Waktu (detik)	Volume (ml)	Tegangan (v)	Arus (A)	P Ke (v xA)
3	30	1800	1200	12	1.2	14.4
	60	3600	1250	12	1.3	15.6
	90	5400	1000	12	1.5	18
2	30	1800	1000	11	1.2	13.2
	60	3600	860	12	0.9	10.8
	90	5400	675	12	1	12

Bisa di amati melalui tabel diatas bahwa yang memrproduksi pailing banyak gas hirogennya ialah variasi material titanium. Hal ini tentu saja dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ialah bahan titanium lebih bagus sifat konduktornya sehingga berdampak pada produksi gas hidrogen yang dihasilkan, sehingga aliran listrik yang digunakan untuk elektrolisis air menjadi sangat baik saat di alirkan melauai elektroda menggunakan material titanium. Kemudian disusul dengan ST 316 dan yang

terakhir aluminium yang memiliki sifat konduktor yang kurang bagus maka produksi gas HHO kurang optimal. Berikut di bawah ini penghitungan untuk lebih detailnya pada penelitin ini :

$$q = n \cdot F$$

1 Mol elektron = 1 Faraday = memiliki muatan listrik sebesar 96500 Coulomb.

$$\begin{aligned} \text{Faraday} &= (\text{Amper} \times \text{Waktu (detik)}) / 96500 \\ &= (I \times t) / 96500 \\ &= (30 \times 5400) / 96500 \\ &= 1,6787 \end{aligned}$$

Konsumsi Daya Listrik Untuk Proses Elektrolisis

Perhitungan daya yang digunakan untuk siklus elektrolisis dapat ditentukan dengan menggunakan kondisi berikut:

$$P_{HHO} = V \times I$$

Khusus sumber daya yang digunakan dalam penelitian ini adalah catu daya dengan informasi penentuan 12Volt 30A, namun dalam uji coba ini pemanfaatan tegangan dan aliran aliran listrik pada elektroliser disesuaikan dengan daerah terminal yang memiliki telah dirancang khusus untuk penelitian ini, sehingga konsumsi daya yang berbeda untuk setiap variasi. Hal ini dapat dilihat pada tabel besarnya daya pada suatu waktu tertentu atau selama proses elektrolisis. Berdasarkan tabel di atas diperoleh hasil perhitungan data konsumsi konsumsi selama proses elektrolisis dengan variasi elektroda yang berbeda, yaitu:

$$\begin{aligned} P_{HHO1 \text{ ST316}} &= 54,4 \text{ watt,} \\ P_{HHO2 \text{ ST316}} &= 49,2 \text{ watt.} \\ P_{HHO1 \text{ Titanium}} &= 54,9 \text{ watt,} \\ P_{HHO2 \text{ Titanium}} &= 45,5 \text{ watt.} \end{aligned}$$

$$P_{HHO1 \text{ Aluminium}} = 48 \text{ watt,}$$

$$P_{HHO2 \text{ Aluminium}} = 4,6 \text{ watt.}$$

Perhitungan Kecepatan Produksi HHO Sesuai Variasi Elektroda

$$Q_{ST3161} = \frac{4198,1}{5400} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

$$Q_{ST3161} = 0,78 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

$$Q_{ST3162} = \frac{2910}{5400} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

$$Q_{ST3162} = 0,54 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

$$Q_{Titanium1} = \frac{4339}{5400} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

$$Q_{Titanium1} = 0,8 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

$$Q_{Titanium2} = \frac{3360}{5400} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

$$Q_{Titanium2} = 0,62 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

$$Q_{Aluminium1} = \frac{3450}{5400} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

$$Q_{Aluminium1} = 0,65 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

$$Q_{Aluminium2} = \frac{2535}{5400} \left[\frac{ml}{s} \right]$$

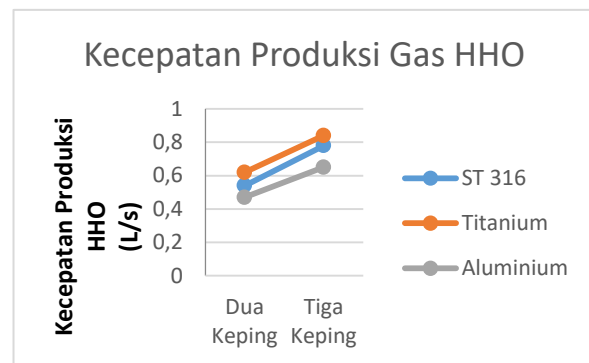
$$Q_{Aluminium2} = 0,47 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

Rekapitulasi Kecepatan Produksi Gas HHO

Berdasarkan penghitungan kecepatan produksi gas HHO atau *Brown Gas* dari ke tiga variasi material yang berbeda tersebut yaitu variasi pertama material ST 316 dengan jumlah kepingan elektrodanya berjumlah tiga keping memiliki kecepatan produksi sebesar $0,78 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, variasi ke dua material Titanium sebesar $0,8 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, variasi ke tiga material Aluminium sebesar $0,65 \times 10^{-3} \text{ L/s}$. Jika kita amati pada penghitungan variasi dengan jumlah kepingan sebanyak dua keping dengan material ST 316 ialah mencapai angka $0,54 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, material Titanium sebesar $0,62 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, sedangkan material Aluminium sebesar $0,47 \times 10^{-3} \text{ L/s}$. Tentu dalam penghitungan ini

yang memiliki kecepatan produksi yang lebih cepat ialah berada pada variasi dengan menggunakan material Titanium dengan jumlah tiga kepingan elektrodanya.

Tentu saja jumlah kepingan tersebut sangat mempengaruhi kecepatan produksi karena jika kita bandingkan dari variasi pertama dan variasi yang kedua memiliki kecepatan produksi hidrogen yang berbeda. hal ini lah yang perlu kita amati secara seksama bahwa jumlah kepingan elektroda untuk proses produksi gas HHO sangat mempengaruhi kecepatan produksi gas HHO atau *Brown Gas*. Tentu saja jumlah kepingan elektroda akan berdampak kepada faktor yang lain seperti daya serap listrik yang dibutuhkan serta besar kapasitas gas hidrogen yang di produksi. Berikut grafik dari penghitungan kecepatan produksi gas HHO / *Brown Gas* mulai dari berbagai variasi berbeda :



Efisiensi Generator HHO

Agar bisa digunakan untuk mempermudah memahami perhitungannya, bisa di hitung dengan rumus di bawah ini :

$$\eta_{HHO} = \frac{Q_{HHO} \times \rho_{HHO} \times LHV_{HHO}}{P_{HHO}} \times 100\%$$

dimana :

$$\rho_{HHO} = \text{Massa jenis gas HHO (gr / l)}$$

$$LHV = \text{Low Heating Value, nilai kalor bawah gas HHO (13250 J /gr)}$$

$$P_{HHO} = \text{(J / s)}$$

$$\eta_{ST316}^{HHO} = \frac{0,78 \times 10^{-3} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,3250 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{54,4 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$\eta_{ST316}^{HHO} = 9,3\%$$

$$\eta_{ST316, HHO}^2 = \frac{0,54 \times 10^{-3} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,3250 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{49,2 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$\eta_{ST316, HHO}^2 = 7,1\%$$

$$\eta_{Titanium, HHO}^1 = \frac{0,8 \times 10^{-3} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,3250 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{54,9 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$\eta_{Titanium, HHO}^1 = 9,4\%$$

$$\eta_{Titanium, HHO}^2 = \frac{0,62 \times 10^{-3} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,3250 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{45,5 \text{ J/s}} \times 100\%$$

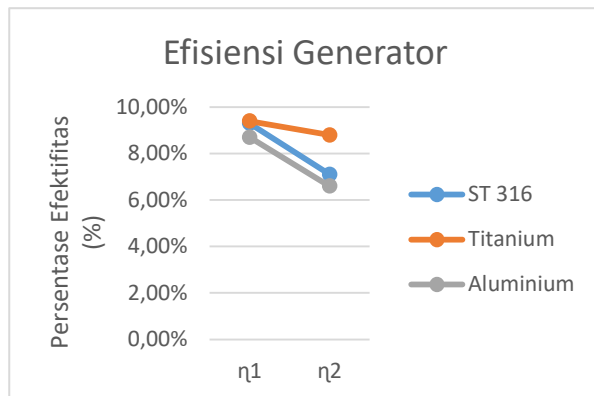
$$\eta_{Titanium, HHO}^2 = 8,8\%$$

$$\eta_{Aluminium, HHO}^1 = \frac{0,65 \times 10^{-3} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,3250 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{48 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$\eta_{Aluminium, HHO}^1 = 8,7\%$$

$$\eta_{Aluminium, HHO}^2 = \frac{0,47 \times 10^{-3} \text{ l/s} \times 4,9 \cdot 10^{-1} \text{ gr/l} \times 1,3250 \cdot 10^4 \text{ J/gr}}{45,6 \text{ J/s}} \times 100\%$$

$$\eta_{Aluminium, HHO}^2 = 6,6\%$$



Jika diamati pada grafik diatas menunjukkan bahwa perbedaan efiensi generator pada masing masing material yang dipakai. Tertinggi di capai dari material jenis titanium dengan perolehan angka 9,4% pada variasi tiga keping dan 8,8% pada variasi dua keping. Meskipun begitu efisiensi dari masing-masing material, Titanium masing mendapatkan persentase yang cukup tinggi.

KESIMPULAN

Mengacu pada perhitungan kecepatan produksi gas hidrogen dari ke tiga variasi proses elektrolisis adalah sebagai berikut variasi tiga keping material ST 316 ialah $0,78 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, sedangkn pada variasi dua keping ialah $0,54 \times 10^{-3} \text{ L/s}$. Setelah itu pada variasi tiga keping material Titanium mencapai angka ialah $0,8 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, sedangkn pada variasi dua keping ialah $0,62 \times 10^{-3} \text{ L/s}$. Selanjutnya variasi tiga keping material Aluminium mencapai angka ialah $0,65 \times 10^{-3} \text{ L/s}$, sedangkn pada variasi dua keping ialah $0,47 \times 10^{-3} \text{ L/s}$. variasi tiga keping material Titanium menunjukkan bahwa hasil

kecepatan produksi HHOnya yang paling optimum diantara variasi yang lain.

Jika kita amati bersama bahwa proses elektrolisis tersebut bila memiliki suatu variasi yang berbeda pada jumlah keping elektrodanya dan material yang digunakan maka sangat besar dampaknya pada hasil produksi gas HHOnya disebabkan oleh beberapa faktor pendukung diantaranya yaitu jumlah kepingan elektroda berpengaruh pada konsumsi arus listrik yang mengalir dari power supply ke elektrode yaitu mencapai tertinggi hingga 54,9 watt pada variasi tiga keping material Titanium, semakin banyak jumlah elektroda suatu generator HHO, maka semakin besar pula konsumsi arus listrik yang dibutuhkan dalam proses produksi gas hidrogen, begitu juga sebaliknya. Dalam hal ini juga berdampak pada efektifitas generator yang paling besar efektifitasnya ialah pada variasi material titanium yaitu mencapai angka 9,4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Fani, I, Fadiawati, N, Tania, L 2016, 'Interaktif Pada Materi Elektrokimia Berbasis Fenomena Kehidupan Sehari-hari', *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, Vol. 5, No.2, pp. 334-346
- Bow, Y. *et al.* (2020) 'Produksi Gas Hidrogen Ditinjau dari Pengaruh Duplex Stainless Steel terhadap Variasi Konsentrasi Katalis dan Jenis Air yang Dilengkapi Arrestor', *Jurnal Kinetika*, 11(03), pp. 46-52.
- Dewi, R. *et al.* (2020) 'Jurnal Teknologi Kimia Unimal', 1(November), pp. 46-57.
- Hamid, R. A., Purwono and Oktiawan, W. (2017) 'Penggunaan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Karbon dengan Variasi Tegangan Listrik dan Waktu Elektrolisis dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD pada Pengolahan Air limbah domestik', *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), pp. 1-

18.

Harahap, M. R. (2016) 'Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi', *CIRCUIT:*

Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, 2(1), pp. 177–180. doi: 10.22373/crc.v2i1.764.

Jasmine, S. and Rustana, C. E. (2020) 'Produksi Gas Hidrogen Dengan Proses

Elektrolisis Air', *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2020*, IX, pp. 5–8.

Rhohman, F., Pd, M. and Akbar, A. (2017) 'Pengaruh Panjang Elektroda Pada

Proses Elektrolisis Dengan Katalis Nahco', 01(02), pp. 0–8.

Triyanto (2017) 'Pengaruh Penambahan Gas Hidrogen Hasil Elektrolisis Terhadap

Emisi Gas Buang Sepeda Motor', 1, pp. 8–34.

Utari, S. D. W. I. *et al.* (2018) 'PENGARUH WAKTU ELEKTROLISIS AIR

MENGGUNAKAN PRODUKSI TANAMAN HIDROPONIK KANGKUNG (*Ipomoea reptans poir*) PRODUKSI TANAMAN HIDROPONIK KANGKUNG (*Ipomoea reptans poir*)'.

Wahyono and Anis, R. (2016) 'Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen Dan

Oksigen Tipe', *Jurnal Teknik Energi*, 12(1).

Wahyono, Y., Sutanto, H. and Hidayanto, E. (2017) 'Produksi Gas Hydrogen

Menggunakan Metode Elektrolisis Dari Elektrolit Air Dan Air Laut Dengan Penambahan Katalis Naoh', *Youngster Physics Journal*, 6(4), pp. 353–359.