

**PRODUKSI HIDROGEN DARI AIR MENGGUNAKAN *MEMBRANE
ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) DENGAN VARIASI LUAS
PERMUKAAN DAN JENIS STACK**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



SAUMI KURNIA DEWI

08031181722060

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**PRODUKSI HIDROGEN DARI AIR MENGGUNAKAN *MEMBRANE*
ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) DENGAN VARIASI LUAS
PERMUKAAN DAN JENIS *STACK***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

SAUMI KURNIA DEWI

08031181722060

Indralaya, 26 November 2021

Pembimbing I



Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

Pembimbing II



Nova Yuliasari, M.Si.
NIP.197307261999032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Hermansyah, S.Si, M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Produksi Hidrogen dari Air Menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan Variasi Luas Permukaan dan Jenis *Stack*” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 24 November 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 26 November 2021

Ketua :

1. **Dr. Dedi Rohendi, M.T.**
NIP. 196704191993031001

()

Anggota :

2. **Nova Yuliasari, M.Si**
NIP. 197307261999032001

()

3. **Dr. Ady Mara, M.Si**
NIP. 196404301990031003

()


4. **Dr. Bambang Yudono, M.Sc**
NIP. 196102071989031004

()

Mengetahui,

Dekan FMIPA

Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Mutarni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Saumi Kurnia Dewi

NIM : 08031181722060

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 26 November 2021

Penulis



Saumi Kurnia Dewi

NIM. 08031181722060

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Saumi Kurnia Dewi
NIM : 08031181722060
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Produksi Hidrogen dari Air Menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan Variasi Luas Permukaan dan Jenis *Stack*”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, November 2021

Yang menyatakan,



Saumi Kurnia Dewi

NIM. 08031181722060

SUMMARY

HYDROGEN PRODUCTION FROM WATER USING MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA) WITH VARIATIONS OF SURFACE AREA AND TYPES OF STACK

Saumi Kurnia Dewi: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T and
Nova Yuliasari, M.Si

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
ix+ 40 pages, 2 tables, 6 pictures, 6 appendices.

Hydrogen is a fuel that is getting a lot of attention to be developed, because it is an environmentally friendly fuel and potential to replace fossil fuels. The research about hydrogen production from water using a Membrane Electrode Assembly (MEA) with variations in surface area and type of stack has been done. This research used $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ catalyst on the anode and cathode sides. The catalyst was distributed on the surface of the Gas Diffusion Layer (GDL) to produce electrodes. The electrodes were characterized using Cyclic Voltammetry (CV) and Electrode Impedance Spectroscopy (EIS) methods. The results of characterization electrode using CV showed that value of ECSA value by $21.90 \text{ cm}^2/\text{g}$ and the results of EIS showed an electrode's electrical conductivity value by $0.85 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$. The optimum rate of hydrogen production with an electrode surface area $7 \times 7 \text{ cm}^2$ is 3.75 mL/s while the electrode surface area is $10 \times 10 \text{ cm}^2$ at 4.36 mL/s . The optimum rate of hydrogen production in the single stack is 3.75 mL/s while in the double stack it is 5.81 mL/s . The surface area of the electrode and the type of stack affect the rate of hydrogen production, indicated by a significant increase at rate of hydrogen production by using a larger surface area and multiple stack types (double stack).

Keywords : Hydrogen Production, $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$, Electrode Surface Area, Stack Type,
Cyclic Voltammetry, Electrode Impedance Spectroscopy.

Citation : 35 (2007-2021)

RINGKASAN

PRODUKSI HIDROGEN DARI AIR MENGGUNAKAN *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY* (MEA) DENGAN VARIASI LUAS PERMUKAAN DAN JENIS *STACK*

Saumi Kurnia Dewi: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T dan

Nova Yuliasari, M.Si

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
ix+ 40 halaman, 2 tabel, 6 gambar, 6 lampiran

Hidrogen merupakan bahan bakar yang mendapatkan banyak perhatian untuk dikembangkan, karena merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan bahan bakar fosil. Penelitian mengenai produksi hidrogen dari air menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan variasi luas permukaan dan jenis *stack* telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ pada sisi anoda dan sisi katoda. Katalis kemudian disitribusikan pada permukaan *Gas Diffusion Layer* (GDL) untuk menghasilkan elektroda. Elektroda dikarakterisasi dengan menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrode Impedance Spectroscopy* (EIS). Hasil pengukuran CV menunjukkan nilai ECSA sebesar $21.90 \text{ cm}^2/\text{g}$ dan hasil pengukuran EIS menunjukkan nilai konduktivitas elektrik elektroda sebesar $0.85 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$. Laju alir produksi hidrogen optimum dengan luas permukaan elektroda $7 \times 7 \text{ cm}^2$ sebesar 3.75 mL/s sedangkan luas permukaan elektroda $10 \times 10 \text{ cm}^2$ sebesar 4.36 mL/s . Laju alir produksi hidrogen optimum pada *single stack* sebesar 3.75 mL/s sedangkan pada *double stack* sebesar 5.81 mL/s . Luas permukaan elektroda dan jenis *stack* mempengaruhi laju produksi hidrogen ditandai dengan adanya peningkatan laju produksi hidrogen yang cukup signifikan pada luas permukaan yang lebih besar dan jenis *stack* yang divariasikan (*double stack*).

Kata kunci : Produksi Hidrogen, $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$, Luas Permukaan Elektroda, Jenis *Stack*,
Cyclic Voltammetry, *Electrode Impedance Spectroscopy*.

Sitasi : 35 (2007-2021)

HALAMAN PERSEMBAHAN

- ❖ *Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia (HR. at-Thabrani)*
- ❖ *Selama ada keyakinan, semua akan menjadi mungkin*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- ✓ Allah SWT
- ✓ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

- ✓ Emak, bapak, uwah dan dang tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan
- ✓ Seluruh keluarga besarku
- ✓ Pembimbing dan sahabat-sahabatku
- ✓ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT, kita memujinya, memohon ampunan dan meminta pertolongan kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Produksi Hidrogen dari Air Menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan Variasi Luas Permukaan dan Jenis *Stack*”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T** dan Ibu **Nova Yuliasari, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
4. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik
5. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si dan Dr. Bambang Yudono, M.Sc selaku pembahas dan penguji sidang sarjana
6. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
7. Emakku dan bapakku tercinta Rupmini dan Marwan Mukminin yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan serta semangat buat Nia sehingga bisa menyelesaikan skripsi ini dan kakak kakakku

tercinta Merry Fitriana Amd. Keb dan Fahrul Syahroni yang selalu mendengarkan segala keluh kesahku dan menjadi penyemangat di kala lelah.

8. Keluarga Besarku yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan dan semangat.
9. Kak Chamel yang telah banyak membantu Saum selama penelitian, yang sabar dan sangat baik dengan Saum yang berisik dan banyak omong ini hehee. Terimakasih banyak kak untuk semua ilmu dan bantuannya.
10. Kak Dwi, Kak Reka, Kak Dea, Kak Wulan dan juga Kak Yuni yang selalu memberikan semangat, dukungan, hiburan serta semua bantuan selama penelitian. Semoga Allah membalas semua kebaikan kakak-kakak semua.
11. Kepada Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
12. Adek Era, Kak Icha, dan Ayuk Kur yang selalu memberikan semangat dan selalu percaya kalau aku bisa. Terimakasih sudah mau menjadi salah satu tempat berkeluh kesah dengan rentang jarak yang lumayan jauh ini. Semangat buat kalian!!
13. Selvia sabahatku sedari TK yang selalu bersedia mendengarkan curhat yang kadang gak penting ini, terimakasih. Semangat dan sukses terus.
14. Member Cawa Club, untuk Dilla terimakasih untuk semua bantuannya semasa kuliah, terimakasih juga untuk bantuannya dimasa tersulit aku kemaren, jangan bosan dengan ocehan aku dill. Untuk Mput terimakasih banyak bantuan dan kebaikannya, terimakasih untuk motormu yang selalu siap mengantar kemanapun, terimakasih juga sering memberi asupan wkwk, jangan bosan dengan keberisikan aku ya mput. Untuk Cikay terimakasih banyak untuk bantuannya menjadi “sumber” terbaik kami selama kuliah wkwk, terimakasih sudah mau jadi bahan bullyan, jangan pernah bosan ya cikk. Untuk Sheli si suhu, terimakasih untuk semua bantuan dan semua nasehat untuk curhat tidak penting aku, terimakasih juga untuk hiburan lelucon garing yang kadang buat narik

nafas panjang, kami (tidak) terhibur kok shel. Untuk Nyak si manusia heboh, terimakasih untuk semua kegilaan dan kehebohan yang kadang bikin geleng-geleng kepala, terimakasih udah jadi manusia yang paling (sok) sweet dan paling cengeng, pertahankan ya wkwk. Terakhir untuk nafa yang paling diam diluar ternyata rebut didalam wkwk, terimakasih sudah sangat baik, terimakasih sudah mau sangat repot naff, jangan capek ya dengan aku hehee. Untuk kalian semua terimakasih sudah hadir di kehidupan kampus ini, semoga pertemanan ini tetap lanjut walaupun kita udah bubar, aku sayang kalian!!

15. Vadia Rahma Asmahendra yang sudah sangat sangat baik selama penelitian ini, yang jemputin aku tiap hari, yang selalu nolongin dalam hal apapun, yang selalu saling support, terimakasih banyak kak untuk semua hal baik yang telah kakak lakuin, semangat teruss ya! Juliana Putri Nduru si musuh, yang selalu menghujat dan membully aku, yang kadang tiba-tiba jadi bener pikirannya, terimakasih banyak juu, semngat teruss!
16. Cici Mei, adekku yang selalu support ayuk dalam hal apapun, yang juga gak pernah bosan dengerin curhatan dari yang serius sampai hal receh. Jangan nangisin ayuk, sayang air mata tuh ehee. Semangatt teruss dek!. Siska si adek asuh kakak yang heboh dan suka ngerepotin, makasih juga selalu support kakak dalam segala hal, yang semangat ya disini!
17. Kak Intan yang sudah banyak ngasih nasehat selama proses TA ini, terimakasih banyak kak. Kak Normah yang sudah sangat baik dengan Saum, yang sudah sangat banyak menolong Saum, terimakasih banyak kak. Semoga kebaikan kakak-kakak dibalas.
18. Resti, Enggi, Indra yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, hiburan, bantuan selama penelitian. Semangat dan sukses selalu untuk kalian.
19. Adek-adek 18 (Ade, Anin, Balqis, Cici, Delima, Devi, Eko, Fatma, Igam, Ilyas, Irma, Marya, Sabrina, Sandi) yang selalu memberikan

semangat, dukungan dan hiburan. Untuk Sandi terimakasih sudah membantu mencari data. Semangat dan sukses untuk kalian semua.

20. Rekan-rekan seperjuangan Kimia Angkatan 2017, para BPH Kabinet Inovasi Karya dan Kabinet Hidrogen, Kakak tingkat angkatan 2016, 2015 dan 2014 serta adik-adik tingkat Angkatan 2018 dan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
21. Kepada seseorang yang selalu mensupport dalam hal apapun, yang selalu menyemangati walau kadang aku bosan dikasih semangat terus ehehe, yang menjadi tempat aku meluapkan kesal, yang selalu ada walau kebanyakan gak pekanya. Terimakasih banyak untuk semuanya.
22. Untuk diriku sendiri, terimakasih sudah mau sangat kuat hingga bisa sampai dititik ini, terimakasih untuk selalu mencoba rela dan ikhlas atas apapun yang terjadi walaupun kadang sering ngeluh juga, terimakasih juga sudah terus berusaha memperbanyak rasa sabar. Semangat terus aku!!
23. Semua pihak tertentu yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung ataupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalankan kehidupan yang dirahmati Allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
SUMMARY	vi
RINGKASAN	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Hidrogen	4
2.2 Produksi Hidrogen	4
2.3 Elektrolisis Air	5
2.3.1 Elektrolisis Larutan Alkali	6
2.3.2 Elektrolisis Air dengan <i>Proton Exchange Membrane</i>	7
2.4 <i>Membrane Electode Assembly</i> (MEA).....	8
2.5 Lapisan Katalis.....	9
2.5.1 Tembaga (I) Oksida (Cu ₂ O).....	9
2.6 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	9

2.7	<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		11
3.1	Waktu dan Tempat.....	11
3.2	Alat dan Bahan.....	11
3.3	Prosedur Penelitian	11
3.3.1	Pembuatan <i>Gas Diffusion Layer (GDL)</i>	11
3.3.2	Preparasi Katalis.....	12
3.3.2.1	Preparasi Katalis Cu ₂ O/C.....	12
3.3.3	Pembuatan Elektroda	12
3.3.3.1	Pembuatan Elektroda Cu ₂ O/C.....	12
3.3.4	Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda menggunakan Metode CV.....	12
3.3.5	Pengukuran Nilai Konduktivitas Elektrik Elektroda menggunakan Metode EIS.....	13
3.3.6	Pembuatan MEA (<i>Membrane Electrode Assembly</i>)	13
3.3.7	Produksi Hidrogen pada Luas Permukaan dan <i>Stack</i> Bervariasi.....	13
3.4	Analisis Data	14
3.4.1	Analisis Laju Produksi Hidrogen	14
3.4.2	Analisis Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda	14
3.4.3	Analisis Konduktivitas Elektrik Elektroda	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		16
4.1	Karakterisasi Elektroda dengan Metode CV	16
4.2	Karakterisasi Elektroda dengan Metode EIS	17
4.3	Laju Produksi Hidrogen	18
4.3.1	Variasi Luas Permukaan Elektroda.....	18
4.3.2	Variasi Jenis <i>Stack (Double Stack)</i> dengan Luas Permukaan Elektroda 7x7 cm.....	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		22
5.1	Kesimpulan	22
5.2	Saran	22

DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN.....	27

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema kerja elektrolisis air dengan PEM	7
Gambar 2. <i>Membrane Electrode Assembly</i>	9
Gambar 3. Voltamogram Elektroda Cu ₂ O/C dengan loading katalis 2,5 x 10 ⁻³ g/cm ²	16
Gambar 4. Kurva <i>Nyquist</i> pengukuran EIS elektroda Cu ₂ O/C dengan loading katalis 2,5 x 10 ⁻³ g/cm ²	17
Gambar 5. (a) Laju produksi hidrogen dengan luas permukaan elektroda 7x7 cm ²	19
(b) Laju produksi hidrogen dengan luas permukaan elektroda 10 x 10 cm ²	19
Gambar 6. Laju produksi hidrogen dengan arus yang bervariasi pada MEA yang mengandung katalis Cu ₂ O/C dengan loading katalis 2,5 x 10 ⁻³ g/cm ²	21

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Hasil <i>Fitting</i> Kurva <i>Nyquist</i>	15
Tabel 2. Data Hasil <i>Fitting</i> Kurva <i>Nyquist</i> dan nilai konduktivitas.....	18

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema kerja PEM elektrolisis air	28
a. Skema kerja PEM elektrolisis air pada luas permukaan elektroda bervariasi	28
b. Skema kerja PEM elektrolisis air pada jenis <i>stack</i> bervariasi	29
Lampiran 2. Perhitungan Kandungan Komponen Katalis	30
Lampiran 3. Perhitungan Nilai ECSA Karakterisasi CV	32
Lampiran 4. Perhitungan Nilai Konduktivitas Karakterisasi EIS	34
Lampiran 5. Tabel dan Hasil Perhitungan Laju Produksi Hidrogen	35
Lampiran 6. Gambar Alat dan Bahan Penelitian	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan dasar yang penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara adalah sumber energi utama yang ketersediaannya kian menipis (Herlambang dan Roihatin, 2019). Krisis energi yang terjadi saat ini telah menjadi isu di Indonesia bahkan di dunia (Wahyono et al., 2017). Krisis energi terjadi disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk yang berpengaruh langsung terhadap konsumsi bahan bakar (Siregar, 2010). Hidrogen merupakan bahan bakar yang banyak mendapatkan perhatian untuk dikembangkan, karena merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan bahan bakar fosil (Alimah dan Dewita, 2008).

Bahan bakar berupa gas hidrogen minim efek lingkungan yang dihasilkan karena emisi pembakarannya hanya berupa air juga memiliki energi pembakaran yang besar sekitar 286 kJ/mol. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk produksi hidrogen, salah satunya metode elektrolisis air. Metode elektrolisis air banyak digunakan karena selain merupakan metode yang sederhana dalam produksi gas hidrogen, juga agar mendapatkan hidrogen dengan tingkat kemurnian tinggi (Mughtar dan Rustana, 2020).

Metode elektrolisis air adalah proses elektrokimia dengan mengalirkan arus listrik searah pada katoda dan anoda yang berisi elektrolit. Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi dalam terbentuknya gas hidrogen yaitu jenis elektroda yang digunakan, sehingga pada elektroliser, elektroda yang dipilih harus berdasarkan kemampuannya dalam menghantarkan listrik, yaitu elektroda yang memiliki sifat logam dan terdapat pada deret volta (Mughtar dan Rustana, 2020). Metode PEM (*Proton Exchange Membrane*) elektrolisis air merupakan alternatif untuk produksi hidrogen. Keuntungan dari metode ini antara lain membran elektrolitnya sangat tipis, gas hidrogen yang dihasilkan memiliki kemurnian tinggi, konsumsi daya lebih rendah, konduktivitas proton tinggi sedangkan kekurangannya adalah harga elektrolit yang mahal dan bersifat korosif

(Carmo et al., 2013). Komponen PEM elektrolisis air terdiri dari membran elektrolit padat, anoda dan katoda dengan elektrokatalis, plat bipolar dan pengumpul arus. Membran elektrolit padat yang digunakan umumnya berupa nafion yang diapit oleh lapisan elektroda berupa anoda dan katoda sehingga menghasilkan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) (Rashid et al., 2015).

Pada elektroda terdapat lapisan katalis untuk mempercepat kerja sel (Rohendi dan Adnan, 2010). Penelitian pada umumnya menyarankan agar menggunakan Cu sebagai logam aktif untuk katalis karena Cu mudah terdeaktivasi pada suhu tinggi. (Purnami et al., 2015). Penelitian (Savitri, 2020) menunjukkan hasil terbaik pada penggunaan katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ sehingga pada penelitian kali ini dilakukan pembuatan MEA menggunakan katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ yang divariasikan pada luas permukaan elektroda dan stack yang selanjutnya laju produksi hidrogen dapat diukur. *Stack* merupakan kumpulan beberapa MEA yang digabungkan dengan cara menghubungkan ujung anoda dan katoda pada sel. Kinerja katalis dapat diketahui dengan melakukan pengukuran *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pembuatan dan karakterisasi elektroda/MEA dengan katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ dengan karakterisasi *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) ?
2. Bagaimana laju produksi hidrogen yang dihasilkan pada katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ pada luas permukaan MEA dan jenis stack yang bervariasi ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Melakukan pembuatan dan karakterisasi elektroda/MEA dengan katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ dengan karakterisasi *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).
2. Menghitung laju produksi hidrogen yang dihasilkan pada katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ pada luas permukaan MEA dan jenis stack yang bervariasi.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap perkembangan teknologi pada produksi hidrogen sehingga dihasilkan hidrogen dengan tingkat kemurnian tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan bakar *fuel cell*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afief, A., & Louise, I. S. Y. (2017). Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Elektroda Stainless Steel/Fe-Co-Ni dengan Media Tepung Biji Rambutan (*Nephelium Lappaceum L.*). *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 1(1), 259–268.
- Ajiriyanto, M. K., Kriswarini, R., Yanlinastuti, Y., & Lestari, D. E. (2018). Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG - GAS dengan Teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). *Jurnal Urania*, 24(2), 105–114.
- Alimah, S., & Dewita, E. (2008). Pemilihan Teknologi Produksi Hidrogen dengan Memanfaatkan Energi Nuklir. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 10(2), 123–132.
- Arianto, R., Martias, & Sugiarto, T. (2021). Pengaruh Variasi Jumlah Plat Elektroda pada Elektrolizer terhadap Volume dan Laju Produksi Gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen). *Indonesia Journal of Mechanical Engineering Vocational*, 1(1), 29–34.
- Bow, Y., Sari, A. P., Harliyani, A. D., Saputra, B., & Budiman, R. (2020). Produksi Gas Hidrogen Ditinjau dari Pengaruh Duplex Stainless Steel terhadap Variasi Konsentrasi Katalis dan Jenis Air yang Dilengkapi Arrestor. *Jurnal Kinetika*, 11(03), 46–52.
- Carmo, M., Fritz, D. L., Mergel, J., & Stolen, D. (2013). A Comprehensive Review on PEM Water Electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 8(1), 4901–4934.
- Chakik, F. E., Kaddami, M., & Mikou, M. (2017). Effect of Operating Parameters on Hydrogen Production by Electrolysis of Water. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1(8), 2–9.
- Cho, M. K., Lim, A., Lee, S. Y., Kim, H. J., Yoo, S. J., Sung, Y. E., Park, H. S., & Jang, J. H. (2017). A Review on Membranes and Catalysts for Anion Exchange membrane Water Electrolysis Single Cells. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 8(3), 183–196.
- Fahreza, D., Kurniawati, D., & Subeki, N. (2018). Analisis Produksi Gas Hidrogen dan Gas Oksigen dalam Proses Elektrolisis. *Prosiding Seminar*

Nasional Teknologi Dan Rekayasa, 50–54.

- Fakhrullah, F., Sugita, P., Khotib, M., Akiyoshi, T., & Takahashi, S. (2019). Komposit Polianilina/Kitosan/Perak Nanowires sebagai Elektrokatalis Reaksi Evolusi Hidrogen dalam Medium Netral. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2), 190–202.
- Gouws, S. (2012). Voltammetric Characterization Methods for the PEM Evaluation of Catalysts. In *Intech*.
- Hamid, R. A., Purwono, & 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), 1–18.
- Hattu, N., Buchari, Noviantri, I., & Achmad, S. (2009). Studi Voltametri Antihistamin Deklorfeniramin Maleat Menggunakan Elektroda Pasta Karbon. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*, 185–192.
- Herlambang, Y. D., & Roihatin, A. (2019). Teknologi Pembangkitan Listrik Energi Baru Terbarukan Menggunakan Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell Skala Kecil. *Jurnal Teknik Energi*, 15(1), 27–34.
- Lestariningsih, T., Sabrina, Q., & Majid, N. (2017). Penambahan TiO₂ dalam Pembuatan Lembaran Polimer Elektrolit Berpengaruh terhadap Konduktivitas dan Kinerja Baterai Lithium. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 07(01), 31–37.
- Maulana, M. I., Syahbanu, I., & Harlia. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Material Konduktif Film Komposit Polipropil (PPy)/Selulosa Bakteri. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(3), 11–18.
- Muchtar, S. J., & Rustana, C. E. (2020). Studi Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Produksi Gas Hidrogen dengan Proses Elektrolisis Air. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 9(1), 5–8.
- Muthaharussayidun, Anis, S., & Widya, A. (2019). Uji Produksi Gas Hidrogen Melalui Elektrolisis Plasma Air Laut dengan Katalis KOH dan Zat Aditif Metanol. *Jurnal Inovasi Mesin*, 1(1), 10–16.
- Purnami, P., Wardana, I., & K, V. (2015). Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(1), 51–

- Rashid, M. M., Mesfer, M. K. Al, Naseem, H., & Danish, M. (2015). Hydrogen Production by Water Electrolysis: A Review of Alkaline Water Electrolysis, PEM Water Electrolysis and High Temperature Water Electrolysis. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 4(3), 2249–8958.
- Ridlo, M. R. (2009). Perubahan Karakteristik Listrik Elektroda Nikel Akibat Sonikasi pada Proses Elektrolisis Air. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 11(1), 66–70.
- Rohendi, D., & Adnan, Y. (2010). Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Penelitian Sains*, 13(2), 28–32.
- Saputry, A. P., Lestariningsih, T., & Astuti, Y. (2019). Pengaruh Rasio LiBOB:TiO₂ dari Lembaran Polimer Elektrolit sebagai Pemisah terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium-Ion Berbasis LTO. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 22(4), 136–142.
- Savitri, W. D. (2020). Produksi Hidrogen Melalui Elektrolisis Air dengan Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA) pada Arus, Temperatur dan Katalis Bervariasi. *Skripsi*.
- Simamora, J. R., Barus, D. A., Sembiring, A. D., & Simamora, P. (2016). Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Pengendap terhadap Sifat Optik Nanopartikel Cu₂O yang Disintesis dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Saintika*, 16(1), 11–19.
- Simamora, P., & Siagian, S. M. (2014). Preparasi dan Karakterisasi Sifat Optik Nanopartikel Cu₂O dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Einstein*, 2(1), 42–50.
- Singh, M., Jampaiah, D., Kandjani, A. E., Sabri, Y. M., Della Gaspera, E., Reineck, P., Judd, M., Langley, J., Cox, N., Van Embden, J., Mayes, E. L. H., Gibson, B. C., Bhargava, S. K., Ramanathan, R., & Bansal, V. (2018). Oxygen-Deficient Photostable Cu₂O for Enhanced Visible Light Photocatalytic Activity. *Nanoscale*, 10(13), 6039–6050.
- Siracusano, S., Hodnik, N., Jovanovic, P., Ruiz-zepeda, F., Martin, Š., Baglio, V.,

- & Arico, A. S. (2017). New Insight into the Stability of A High Performance Nanostuctured Catalyst for Sustainable Water Electrolysis. *Journal Nano Energy*, 40(1), 618–632.
- Siregar, Y. D. I. (2010). Produksi Gas Hidrogen dari Limbah Alumunium. *Jurnal Valensi*, 2(1), 362–367.
- Sitohang, L., Hakim, L., & Hasfita, F. (2017). Pemanfaatan Limbah Kaleng Minuman Aluminium untuk Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Katalis Kalium Hidroksida (KOH). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(6), 55–67.
- Sukisna, & Toifur, M. (2018). Penentuan Konduktivitas Air Baku Proses Desilnasi di Baron Teknoparrk dengan Metode Regresi Linier. *Jurnal Materi Dan Pembelajarn Fisika*, 9(2), 127–131.
- Tugirumubano, A., Shin, H.-J., Go, S.-H., Lee, M.-S., Kwac, L. K., & Kim, H.-G. (2016). Electrochemical Performance Analysis of a PEM Water Electrolysis with Cathode Feed Mode based on Flow Passage Shape of Titanium Plates. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 17(8),
- Untari, Harsini, M., & Fahmi, M. Z. (2019). Pengaruh Komposisi Elektroda Pasta Karbon Nanopori/Ferosen Sebagai Sensor Voltametri Hidrokuinon. *Jurnal Elektronik*, 9(1), 18–22.
- Wahyono, Y., Sutanto, H., & Hidayanto, E. (2017). Produksi Gas Hydrogen Menggunakan Metode Elektrolisis dari Elektrolit Air dan Air Laut dengan Penambahan Katalis NaOH. *Youngster Physics Journal*, 6(4), 353–359.
- Yuan, X., Wang, H., Colin Sun, J., & Zhang, J. (2007). AC Impedance Technique in PEM Fuel Cell Diagnosis-A Review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(17), 4365–4380.