

**PENGARUH VARIASI SUBSTRAT DAN TEGANGAN PADA PRODUKSI GAS HIDROGEN (H<sub>2</sub>) DENGAN *MICROBIAL ELECTROLYSIS CELL* (MEC) *DUAL CHAMBER* MENGGUNAKAN LIMBAH KULIT NANAS SELAMA 20 JAM**

***INFLUENCE OF SUBSTRATE AND VOLTAGE VARIATIONS IN HYDROGEN GAS (H<sub>2</sub>) PRODUCTION WITH MICROBIAL ELECTROLYSIS CELL (MEC) DUAL CHAMBER USING PINEAPPLE PEEL WASTE FOR 20 HOURS***

Nadia Agrippina Sirait<sup>1</sup>, M. Ramdhan Kirom<sup>2</sup>, Nurwulan Fitriyanti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>nadiagripina@telkomuniversity.ac.id , <sup>2</sup>mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id ,

<sup>3</sup>nurwulanf@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**

*Microbial Electrolysis Cell* (MEC) merupakan teknologi yang relatif baru untuk memproduksi gas hidrogen (H<sub>2</sub>). Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh dari variasi substrat yang difermentasikan dan tidak difermentasikan serta melihat pengaruh besar tegangan terhadap gas hidrogen yang dihasilkan. Pada penelitian ini menggunakan substrat kulit nanas. Akan terdapat dua varian substrat yaitu fermentasi dan tidak fermentasi. Kedua substrat tersebut akan di *pre-treatment* terlebih dahulu. Reaktor MEC menggunakan dua bilik, substrat akan dimasukkan ke anoda dan pada bilik katoda akan menjadi tempat gas hidrogen terbentuk. Pada kedua bilik ini akan dihubungkan dengan jembatan garam. *Powersupply* akan menjadi sumber tegangan untuk diinjeksikan sehingga gas hidrogen (H<sub>2</sub>) dapat terbentuk. Pada pengujian didapatkan hasil bahwa MEC menggunakan kulit nanas dapat menghasilkan gas hidrogen. Pada 1.2 Volt mendapatkan gas terbanyak yaitu sebesar 1546 PPM (difermentasikan) dan 1064 PPM (tidak difermentasikan). Tegangan dan Jenis Substrat sangat berpengaruh pada produksi gas hidrogen.

**Kata kunci :** MEC, Gas Hidrogen, Substrat, Tegangan

**Abstract**

*Microbial Electrolysis Cell* (MEC) is a relatively new technology for producing hydrogen gas (H<sub>2</sub>). The purpose of this research is to see the effect of fermented and unfermented substrate variations and to see the effect of voltage on the hydrogen gas produced. In this study using pineapple peel as a substrate. There will be two variants of the substrate that is fermented and not fermented. Both substrates will be *pre-treated* first. The MEC reactor uses two chambers, the substrate will be inserted into the anode and the cathode chamber will be where hydrogen gas is formed. The two chambers will be connected by a salt bridge. The power supply will be a voltage source to be injected so that hydrogen gas (H<sub>2</sub>) can be formed. In the test, it was found that MEC using pineapple peel can produce hydrogen gas. At 1.2 Volts, the most gas is 1546 PPM (fermented) and 1064 PPM (not fermented). Voltage and Substrate Type have a huge effect on hydrogen gas production.

**Keywords:** MEC, Hydrogen Gas, Substrate, Voltage.

**1. Pendahuluan**

Energi merupakan penopang untuk aktivitas manusia sehingga energi sangatlah diperlukan untuk keberlangsungan hidup manusia. Jenis-jenis energi sangatlah banyak, salah satunya energi bahan bakar [1]. Hidrogen (H<sub>2</sub>) merupakan salah satu yang bisa diolah menjadi bahan bakar dikarenakan sifatnya yang tidak berbau, tidak berwarna, serta mudah terbakar [2]. Produksi Gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) dapat diperoleh dengan metode proses elektrolisis, *steam reforming*, dan termokimia siklus *sulfur-iodine* [3]. Pada metode elektrolisis, masih tergolong mahal [1]. Maka untuk mendapatkan alternatif pada proses elektrolisis yaitu dengan memanfaatkan substrat organik yang tidak dipakai menjadi organisme bakteri melalui proses fermentasi atau foto produksi untuk merubah substrat tersebut menjadi energi hidrogen (H<sub>2</sub>) dengan tingkat kemurnian yang besar atau sering juga disebut dengan teknologi *Microbial Electrolysis Cell* (MEC) [1].

Pada penelitian ini akan menggunakan dua variasi substrat yaitu substrat yang difermentasikan dan tidak difermentasikan untuk meninjau pengaruh dari variasi substrat tersebut. Selain dari substrat tersebut, sumber tegangan sangat berpengaruh dalam produksi gas hidrogen ( $H_2$ ), tetapi untuk besar tegangan yang digunakan sekitar 0.2 hingga 1 volt, sehingga perlu dilakukan percobaan untuk melihat korelasi antara tegangan yang dijenjiskan dengan produksi gas hidrogen ( $H_2$ ) yang dihasilkan. Korelasi tersebut berfungsi untuk mengetahui besar tegangan yang paling baik untuk produksi gas hidrogen ( $H_2$ ).

Sistem MEC akan menggunakan substrat kulit nanas yang akan dicampur dengan lumpur sehingga menjadi mikroba elektrogen. Lumpur yang digunakan yaitu lumpur sawah dikarenakan pada lumpur sawah terdapat bakteri aktif yang lebih cepat tumbuh sehingga kandungan glukosa pada limbah akan diurai oleh mikroorganisme menjadi  $CO_2$ , elektron, dan proton [4]. Limbah yang mengandung mikroba elektrogen tersebut akan diinjeksikan ke sumber tegangan sehingga akan menghasilkan hidrogen ( $H_2$ ). Pada sistem MEC yang akan dibuat, memakai *Dual Chamber Reactor*. Pada *Dual Chamber Reactor* akan dipisahkan sebagai anoda dan katoda yang akan dihubungkan dengan jembatan garam. Bahan yang dipakai pada anoda yaitu seng dan pada katoda yaitu tembaga. Pada *Chamber* anoda diletakkan substrat dan pada *Chamber* katoda dimasukkan aquades. Sistem MEC ini akan dihitung dengan menggunakan alat ukur gas hidrogen ( $H_2$ ).

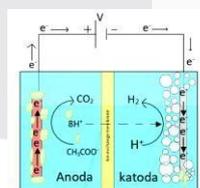
Penelitian ini menggunakan substrat kulit nanas yang tidak difermentasikan dan difermentasikan. Sehingga, pada penelitian ini akan dilihat apakah sistem MEC dengan menggunakan substrat kulit nanas akan menghasilkan gas hidrogen atau tidak. Selain itu juga, akan didapatkan pengaruh dari variasi substrat dan dapat diharapkan substrat yang tidak difermentasikan dapat menghasilkan gas hidrogen ( $H_2$ ) yang baik. Selain itu, pengaruh variasi tegangan juga diharapkan bisa menentukan besar tegangan yang baik untuk menghasilkan gas hidrogen ( $H_2$ ).

## 2. Dasar Teori dan Metode Penelitian

### 2.1 Microbial Electrolysis Cell (MEC)

*Microbial Electrolysis Cell* (MEC) merupakan teknologi yang relatif baru untuk memproduksi suatu gas hidrogen ( $H_2$ ). Sistem MEC pertama kali dibuat pada tahun 2005 [5]. Sistem MEC tersebut bekerja untuk mencapai sintesis bahan kimia pada katoda dengan adanya bantuan energi yang dihasilkan dari anoda. Pertama kali, MEC diproduksi dengan menggunakan air limbah [5]. Keuntungan dari memproduksi menggunakan sistem MEC yaitu konsumsi energi yang lebih sedikit daripada proses elektrolisis air biasa [5]. Selain itu, MEC juga menawarkan laju produksi gas hidrogen ( $H_2$ ) yang lebih tinggi untuk mendapatkan gas hidrogen ( $H_2$ ) dengan kemurnian yang sangat tinggi. Penjelasan ini membuat MEC lebih berpotensi menjadi teknologi yang hemat energi dengan kemurnian produk yang tinggi untuk menghasilkan suatu gas hidrogen ( $H_2$ ) [5]. Bakteri akan menggunakan proton sebagai penyerap elektron selama substrat organik difermentasikan dan bakteri tersebut yang akan menghasilkan hidrogen ( $H_2$ ).

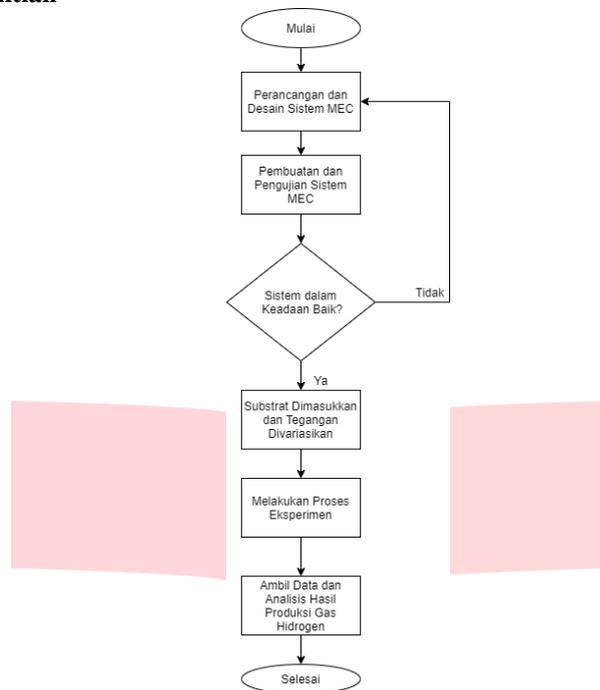
### 2.2 Prinsip Kerja MEC



Gambar 2.1 Prinsip Kerja MEC

MEC terdiri dari penerapan tegangan luar ke sistem elektrokimia yang berguna untuk proses elektrolisis. Bahan organik yang mengandung mikroorganisme elektrogen akan menempel atau teroksidasi di permukaan anoda dan terdegradasi senyawa organik menjadi elektron, proton, dan  $CO_2$  [5,6]. Hasil dari proses oksidasi (proton) dilepaskan dan akan berjalan menuju katoda melalui pemisah yang akan direduksi menjadi molekul  $H_2$  oleh elektron (ditransfer dari anoda ke katoda melalui sirkuit luar dengan bantuan catu daya) [5,6]. Selanjutnya, gelembung  $H_2$  terlepas dari katoda, lalu naik dan terpisah dari fase cair sehingga dapat memungkinkan mudahnya untuk terkumpul [5].

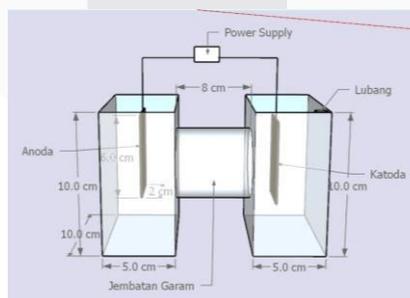
### 2.3 Metode Penelitian



Gambar 2.2 Alir Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang akan dilakukan, yaitu pertama, melakukan perancangan serta desain sistem MEC, pada tahapan ini juga dilakukan preparasi alat dan bahan yang akan digunakan serta di tahap ini limbah kulit nanas akan di fermentasikan. Tahapan kedua, akan dilakukan pembuatan dan pengujian pada sistem MEC sehingga pada tahap ketiga akan dilihat sistem reaktor akan berjalan dengan baik atau tidak dan pada pengujian ini tanpa dimasukkan variasi substrat dan tegangan. Jika sistem dalam keadaan tidak baik, maka akan kembali ke tahap pertama, tetapi jika sistem dalam keadaan baik, maka akan lanjut ke tahap keempat yaitu akan dimasukkan variasi substrat dan tegangan sehingga selanjutnya akan dilakukan eksperimen. Selanjutnya, pada tahap keenam dilakukan pengambilan data dan analisis hasil dari kadar gas hidrogen ( $H_2$ ) yang dihasilkan dari penelitian ini.

### 2.4 Perancangan MEC



Gambar 2.3 Desain Reaktor MEC

Sistem MEC akan menggunakan *dual chamber* yang berisi anoda dan katoda dengan terhubung oleh jembatan garam. Bahan yang akan digunakan untuk *chamber* tersebut yaitu akrilik. Kedua *chamber* tersebut akan menggunakan ukuran panjang 10 cm, tinggi 10 cm dan lebar 5 cm. Didalam *chamber* anoda terdapat substrat yang akan menempel pada seng, sementara pada *chamber* katoda akan terdapat tembaga yang akan diisi aquades kedalam *chamber* tersebut. Sumber tegangan akan dihubungkan ke *chamber* anoda dan *chamber* katoda. Pada ujung *chamber*

katoda akan dibuat lubang kecil untuk saluran keluarnya gas hidrogen ( $H_2$ ) yang bertujuan agar gas hidrogen yang terbentuk dapat diukur memakai alat ukur.

## 2.4 Pengambilan Data



Gambar 2.4 Skema Pengambilan Data

Pada pengambilan data penelitian ini gas hidrogen ( $H_2$ ) yang dihasilkan tersebut akan di deteksi pada alat ukur  $H_2$ . Gas hidrogen ( $H_2$ ) tersebut akan terhitung besar ppm yang dihasilkan dari sistem MEC. Pengambilan data dilakukan selama 20 jam, serta untuk pengukurannya dilakukan setiap dua jam sekali. Cara mengukurnya yaitu pertama, sambungkan anoda ke kabel positif dan katoda ke kabel negatif menuju *power supply*, setelah itu, pada *power supply* masukkan tegangan yang diinginkan. Tunggu hingga dua jam, kemudian alat ukur tersebut dihidupkan lalu meletakkan sensor detektor yang ada di alat ukur ke lubang katoda, selanjutnya tunggu hingga nilai ppm yang ada di layar stabil. Nilai ppm tersebut nantinya akan dicatat di tabel pengujian.

## 3. Pembahasan

### 3.1. Proses dan Pengujian MEC

*Microbial Electrolysis Cell* (MEC) yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *dual chamber* yang akan dihubungkan oleh jembatan garam. Jembatan Garam yang digunakan akan memakai sumbu kompor yang sudah direndam oleh NaCl dan agar-agar. Proton nantinya akan lewat melalui jembatan garam tersebut dari anoda menuju katoda. Pada bagian anoda akan menggunakan tembaga, sementara katoda akan menggunakan seng sebagai alat elektrodanya yang akan dihubungkan dengan sumber tegangan sebagai penghubung agar elektron dapat lewat dari anoda menuju katoda. Pada pengujian yang akan dilakukan akan divariasikan tegangan dan substrat yang digunakan. Tegangan yang akan digunakan dimulai dari 0.1-1.6 volt, sementara substrat yang digunakan yaitu kulit nanas yang difermentasikan dan tidak difermentasikan. Berikut sistem MEC yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.



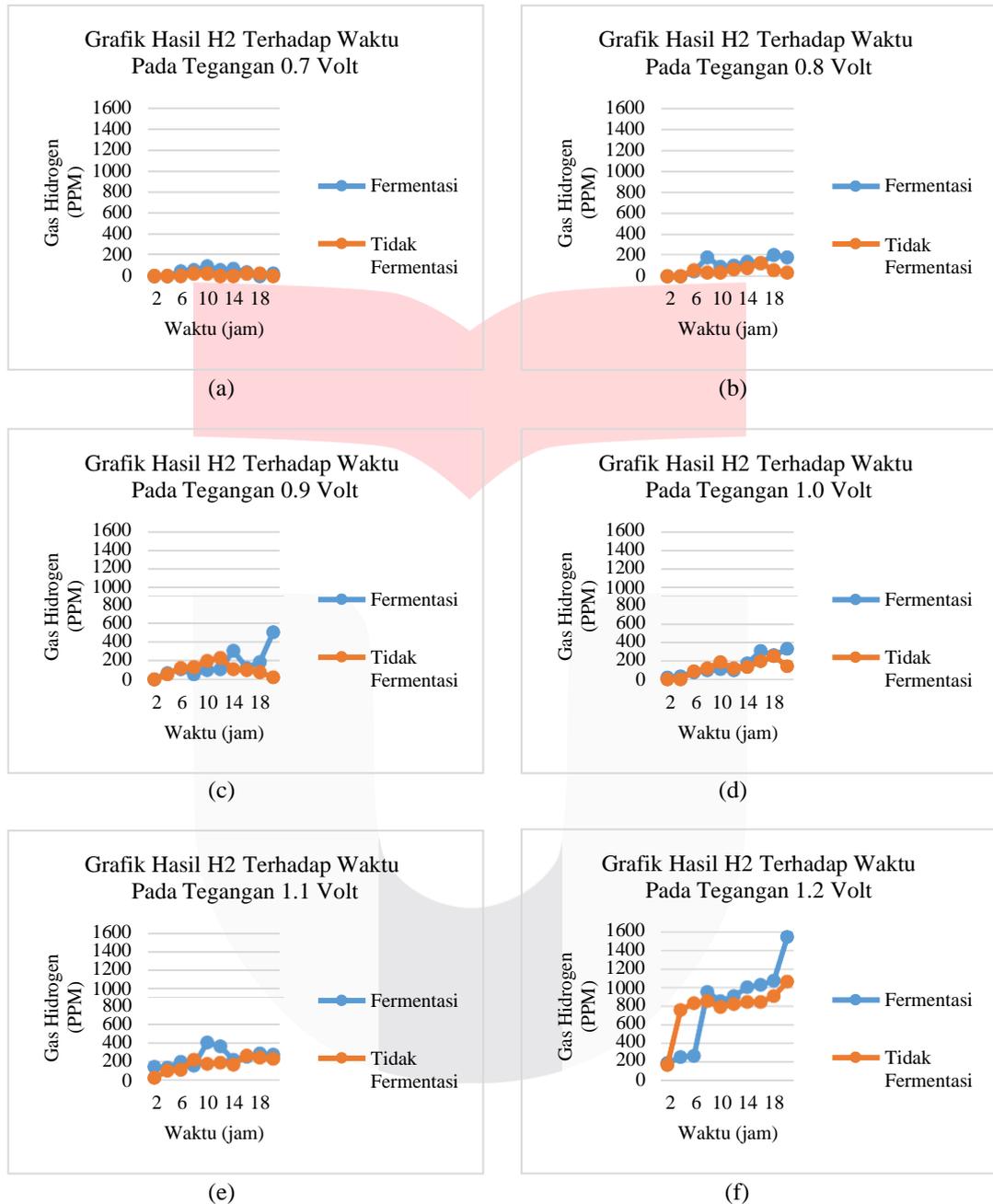
Gambar 3.1 Sistem MEC

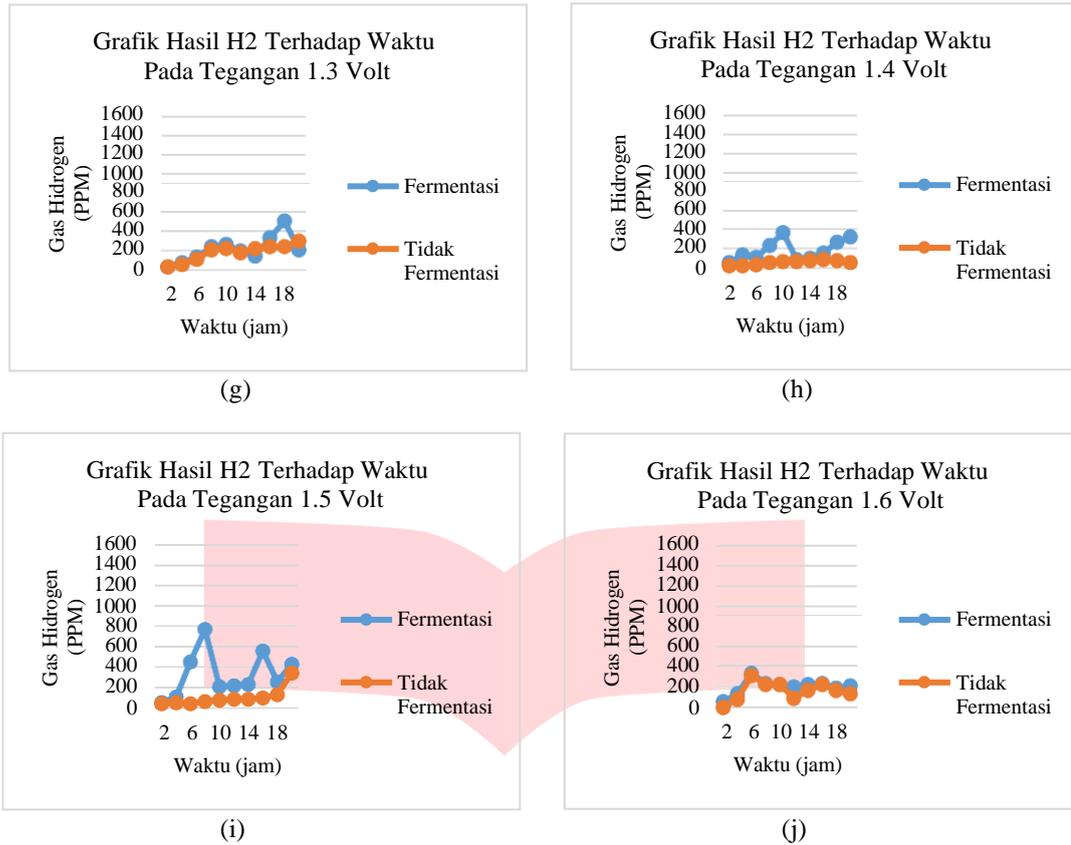
Pada Pengujian MEC, yang harus dipersiapkan terlebih dahulu yaitu substrat kulit nanas yang difermentasikan. Kemudian, terdapat dua *chamber* yang akan digunakan pada pengujian ini. Pada *chamber* pertama akan memakai substrat yang di fermentasikan, sementara *chamber* kedua akan memakai substrat yang tidak difermentasikan. Kedua *chamber* ini akan memakai lumpur sawah yang akan dicampur oleh substrat, kemudian akan di letakkan di bagian anoda. Sementara itu, padabagian katoda, akan diletakkan aquades. Sumber yang akan dihubungkan pada anoda dan katoda memakai *power supply*. Bakteri yang dihasilkan dari percampuran substrat dan lumpur sawah akan

menghasilkan elektron dan proton. Elektron akan lewat melalui alat elektrolisis yang di injeksikan oleh tegangan dari anoda menuju katoda, sementara proton akan lewat melalui jembatan garam.

Penelitian ini akan menganalisis pengaruh dari tegangan dan substrat yang digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen dari sistem *Microbial Electrolysis Cell* ini.

**3.2. Hasil Pengukuran Gas Hidrogen Pada Variasi Tegangan**





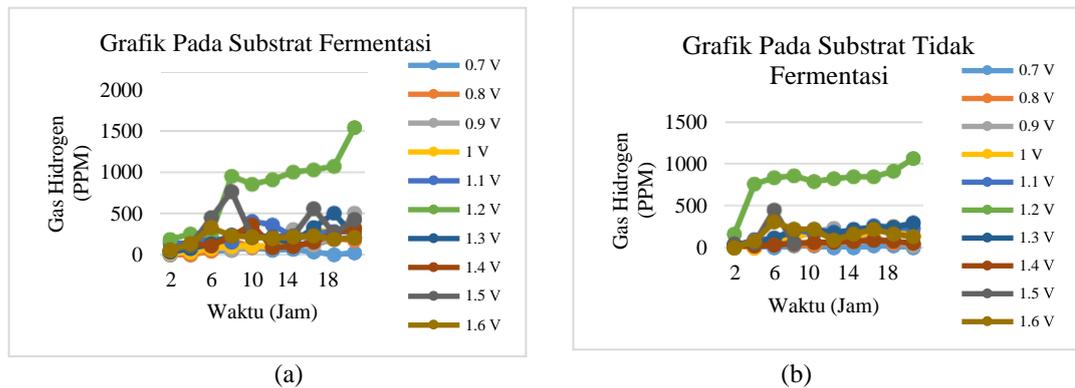
Gambar 3.2 Grafik Hasil Pengujian Gas Hidrogen Terhadap Variasi Tegangan

Pada rencana awal pengujian ini hanya dimulai dari 0.1 – 1 V, namun ternyata hasil gas hidrogen baru terbentuk di 0.7 V sehingga pengujian dilanjutkan hingga 1.6 V. Pada tegangan 1.6 V masih terdapat gas hidrogen yang dihasilkan. Sehingga, pengujian MEC ini dilakukan mulai dari 0.1 – 1.6 volt. Pada hasil pengujian didapatkan bahwa ketika di tegangan yang dipakai 0.1 – 0.6 volt tidak menghasilkan gas hidrogen sama sekali. Namun, pada tegangan 0.7 – 1.6 volt dapat menghasilkan gas hidrogen. Dari teori yang didapatkan, MEC sebenarnya dapat menghasilkan gas hidrogen ketika tegangan yang di pakai mulai dari 0.2 volt.

Pada percobaan ini ada alasan gas hidrogen tidak terbentuk pada 0.2 volt – 0.6 volt, yaitu dikarenakan substrat yang dipakai. Pada teori dan percobaan peneliti lain, substrat yang dipakai yaitu biasanya asam asetat dan substrat yang berbahan karbohidrat yang tinggi, sementara pada percobaan ini memakai kulit nanas. Pada substrat kulit nanas ini, membutuhkan tegangan yang lebih besar dan waktu yang lebih lama untuk menghasilkan gas hidrogen karena substrat ini membutuhkan proses untuk penguraian.

Pada pengujian ini dapat terlihat dari gambar 3.2 bahwa hasil gas hidrogen yang terbanyak pada 1.2 V yaitu sebesar 1546 PPM (fermentasi) dan 1064 PPM (tidak fermentasi) dikarenakan injeksi tegangan ke bakteri lebih baik sehingga ketika proses transfer elektron dapat berjalan baik.

### 3.3. Hasil Pengukuran Gas Hidrogen Pada Variasi Substrat



Gambar 3.3 Grafik Hasil Pengujian Gas Hidrogen Terhadap Variasi Substrat

Dari grafik terlihat, MEC yang menggunakan kulit nenas menghasilkan paling besar pada 1.2 volt dan varian yang paling banyak menghasilkan yaitu pada kulit nenas yang difermentasikan sebesar 1546 PPM dikarenakan dengan bantuan fermentasi dapat membantu penguraian bahan organik dengan cepat sehingga hasil gas hidrogen yang dihasilkan juga lebih banyak. Namun, pada substrat yang tidak difermentasikan juga dapat menghasilkan gas hidrogen walaupun tidak sebanyak yang difermentasikan yaitu sebesar 1064 PPM karena pada substrat yang tidak difermentasikan akan membutuhkan waktu yang lebih panjang untuk proses penguraian. Dari grafik tersebut juga terlihat perbedaan bahwa pada substrat yang difermentasikan, aktivitas bakteri yang tidak stabil menyebabkan gas hidrogen yang dihasilkan lebih sering terjadi kenaikan dan penurunan. Sementara itu, pada substrat yang tidak difermentasikan, gas hidrogen yang dihasilkan lebih baik sehingga tidak terlalu terjadi penurunan dan kenaikan pada grafik.

#### 4. Kesimpulan

Dari Penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Microbial Electrolysis Cell* (MEC) yang digunakan pada penelitian ini menggunakan reaktor dan proses yang mirip dengan *Microbial Fuel Cell* (MFC) *dual chamber* namun pada MEC keluaran yang dihitung merupakan gas hidrogen dengan bantuan injeksi tegangan. Pada penelitian ini, gas hidrogen yang terbesar pada tegangan 1.2 volt dan substrat yang difermentasikan dengan jumlah 1547 PPM, namun pada substrat yang tidak difermentasikan menghasilkan paling besar dengan jumlah 1064 PPM.
2. Tegangan sangat berpengaruh dalam sistem MEC dikarenakan tegangan berperan sebagai injeksi bakteri, dan pada penelitian ini, gas hidrogen dengan menggunakan substrat kulit nenas dapat dihasilkan mulai dari 0.7 V dan hasil paling terbesar pada 1.2 V.
3. Variasi jenis substrat juga berpengaruh pada sistem MEC, pada substrat kulit nenas yang difermentasikan, gas hidrogen yang dihasilkan lebih besar daripada substrat yang tidak difermentasikan. Hal ini dikarenakan pada substrat yang difermentasikan dapat membantu penguraian bahan organik dengan cepat sehingga hasil gas hidrogen yang dihasilkan juga lebih banyak.

#### Referensi:

- [1] E. L. Dewi, "Potensi Hidrogen sebagai Bahan Bakar untuk Kelistrikan Nasional," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan" Pengemb.*, pp. 1–6, 2011.
- [2] N. Muliawati, "Hidrogen Sebagai Sel Bahan Bakar: Sumber Energi Masa Depan," *Jur. Tek. Kim. Fak. Tek.*, 2008.
- [3] S. Alimah and E. Dewita, "Pemilihan teknologi produksi hidrogen dengan memanfaatkan energi nuklir," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 10, no. 2, pp. 123–132, 2008.
- [4] P. S. Anggriany, A. W. N. Jati, and L. I. Murwani, "Pemanfaatan Bakteri Indigenus dalam Reduksi Logam Berat Cu pada Limbah Cair Proses Etching Printed Circuit Board ( PCB ) Utilization of Indigenous Bacteria in the Reduction of Copper Heavy Metal on Liquid Wastes Etching Process Printed Circuit Board ( PCB)," vol. 3, no. 2, pp. 87–95, 2018.
- [5] I. Rivera, U. Schröder, and S. A. Patil, *Microbial Electrolysis for Biohydrogen Production*. Elsevier B.V., 2019.

- [6] W. Zhao and S. Ci, *Nanomaterials As Electrode Materials of Microbial Electrolysis Cells for Hydrogen Generation*. Elsevier Inc., 2018

