

# Sintesis Katalis Berbasis Platina Didukung *Reduced Graphene Oxide* Dan Karakterisasinya Menggunakan Pengujian *Cyclic Voltammetry*

Komang Gede Darmayasa<sup>1</sup>, I Made Joni<sup>2</sup>, Made Suarda<sup>1</sup>, Ketut Astawa<sup>1</sup>, Made Sucipta<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

<sup>2</sup>Finder U-CoE – Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Jawa Barat

## Abstrak

Dalam era yang semakin mengedepankan teknologi ramah lingkungan, *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) menjadi salah satu fokus utama dalam bidang konversi energi. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis katalis berbasis Platina (Pt) yang didukung oleh *reduced Graphene Oxide* (rGO) melalui metode Hummer yang dimodifikasi, serta mengevaluasi pengaruh variasi perbandingan massa  $H_2PtCl_6$  dengan *Graphene Oxide* (GO) terhadap karakteristik katalis yang dihasilkan. Sintesis dilakukan dengan menggunakan prosedur Hummer yang telah dimodifikasi untuk menghasilkan rGO, yang kemudian dikombinasikan dengan Pt melalui proses reduksi kimia. Hasil sintesis ini diuji menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengamati morfologi permukaan, serta *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk menilai aktivitas elektrokimia dari katalis yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi perbandingan massa  $H_2PtCl_6$  dengan GO mempengaruhi morfologi dan aktivitas elektrokimia katalis Pt/rGO. Katalis dengan komposisi tertentu menunjukkan distribusi partikel Pt yang lebih merata dan ukuran partikel yang lebih kecil, yang berkontribusi pada peningkatan aktivitas elektrokimia. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan katalis yang lebih efisien untuk aplikasi PEMFC, khususnya dalam meningkatkan kerapatan arus dan stabilitas operasional.

Kata kunci: PEMFC, Katalis Pt/rGO, *Reduced Graphene Oxide*, Metode Hummer, Sintesis Katalis.

## Abstract

*In an era that increasingly prioritizes environmentally friendly technology, the development of Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC) has become a key focus in the field of energy conversion. This study aims to synthesize platinum (Pt)-based catalysts supported by reduced Graphene Oxide (rGO) through a modified Hummer's method and to evaluate the effect of varying the mass ratio of  $H_2PtCl_6$  to Graphene Oxide (GO) on the characteristics of the resulting catalysts. The synthesis was carried out using a modified Hummer's procedure to produce rGO, which was then combined with Pt through a chemical reduction process. The synthesized catalysts were tested using Scanning Electron Microscopy (SEM) to observe surface morphology and Cyclic Voltammetry (CV) to assess the electrochemical activity of the produced catalysts. The results show that varying the mass ratio of  $H_2PtCl_6$  to GO affects the morphology and electrochemical activity of the Pt/rGO catalysts. Catalysts with certain compositions exhibited more uniform Pt particle distribution and smaller particle sizes, contributing to enhanced electrochemical activity. This study contributes to developing more efficient catalysts for PEMFC applications, particularly in improving current density and operational stability.*

Keywords: PEMFC, Pt/rGO Catalyst, *Reduced Graphene Oxide*, Hummer Method, Catalyst Synthesis

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan peningkatan kebutuhan energi yang dipicu oleh pertumbuhan populasi dan perkembangan teknologi, ketergantungan pada sumber energi tak terbarukan masih menjadi masalah utama yang merugikan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian saat ini berfokus pada pengembangan mesin konversi energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Hidrogen muncul sebagai bahan bakar alternatif masa depan yang lebih bersih, karena emisi yang dihasilkan hanya berupa uap air [1]

Sel bahan bakar merupakan teknologi ramah lingkungan yang mengubah hidrogen dan oksigen menjadi energi listrik, uap air, dan panas. PEMFC merupakan salah satu jenis yang menonjol, karena memiliki suhu operasi rendah, polusi minimal, efisiensi energi tinggi, dan berbagai aplikasi [2].

Komponen utama dari PEMFC adalah *Membrane Electrode Assembly* (MEA), yang berperan dalam reaksi elektrokimia yang mengubah hidrogen dan oksigen menjadi energi listrik. Untuk meningkatkan performa MEA, penting untuk memperhatikan komposisi, jenis katalis, serta metode pembuatannya

Katalis yang umum digunakan adalah platina yang didukung oleh karbon [3]. Namun, terdapat sejumlah kekurangan yang menyebabkan katalis ini kurang efisien [4,5]. Saat ini, untuk meningkatkan efisiensi, karbon sedang digantikan oleh rGO karena memiliki keunggulan dibandingkan karbon [6]. Selain rGO, beberapa peneliti juga menggunakan bahan organik yang dicampur dengan logam [7]. rGO mampu memberikan ketahanan elektrokimia yang tinggi, konduktivitas elektronik yang lebih baik, serta

interaksi yang kuat dengan logam yang mendukung stabilitas nanopartikel platina. Struktur berlapis rGO juga meningkatkan perpindahan massa ke lapisan katalis [8]. Pengembangan katalis Pt/rGO telah mulai diteliti untuk meningkatkan aktivitas dan stabilitas dengan menggunakan prosedur sintesis polyol yang dimodifikasi [9]. Namun, prosedur ini masih belum optimal, karena metode Hummer yang dimodifikasi dianggap lebih efektif dan efisien, di mana serbuk grafit,  $H_2SO_4$ ,  $KMnO_4$ ,  $H_2O_2$ , dan  $H_2PtCl_6$  direduksi secara bersamaan [10]. Dalam penelitian tersebut, perbandingan massa antara  $H_2PtCl_6$  dan serbuk grafit oksida (GO) yang digunakan adalah 4:6.

Penelitian ini menyoroti pentingnya meningkatkan kinerja PEMFC dengan katalis Pt/C, sehingga diusulkan pembuatan katalis Pt/rGO melalui sintesis masing-masing komponen menggunakan metode Hummer yang dimodifikasi dengan variasi massa yang berbeda. Katalis ini dapat diaplikasikan dalam pembuatan MEA untuk PEMFC yang digunakan pada kendaraan listrik berbasis sel bahan bakar.

Beberapa masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini meliputi: bagaimana karakteristik morfologi katalis Pt/rGO yang dikembangkan menggunakan metode Hummer yang dimodifikasi dengan variasi perbandingan massa  $H_2PtCl_6$  dengan GO, serta bagaimana karakteristik hubungan tegangan-arus listrik dari katalis Pt/rGO pada MEA. Penelitian ini memiliki beberapa batasan, termasuk kemurnian material katalis yang digunakan sesuai dengan standar industri, serta pengaturan suhu dan tekanan yang dianggap konstan.

## 2. Dasar Teori

Dalam proses ini, serbuk grafit diubah menjadi grafit oksida dengan bantuan  $NaNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $KMnO_4$ , dan  $H_2O_2$ . Grafit oksida tersebut kemudian direduksi dengan  $H_2PtCl_6$  dan etilen glikol untuk menghasilkan Pt/rGO, yang diharapkan dapat mengatasi masalah yang diidentifikasi dalam penelitian ini. Fuel Cell adalah perangkat elektrokimia yang menghasilkan listrik, panas, dan uap air melalui proses oksidasi bahan bakar, biasanya hidrogen [11,12]. Berbeda dengan baterai, sel bahan bakar tidak menyimpan energi tetapi terus menghasilkan listrik selama bahan bakar dan oksigen tersedia. Sel bahan bakar pertama kali ditemukan oleh William Grove pada tahun 1839 dan mulai menjadi penting pada abad ke-20. PEMFC adalah jenis sel bahan bakar yang paling umum digunakan, beroperasi pada suhu di bawah  $100^\circ C$ . Dengan menggunakan hidrogen dan oksigen untuk menghasilkan listrik, PEMFC tidak menghasilkan emisi berbahaya [2]. Meskipun PEMFC memiliki keunggulan dalam operasi yang cepat, ia memerlukan katalis yang mahal untuk mempercepat reaksi. Proses kerja PEMFC melibatkan reaksi redoks pada hidrogen di anoda dan

oksigen di katoda. Elektron yang dihasilkan di anoda dipindahkan ke katoda melalui sirkuit eksternal, menghasilkan listrik, sementara proton melewati membran untuk bereaksi di katoda, menghasilkan air. Komponen utama PEMFC meliputi: Bipolar Plate Mendistribusikan reaktan, menghantarkan arus listrik, dan mencegah kebocoran, Gas Diffusion Layer (GDL) Memastikan difusi reaktan secara efisien ke lapisan katalis serta membantu dalam manajemen air, Catalyst Layer Tempat terjadinya reaksi redoks, terdiri dari material ionomer dan katalis Pt yang didukung oleh karbon dan Membran Memisahkan anoda dan katoda serta mengalirkan proton

Material sintesis yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan Pt sebagai katalis dalam PEMFC untuk reaksi oksidasi hidrogen dan reduksi oksigen [13]. Namun, Pt memiliki kelemahan karena rentan terhadap korosi dalam lingkungan asam di dalam sel bahan bakar. rGO, yang merupakan hasil reduksi dari GO, memiliki kandungan oksigen yang lebih rendah dan ikatan kovalen antar atom karbon yang lebih kuat. GO dan rGO berfungsi sebagai bahan pendukung katalis dalam PEMFC [14]. GO disintesis menggunakan metode Hummer [10], yang melibatkan oksidasi serbuk grafit dengan asam kuat dan oksidator. Proses ini menghasilkan GO yang kemudian dapat direduksi menjadi rGO [15]. Sintesis Pt/rGO dilakukan dengan mencampurkan  $H_2PtCl_6$  dan GO dalam etilen glikol, kemudian direduksi pada suhu  $140^\circ C$  untuk menghasilkan Pt/rGO [10]. Variasi massa Pt dan rGO dapat memengaruhi kualitas PEMFC. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan berbagai perbandingan massa Pt dan rGO untuk menemukan rasio optimal yang dapat meningkatkan kinerja PEMFC. SEM digunakan untuk mengamati topografi permukaan dan struktur mikro material yang disintesis dengan tingkat perbesaran tinggi [16]. Teknik *Cyclic Voltametri* (CV) digunakan sebagai metode elektrokimia untuk menganalisis reaksi redoks pada material katalis, memberikan wawasan tentang karakteristik elektrokimia material tersebut [16].

## 3. Metode Penelitian

Penelitian tentang PEMFC ini menggunakan metode Hummer yang dimodifikasi, yang sebelumnya telah dilakukan oleh [10]. Dalam penelitian ini, metode Hummer yang dimodifikasi diterapkan dengan menggunakan bahan-bahan seperti serbuk grafit, air deionisasi,  $NaNO_3$ , aseton,  $H_2SO_4$ ,  $KMnO_4$ , dan  $H_2O_2$ , yang dimasukkan ke dalam magnetic stirrer pada suhu dan waktu yang telah ditentukan. Setelah serbuk grafit diubah menjadi grafit oksida, proses reduksi dilakukan dengan menambahkan  $H_2PtCl_6$  dan etilen glikol ke dalam magnetic stirrer, menjaga suhu konstan selama waktu yang ditetapkan. Proses reduksi ini menghasilkan Pt/rGO. Penelitian ini berhasil mensintesis Pt/rGO yang dapat mengatasi masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini.

### 3.1 Sintesis GO

Pada penelitian ini berhasil mensintesis GO menggunakan metode Hummer. Prosesnya melibatkan oksidasi 1gram serbuk grafit menggunakan  $H_2SO_4$ ,  $NaNO_3$ , dan  $KMnO_4$  di dalam *ice bath* dengan suhu di bawah  $20^\circ C$ . Setelah itu, larutan diaduk pada suhu  $40^\circ C$  selama 14 jam dalam *heat bath*. Selanjutnya, suhu larutan dinaikkan secara bertahap dengan penambahan air hingga mencapai  $90^\circ C$ , kemudian dipanaskan lagi pada suhu  $50^\circ C$  selama satu jam. Warna larutan berubah menjadi coklat dan kuning saat ditambahkan air, menghasilkan graphite oxide yang kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan untuk mendapatkan GO yang terdispersi

### 3.2 Sintesis Pt/rGO

Untuk sintesis Pt/rGO, suspensi koloid GO dicampur dengan larutan  $H_2PtCl_6$  dengan perbandingan 20% Pt:80% GO, 30% Pt:70% GO dan 40% Pt:60% GO. Proses reduksi dilakukan pada suhu  $140^\circ C$  selama 6 jam dengan pengadukan kuat. Pt/rGO yang terbentuk kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan.

### 3.3 Cyclic Voltammetry (CV) BST8-STAT

Pengukuran CV dilakukan menggunakan BST8- Stat Potentiostat/Galvanostat (NuVant Systems Inc., Indiana, Amerika Serikat) yang dihubungkan ke komputer dengan BST8- Stat. Pengaturan standar tiga elektroda digunakan, dengan substrat berlapis sebagai elektroda kerja, kalomel jenuh ( $Hg_2Kl_2$ ) elektroda (jenuh KCl) sebagai elektroda referensi, dan elektroda platina melingkar sebagai elektroda lawan. 100 mL 0,1 mol  $dm^{-3}$   $NaCl$  digunakan sebagai elektrolit pendukung. Alat Uji CV BST8-STAT ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Alat Uji CV BST8-STAT

### 3.4 Karakteristik Hubungan Tegangan-Arus Listrik Katalis Pt/rGO

Pengujian CV menampilkan hasil karakteristik tegangan arus listrik dari sintesis katalis Pt/rGO dengan variasi massa yaitu: A. 20%Pt:80%rGO, B. 30%Pt:70%rGO, C. 40%Pt:60%rGO. Ditunjukkan dengan hasil grafik sintesis tersebut dengan rentang potensial 0-2V dengan *scan rate* 0,1mV/s dengan menggunakan jenis alat uji CV BST8-STAT. Menggunakan skema pengujian *refrence AgCl*, konter

menggunakan karbon dari isi pensil 2b dan working adalah sampel.

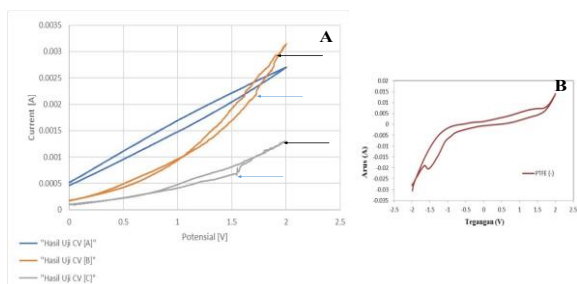
Dalam proses pengambilan grafik karakteristik sintesis katalis Pt/rGO ini dilakukan selama proses bertepatan di Laboratorium Teknologi Nano, FiNder U-CoE, Universitas Padjajaran. Pada pengujian CV ini menggunakan hasil sintesis yang sudah selesai dikerjakan kemudian 0,1gram dimkasukan ke dalam gelas beker sebagai bahan yang di uji. Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2. Skema Pengujian CV

## 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian CV dari katalis Pt/rGO dengan tiga variasi massa yang berbeda dengan persentase sampel A 20% Pt 80% rGO, sampel B 30% Pt 70% rGO dan sampel C 40% Pt 60% rGO sudah melakukan pengujian CV dan berhasil dilakukan. Hasil dari pengujian CV berupa grafik *voltammogram* yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 Hasil pengukuran pada Gambar 4.1 terdapat 3 sampel dimana sampel A berwarna biru dengan persentase 20% Pt dan 80% rGO tidak mendapatkan puncak anoda dan katoda, pada sampel B berwarna oren dengan 30% Pt dan 70% rGO mendapatkan puncak anoda dan katoda pada puncak anoda ditandai dengan warna hitam dan katoda ditandai dengan warna garis biru, sedangkan pada sampel C berwarna abu dengan 40% Pt dan 60% rGO terdapat puncak anoda dan katoda lebih rendah dibandingkan sampel B namun sudah terdapat puncak anoda dan katoda ini disebabkan bahwa terjadi reaksi oksidasi, sedangkan pada konsentrasi massa penggunaan Pt terbanyak terdapat pada sampel C namun reaksi pada sampel C kurang bagus dibandingkan dengan sampel B, pada sampel A tidak terjadinya reaksi oksidasi disebabkan penggunaan alat pengujian yang masih belum tepat pada pengoprasonal dan skema pada pengujian kurang mendapatkan refrensi yang tepat untuk melakukan pengujian CV untuk sampel Pt/rGO pada penelitian ini.



**Gambar 4.1. A. Hasil Uji CV 3 Sempel Katalis, B. Perbandingan Hasil Pengujian**

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan data dan analisa penelitian dengan tiga variasi massa pada sintesis katalis Pt/rGO. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan pada hasil pengujian karakterisasi CV mendapatkan 2 hasil yang memiliki puncak katodik dan anodik dari 2 hasil tersebut variasi B yang memiliki hasil terbaik yang bisa digunakan sintesis katalis berbasis *Fuel Cell* sedangkan satu sampel tidak memiliki hasil yang diharapkan disebabkan karena tidak mendapatkan refrensi yang tepat dalam pengujian powder sintesis katalis Pt/rGO.

## Daftar Pustaka

- [1] Martawati, M. E. (2017). Sistem elektrolisa air sebagai bahan bakar alternatif pada kendaraan. *Jurnal Eltek*, 12(1), 93-104.
- [2] Zhang, G., Xie, X., Xie, B., Du, Q., & Jiao, K. (2019). Large-scale multi-phase simulation of proton exchange membrane fuel cell. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 130, 555-563
- [3] Zhao, Y., Mao, Y., Zhang, W., Tang, Y., & Wang, P. (2020). Reviews on the effects of contaminations and research methodologies for PEMFC. In *International Journal of Hydrogen Energy* (Vol. 45, Issue 43, pp. 23174–23200). Elsevier Ltd.
- [4] Hou, J., Yang, M., Ke, C., Wei, G., Priest, C., Qiao, Z., ... & Zhang, J. (2020). Platinum-group-metal catalysts for proton exchange membrane fuel cells: From catalyst design to electrode structure optimization. *EnergyChem*, 2(1), 100023
- [5] Ostroverkh, A., Dubau, M., Kúš, P., Haviar, S., Václavů, M., Šmíd, B., ... & Johánek, V. (2020). Durable ultra-low-platinum ionomer-free anode catalyst for hydrogen proton exchange membrane fuel cell. *International Journal of Energy Research*, 44(6), 4641-4651.
- [6] Erickson, K.; Erni, R.; Lee, Z.; Alem, N.; Gannett, W.; Zettl, A. Determination of the Local Chemical Structure of Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide. *Adv. Mater.* 2010, 22, 4467–4472. [CrossRef] [PubMed]
- [7] Sucipta, M., Sibarani, J., Gunawan, I. G. N. W., Putra, S. G. B., Robert, R. A., Kandou, S., &

- Sudarsana, P. B. (2023). Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Using Membrane Electrode Assembly (MEA) Based on Pt/C Catalyst with Activated Carbon-Chitosan-Nickel. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 13(1), 354-358.
- [8] Pandey, R.P.; Shukla, G.; Manohar, M.; Shahi, V.K. Graphene oxide based nanohybrid proton exchange membranes for fuel cell applications: An overview. *Adv. Colloid Interface Sci.* 2017, 240, 15–30. [CrossRef]
- [9] Pushkareva, I. V., Pushkarev, A. S., Kalinichenko, V. N., Chumakov, R. G., Soloviev, M. A., Liang, Y., ... & Grigoriev, S. A. (2021). Reduced graphene oxide-supported based catalysts for PEM fuel cells with enhanced activity and stability. *Catalysts*, 11(2), 256.
- [10] Park, J. E., Lim, J., Lim, M. S., Kim, S., Kim, O. H., Lee, D. W., ... & Sung, Y. E. (2019). Gas diffusion layer/flow-field unified membrane-electrode assembly in a fuel cell using graphene foam. *Electrochimica Acta*, 323, 134808.
- [11] Molaeimanesh, R.G. and Torabi, F. (2023) *Fuel Cell Modeling and Simulation: From Microscale to Macroscale*.
- [12] Torabi, F. (2023) *Fuel Cell Modeling and Simulation: From Microscale to Macroscale*.
- [13] Shinozaki K, Zack JW, Pylypenko S, Richards RM, Pivovar BS, Kocha SS. Benchmarking Pt-based catalysts' oxygen reduction reaction activity using standardized rotating disk electrode methods. *Int J Hydrogen Energy*
- [14] Laribi S, Mamma K, Sahli Y, Koussa K. Air supply temperature impact the PEMFC impedance. *J Energy Storage*
- [15] Y. Rafitasari, H. Suhendar, N. Imani, F. Luciana, H. Radean, I. Santoso, Sintesis Graphene Oxide dan Reduced Graphene Oxide, *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF 2016*, V, Oktober (2016).
- [16] Mursyida, H. (2006). Karakterisasi MEA (Membrane Electrode Assembly) Hasil Integrasi Bahan-Bahan Komersial Pada Stack PEMFC, Universitas Padjadjaran



Komang Gede Darmayasa, tempat tanggal lahir Selat, 13 Agustus 2002, menyelesaikan studi SMKN 3 Singaraja pada tahun 2020 dan melanjutkan studi sarjana di Universitas Udayana program studi Teknik Mesin angkatan 20 dan mengambil bidang ilmu Konversi Energi