

# Sintesis Katalis Platina-Titanium Dioksida Didukung Vulcan XC-72 dan Karakterisasinya Menggunakan Pengujian Cyclic Voltammetry

Amelia Situmorang<sup>1</sup>, Made Joni<sup>2</sup>, Made Suarda<sup>1</sup>, Ketut Astawa<sup>1</sup>, Made Sucipta<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin - Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

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

## Abstrak

Mengganti bahan bakar fosil menjadi energi hidrogen menjadi solusi untuk mengurangi masalah lingkungan dan permintaan energi bahan bakar fosil yang semakin meningkat. Energi listrik yang dihasilkan dari energi hidrogen dapat menggunakan Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) yang salah satu komponen utamanya adalah katalis untuk memfasilitasi terjadinya reaksi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengurangi penggunaan platina sebagai material utama katalis dengan sintesis material Platina, TiO<sub>2</sub> dan Vulcan XC-72 dengan memvariasikan massa pada tiga sampel katalis. Sintesis katalis dilakukan dengan dua metode yaitu metode hidrotermal dan fotodeposisi. Katalis yang disintesis dilakukan uji cyclic voltammetry (CV) untuk mengetahui adanya respon arus terhadap potensial sebagai tanda bahwa katalis tersebut layak digunakan sebagai katalis pada PEMFC. Dari variasi massa pada sampel katalis ditemukan bahwa Sampel 3 dengan massa platina terbanyak menunjukkan hasil yang paling baik pada uji CV yaitu memiliki puncak arus yang paling tinggi dari sampel katalis yang lain.

**Kata Kunci:** Katalis, PEMFC, Sintesis, Uji Cyclic Voltammetry

## Abstract

Replacing fossil fuels with hydrogen energy is a solution to reduce environmental problems and the increasing demand for fossil fuel energy. The electrical power generated by hydrogen energy can use a Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC), one of the main components of which is a catalyst to facilitate the reaction. The main objective of this research is to reduce the use of platinum as the main catalyst material by synthesizing platinum, TiO<sub>2</sub>, and Vulcan XC-72 materials which are varied in mass on three catalyst samples. Catalyst synthesis was prepared through two methods, namely hydrothermal and photo-deposition methods. The synthesized catalysts were subjected to a cyclic voltammetry (CV) test to determine the current response to potential. The result will indicate that the catalyst is suitable for use in PEMFC. From the mass variation in the catalyst samples, it was found that Sample 3 with the highest mass of platinum showed the best results in the CV test, which had the highest current peak of the other catalyst samples.

**Keywords:** Catalyst, PEMFC, Synthesis, Cyclic Voltammetry Test.

## 1. Pendahuluan

Pemanasan global dan perubahan iklim yang ekstrim meningkat dari tahun ketahun menjadi perhatian dunia serta memerlukan penanganan yang cepat. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya emisi dari bahan bakar utama yang digunakan masyarakat yaitu fosil. Bahan bakar fosil yang digunakan bermacam-macam mulai dari gas alam, batubara dan juga minyak bumi. Meskipun bahan bakar fosil telah menjadi sumber bahan bakar dalam jangka waktu yang lama dan memainkan peran penting dalam penggunaan energi sehari hari, namun dampak yang ditimbulkan tidak dapat diabaikan [1].

Selain itu penggunaan bahan bakar fosil secara terus menerus mengakibatkan penipisan bahan bakar dikarenakan bahan bakar fosil tidak dapat diperbaharui sehingga masyarakat memerlukan energi alternatif yang lebih ramah

lingkungan dan mudah diperoleh. Salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan diperkirakan akan menjadi sumber energi masa depan adalah hidrogen. Hidrogen memiliki kepadatan energi tinggi tanpa menghasilkan emisi dan aman untuk lingkungan.

Salah satu teknologi yang memanfaatkan hidrogen sebagai bahan bakar adalah *fuel cell* yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan mesin pembakaran konvensional. Hidrogen dimanfaatkan oleh *fuel cell* dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang menghasilkan emisi berupa air dan panas. *Fuel cell* dapat beroperasi dengan efisiensi yang tinggi hingga mencapai lebih dari 60% [2].

Salah satu jenis *fuel cell* yang memiliki banyak keunggulan dibanding dengan *fuel cell* lain adalah *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) karena memiliki efisiensi yang tinggi terutama dalam mengubah energi kimia

menjadi energi listrik. Selain itu kelebihan dari PEMFC, yaitu tingkat kebisingan dan suhu yang rendah saat sedang beroperasi, dan memiliki masa pakai yang lama. Salah satu bagian terpenting dari PEMFC adalah Katalis. Katalis menjadi tempat terjadinya reaksi kimia secara langsung pada PEMFC untuk mengubah hidrogen menjadi energi listrik [3].

Sejauh ini katalis dengan material platinum yang didukung karbon menjadi kinerja terbaik sebagai katalis yang banyak digunakan. Karbon memiliki keunggulan yakni memiliki konduktivitas listrik yang tinggi dan biaya yang rendah. Salah satu jenis karbon yang banyak digunakan adalah Vulcan XC-72 yang mampu meningkatkan aktivasi pada platina. Tetapi, Pt/Vulcan XC-72 memiliki kesulitan komersial karena selain harga platina yang mahal, terjadi juga masalah degradasi, aglomerasi dan korosi pada karbon [4].

Strategi yang digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah menggunakan material berstruktur nano seperti Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) untuk menghasilkan kinerja terbaik PEMFC.  $\text{TiO}_2$  secara termodinamika memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korositas serta stabilitas termal dan elektrokimia yang baik didalam katalis. Katalis dengan campuran material  $\text{TiO}_2$  menunjukkan stabilitas dan daya tahan yang baik sehingga cocok dijadikan sebagai material pada katalis. Meskipun  $\text{TiO}_2$  memiliki konduktivitas yang rendah karena merupakan semi konduktor namun hal tersebut bisa diatasi dengan penggabungan  $\text{TiO}_2$  dan Vulcan XC-72. Sintesis katalis Pt/Vulcan XC-72 dengan substitusi nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dari Pt akan menjadi solusi yang efektif dalam peningkatan aktivitas elektrokimia untuk ORR karena memiliki konduktivitas yang tinggi dan mengurangi aglomerasi partikel pada katalis PEMFC [5].

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini, yaitu untuk menganalisis hubungan arus listrik terhadap perubahan potensial dari katalis Pt. $\text{TiO}_2$ /Vulcan XC-72. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dari luasnya permasalahan yang ada, maka perlu dilakukan pembatasan yaitu kemurnian bahan dan material katalis yang digunakan sesuai dengan standar yang tersedia secara komersial, parameter lingkungan tertentu seperti temperatur dan tekanan diasumsikan konstan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Hidrogen

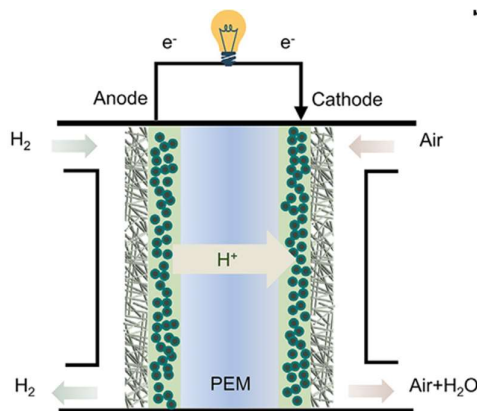
Hidrogen merupakan bahan bakar alternatif baru dalam mengatasi isu lingkungan dan krisis energi fosil dengan jejak nol emisi gas rumah kaca. Hidrogen dapat digunakan dalam berbagai sektor beberapa diantaranya untuk

menggerakkan kendaraan, pembangkit listrik, produksi baja, pengolahan logam, produksi pupuk dan lain-lain. Secara umum aplikasi yang banyak dikembangkan menggunakan energi hidrogen adalah sektor transportasi dan produksi panas listrik [4].

### 2.2. Proton Exchange Membrane Fuel Cell

Proses elektrokimia pada PEMFC akan mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia. PEMFC menjadi sumber energi yang menjanjikan karena menghasilkan energi yang rendah polusi, memiliki efisiensi konversi energi yang tinggi dan memiliki suhu pengoperasian yang rendah [6].

Prinsip skema dasar PEMFC ditunjukkan pada Gambar 1, dimana pada sisi *anode* terjadi *hydrogen oxidation reaction* (HOR) dan disisi *cathode* terjadi *oxygen reduction reaction* (ORR).



Gambar 1. Skema dasar PEMFC [6]

### 2.3. Katalis

Katalis merupakan salah satu komponen penting dalam kinerja PEMFC. Katalis diterapkan pada membran untuk memfasilitasi terjadinya reaksi dan memainkan peran penting selama pengoperasian. Untuk itu bahan pendukung dari katalis menjadi hal yang penting terutama dalam meningkatkan stabilitas, peningkatan kinerja katalitik dan daya tahan katalis dengan material seperti zat berbasis karbon [7].

### 2.4. Material Sintesis

Platina menjadi material katalis yang paling utama dan banyak digunakan. Platina memiliki sifat katalitik dan adsorpsi hidrogen yang menjadikan platina menjadi bahan utama penyusunan katalis. Platina juga memiliki ketahanan korosi yang tinggi sehingga banyak digunakan untuk berbagai aplikasi meskipun harganya sangat mahal [8].

TiO<sub>2</sub> menjadi salah satu material penyusun katalis yang merupakan nanopartikel yang bersifat semikonduktor. Namun keunggulan utama TiO<sub>2</sub> adalah ketahanan korosi dan kestabilan sehingga kondisi pengoperasian baik meskipun dalam lingkungan asam dan suhu tinggi. Disamping itu TiO<sub>2</sub> memiliki konduktivitas rendah, namun strategi yang paling umum digunakan untuk meningkatkan konduktivitas adalah dengan mencampur dengan bahan konduktif seperti karbon dan platina [9].

Vulcan XC-72 digunakan sebagai wadah permukaan untuk menempelnya nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan Platina sebagai material penyusun katalis. Vulcan XC-72 memiliki luas permukaan besar sebagai media dispersi Platina dan nanopartikel TiO<sub>2</sub> [4]. Material yang digunakan pada sintesis katalis tersebut ditunjukkan seperti Gambar 2.



Gambar 2. (a) H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>, (b) TiO<sub>2</sub>, dan (c) Vulcan XC-72

### 3. Metode penelitian

#### 3.1 Metode Sintesis Katalis

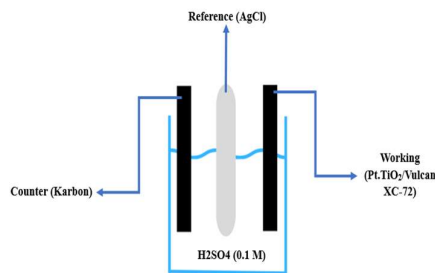
Sintesis katalis ini dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode hidrotermal dan fotodeposisi dengan memvariasikan massa masing-masing material. Sampel 1 dengan variasi 0,3 gr Vulcan XC-72; 0,15 gr TiO<sub>2</sub>; 0,05 gr Pt, Sampel 2 dengan variasi massa 0,3 gr Vulcan XC-72; 0,10 gr TiO<sub>2</sub>; 0,10 gr Pt, dan Sampel 3 dengan variasi massa 0,3 gr Vulcan XC-72; 0,05 gr TiO<sub>2</sub>; 0,15 gr Pt. Metode hidrotermal digunakan untuk mensintesis material Vulcan XC-72 dengan TiO<sub>2</sub>. Material Vulcan XC-72 dicampur dengan etanol sebanyak 35 ml dan dilakukan ultrasonikasi selama 1 jam. Campuran tersebut kemudian ditambahkan material TiO<sub>2</sub> dan diultrasonikasi selama 2 jam dan kemudian dimasukkan kedalam *autoclave* untuk dioven selama 8 jam dengan temperatur 180°C. Selanjutnya campuran dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan pada oven vakum untuk menghasilkan *powder* katalis.

Setelah berhasil dilakukan sintesis berupa *powder* pada dua material tersebut selanjutnya dilakukan sintesis H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> menggunakan metode fotodeposisi. Vulcan XC-72. TiO<sub>2</sub> dilarutkan kembali menggunakan metanol 100 ml dan diultrasonikasi selama 1 jam.

Campuran tersebut kemudian dimasukkan kedalam reaktor kaca untuk dilakukan pembersihan menggunakan nitrogen selama 1 jam dan dilakukan penyinaran selama 5 jam. Campuran tersebut dicuci menggunakan etanol dan aquades kemudian dikeringkan didalam oven vakum untuk menghasilkan *powder* katalis Pt.TiO<sub>2</sub>/Vulcan XC-72. Katalis yang berhasil disintesis dilakukan uji *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk mengetahui respon tegangan-arus dari katalis.

#### 3.2 Metode Uji

Uji cyclic voltammetry (CV) merupakan teknik elektrokimia yang digunakan untuk mengukur arus yang berkembang sebagai respon dari elektroda kerja terhadap pengaruh potensial. Pengujian yang menggunakan alat uji BST8-STAT yang dihubungkan ke komputer untuk mendapatkan hasil uji. Pengujian memerlukan 0,1 gr *powder* katalis dengan campuran etanol. Campuran tersebut di-*coating* diatas akrilik untuk dilakukan pengujian. Semua pengukuran elektrokimia dilakukan dengan tiga pengaturan yang dilengkapi dengan AgCl sebagai *reference electrode*, lembaran karbon sebagai *counter electrode*, dan sampel katalis Pt.TiO<sub>2</sub>/Vulcan XC-72 sebagai *working electrode* yang secara skematik ditunjukkan pada Gambar 3.

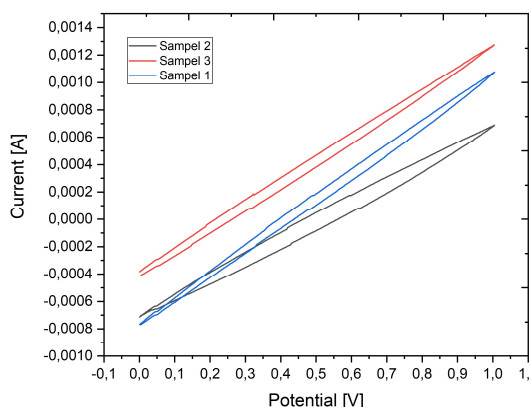


Gambar 3. Workstation uji Cyclic Voltammetry

#### 4. Hasil Uji Cyclic Voltammetry

Dari penelitian ini, tiga sampel katalis berhasil disintesis dengan metode hidrotermal dan fotodeposisi menghasilkan respon arus terhadap potensial dari hasil uji CV. Dari hasil uji CV pada ketiga sampel katalis, grafik pada Sampel 3 dengan jumlah Pt terbanyak menunjukkan puncak arus yang lebih tinggi dibanding Sampel 2 dan Sampel 1 yang menggunakan variasi massa Pt yang lebih sedikit dibandingkan Sampel 3. Puncak arus masing-masing sampel dapat dilihat dan dibandingkan seperti pada Gambar 4.

Dari hasil uji CV, Sampel 3 menunjukkan puncak arus 0,0014A, pada Sampel 2 puncak arus 0,0008A dan Sampel 1 puncak arus di 0,0010A.



Gambar 4. Hasil uji CV seluruh Sampel

Hasil puncak arus yang paling tinggi pada Sampel 3 dapat disebabkan oleh platina sebagai material utama yang digunakan pada sintesis katalis ini memiliki konduktivitas listrik yang tinggi. Jadi, semakin banyak penggunaan platina maka semakin baik pula konduktivitas listrik pada katalis. Sedangkan Sampel 1 dengan jumlah platina paling sedikit dari semua sampel menunjukkan titik awal arus yang lebih kecil yaitu di  $-0,0008\text{A}$  sedangkan pada sampel 2 di  $-0,0007\text{A}$  yang artinya Sampel 1 berada dibawah Sampel 2.

Namun dalam prosesnya Sampel 1 mengalami peningkatan yang signifikan hingga melewati puncak arus pada Sampel 2. Hal ini dikarenakan katalis pada Sampel 1 mengalami aglomerasi pada pengujian sebelumnya. Dari uji CV ini terbukti bahwa sampel dengan jumlah variasi platina terbanyak memiliki puncak arus yang lebih tinggi. Dan setiap sampel katalis yang disintesis menunjukkan respon elektrokimia pada uji CV tersebut.

## 5. Kesimpulan

Hubungan potensial arus listrik yang dihasilkan masing masing sampel menunjukkan adanya hubungan positif antara potensial yang diterapkan dan arus yang dihasilkan oleh katalis. Peningkatan arus seiring dengan peningkatan potensial menunjukkan bahwa katalis memiliki aktivitas elektrokimia. Dari hasil ketiga sampel, Sampel 3 dengan material platina terbanyak menunjukkan puncak arus yang paling tinggi dari sampel yang lain dengan variasi platina lebih sedikit.

## Daftar Pustaka

- [1] Hosseini, S. E. (2022). Transition away from fossil fuels toward renewables: lessons from Russia-Ukraine crisis. *Future Energy*, 1(1).
- [2] Jamal, T., Shafiullah, G. M., Dawood, F., Kaur, A., Arif, M. T., Pugazhendhi, R.,

Elavarasan, R. M., & Ahmed, S. F. (2023). Fuelling the future: An in-depth review of recent trends, challenges and opportunities of hydrogen fuel cell for a sustainable hydrogen economy. In *Energy Reports* (Vol. 10, pp. 2103–2127).

- [3] Wei, Y., Xu, L., Li, Y., & Tan, J. (2022). Better Electrochemical Performance of PEMFC with a Symmetrical Serpentine Flow Field Bipolar Plate. *International Journal of Electrochemical Science*, 17.
- [4] Hanifah, M. F. R., Jaafar, J., Aziz, M., Othman, M. H. D., Ismail, A. F., A. Rahman, M., Wan Ikhsan, S. N., Ur Rehman, G., Abdul Ajid, A. Z., & Salleh, S. Z. (2020). Advanced Vulcan XC-72@PtNPs and graphite@PtNPs nanocomposite electrocatalyst towards electrooxidation of methanol: A comparison study. *Materials Today: Proceedings*, 46, 1889–1894.
- [5] Wang, J., Xu, M., Zhao, J., Fang, H., Huang, Q., Xiao, W., Li, T., & Wang, D. (2018). Anchoring ultrafine Pt electrocatalysts on TiO<sub>2</sub>-C via photochemical strategy to enhance the stability and efficiency for oxygen reduction reaction. *Applied Catalysis B: Environmental*, 237, 228–236.
- [6] Wang, Z., Liu, Z., Fan, L., Du, Q., & Jiao, K. (2023). Application progress of small-scale proton exchange membrane fuel cell. *Energy Reviews*, 2(2).
- [7] Hindson, W. A., & James, S. (2024). Effects of surface modification on a proton exchange membrane for improvements in green hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 49, 1040–1047
- [8] Kolbadinejad, S., & Ghaemi, A. (2023). Recovery and extraction of platinum from spent catalysts: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7.
- [9] Lavacchi, A., Bellini, M., Berretti, E., Chen, Y., Marchionni, A., Miller, H. A., & Vizza, F. (2021). Titanium dioxide nanomaterials in electrocatalysis for energy. In *Current Opinion in Electrochemistry* (Vol. 28).



**Amelia Situmorang** melanjutkan studi di Program Sarjana Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2020. Bidang penelitian yang diminati adalah *sustainable energy*, salah satunya adalah hydrogen energy yang saat ini ditekuni sebagai topik penelitian tugas akhir.