

Sintesis Katalis Platina Didukung Vulcan XC 72 - Reduced Graphene Oxide Dalam Aplikasi PEMFC Dan Karakterisasi Elektrokimia Dengan Cyclic Voltametry

I Made Edwin Wismaya¹, I Made Joni², Made Suarda¹, Ketut Astawa¹,
Made Sucipta^{1*}

¹Program Studi Teknik - Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

²Finder U-CoE- Universitas Padjadjaran, Jatinanggor, Jawa Barat

Abstrak

Fuel cell adalah salah satu alat green energy yang ramah lingkungan, berkualitas tinggi, dan memiliki potensi dalam berbagai aplikasi portable. Jenis fuel cell umum digunakan pada aplikasi portable adalah menggunakan proton exchange membrane fuel cell (PEMFC). PEMFC menggunakan bahan bakar hidrogen yang pada proses elektrokimia nya menghasilkan listrik, air, dan panas. Pada penelitian ini difokuskan untuk meningkatkan performa PEMFC dengan katalis Platina yang didukung Vulcan XC 72 – reduced graphene oxide (Pt/VC-rGO). Metode yang digunakan yaitu metode hummer yang dimodifikasi dan metode impregnasi. Massa VC dan rGO divariasikan menjadi 3 macam, yang pertama (0.1 gr Pt : 0.3 gr VC : 0.1 gr rGO), kedua (0.1 gr Pt : 0.2 gr VC : 0.2 gr rGO), dan ketiga (0.1 gr Pt : 0.1 gr VC : 0.3 gr rGO). Pada hasil uji cyclic voltametry menunjukkan hasil variasi 0.1 gr Pt, 0.1 gr VC, dan 0.3 gr rGO mendapatkan hasil yang lebih baik dari ketiga variasi yang menunjukkan rentang potensial 0.6-0.9 V serta current 0,0001 A.

Kata Kunci: fuel cell, PEMFC, Sintesis, Katalis, Pt/VC-rGO, Reduced graphene oxide

Abstract

Fuel cells are a green energy device that is environmentally friendly, high quality, and has potential in various portable applications. The type of fuel cell commonly used in portable applications is a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC). PEMFC uses hydrogen fuel which in the electrochemical process produces electricity, water and heat. This research is focused on improving the performance of PEMFC with a platinum catalyst supported by Vulcan XC 72 – reduced graphene oxide (Pt/VC-rGO). The methods used are the modified Hummer method and the impregnation method. The masses of VC and rGO were varied into 3 types, the first (0.1 gr Pt : 0.3 gr VC : 0.1 gr rGO), the second (0.1 gr Pt : 0.2 gr VC : 0.2 gr rGO), and the third (0.1 gr Pt : 0.1 gr VC : 0.3 gr rGO). The results of the cyclic voltametry test show that the results of the 0.1 gr Pt, 0.1 gr VC, and 0.3 gr rGO variations obtained better results than the three variations which showed a potential range of 0.6-0.9 V and a current of 0.0001 A.

Keywords: fuel cell, PEMFC, Synthesis, Catalyst, Pt/VC-rGO, Reduced graphene oxide

1. Pendahuluan

Di era *modern* saat ini, penggunaan bahan bakar fosil terus meningkat, tetapi ketersediaannya diperkirakan akan habis dalam waktu dekat [1]. Peningkatan ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah penduduk yang semakin aktif dalam berbagai kegiatan yang membutuhkan banyak energi. Seiring dengan mobilitas penduduk dan kemajuan teknologi yang tidak dapat dihindari, diperlukan sumber energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil [2]. Salah satunya menggunakan energi listrik yang bisa didapatkan dari mengubah bahan bakar energi kimia seperti hidrogen, gas alam, metanol, etanol, dan lain-lain [3].

Perkembangan saat ini, alat portabel dan kendaraan transportasi yang menggunakan energi listrik telah diteliti dan dikembangkan [4]. Penggunaan kendaraan listrik saat ini sebagian besar masih bergantung pada baterai sebagai sumber energi listrik, meskipun baterai memiliki keterbatasan dalam kapasitas

penyimpanan dan memerlukan waktu lama untuk pengisian. Namun, beberapa penelitian mulai berfokus pada energi listrik yang berbasis fuel cell [5]. *Fuel cell* adalah teknologi energi hijau yang ramah lingkungan, berkualitas tinggi, dan memiliki potensi untuk diterapkan dalam berbagai bidang, seperti listrik portabel dan stasioner [6]. Salah satu jenis *fuel cell* yang cocok untuk aplikasi portabel adalah proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) [7]. Penggunaan PEMFC memiliki dampak lingkungan yang positif karena memanfaatkan hidrogen sebagai bahan bakar, yang melalui proses elektrokimia menghasilkan listrik, air, dan panas [2]. Dalam sintesis PEMFC, katalis memiliki peran yang sangat penting, di mana katalis yang umum digunakan adalah Platina yang didukung oleh karbon (Pt/C). Kinerja katalis Pt/C dapat ditingkatkan dengan mengatasi kekurangan pada masing-masing komponennya [7]. Vulcan XC 72 (VC) dianggap sebagai alternatif pengganti karbon, karena memiliki

luas permukaan yang besar, porositas yang sesuai, ketahanan korosi yang tinggi, serta konduktivitas listrik yang baik [8]. *Reduced graphene oxide* (rGO) yang dihasilkan dari oksidasi graphene kini dianggap sebagai material yang potensial untuk dikembangkan karena sifat-sifat unggulnya, seperti konduktivitas listrik yang tinggi, konduktivitas termal, dan luas permukaan yang tinggi[9].

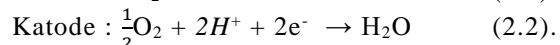
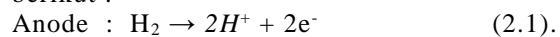
Tujuan dari dilakukannya penelitian ini, yaitu untuk meningkatkan performa PEMFC dengan katalis platina yang didukung Vulcan XC 72 – *reduced graphene oxide* (Pt/VC-rGO) dengan variasi perbandingan massa. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah, bagaimana karakteristik tegangan-arus listrik katalis Pt/VC-rGO yang dikembangkan dengan variasi perbandingan massa Vulcan XC 72 dan rGO. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dari luasnya permasalahan yang ada, maka perlu dilakukan pembatasan. Dalam penelitian ini batasan yang dijaga seperti, kemurnian bahan dan material dari katalis yang digunakan sesuai dengan standar yang dikeluarkan oleh pabrikan, dan suhu dan tekanan yang dianggap konstan.

2. Dasar Teori

2.1 Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)

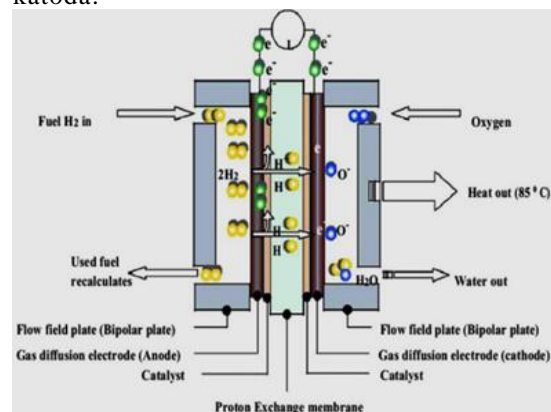
PEMFC merupakan salah satu jenis *fuel cell* yang paling umum digunakan. PEMFC bekerja dengan elektrolit yang menghantarkan ion hidrogen (H^+) dari anoda ke katoda dan memisahkan gas reaktan pada kedua sisinya. Nafion digunakan sebagai membran elektrolit polimer pada PEMFC, karena material ini memiliki sifat penghantar proton yang tinggi dan konduktivitas yang lebih baik untuk membran tipis, dengan ketebalan yang biasanya dijaga di bawah $200 \mu m$ [10].

Seperti yang digambarkan dalam Gambar 1 proses kerja PEMFC beroperasi dengan menggunakan reaksi redoks yang melibatkan hidrogen di anoda dan oksigen di katoda. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Elektron yang dihasilkan dari reaksi hidrogen di anoda (Pers. 2.1) akan mengalir ke elektrode katoda, di mana mereka terlibat dalam reaksi dengan oksigen (Pers. 2.2) untuk menghasilkan listrik. Pada saat bersamaan, proton yang dihasilkan dari reaksi pertama bergerak menuju katoda melalui elektrolit polimer untuk berpartisipasi dalam reaksi

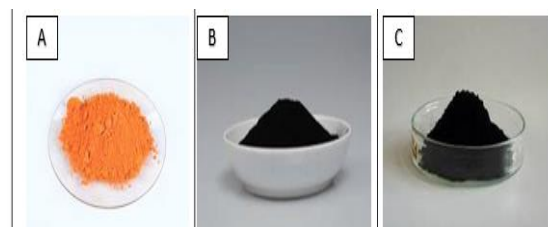
kedua, yang pada akhirnya menghasilkan air di katoda.



Gambar 1. Proses kerja PEMFC [17].

2.2. Material Sintesis

Platina (Pt), yang ditampilkan pada Gambar 2 (A), adalah katalis yang paling sering digunakan dalam PEMFC karena kestabilannya selama reaksi hidrogen dan oksigen di anoda dan katoda. Katalis Pt berbentuk nanopartikel yang terdistribusi di permukaan partikel karbon yang lebih besar sebagai material pendukung [11]. Vulcan XC 72 (VC), seperti yang terlihat pada Gambar 2 (B), adalah bahan pendukung dan campuran katalis Pt yang paling sering digunakan dalam PEMFC. Sebagai material pendukung untuk platina, VC memiliki berbagai karakteristik penting, termasuk stabilitas termal untuk memperpanjang masa pakai katalis, kimia permukaan yang memengaruhi reaktivitas katalitik, serta luas permukaan (morfologi) yang membantu dalam mendistribusikan platina secara merata di permukaan VC [8]. *Reduced graphene oxide* (rGO) yang ditampilkan pada Gambar 2 (C) memiliki beberapa sifat penting, termasuk luas permukaan spesifik yang tinggi yang dibutuhkan untuk katalis, kemampuan dispersi dan absorpsi yang baik, serta sifat mekanik yang memberikan stabilitas dan daya tahan yang baik, sehingga meningkatkan masa pakai katalis[12].



Gambar 2. (A) Platina, (B) Vulcan XC 72, (C) rGO

2.3 Metode Sintesis Material

2.3.1 Metode Hummer yang Dimodifikasi

Pada sintesis rGO, digunakan metode Hummers yang telah dimodifikasi. Metode ini digunakan untuk menghasilkan *graphene oxide* melalui sintesis *graphene*, kemudian dilakukan proses reduksi untuk memperoleh *reduced graphene oxide*. Keunggulan metode ini meliputi biaya produksi yang rendah, penggunaan bahan yang tidak berbahaya, hasil material yang lebih banyak, waktu proses yang relatif cepat, serta tingkat keamanan reaksi yang baik [13].

2.3.2 Metode Impregnasi

Pada sintesis Pt/VC-rGO, digunakan metode reduksi impregnasi. Dalam metode ini, preparasi katalis dilakukan dengan mencampurkan prekursor logam aktif dengan material pendukungnya [14]. Metode ini tidak menghasilkan partikel dengan dispersi tinggi, namun dapat meningkatkan aktivitas katalitik dari katalis [15].

2.4. Karakteristik Katalis

Cyclic Voltammetry (CV) adalah metode elektrokimia yang digunakan untuk menganalisis sifat tegangan-arus listrik, superkapasitor, atau perangkat penyimpanan energi. Pengujian CV menghasilkan voltammogram dengan cara mengukur arus pada elektroda kerja selama pemindaian potensial [16].

3. Metode penelitian

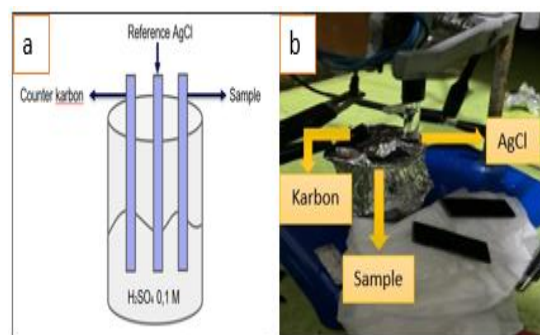
Pada penelitian ini menggunakan tiga variasi massa dari VC dan rGO. Dengan variasi masing-masing 0.3 gr VC – 0.1 gr rGO, 0.2 gr VC – 0.2 gr rGO, dan 0.1 gr VC – 0.3 gr rGO. Metode yang digunakan adalah metode Hummer dimodifikasi dan reduksi Impregnasi. Dalam metode Hummer yang dimodifikasi serbuk grafit alami disintesis dengan material bahan pendukung sehingga menjadi *graphene oxide*(GO). Setelah itu dilakukan metode reduksi Impregnasi dimana Pt, Vulcan xc 72, dan GO disintesis dalam larutan yang ditambahkan etilen glikol sehingga menjadi katalis Pt/VC-rGO. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik elektrokimia hubungan tegangan-arus yang di hasilkan dengan pengujian CV.

3.1. Metode Pengujian

Dalam penelitian ini menggunakan alat uji CV tipe BST8-Stat dengan skema pada kurva uji CV dengan rentang potensial 0-2 V dengan scan rate 0.1 mV/s. Ketika dilakukan pemindaian dari potensial yang rendah ke tinggi, terjadi reaksi oksidasi, sementara jika

pemindaian dilakukan dari potensial yang tinggi ke rendah, terjadi reaksi reduksi. Dalam proses reduksi, arus puncak yang dihasilkan disebut arus puncak katodik dan potensial puncaknya disebut potensial puncak katodik. Sebaliknya, dalam reaksi oksidasi, arus puncak yang dihasilkan disebut arus puncak anodik dan potensial puncaknya disebut potensial puncak anodik.

Salah satu komponen yang sangat penting digunakan dalam uji ini adalah elektroda. Elektroda berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi elektrokimia, mengukur respons listrik, dan stabilitas. Pada pengujian ini menggunakan 3 elektroda yaitu *reference*, *counter*, dan sampel (*working*). Seperti yang terlihat pada Gambar 3 (a) Skema pengujian dan Gambar 3 (b) Proses pengujian, elektroda *reference* menggunakan AgCl, elektroda *counter* menggunakan karbon, dan elektroda *working* menggunakan sampel katalis Pt/VC-rGO.



Gambar 3. (a) Skema pengujian, (b) Proses pengujian.

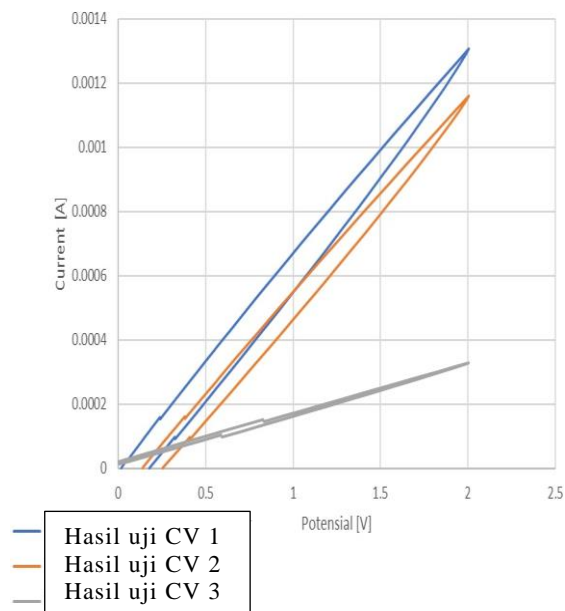
4. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan sintesis katalis Pt/VC-rGO selanjutnya melakukan pengujian CV. Nantinya akan mendapatkan data hasil dari pengujian yang dapat diolah pada excel maupun aplikasi pengolah data lainnya.

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4 hasil dari uji CV yang dimana garis berwarna biru menunjukkan hasil dari variasi (1), garis berwarna kuning dari variasi (2), dan garis berwarna abu-abu dari variasi (3).

Pada hasil kurva uji yang didapatkan variasi 3 menunjukkan hasil yang lebih baik dimana tingkat arus dan rentang potensialnya lebih tinggi dibanding variasi 1, dan variasi 2 dengan menunjukkan rentang potensial 0.6-0.9 V serta current 0,0001 A. Hal ini menunjukkan bahwa material rGO yang dijadikan katalis pendukung ini memiliki nilai konduktivitas yang tinggi. Selain itu juga rGO memberikan dukungan struktural yang stabil untuk Pt

sebagai katalis utama, dan dispersinya yang merata di seluruh permukaan material. Pada variasi 1 titik awal arus berada diatas variasi 2 dan selanjutnya mengalami peningkatan hingga pada puncaknya juga berada diatas variasi 2 hal ini tidak sesuai dengan variasi massa rGO yang digunakan karena pada variasi 2 penggunaan rGO mempunyai massa yang sama dengan VC.



Gambar 4. Hasil kurva uji CV

5. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, maka diperoleh kesimpulan hubungan tegangan arus-listrik yang dihasilkan masing-masing variasi menunjukkan adanya hubungan tegangan arus-listrik. Selain itu juga uji CV ini efektif dalam mengevaluasi karakteristik elektrokimia material, termasuk konduktivitas, kapasitas penyimpanan energi, dan reaktivitas katalitik. Pada hasil variasi 3 menunjukkan hasil yang lebih baik dari ketiga variasi yang dilakukan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Olabi, A. G., Wilberforce, T., & Abdelkareem, M. A. (2021). Fuel cell application in the automotive industry and future perspective. *Energy*, 214, 118955.
- [2] Padang, Y. A., Mirmanto, M. M., Syahrul, S. S., Sinarep, S. S., & Pandiatmi, P. P. (2020). Pemanfaatan energi alternatif dan terbarukan. *Jurnal Karya Pengabdian*, 2(2), 77-84.
- [3] 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.
- [4] Rath, R., Kumar, P., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2019). Recent advances, unsolved deficiencies, and future perspectives of hydrogen fuel cells in transportation and portable sectors. *International Journal of Energy Research*, 43(15), 8931-8955.
- [5] Singla, M. K., Nijhawan, P., & Oberoi, A. S. (2022). Cost-benefit comparison of fuel cell-based and battery-based renewable energy systems. *International Journal of Energy Research*, 46(2), 1736-1755.
- [6] Wang, J., Wang, H., & Fan, Y. (2018). Techno-economic challenges of fuel cell commercialization. *Engineering*, 4(3), 352-360.
- [7] Chen, Y., Jian, Q., Huang, Z., Zhao, J., Bai, X., & Li, D. (2021). Improvement of thermal management of proton exchange membrane fuel cell stack used for portable devices by integrating the ultrathin vapor chamber. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(74), 36995-37006.
- [8] Rahman, M. M., Inaba, K., Batnyagt, G., Saikawa, M., Kato, Y., Awata, R., ... & Takeguchi, T. (2021). Synthesis of catalysts with fine platinum particles supported by high-surface-area activated carbons and optimization of their catalytic activities for polymer electrolyte fuel cells. *RSC advances*, 11(33), 20601-20611.
- [9] Razaq, A., Bibi, F., Zheng, X., Papadakis, R., Jafri, S. H. M., & Li, H. (2022). Review on graphene-, graphene oxide-, reduced graphene oxide-based flexible composites: From fabrication to applications. *Materials*, 15(3), 1012.
- [10] Olabi, A. G., Wilberforce, T., & Abdelkareem, M. A. (2021). Fuel cell application in the automotive industry and future perspective. *Energy*, 214, 118955.
- [11] Okonkwo, P. C., Belgacem, I. B., Emori, W., & Uzoma, P. C. (2021). Nafion degradation mechanisms in proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) system: A review. *International journal of hydrogen energy*, 46(55), 27956-27973.
- [12] Do Nascimento, Jéssica Rabelo, et al. "Synthesis of reduced graphene oxide as a support for nano copper and palladium/copper catalysts for selective NO reduction by CO." *ACS omega* 5.40 (2020): 25568-25581.

- [13] Marcano, D. C., Kosynkin, D. V., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., ... & Tour, J. M. (2010). Improved synthesis of graphene oxide. *ACS nano*, 4(8), 4806-4814
- [14] Anindita, F., Permana, D., & Said, H. (2023). Sintesis Dan Karakterisasi Katalis CaO/K₂O dari Batu Gamping untuk Produksi Biodiesel. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 15(1), 30-36.
- [15] Mehrabadi, B. A., Eskandari, S., Khan, U., White, R. D., & Regalbuto, J. R. (2017). A review of preparation methods for supported metal catalysts. *Advances in catalysis*, 61, 1-35.
- [16] Pandiarajan, M., & Rajendran, S. (2016). Applications of Cyclic voltamme. *Int J Nano Corr Sci and Engg*, 3(4), 166-180.
- [17] Habib, M. S., Salam, M. A., Ahmed, K., Uddin, M. S., Hossain, T., Papri, N., ... & Arefin, P. (2021). Proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) durability factors, challenges, and future perspectives: a detailed review. *Material Science Research India (Online)*, 18(2), 217-234.



I Made Joni menyelesaikan studi program S1 di Universitas Padjadjaran tahun 1998. S2 di Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India tahun 2000. Dan S3 di Hiroshima University Japan pada tahun 2011.

Bidang penelitian yang diminati adalah teknologi nano partikel dan perkembangan baterai Saat ini beliau bekerja pada Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran.



Made Suarda menyelesaikan studi S1 tahun 1989 program studi Teknik Permesinan Kapal di Universitas ITS Surabaya, Jawa Timur. Kemudian menyelesaikan studi S2 tahun 2004 program studi Advanced Manufacturing Technology di University of South Australia.

Bidang penelitian yang diminati adalah mengenai modelling dan simulasi planar mechanism using bondgraph. Analisis dinamika fluida pada pompa. Saat ini beliau bekerja sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana.



I Made Edwin Wismaya menyelesaikan studi S1 pada tahun 2024 Universitas Udayana Bali dengan program studi Teknik Mesin.

Bidang penelitian yang diminati adalah konversi energi mengenai pengembangan katalis dari Proton Exchange Membrane Fuel Cell



Ketut Astawa menempuh studi S1 tahun 1996 program studi Teknik Mesin di Universitas Udayana, Bali. Kemudian menyelesaikan studi S2 program studi teknik mesin tahun 2006 di Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.

Bidang penelitian yang diminati adalah konversi energi meliputi perencanaan ketel uap serta topik mengenai kolektor surya. Saat ini beliau bekerja sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana.



Made Sucipta menyelesaikan studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya pada tahun 1998. S2 di Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya 2001. Serta S3 di Shibaura Institute of Technology, Jepang 2007, dan Profesi di Universitas Udayana, Bali tahun 20020.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan *fuel cell*, penyimpan energi, dan *green energy*. Saat ini beliau bekerja sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana.