

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



**MUHAMMAD AL GHIFARI SANGPATI**

**08031181823003**

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

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PEMBUATAN ELEKTRODA DENGAN KATALIS  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$   
MENGUNAKAN METODE *DOCTOR BLADE* DAN PENGUJIAN  
KINERJA MEA PADA ELEKTROLISIS AIR DENGAN ARUS LISTRIK  
BERVARIASI**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya**

**Disusun Oleh :**

**Muhammad Al Ghifari Sangpati**

**08031181823003**

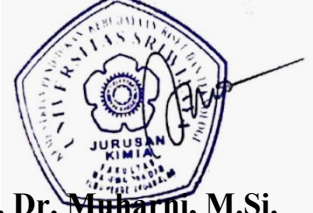
Dekan FMIPA



**Prof. Hermansyah, Ph.D**

**NIP. 197111191997021001**

Ketua Jurusan Kimia



**Prof. Dr. Muharni, M.Si.**

**NIP. 196903041994122001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Pembuatan Elektroda dengan Katalis  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$  Menggunakan Metode *Doctor Blade* dan Pengujian Kinerja MEA pada Elektrolisis Air dengan Arus Listrik Bervariasi” , telah diseminarkan di hadapan tim penguji sidang sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 02 Januari 2023 dan Telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan

Indralaya, 05 Januari 2023

Ketua :

1. **Dra. Fatma, M.S**  
**NIP. 196207131991022001**

(  )

Sekretaris :

1. **Fahma Riyanti, M.Si.**  
**NIP. 197204082000032001**

(  )

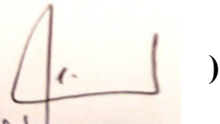
Pembimbing :

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

(  )

Penguji :

1. **Dr. Desnelli, M.Si.**  
**NIP. 196912251997022001**
2. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.**  
**NIP. 196808271994022001**

(  )

(  )

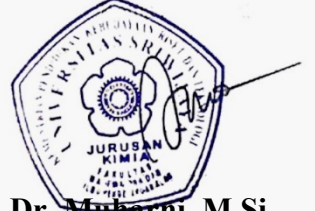
Mengetahui,

Dekan FMIPA



**Prof. Hermansyah, Ph.D**  
**NIP. 197111191997021001**

Ketua Jurusan Kimia



**Prof. Dr. Muharni, M.Si.**  
**NIP. 196903041994122001**

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama mahasiswa : Muhammad Al Ghifari Sangpat

Nim : 08031181823003

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, 05 Januari 2020

Penulis



Muhammad Al Ghifari Sangpati

NIM. 08031181823003

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

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

Nama Mahasiswa : Muhammad Al Ghifari Sangpati

NIM : 08031181823003

Fakultas/Jurusan : FMIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (nonexclusively royalty-free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Pembuatan Elektroda dengan Katalis  $\text{Cu}_2\text{O/C}$  Menggunakan Metode *Doctor Blade* dan Pengujian Kinerja MEA Elektrolisis Air dengan Arus Listrik Bervariasi”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif 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, 05 Januari 2020

Penulis



Muhammad Al Ghifari Sangpati

NIM. 08031181823003

## LEMBAR PERSEMBAHAN

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

Skripsi ini sebagai tanda syukur ku kepada :

- ◆ Allah SWT
- ◆ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan skripsi ini untuk :

1. Orangt tuaku tersayang yang senantiasa memberikan semangat dan doa dan terus mendoakan hingga saat ini
2. Saudara-saudara ku yang selalu aku sayangi dan cintai
3. Pembimbingku
4. Sahabat-sahabat yang aku cintai
5. Orang selalu aku bawa dalam doa
6. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya kepada Allah dan salam kepada baginda nabi Muhammad SAW yang tak henti-hentinya memberikan syafaat, kekuatan, kasih sayang, kesabaran dan pertolongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul : “Pembuatan Elektroda dengan Katalis  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$  Menggunakan Metode Doctor Blade dan Pengujian Kinerja MEA pada Elektrolisis Air dengan Arus Listrik Bervariasi”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini penulis menyadari sangat mendapat banyak dukungan dan bantuan serta bimbingan sari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Dr. Dedi Rohendi, M.T.** selaku pembimbing atas segala bimbingan, kesabaran dan waktu yang diluangkan kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.

Penulis juga menyampaikan terimakasih :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW, yang telah memberikan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan lancar.
2. Kedua orang tuaku tersayang Bapak Hardi dan Ibu Hafni Diana yang senantiasa mendoakan, membimbing, menguatkan pundak serta terima kasih atas dukungan materi maupun non materi.
3. Bapak selaku Dekan FMIPA.
4. Ibu Prof. Muharni selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA atas motivasi dan informasi yang diberikan berkaitan dengan jurusan kimia.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas motivasi serta informasi yang diberikan berkaitan dengan jurusan kimia.
6. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya atas motivasi serta informasi yang diberikan berkaitan dengan jurusan kimia.

7. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku pembimbing serta Good Father yang memberikan cerita terbaik dalam perkuliahan ini. Dengan mengutamakan kejujuran, arti tata krama, sopan santun, rasa bersyukur yang membuat kekeluargaan di PUR menjadi keluarga kedua saya selain keluarga dirumah. Terimakasih pak atas hal yang paling berkesan semoga bapak sehat selalu kedepannya, berada di dalam lindungan Allah SWT dan sukses terus ya pak dalam kepemimpinan PUR menuju PUR Maju hingga tak terbatas aminn yaallah.
8. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati dan Ibu Dr. Desnelli selaku pembahas dan penguji sidang sarjana yang telah membimbing, membantu dan memberikan saran dalam menyelesaikan skripsi ini serta terima kasih juga atas ilmu pengetahuan yang saya dapatkan selama proses pengujian selama ini.
9. Seluruh staf Dosen Jurusan Kimia FMIPA dan Staf Administrasi Jurusan (Mbak Novi dan Kak Iin) terima kasih banyak atas bantuannya selama perkuliahan.
10. Keluarga besar tercinta, saudara dan orang-orang terdekatku, terima kasih kepada abangku Muhammad Gagah Dirgantara yang menjadi tempatku mencurahkan kepenatan dan kepada ayukku Chika Valenta Fazdaniar yang telah memberikan perhatian dan memberikan saran selama masa kuliah.
11. Teman-teman pur yang telah menemani saat penat dalam penelitian, selalu memberikan masukan ketika diperlukan.
12. Kakak-kakak mentor pur yang memberikan arahan selama penelitian.
13. Sahabat-sahabat satu jurusan kimia yang telah memberikan warna selama masa perkuliahan, terimakasih atas pengalaman-pengalaman yang menyenangkan selama masa perkuliahan
14. Tomat senantiasa mendampingi perjalanan jarak jauh maupun dekat, walaupun terkadang harus repot untuk memperbaiki mood tomat ini, terimakasih banyak
15. Sera ayu sokia yang datang ketika sangat dibutuhkan, terimakasih telah hadir di penghujung pembuatan skripsi yang mempermudah penulisan,



kata-kata tidak cukup menggambarkan perasaan saat ini, Cuma bisa bilang I Love U.

# **MANUFACTURE OF ELECTRODE WITH $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ CATALYST USING DOCTOR BLADE METHOD AND MEA PERFORMANCE TESTING ON WATER ELECTROLYSIS WITH VARIED ELECTRIC CURRENTS**

## **SUMMARY**

Muhammad Al Ghifari Sangpati: Supervised by Dr. Dedi Rohendi, M.T

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya University

x + 59 pages, 4 tables, 6 images, 6 appendices

Hydrogen is one of the environmentally friendly energies and includes renewable energy sources that can utilize energy that can damage the environment. The amount of hydrogen is very abundant in nature, but hydrogen is not freely available in nature but is bonded to other elements. One way to produce hydrogen is by electrolysis of water using Proton Exchange Membrane (PEM) which produces high-purity hydrogen. In this study, water electrolysis was carried out using Membrane Electrode Assembly (MEA) with  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$  catalyst various currents. The catalyst is distributed on the surface of the GDL to make electrodes. The electrodes were then characterized using the CV method to obtain the ECSA value and the Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) characterization to determine the electrode conductivity value. The best ECSA and conductivity values are found at the electrodes with a variation of the amount of solvent 97.5%. Then the hydrogen production rate was measured using an electrode with the ECSA value and the optimum conductivity value, namely the variation in the amount of solvent 97.5% w/w with a value of  $1436.34 \text{ cm}^2/\text{g}$  and  $9.4 \text{ S}/\text{cm}$ . The resulting electrodes at solvent concentrations of 96.5%, 97.5% and 98.5% were characterized using SEM-EDX to determine the morphology of the electrodes. Measurement of hydrogen production rate was carried out in MEA with ECSA value and optimum conductivity value with solvent concentration of 97.5% w/w at various electric currents. Hydrogen production increases with increasing electric current and has the highest volume at 3 A.

Key words : Water Electrolysis,  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ , PEMFC

Citation : 53 (2008-2022)

**PEMBUATAN ELEKTRODA DENGAN KATALIS Cu<sub>2</sub>O/C  
MENGUNAKAN METODE DOCTOR BLADE DAN PENGUJIAN  
KINERJA MEA PADA ELEKTROLISIS AIR DENGAN ARUS LISTRIK  
BERVARIASI**

**RINGKASAN**

Muhammad Al Ghifari Sangpati: Dibimbing oleh Dr. Dedi Rohendi, M.T

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

x + 59 halaman, 4 tabel, 6 gambar, 6 lampiran

Hidrogen adalah salah satu energi ramah lingkungan dan termasuk sumber energi terbarukan yang dapat menggantikan energi fosil yang dapat merusak lingkungan. Jumlah hidrogen sangat melimpah di alam, namun hidrogen tidak tersedia bebas di alam melainkan berikatan dengan unsur lain. Salah satu cara untuk memproduksi hidrogen adalah dengan melakukan elektrolisis air menggunakan *Proton Exchange Membrane* (PEM)/ membran penukar proton yang menghasilkan hidrogen dengan kemurnian yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan elektrolisis air menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) dengan katalis Cu<sub>2</sub>O/C pada arus listrik dan jumlah pelarut bervariasi. Katalis didistribusikan pada permukaan GDL untuk membuat elektroda. Elektroda kemudian dikarakterisasi menggunakan metode CV untuk mendapatkan nilai ECSA dan karakterisasi *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk mengetahui nilai konduktivitas elektroda. Nilai ECSA dan nilai konduktivitas terbaik terdapat pada elektroda dengan variasi jumlah pelarut 97,5%. Kemudian dilakukan pengukuran laju produksi hidrogen menggunakan elektroda dengan nilai ECSA dan nilai konduktivitas optimum yaitu variasi jumlah pelarut 97,5% w/w dengan nilai sebesar 1436,34 cm<sup>2</sup>/g dan 9,4 S/cm. Elektroda yang dihasilkan pada konsentrasi pelarut 96,5%, 97,5% dan 98,5% dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX untuk mengetahui morfologi dari elektroda. Pengukuran laju produksi hidrogen dilakukan pada MEA dengan nilai ECSA dan nilai konduktivitas optimum dengan konsentrasi pelarut 97,5% w/w pada arus listrik bervariasi. Produksi hidrogen meningkat dengan makin meningkatnya arus listrik dan mempunyai volume tertinggi pada arus listrik 3 A.

Kata kunci :Elektrolisis Air, Cu<sub>2</sub>O/C, PEMFC

Sitasi : 53 (2008-2022)

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>iii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Hidrogen.....	4
2.2 Produksi Hidrogen .....	4
2.2.1 <i>Steam Reforming</i> .....	5
2.2.2 Gasifikasi .....	5
2.2.3 Elektrolisis .....	5
2.2.3.1 Elektrolisis Air .....	6
2.2.3.2 Elektrolisis dengan Larutan Alkali .....	6
2.2.3.3 Elektrolisis Oksida Padat .....	7
2.2.3.4 Elektrolisis dengan Proton <i>Exchange Membrane</i> .....	7
2.3 MEA ( <i>Membran Electrode Assembly</i> ) .....	8
2.3.1 Gas Diffusion Layer (GDL) .....	8
2.3.2 Lapisan Katalis .....	8
2.3.3 Membran Elektrolit Padat .....	9
2.4 Tembaga (I) Oksida.....	4
2.5 Karakterisasi Elektroda .....	9

2.5.1 CV ( <i>Cyclic Voltammetry</i> ) .....	9
2.5.2 EIS( <i>Electrode Impedance Spectroscopy</i> ) .....	9
2.5.3 <i>Scanning Electron Microscopy-energy dispersive X-Ray</i> (SEM-EDX) .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	11
3.2 Alat dan Bahan .....	11
3.2.1 Alat .....	11
3.2.2 Bahan .....	11
3.3 Prosedur Penelitian .....	11
3.3.1 Preparasi Katalis Cu <sub>2</sub> O/C .....	11
3.3.2 Pembuatan Elektroda dengan Metode <i>Doctor Blade</i> .....	12
3.3.3 Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda Menggunakan Metode <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	12
3.3.4 Pengukuran Nilai Konduktivitas Elektrik Elektroda Menggunakan Metode <i>Electrochemical Impedance</i> ..... <i>Spectroscopy</i> (EIS) .....	13
3.3.5 Aktivasi Membran .....	13
3.3.6 Pembuatan Membrane <i>Electrode Assembly</i> .....	13
3.3.7 Produksi Hidrogen dengan Variasi Arus.....	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
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>16</b>
4.1 Pembuatan Elektroda .....	17
4.2 Karakterisasi Elektroda .....	14
4.2.1 Karakterisasi Elektroda Menggunakan Metode <i>Cyclic</i> <i>Voltammetry</i> (CV) .....	18
4.2.2 Karakterisasi Elektroda Menggunakan Metode <i>Electrochemical</i> <i>Impadance Spectroscopy</i> .....	20
4.2.3 Analisis SEM-EDX .....	22

4.3 Pengukuran Laju Produksi Hidrogen Dengan Arus Bervariasi .....	23
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>25</b>
5.1 Kesimpulan .....	25
5.2 Saran .....	25
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>26</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>30</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Prinsip kerja PEM.....	7
Gambar 2. Elektroda dengan variasi jumlah pelarut.....	17
Gambar 3. Kurva Voltammogram elektroda katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ .....	19
Gambar 4. Kurva Nyquis pengukuran elektroda katalis $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ .....	21
Gambar 5. Morfologi Elektroda Hasil Analisis SEM-EDX $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ .....	22
Gambar 6. Laju produksi Hidrogen dengan variasi arus.....	24

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Variasi jumlah pelarut .....	12
Tabel 2. Data Hasil <i>Fitting</i> Kurva <i>Nyquist</i> .....	15
Tabel 3. Nilai ECSA elektroda dengan persentase katalis bervariasi.....	20
Tabel 4. Konduktivitas elektroda dengan persentase katalis bervariasi.....	22



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Prosedur pengerjaan.....	33
Lampiran 2. Perhitungan pembuatan elektroda.....	37
Lampiran 3. Perhitungan Nilai <i>Electrochemical Surface Area</i> (ECSA).....	40
Lampiran 4. Nilai Konduktivitas Pengukuran menggunakan EIS.....	50
Lampiran 5. Tabel dan perhitungan Laju produksi Hidrogen.....	55
Lampiran 6. Alat dan bahan.....	57

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada umumnya masyarakat dunia masih menggunakan energi fosil sebagai bahan bakar untuk menunjang kebutuhan energi sehari-hari, namun energi fosil ini jumlahnya semakin menipis di alam karena energi fosil sendiri bukanlah energi alam yang dapat diperbaharui. Hal ini dapat menyebabkan krisis energi jika tak dapat menemukan energi alternatif. Selain jumlahnya yang terbatas, bahan bakar fosil juga dianggap sebagai sumber energi yang tidak ramah lingkungan, contohnya saja emisi energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik menggunakan bahan bakar fosil berupa gas CO<sub>2</sub> yang termasuk ke dalam golongan gas yang dapat menyebabkan efek rumah kaca dan merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global (Harjanto, 2008).

Hidrogen menjadi salah satu energi baru yang dianggap sebagai salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan juga ketersediaannya melimpah di alam, Hidrogen adalah pembawa energi yang berarti hidrogen tidak dapat dijumpai dengan bebas di alam ataupun bisa ditambang layaknya sumber energi tak terbarukan seperti batubara. Hidrogen memang tidak dapat ditemukan bebas di alam maupun di tambang, namun hidrogen dapat diproduksi dengan memecah senyawa yang paling banyak mengandung unsur hidrogen seperti air yang merupakan salah satu senyawa yang dijadikan sebagai bahan baku utama dalam produksi hidrogen dengan menggunakan metode elektrolisis (Marlina *et al.*, 2013).

Elektrolisis adalah teknologi yang menjanjikan untuk menyimpan energi hidrogen dalam jumlah besar yang dapat digunakan langsung dalam industri kimia. Proton exchange membrane (PEM) elektrolisis air sekarang menjadi fokus penelitian dan industri. Elektrolisis air sendiri adalah penguraian air menjadi gas hidrogen dan gas oksigen. Pada umumnya proses elektrolisis ini akan berlangsung sangat lama sehingga dibutuhkan katalis untuk mempercepat reaksi dan dapat memperbanyak jumlah hidrogen yang dihasilkan (Wahyono *et al.*, 2017). Pada penelitian ini dilakukan proses elektrolisis air menggunakan katalis Cu<sub>2</sub>O/C untuk mempercepat reaksi elektrolisis dengan metode PEM. Katalis Cu sering digunakan karena memiliki aktivitas yang tinggi, selektivitas yang baik serta harga

yang cenderung murah. Aktivitas katalitik dan masa pakai dari katalis dapat ditingkatkan dengan menggunakan promotor redoks (Tarifa *et al.*, 2022).

Metode pembuatan elektroda dalam *water electrolysis* pada penelitian ini menggunakan metode Doctor Blade. Penggunaan metode *Doctor Blade* karena penggunaannya yang mudah jika dibandingkan dengan metode lainnya, selain itu dengan metode *Doctor Blade* kita dapat mengatur ketebalan lapisan katalis pada elektroda (Yunitasari *et al.*, 2015). Pembuatan elektroda dengan menggunakan metode *doctor blade* pada *water electrolysis* dipengaruhi oleh jumlah pelarut 2-propanol yang digunakan. Jumlah pelarut mempengaruhi distribusi katalis pada permukaan GDL. Distribusi katalis pada permukaan GDL mempengaruhi kinerja pertukaran proton yang dilihat saat diuji menggunakan karakterisasi CV dari nilai ECSA (Omrani *and* Shabani, 2017). Pelarut yang digunakan pada penelitian ini adalah 2-propanol yang umum digunakan pada pembuatan pasta katalis, pelarut seperti etanol dan metanol tidak dapat digunakan karena bersifat mudah menguap dan mudah terbakar (Zhao *et. al.*, 2014).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik elektroda dengan katalis  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$  untuk PEM elektrolisis air melalui perhitungan *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) serta Karakterisasi SEM-EDX?
2. Bagaimana pengaruh jumlah pelarut 2-propanol pada aktivitas katalitik dan konduktivitas elektroda  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$  yang dibuat dengan metode *doctor blade*?
3. Bagaimana pengaruh metode pembuatan elektroda menggunakan *doctor blade* dan variasi arus terhadap laju produksi hidrogen pada PEM elektrolisis air?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan pembuatan serta karakterisasi elektroda dengan katalis  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$  yang meliputi perhitungan luas permukaan katalitik dengan menggunakan data *Cyclic Voltammetry* (CV) dan menghitung nilai konduktivitas elektrik menggunakan data *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) serta Karakterisasi SEM-EDX .

2. Mengetahui pengaruh jumlah pelarut 2-propanol terhadap kinerja MEA pada elektrolisis air.
3. Menentukan laju produksi hidrogen yang dihasilkan pada katalis  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$  pada arus dan pemuatan katalis bervariasi.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pemanfaatan energi alternatif sekaligus penghasil energi alternatif seperti hidrogen melalui metode elektrolisis menggunakan katalis  $\text{Cu}_2\text{O}/\text{C}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. Z., Dupont, V., & Mahmud, T. (2017). Kinetics Study and Modelling of Steam Methane Reforming Process Over a NiO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst in an Adiabatic Packed Bed Reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(5), 2889–2903. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.11.093>
- Abineno, J. C., & Koylal, J. A. (2018). Gasifikasi Limbah Tempurung Kemiri Sebagai Energi Gasification of Candlenut Shell Using Updraft Gasifier At. *Jurnal Teknik Pertanian*, 7(3), 175–180.
- Afief, A., & Isana, S. (2017). Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY 2017 Sinergi Penelitian dan Pembelajaran untuk Mendukung Pengembangan Literasi Kimia pada Era Global . *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 21(4), 183–188.
- 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 Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 24(2), 105–114.
- Babic, U., Suermann, M., Büchi, F. N., Gubler, L., & Schmidt, T. J. (2017). Critical Review—Identifying Critical Gaps for Polymer Electrolyte Water Electrolysis Development. *Journal of The Electrochemical Society*, 164(4), F387–F399. <https://doi.org/10.1149/2.1441704jes>.
- Bhosale, A. C., Ghosh, P. C., & Assaud, L. (2020). Preparation Methods of Membrane Electrode Assemblies For Proton Exchange Membrane Fuel Cells and Unitized Regenerative Fuel Cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133(February), 110286.
- 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.
- Brightman, E., Hinds, G., & O'Malley, R. 2013. In Situ Measurement of Active Catalyst Surface Area in Fuel Cell Stacks. *Journal of Power Sources*, 242, 244–254.
- Carcadea. (2017). Pem Electrolyzer An Importan Component of Backup Emergency Hydrogen Based Power Source. *Progress of Cryogenics and Isotopes Separation*, 20(2), 57–66.
- Chi, J., & Yu, H. (2018). Water Electrolysis Based on Renewable Energy For Hydrogen Production. *Chinese Journal of Catalysis*, 39(3), 390–394. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(17\)62949-8](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(17)62949-8)
- Choi, W., Shin, H. C., Kim, J. M., Choi, J. Y., & Yoon, W. S. (2020). Modeling and Applications of Electrochemical Impedance Spectroscopy (Eis) for Lithium-Ion Batteries. *Journal of Electrochemical Science and Technology*,

11(1), 1–13. <https://doi.org/10.33961/jecst.2019.00528>

Destyorini, F., Irmawati, Y., Widodo, H., Khaerudini, D. S., & Indayaningsih, N. (2018). Properties and Performance of Gas Diffusion Layer PEMFC Derived From Coconut Coir. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 50(3), 409–419. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2018.50.3.7>

Duan, Q., Wang, H., & Benziger, J. (2012). Transport of Liquid Water Through Nafion Membranes. *Journal of Membrane Science*, 392–393, 88–94.

Ena, M. (2016). Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit Terhadap Produksi Brown's Gas. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Islam Malang*, 17(2), 10.

Fazlunnazar, M., Hakim, L., Meriatna, M., & Sulhatun, S. (2020). Produksi Gas Hidrogen Dari Air Laut Dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Tembaga Dan Aluminium (Cu Dan Al). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(1), 58. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i1.3037>

Ghadafi, M., & Sanjaya, I. G. M. (2016). Kajian Teoritis QM / MM MD Pengaruh Larutan NaCl pada Transpor Proton Nafion dalam Direct Methanol Fuel Cell (DMFC). *Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 24(2), 105–114.

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.

Harjanto, N. T. (2008). Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional . *Jurnal BATAN*, 1(1), 39–50.

Hendrata, S. (2001). Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Abad 21. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 92–100.

Indayaningsih, N., Zulfia, A., Priadi, D., & Kartini, E. (2012). Synthesis of Empty Fruit Bunches Carbon Polymer Composites As Gas Diffusion Layer for Electrode Materials. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 11(1), 1–13.

Irtas, D., Bow, Y., & Rusdianasari. (2021). The Effect of Electric Current on the Production of Brown's Gas using Hydrogen Fuel Generator with Seawater Electrolytes. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 709(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/709/1/012001>

Jasmine, S., & Rustana, C. E. (2020). Produksi Gas Hidrogen dengan Proses Elektrolisis Air. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2020*, IX, 5–8.

Kunowsky, M., Marco-Lózar, J. P., & Linares-Solano, A. (2013). Material Demands for Storage Technologies in a Hydrogen Economy. *Journal of*

*Renewable Energy*, 2013, 1–16.

- Kustomo. (2020). Uji Karakterisasi dan Mapping Magnetit Nanopartikel Terlapisi Asam Humat dengan Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(3), 149–153.
- Luna, J., Usai, E., Husar, A., & Serra, M. 2016. Observation of the Electrochemically Active Surface Area in a Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, Ccl, 5483–5488.
- Marlina, E., Wahyudi, W., & Lilis, Y. (2013). Produksi Brown Gas Hasil Elektrolisis H<sub>2</sub>O dengan Katalis NaHCO<sub>3</sub>. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2013., 4(1), 53–58.
- Majlan, E. H., Rohendi, D., Daud, W. R. W., Husaini, T., & Haque, M. A. (2018). Electrode for Proton Exchange Membrane Fuel Cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89 (March), 117–134. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.007>
- Maulana, M. I., Syahbanu, I., & Harlia. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Material Konduktif Film Komposit Polipirol (PPy)/Selulosa Bakteri. *Jurnal Teknik Pertanian*, 6(3), 11–18.
- Maric, R., & Yu, H. (2019). Proton Exchange Membrane Water Electrolysis as a Promising Technology for Hydrogen Production and Energy Storage. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 11(1), 1–13.
- 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.
- Nurdiansah, H., Dipakusuma, W. R., & Susanti, D. (2020). Pengaruh Variasi Temperatur Hidrotermal Terhadap Struktur dan Sifat Kapasitif Carbon Nanotube ( CNT ) dengan Prekursor Ferrocene untuk Aplikasi Superkapasitor. *Jurnal Teknik Kimia*, 242, 244– 254.
- Okonkwo, P. C., & Otor, C. (2021). A Review of Gas Diffusion Layer Properties and Water Management in Proton Exchange Membrane Fuel Cell System. *International Journal of Energy Research*, 45(3), 3780–3800.
- Omrani, R., & Shabani, B. 2017. Gas Diffusion Layer Modifications and Treatments for Improving the Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cells and Electrolysers : A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1–22.
- Purwacaraka, H., Santoso, D. B., & Rahmadewi, R. (2021). Analisis Tegangan dan Arus untuk Menghasilkan Elektrolisis pada Sistem Hidrogen Fuel Cell. *STROOM: Journal of Signal Processing, Control, Electronics, Computer*,

*Power, and Telecommunication Engineering*, 1(1), 27–33.

- Putri, R., & Noviyanti, A. (2021). Sel Bahan Bakar Oksida Padat Sebagai Sumber Energi Yang Ramah Lingkungan. *Jamb.J.Chem*, 3(1), 16–26.
- 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*, 3, 2249–8958.
- Ridlo, M. R. (2020). Perkembangan Riset MEA Untuk PEMFC. *Seminar Nasional SNPBS Ke-V, 1*, 531–536.
- Salimy, D. (2010). Produksi Hidrogen Proses Steam Reforming Dimethyl Ether (Dme) Dengan Reaktor Nuklir Temperatur Rendah. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 12(1), 1–10.
- Sapountzi, F. M., Gracia, J. M., Weststrate, C. J. (Kee. J., Fredriksson, H. O. A., & Niemantsverdriet, J. W. (Hans. (2017). Electrocatalysts for the Generation of Hydrogen, Oxygen and Synthesis Gas. *Progress in Energy and Combustion Science*, 58, 1–35.
- Shiva Kumar, S., & Himabindu, V. (2019). Hydrogen production by PEM water electrolysis – A review. *Materials Science for Energy Technologies*, 2(3), 442–454. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.03.002>
- Sheikhbahaei, V., Baniasadi, E., & Naterer, G. F. (2018). Experimental investigation of solar assisted hydrogen production from water and aluminum. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(19), 9181–9191.
- Siracusano, S., Baglio, V., Van Dijk, N., Merlo, L., & Aricò, A. S. (2017). Enhanced Performance and Durability of Low Catalyst Loading PEM Water Electrolyser Based on a Short-side Chain Perfluorosulfonic Ionomer. *Journal of The Electrochemical Society*, 164(4).
- Styana, U. I. F., Indrawati, R., & Cahyono, M. S. (2019). Karakterisasi Proses Gasifikasi Sampah Organik dengan Variasi Jenis Bahan. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 3(1), 29.
- Susilo, S. H., & Jannah, Z. (2020). Effect of Electrodes , Electric Currents , And NaHCO<sub>3</sub> Concentration Against Hho Pressure Generator. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 11(1), 1–13.
- Sukisna, & Toifur, M. (2018). Penentuan Konduktivitas Air Baku Proses Desilnasi di Baron Teknopark dengan Metode Regresi Linier. *Jurnal Materi Dan Pembelajarn Fisika*, 9(2), 127–131.
- Sun, X., Xu, K., Fleischer, C., Liu, X., Grandcolas, M., Strandbakke, R., Bjørheim,



- T. S., Norby, T., & Chatzitakis, A. (2018). Earth-abundant electrocatalysts in proton exchange membrane electrolyzers. *Journal of Power Sources*, 8(12), 1–46.
- Tarifa, P., González-Castaño, M., Cazaña, F., Monzón, A., & Arellano-García, H. (2022). Development of One-pot Cu/Cellulose Derived Carbon Catalysts for RWGS Reaction. *International Journal Of Engineering Trends and Ttechnology*, 7(1); 5-9.
- Tarifa, P.(2022). Characterization of octahedral Cu<sub>2</sub>O nanostructures grown on porous silicon by electrochemical deposition. *Journal of Catalysis*, 39(3); 390–394.
- Wahyono, Y., Sutanto, H., & Hidayanto, E. (2017). Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Metode Elektrolisis dari Elektrolit Air dan Air Laut dengan Penambahan Katalis NaOH. *Youngster Physics Journal*, 6(4), 353–359.
- Wisojodharmo, L. A., Arti, D. K., & Dewi, E. L. (2012). Pendahuluan Karakterisasi Grafit Matriks Polistiren Sebagai Material Untuk Separator Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 14(2), 103–107
- Wesselmark, M. 2010. Electrochemical Reactions in Polymer Electrolyte Fuel Cells. . *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 50(3); 409–419.
- Yunitasari, I., Aminin, A., & Anam, K. 2015. Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 111–117.