

**ELEKTRODEPOSISI KARBON BINCHOTAN DENGAN DISPERSI
OKSIDA LOGAM VANADIUM MENJADI TINTA KATALIS DAN
PENGUJIAN KINERJANYA PADA *MEMBRANE ELECTRODE
ASSEMBLY DIRECT METHANOL FUEL CELL***

SKRIPSI

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



OLEH :

M. TRY SANDI

08031181823005

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**ELEKTRODEPOSISI KARBON BINCHOTAN DENGAN DISPERSI
OKSIDA LOGAM VANADIUM MENJADI TINTA KATALIS DAN
PENGUJIAN KINERJANYA PADA *MEMBRANE ELECTRODE
ASSEMBLY DIRECT METHANOL FUEL CELL***

SKRIPSI

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

Oleh :

M. Try Sandi

08031181823005

Indralaya, 19 September 2022

Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S.Si, M.Si, Ph.D.

NIP. 197111191997021001

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Nirwan Syarif', written in a cursive style.

Dr. Nirwan Syarif, M.Si

NIP. 197010011999031003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan Judul “Elektrodeposisi Karbon Binchotan Dengan Dispersi Oksida Logam Vanadium Menjadi Tinta Katalis dan Pengujian Kinerjanya Pada *Membrane Electrode Assembly Direct Methanol Fuel Cell*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 8 September 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Inderalaya, 19 September 2022

Ketua:

Prof. Dr. Muharni, M.Si

NIP. 196903041994122001

Pembimbing:

Dr. Nirwan Syarif, M.Si

NIP. 197010011999031003

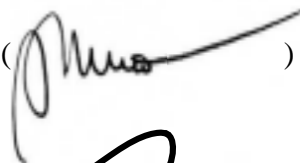
Penguji:

1. Dra. Fatma, MS

NIP. 196207131991022001

2. Dr. Addy Rachmat, M.Si.

NIP. 197409282000121001

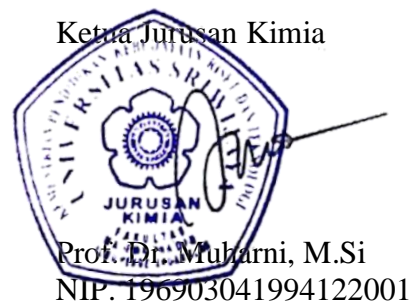
()

()

()

()

Mengetahui,



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : M. Try Sandi
Nim : 08031181823005
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 sarjana srata (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, 19 September 2022

Penulis



M. Try Sandi

Nim. 08031181823005

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

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

Nama Mahasiswa : M. Try Sandi
NIM : 08031181823005
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Elektrodeposisi Karbon Binchotan Dengan Dispersi Oksida Logam Vanadium dan Pengujian Kinerjanya Pada *Membrane Electrode Assembly Direct Methanol Fuel Cell*”. 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.

Indralya, 19 September 2022

Yang menyatakan,



M. Try Sandi

NIM. 08031181823005

HALAMAN PERSEMBAHAN

“...Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan...”

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

“...Kami akan memberi perhatian sepenuhnya kepadamu wahai (golongan) manusia dan jin! Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan?...”

(QS. Ar-Rahman : 31-32)

Skripsi sebagai tanda syukurku kepada **Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Kedua orang tuaku yang selalu memberi doa dan dukungan tanpa henti

Saudara dan seluruh keluargaku

Pembimbing dan seluruh sahabatku

Almamaterku

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Elektrodeposisi Karbon Binchotan Dengan Dispersi Oksida Logam Vanadium dan Pengujian Kinerjanya Pada *Membrane Electrode Assembly Direct Methanol Fuel Cell*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, bimbingan, bantuan dari berbagai pihak baik materil maupun moril, serta doa dari banyak pihak sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Nirwan Syarif, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat, kasih sayang dan petunjuk Nya terhadap penulis yang tidak terhitung hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, beserta karyawan dan dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
4. Bapak Dr. Nirwan Syarif, M.Si selaku dosen pembimbing akademik dan tugas akhir yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T selaku ketua Laboratorium Pusat Unggulan Riset *Fuel Cell* dan Hidrogen Universitas Sriwijaya yang telah memberikan izin penggunaan Laboratorium serta banyak membantu dan memberikan saran tanpa membedakan penulis dengan mahasiswa bimbingannya.
6. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si dan Ibu Dra. Fatma, MS selaku dosen penguji siding sarjana dan Bapak Dr. Zainal Fanani, M.Si selaku dosen pembahas seminar hasil.
7. Kedua orang tua tercinta Mamak dan Bapak yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan bantuan dalam segala hal yang tiada henti dan ketiga

saudaraku (Yuyun Rasmita Sari, Dwi Anggraini dan Andini Kholisyah) yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan semangat. Kalianlah yang menjadi alasan penulis untuk tetap bertahan dan berjuang menyelesaikan skripsi ini.

8. Keluarga besar tercinta dan saudaraku tercinta, terimakasih karena telah mendoakan dan memberi dukungan serta bantuan.
9. Mentor PUR (Kak Reka, Kak Dwi, dan Kak Icha) terima kasih banyak atas bantuan, saran dan ilmu yang telah diberikan selama ini. Semoga bahagia dan sukses selalu untuk kakak semua.
10. Teman-teman satu bimbingan (Ade Dwi Nanda dan Delima Sukma Wati Br Sihombing) terima kasih atas segala bantuan dan kerjasamanya selama penelitian yang menyenangkan ini. Tetap semangat dan sukses selalu.
11. Teman-teman PUR kloter 1 (Ilyas, Igam, Devi, Anin, Fatma, Marya, Sabrina, Cici, Balqis, Irma) dan kloter 2 (Eko, Prima, Suteja, Ade M, Dinda, Ghifar, Keke, Nadia, Iren) terimakasih atas kebersamaannya dan segala bantuan yang diberikan selama penelitian. Sukses untuk kita semua semoga bisa dipertemukan dengan keadaan yang lebih baik.
12. PUR 2017 (Kak Vadia, Kak Saumi dan Kak Resti) terima kasih atas segala bantuan, ilmu dan keabsurdannya yang dapat menghilangkan lelah selama penelitian.
13. Teman-teman CAWA (Alm. Dhava Genindo, Siti Robiah, Melda, Erdin, Raffi, Femii, dll) yang sering memberikan dukungan dan mewarnai kuliahku. Yok otw mano lagi?
14. Admin jurusan Kimia, Mbak Novi dan Kak Chosiin yang banyak membantu dalam proses administrasi awal perkuliahan hingga tugas akhir.
15. Teman-teman angkatan 2018 yang memiliki berbagai macam karakter, kesan dan warna yang berbeda terhadap penulis selama proses perkuliahan. Semangat dan sukses selalu untuk kita semua dan semoga dapat bertemu lagi dengan versi yang lebih baik.
16. Semua rintangan, pengalaman, kegagalan dan orang-orang yang pernah dating dan pergi dalam kehidupan penulis yang mengajarkan untuk lebih dewasa. Terima kasih atas pembelajarannya yang membentuk diri penulis menjadi lebih kuat.

17. Semua pihak yang membantu saya baik materil maupun non materil yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, 16 September 2022

Penulis

SUMMARY

ELECTRODEPOSITION OF CARBON BINCHOTAN WITH DISPERSION OF VANADIUM METAL OXIDE INTO CATALYST INK AND TEST IN PERFORMANCE ON THE MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY DIRECTH METHANOL FUELL CELL

M. Try Sandi; supervised by Dr. Nirwan Syarif, M.Si.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
xvii + 60 pages, 4 tables, 14 pictures, 5 appendices

The preparation and characterization of V_2O_5/C electrodes and the performance test directly on Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) has been carried out. This study employed two carbon he of carbon dots and carbon vulcan and the combination of catalyst ratio V_2O_5/C with the comparison of $V_2O_5:C = 40:60$ and $60:40$. Electrode characterization was done using the Cyclic Voltammetry (CV) method to get the electrochemical surface area (ECSA) value and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) to calculate conductivity values. The MEA performance test was carried out DMFC based on the I-V and I-P performance curves with the methanol and varies load. CV measurement results obtained the best ECSA values were on the V_2O_5/C electrode with a 60:40 ratio that uses carbon vulcan $42.81 \text{ cm}^2/\text{g}$ and EIS measurement was obtained the best conductivity value on the V_2O_5/C electrode with a 60:40 carbon vulcan ratio $1.2 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$. The MEA performance test on the DMFC single stack with the concentration of methanol and varies load was obtained the best performance on the MEA that uses carbon vulcan with a 60:40 ratio with a voltage of 85.9 mV at 5% methanol concentration and 50Ω , MEA employed carbon dots as a obtained the best value at the 40:60 ratiowith a voltage 19.4 mV at 15% methanol concentration and 50Ω , but the carbon vulcan mea with a 40:60 ratio also shows a pretty good performance.

Key words: Direct Methanol Fuel Cell, V_2O_5 , *Membrane Electrode Assembly* (MEA), Dots, *Cyclic Voltammetry* (CV), *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).

Citation : 45 (2002-2020)

RINGKASAN

ELEKTRODEPOSISI KARBON BINCHOTAN DENGAN DISPERSI OKSIDA LOGAM VANADIUM MENJADI TINTA KATALIS DAN PENGUJIAN KINERJANYA PADA *MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY DIRECT METHANOL FUEL CELL*

M. Try Sandi: Dibimbing oleh Dr. Nirwan Syarif, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xvii + 60 halaman, 4 tabel, 14 gambar, 5 lampiran

Preparasi dan karakterisasi elektroda V_2O_5/C serta uji kinerjanya secara langsung pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan dua karbon pengemban berupa karbon dots dan karbon vulcan dengan menggunakan rasio katalis $V_2O_5/C = 40:60$ dan $60:40$. Karakterisasi elektroda dilakukan dengan menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk mendapatkan nilai *Electrochemical Surface Area* (ECSA) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk menghitung nilai konduktivitas. Selanjutnya dilakukan uji kinerja MEA pada stak DMFC berdasarkan kurva I-V dan I-P *performance* dengan menggunakan metanol dan beban bervariasi. Hasil pengukuran CV didapatkan nilai ECSA terbaik berada pada elektroda V_2O_5/C dengan rasio $60:40$ yang menggunakan karbon vulcan sebesar $42,81 \text{ cm}^2/\text{g}$ dan pengukuran EIS didapatkan nilai konduktivitas terbaik pada elektroda V_2O_5/C dengan rasio $60:40$ karbon vulcan sebesar $1,2 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$. Uji kinerja MEA pada *single stack* DMFC dengan konsentrasi metanol dan beban yang bervariasi didapatkan kinerja terbaik pada MEA yang menggunakan karbon vulcan sebagai pengemban dengan rasio $60:40$ dengan tegangan $85,9 \text{ mV}$ pada konsentrasi metanol 5% dan beban 50Ω , pada MEA yang menggunakan karbon dots sebagai pengemban didapatkan nilai terbaik pada rasio $40:60$ dengan tegangan $19,4 \text{ mV}$ dengan metanol 15% dan beban 50Ω , namun MEA karbon vulcan dengan rasio $40:60$ juga menunjukkan kinerja yang cukup baik.

Kata Kunci: *Direct Methanol Fuel Cell*, V_2O_5 , *Membrane Electrode Assembly* (MEA), dots, *Cyclic Voltammetry* (CV), *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).

Sitasi : 45 (2002-2020)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH INTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vi
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Binchotan	4
2.2 Karbon Dots	5
2.3 <i>Fuel Cell</i>	6
2.4 <i>Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)</i>	6
2.5 Komponen penyusun DMFC	7

2.5.1	<i>Membrane Electrode Assembly (MEA)</i>	7
2.5.2	<i>End Plate</i>	8
2.5.3	<i>Current Colector</i>	8
2.6	Cara Kerja DMFC.....	8
2.7	Metode Pembuatan Elektroda Metode Spraying	9
2.8	Katalis DMFC.....	9
2.9	Karakterisasi Elektroda.....	10
2.9.1	<i>Cyclic Voltammetry (CV)</i>	10
2.9.2	<i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		13
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2	Alat dan Bahan.....	13
3.2.1	Alat.....	13
3.2.2	Bahan	13
3.3	Prosedur Penelitian	13
3.3.1	Preparasi Karbon Dots.....	13
3.3.2	Preparasi Katalis Vanadium.....	14
3.3.3	Preparasi <i>Gas Diffusion Layer (GDL)</i>	14
3.3.4	Pembuatan Lapisan Elektroda	14
3.4	Karakterisasi Elektroda.....	15
3.4.1	Karakterisasi Elektroda dengan <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i>	15
3.4.2	Pengukuran Konduktivitas Elektrik dengan Metode EIS	15
3.5	Pembuatan dan Pengujian Kinerja MEA pada DMFC	16
3.5.1	Pembuatan MEA.....	16
3.5.2	Pengujian MEA pada DMFC.....	16
3.6	Analisis Data.....	16

3.6.1 Analisis Pengujian Sifat Elektrokimia Elektroda	16
3.6.2 Analisis Konduktivitas Elektrik.....	17
3.6.3 Analisis Kinerja MEA pada <i>Direct Methanol Fuel Cell</i>	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1 Preparasi GDL dan Elektroda dengan Lapisan Katalis V ₂ O ₅ /C	18
4.2 Karakterisasi Elektroda.....	20
4.2.1 Karakterisasi Elektroda Menggunakan Metode <i>Cyclic Voltammetry (CV)</i>	20
4.2.2 Karakterisasi Elektroda Menggunakan Metode <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)</i>	21
4.2.3 Hidrofobisitas Permukaan Lapisan.....	23
4.3 Pengujian Kinerja MEA.....	24
4.3.1 Pengukuran <i>Open Circuit Voltage (OCV)</i>	24
4.3.2 Pengujian Kinerja MEA pada Konsentrasi Metanol dan Beban Bervariasi	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Binchotan	4
Gambar 2. Siklus voltamogram (P.S. & Sutrave, 2018).....	11
Gambar 3. Katalis (a) V ₂ O ₅ /dots 40:60, (b) V ₂ O ₅ /dots 60:40	18
Gambar 4. (a) GDL karbon vulcan, (b) GDL karbon dots.....	19
Gambar 5. (a) Elektroda karbon vulcan, (b) Elektroda karbon dots	19
Gambar 6. MEA (a) Karbon Vulcan/V ₂ O ₅ 40% (b) Karbon Vulcan/V ₂ O ₅ 60% (c) Karbon Dots/V ₂ O ₅ 40% (d) Karbon Dots/V ₂ O ₅ 60%	20
Gambar 7. Voltammogram dari elektroda V ₂ O ₅ /GDL vulcan dan elektroda V ₂ O ₅ /GDL dots dengan laju telusur 25 mV/s	20
Gambar 8. Kurva nyquist	22
Gambar 9. Foto digital kontak antara air dan permukaan (a) Kertas karbon (b) GDL karbon vulcan (c) GDL karbon dots	24
Gambar 10. Hasil Pengukuran OCV dengan Metanol bervariasi	25
Gambar 11. Kinerja MEA Vulcan pada metanol dan beban bervariasi (a) MEA V ₂ O ₅ 40% (b) MEA V ₂ O ₅ 60 %	27
Gambar 12. Kinerja MEA Dots pada metanol dan beban bervariasi (a) MEA V ₂ O ₅ 40% (b) MEA V ₂ O ₅ 60%	28
Gambar 13. Kurva I-V MEA (a) MEA karbon Vulcan (b) MEA karbon Dots	30
Gambar 14. Kurva I-P MEA (a) MEA karbon vulcan (b) MEA karbon dots.....	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Table 1. Perhitungan nilai ECSA	17
Table 2. Data analisis konduktivitas Elektrik	17
Table 3. Hasil Perhitungan nilai ECSA.....	21
Table 4. Perhitungan Nilai Konduktivitas Elektroda V_2O_5	22

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Skema Kerja	39
Lampiran 2. Perhitungan Nilai ECSA Karakterisasi <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) ..	43
Lampiran 3. Perhitungan Nilai Konduktivitas Karakterisasi <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> (EIS).....	51
Lampiran 4. Uji Kinerja MEA pada <i>Direct Methanol fuel cell</i> (DMFC) dengan tegangan dan metanol bervariasi.....	55
Lampiran 5. Gambar Alat dan Bahan Penelitian	59

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi telah menjadi persoalan yang sangat krusial di dunia dalam beberapa tahun terakhir. Peningkatan permintaan energi yang sangat besar dalam beberapa tahun terakhir disebabkan karena bertambahnya populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan energi fosil. Permasalahan lain juga timbul yang diakibatkan penggunaan energi fosil berlebih, diantaranya permasalahan lingkungan sehingga dibutuhkan energi alternatif lain yang ramah lingkungan (Azhar & Satriawan, 2018). Salah satu bentuk teknologi penghasil energi alternatif yang ramah lingkungan adalah *fuel cell* (sel bahan bakar).

Fuel cell merupakan alat yang dapat mengkonversi energi kimia secara langsung menjadi energi listrik. Salah satu *fuel cell* yang dikembangkan pada saat ini adalah *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) yang dapat menghasilkan energi ramah lingkungan (Dewi dkk, 2008). *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) merupakan bagian dari teknologi *Fuel Cell* yang dikembangkan menggunakan metanol sebagai sumber bahan bakarnya. Teknologi ini dinilai cukup menjanjikan karena metanol yang digunakan tidak perlu mengalami reformasi menjadi gas hidrogen terlebih dahulu, tetapi dapat dioksidasi secara langsung di dalam sel (Rahim *et al.*, 2007). Komponen terpenting dalam DMFC adalah Membrane Electrode Assembly (MEA). Kinerja MEA ini tergantung pada ketebalan GDL (Gas Diffusion Layer), MEA terdiri dari dua sisi elektroda dan membran elektrolit. Pada elektroda terjadi reaksi reduksi dan oksidasi sehingga menyebabkan transfer proton dari membran ke katalis dan transfer elektron pada arus (Rohendi *et al.*, 2013), Pada MEA terjadi reaksi perubahan antara metanol (bahan bakar) dan oksigen (oksida) menjadi energi listrik dan air sebagai buangan (Rohendi & Adnan, 2010).

Membrane Electrode Assembly (MEA) merupakan pusat aktivitas pada sel bahan bakar, dimana seluruh reaksi seperti pembangkitan, distribusi dan konsumsi proton dan elektron terjadi, sehingga efektivitas MEA sangat menentukan kinerja DMFC (Kwon *et al.*, 2018). Efektivitas MEA dipengaruhi oleh katalis yang

digunakan pada elektroda. Katalis pada elektroda mudah mengalami keracunan yang disebabkan oleh kontaminasi udara dan bahan bakar yang tidak murni sehingga dapat menghambat aktifitas katalis (Shabani *et al.*, 2019). Penggunaan katalis sangat penting dalam menghasilkan energi listrik dari energi kimia. Platina merupakan katalis yang biasa digunakan dalam DMFC. Platina memiliki aktivitas katalitik dan kestabilan yang baik dalam lingkungan asam, tetapi penggunaan platina pada elektroda sel bahan bakar dianggap kurang efektif karena mudah teracuni oleh karbon monoksida yang dapat menyebabkan sisi aktif dari logam platina sebagai katalis dalam reaksi akan berkurang akibat pembentukan karbon monoksida (Kwon *et al.*, 2018) logam lain yang berpotensi untuk dapat digunakan sebagai katalis pada DMFC adalah vanadium. Penggunaan vanadium sebagai logam untuk katalis pada penelitian ini disebabkan vanadium memiliki potensi untuk menggantikan logam Pt. Vanadium memiliki ketahanan korosi, resistensi dan konduktivitas yang cukup baik (Aisyah *et al.*, 2019). Kinerja katalis sangat dipengaruhi oleh selektifitas katalis, luas permukaan bidang sentuh, dan ukuran pori. Selain itu, material pengemban atau matriks (*support*) juga berperan penting sebagai material konduktif dalam reaksi elektrokatalisis elektroda. Katalis biasanya dilapisi pada material konduktif yang mempunyai luas permukaan yang besar, salah satu substrat yang digunakan adalah karbon.

Karbon merupakan salah satu material pengemban yang banyak digunakan pada elektroda, karbon berfungsi sebagai material yang dapat memperluas bidang permukaan katalis yang aktif hingga 10-100 kali lipat untuk bereaksi dengan hidrogen atau oksigen, dan juga sebagai penghantar listrik yang baik (Huang *et al.*, 2012). Ada beberapa jenis material pengemban yang berkembang pada saat ini, salah satu material itu adalah material karbon Vulcan (*carbon black*) dan matriks karbon Dots (CDs). Karbon dots menjadi salah satu material karbon terbaru dan memiliki kemampuan transfer elektron yang baik, sehingga dapat meningkatkan aktifitas katalis (Mohideen *et al.*, 2020). Material pengemban yang sering digunakan adalah karbon Vulcan (*carbon black*), perlu dilakukan lagi penelitian lebih lanjut untuk membuat katalis dari karbon Binchotan dengan dispersi oksida logam vanadium agar biaya pembuatan DMFC lebih terjangkau dan permasalahan untuk mengganti energi fosil dan ramah lingkungan dapat diwujudkan. Sehingga

pada penelitian ini akan dilakukan preparasi katalis dengan karbon dots untuk katalis dan diaplikasikan pada MEA dengan rasio logam dan karbon sebesar 40:60 dan 60:40, untuk mengetahui sifat elektrokimia dan kinerja MEA maka dilakukan karakterisasi *cyclic voltammetry* (CV) yang menghasilkan nilai *Electrochemical Surface Area* (ECSA), dan karakterisasi *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) yang menghasilkan nilai impedansi untuk menentukan nilai konduktivitas, nilai I-V dan I-P *performance*.

1.2 Rumusan Masalah

Katalis yang digunakan di DMFC umumnya adalah platina tetapi penggunaan platina untuk pembuatan DMFC secara komersil masih membutuhkan biaya yang terlalu tinggi, vanadium berpotensi untuk digunakan dalam elektrokatalis dan diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kelayakan dan kinerja vanadium sebagai pengganti platina pada DMFC.

1.3 Tujuan Penelitian

- 1 Melakukan karakterisasi elektroda V_2O_5 yang meliputi pengukuran kinerja elektrokimia elektroda untuk pengukuran aktivitas katalitik menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV), konduktivitas elektrik menggunakan metode *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), dan pengukuran hidrofobisitas lapisan.
- 2 Mengukur kinerja *Membrane Electrode Assembly* (MEA) pada DMFC dengan katalis V_2O_5 menggunakan beban dan konsentrasi metanol bervariasi.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan platina sebagai katalis MEA untuk DMFC dengan mengganti platina (Pt) dengan V_2O_5 yang dapat mengurangi biaya pembuatannya dengan kinerja tinggi sehingga DMFC dapat digunakan secara komersil dan dapat menjadi energi pengganti energi fosil.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., Setiawan, A., Indahsari, L., Muhadzdzib, M. M., & Reka, F. S. (2019). Identifikasi Keterdapatn Potensi Vanadium pada Endapan Placer Pasir Besi di Daerah Pantai Goa Cemara Berdasarkan Analisis Remote Sensing , Geologi dan Geokimia. *PROSIDING*.
- Ajiriyanto, M. K., Kriswarini, R., Yanlinastuti, Y., & Lestari, D. E. (2018). Analisis korosi pipa pendingin sekunder RSG - GAS dengan teknik electrochemical impedance spectroscopy (EIS). *Urania Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 24(2), 105–114.
- Amin, H. M. A., Uchida, Y., Batchelor-McAuley, C., Kätelhön, E., & Compton, R. G. (2018). Non-triangular potential sweep cyclic voltammetry of reversible electron transfer: Experiment meets theory. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 815, 24–29.
- Aprilla, W. R., & Haris, A. (2016). Sintesis Semikonduktor TiO₂ serta Aplikasinya pada Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Dye Indigo Carmine. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 111–117.
- Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law and Governance Journal*, 1(4), 398–412.
- Baker, S. N., & Baker, G. A. (2010). Luminescent carbon nanodots: Emergent nanolights. In *Angewandte Chemie - International Edition*. 49(38), 6726–6744.
- Branco, C. M., El-kharouf, A., & Du, S. (2020). Materials for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells (PEMFCs): Electrolyte Membrane, Gas Diffusion Layers and Bipolar Plates. In *Encyclopedia of Smart Materials*. 378–388.
- Chang, B. Y., & Park, S. M. (2010). Electrochemical impedance spectroscopy. *Annual Review of Analytical Chemistry*, 3(1), 207–229.
- Chia, C. H., Joseph, S. D., Rawal, A., Linser, R., Hook, J. M., & Munroe, P. (2014). Microstructural characterization of white charcoal. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 109, 215–221.
- Dhuhita, A., & Arti, D. K. (2010). KARAKTERISASI DAN UJI KINERJA SPEEK, cSMM DAN NAFION UNTUK DIRECT METHANOL FUEL CELL (DMFC). *Skripsi. Universitas Diponegoro*.
- Dowd, R. P., Day, C. S., & Van Nguyen, T. (2017). Engineering the Ionic Polymer Phase Surface Properties of a PEM Fuel Cell Catalyst Layer. *Journal of The Electrochemical Society*, 164(2), F138–F146.

- Elgrishi, N., Rountree, K. J., McCarthy, B. D., Rountree, E. S., Eisenhart, T. T., & Dempsey, J. L. (2018). A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 197–206.
- Farzaneh, A., Goharshadi, E. K., Gharibi, H., Saghatoleslami, N., & Ahmadzadeh, H. (2019). Insights on the superior performance of nanostructured nitrogen-doped reduced graphene oxide in comparison with commercial Pt/C as cathode electrocatalyst layer of passive direct methanol fuel cell. *Electrochimica Acta*, 306, 220–228.
- Ghenciu, A. F. (2002). Review of fuel processing catalysts for hydrogen production in PEM fuel cell systems. In *Current Opinion in Solid State and Materials Science*. 6, 389-399.
- Huang, K., Sasaki, K., Adzic, R. R., & Xing, Y. (2012). Increasing Pt oxygen reduction reaction activity and durability with a carbon-doped TiO₂ nanocoating catalyst support. *Journal of Materials Chemistry*, 22(33), 16824–16832.
- Kamarudin, S. K., & Hashim, N. (2012). Materials, morphologies and structures of MEAs in DMFCs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2494–2515.
- Kwac, L. K., & Kim, H. G. (2008). Investigation of gas flow characteristics in proton exchange membrane fuel cell. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 22(8), 1561–1567.
- Kwon, H. C., Kim, M., Grote, J. P., Cho, S. J., Chung, M. W., Kim, H., Won, D. H., Zeradjanin, A. R., Mayrhofer, K. J. J., Choi, M., Kim, H., & Choi, C. H. (2018). Carbon Monoxide as a Promoter of Atomically Dispersed Platinum Catalyst in Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction. *Journal of the American Chemical Society*, 140(47), 16198–16205.
- Li, H., Kang, Z., Liu, Y., & Lee, S. T. (2012). Carbon nanodots: Synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, 22(46), 24230–24253.
- Listiani Dewi, E., Chandrasa, G. T., Pusat,), Material, T., Pengkajian, B., Teknologi, P., Besar, B., & Energi, T. (2008). PENGEMBANGAN DAN APLIKASI FUEL CELL. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, 51–54.
- Litster, S., & McLean, G. (2004). PEM fuel cell electrodes. In *Journal of Power Sources* (Vol. 130, Issues 1–2, pp. 61–76). <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.12.055>

- Liu, L., Samjeske, G., Nagamatsu, S. I., Sekizawa, O., Nagasawa, K., Takao, S., Imaizumi, Y., Yamamoto, T., Uruga, T., & Iwasawa, Y. (2014). Dependences of the oxygen reduction reaction activity of Pd-Co/C and Pd-Ni/C alloy electrocatalysts on the nanoparticle size and lattice constant. *Topics in Catalysis*, 57(6–9), 595–606.
- Miao, H. Y., Chen, G. R., Chen, D. Y., Lue, J. T., & Yu, M. S. (2010). Hydrogen storage: A comparison of hydrogen uptake values in carbon nanotubes and modified charcoals. *EPJ Applied Physics*, 52(2).
- Mohideen, M. M., Liu, Y., & Ramakrishna, S. (2020). Recent progress of carbon dots and carbon nanotubes applied in oxygen reduction reaction of fuel cell for transportation. In *Applied Energy* (Vol. 257).
- P.S., J., & Sutrave, D. S. (2018). A Brief Study of Cyclic Voltammetry and Electrochemical Analysis. *International Journal of ChemTech Research*, 11(9), 77–88.
- Pollak, E., Genish, I., Salitra, G., Soffer, A., Klein, L., & Aurbach, D. (2006). The dependence of the electronic conductivity of carbon molecular sieve electrodes on their charging states. *Journal of Physical Chemistry B*, 110(14), 7443–7448.
- Rahmayanti, H. D., Aji, M. P., & Sulhadi. (2015). Unnes Physics Journal SINTESIS CARBON NANODOTS SULFUR (C-DOTS SULFUR) DENGAN METODE MICROWAVE. *Unnes Physics Journal*, 4(1).
- Randviir, E. P., & Banks, C. E. (2013). Electrochemical Impedance Spectroscopy - an overview. In *Anal. Methods*. 5(1).
- Ren, X., Lv, Q., Liu, L., Liu, B., Wang, Y., Liu, A., & Wu, G. (2019). Current progress of Pt and Pt-based electrocatalysts used for fuel cells. *Sustainable Energy and Fuels*, 4(1), 15–30.
- Ridlo, M. R. (2020). PERKEMBANGAN RISET MEA UNTUK PEMFC. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek*, 531–536.
- Rohendi, D., Syarif, N., Said, M., Utami, M. T., & Marcelina, Y. (2019). Utilization of catalyst-coated membrane (CCM) and spraying methods in fabrication membrane electrode assembly (MEA) for direct methanol fuel Cell (DMFC) using Pt-Co / C catalyst. *Journal of Physics: Conference Series*, 1282(1).
- Rohendi, Dedi, & Adnan, Y. (2010). Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya. *Jurnal Penelitian Sains*, 13, 13206.

- Rohendi, Dedi, Majlan, E. H., Mohamad, A. B., Wan Daud, W. R., Hassan Kadhum, A. A., & Shyuan, L. K. (2013). Characterization of electrodes and performance tests on MEAs with varying platinum content and under various operational conditions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(22), 9431–9437.
- Shabani, B., Hafttananian, M., Khamani, S., Ramiar, A., & Ranjbar, A. A. (2019). Poisoning of proton exchange membrane fuel cells by contaminants and impurities: Review of mechanisms, effects, and mitigation strategies. In *Journal of Power Sources* (Vol. 427, pp. 21–48).
- Shafitri, M., & Zainul, R. (2019). *Vanadium Pentaoksida (V₂O₅) : Termodinamika Molecular dan Interaksi Ion dalam Larutan*.
- Shiva Kumar, S., Ramakrishna, S. U. B., Rama Devi, B., & Himabindu, V. (2018). Phosphorus-doped graphene supported palladium (Pd/PG) electrocatalyst for the hydrogen evolution reaction in PEM water electrolysis. *International Journal of Green Energy*, 15(10), 558–567.
- Suprasetyo, A., & Setiarso, P. (2016). PEMBUATAN ELEKTRODA PASTA KARBON TERMODIFIKASI ZEOLIT UNTUK ANALISIS FENOL SECARA CYCLIC STRIPPING VOLTAMMETRY. *UNESA Journal of Chemistry*, 5(3), 14–16.
- Surakusumah, D. P., & Rustandi, A. (2014). Studi Perbandingan Coating Primer Antara Epoxy Dengan Alkyd Serta Topcoat Antara Polyurethane Dengan Acrylic Menggunakan Metode Electrochemical Impedance Spectroscopy. *Universitas Indonesia*.
- Syarif, N., Rohendi, D., Haryati, S., & Tin, L. C. (2020). Preparing of Carbon Nanodots from Binchotan Carbon by Electrochemically Sonification and Dialysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 796(1).
- Umap, V. M., & Ugwekar, R. P. (2019). Performance of Catalyst Coated Membrane (CCM) at different operating conditions in Proton Exchange Membrane (PEM) fuel cell. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 561(1).
- Wang, C., Strauss, V., & Kaner, R. B. (2019). Carbon Nanodots for Capacitor Electrodes. *Trends in Chemistry*, 1(9), 858–868.
- Weber, A. Z., Balasubramanian, S., & Das, P. K. (2012). Proton Exchange Membrane Fuel Cells. In *Advances in Chemical Engineering*. (41).
- Wu, Q. X., Zhao, T. S., Chen, R., & Yang, W. W. (2010). A microfluidic-structured flow field for passive direct methanol fuel cells operating with highly concentrated fuels. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 20(4), 1-9.

- Yulianti, D. hawa, Rohendi, D., Syarif, N., & Rachmat, A. (2019). Performance Test of Membrane Electrode Assembly in DAFC using Mixed Methanol and Ethanol Fuel with Various Volume Comparison. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 4(3), 139–142.
- Zhang, J., Zhang, H., Wu, J., & Zhang, J. (2013). Techniques for PEM Fuel Cell Testing and Diagnosis. In *Pem Fuel Cell Testing and Diagnosis*.