JURNAL LITEK : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika
Vol. 22, No. 1, Maret 2025, pp. 69 – 72.
pISSN: 1693-8097; eISSN: 2549-8762.
Akreditasi Sinta 6, SK : 177/E/KPT/2024. DOI : https://doi.org/10.30811/litek.v22i1.65.

INOVASI FUEL CELL BERBASIS AIR BERSIH DAPAT MENJADI SOLUSI UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI

Zulfikar[1], Aidi Finawan[2], Yassir[3], Hasyimi Abdullah[4], Subhan[5]

[1,2,3,4,5)]Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: zul_elka@pnl.ac.id[1], aidifinawan@pnl.ac.id[2], yassirasnawi@gmail.com[3], hasyimi32@gmail.com[4], subhan@pnl.ac.id[5]

Corresponding Author : Yassir
Jurusan Teknik Elektro politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: yassirasnawi@gmail.com

Abstrak – Inovasi *fuel cell* berbasis air bersih menawarkan potensi besar sebagai sumber energi listrik alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Teknologi ini memanfaatkan proses elektrolisis untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen, kemudian memanfaatkan reaksi kimia antara kedua elemen tersebut untuk menghasilkan energi listrik, dari hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pemisahan dan penyatuan hidrogen dan oksigen merupakan siklus energi yang efisien. Dari data yang diberikan, terlihat adanya tren peningkatan jumlah H_2 seiring dengan peningkatan waktu. Secara umum, terlihat bahwa semakin lama waktu berjalan, jumlah oksigen cenderung meningkat walaupun perubahan sangat sedikit. Ketika hidrogen dan oksigen bersatu kembali di dalam *fuel cell*, mereka membentuk air dan melepaskan energi dalam bentuk listrik. Energi yang dilepaskan dalam reaksi *fuel cell* ini jauh lebih besar daripada energi yang dibutuhkan untuk memisahkan hidrogen dan oksigen di elektrolizer. Perbedaan energi ini menunjukkan bahwa proses pemisahan dan penyatuan hidrogen dan oksigen merupakan siklus energi yang efisien. Energi yang dibutuhkan untuk memisahkannya relatif kecil, sementara energi yang dihasilkan saat bersatu kembali lebih besar.

Kata-kata kunci: fuel cell, energi, pembangkit, efisien, teknologi.

Abstract *– Clean water-based fuel cell innovation offers great potential as an alternative source of environmentally friendly and sustainable electrical energy. This technology utilizes the electrolysis process to separate water into hydrogen and oxygen, then utilizes the chemical reaction between the two elements to produce electrical energy, from the test results showing that the process of separating and uniting hydrogen and oxygen is an efficient energy cycle. From the data provided, there is a trend of increasing H2 with increasing time. In general, it can be seen that the longer the time, the amount of oxygen tends to increase even though the changes are very small. When hydrogen and oxygen reunite in the fuel cell, they form water and release energy in the form of electricity. The energy released in this fuel cell reaction is much greater than the energy required to separate hydrogen and oxygen in the electrolyzer. This energy difference shows that the process of separating and uniting hydrogen and oxygen is an efficient energy cycle. The energy required to separate them is relatively small, while the energy produced when they reunite is greater.*

Keywords: fuel cell, energy, generator, efficient, technology.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan primer di Indonesia. Indonesia mempunyai berbagai sumber energi yang dapat diperbaharui, seperti energi air, matahari, angin, biomassa, panas bumi dan energi laut. Adapun energi yang tidak dapat diperbaharui, yaitu minyak bumi, gas alam, batu bara dan kandungan energi nuklir dari uranium dan thorium. Energi listrik yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) ini memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh energi yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable energy*), yaitu energi tersebut tidak akan pernah berhenti atau habis selama siklus alam ini berlangsung, kemudian bersifat ramah lingkungan karena dapat mengurangi polusi lingkungan. Sedangkan *non renewable energy* merupakan energi yang akan habis jika dipakai terus menerus dan menghasilkan polusi jika digunakan [1].

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi yang berkaitan dengan bertambahnya peralatan-peralatan elektronik yang telah menjadi keharusan untuk tetap menyediakan pasokan energi listrik karena merupakan satu-satunya sumber energi yang utama untuk menghidupkan peralatan elektronik tersebut. PLN (Perusahaan Listrik Negara), sebagai penyedia daya utama sangat berpengaruh bagi penyediaan energi listrik untuk layanan publik, baik itu daya yang besar maupun

Diserahkan : 24 Maret 2025 | Diperbaiki : 7 April 2025 | Diterima : 7 April 2025 |
Dipublikasi : 7 April 2025.

daya yang kecil. Oleh karena itu PLN harus tetap menyuplai listrik secara terus menerus. Namun suatu saat pasti terjadi pemandaman total yang disebabkan oleh gangguan pada sistem pembangkit listrik, atau gangguan pada jaringan transmisi dan sistem distribusi. Sedangkan energi listrik sangat diperlukan dalam bidang komersial, industri, transportasi dan rumah tangga.

Berdasarkan beberapa hal ini maka diperlukan sumber energi alternatif yang dapat membantu mengatasi permasalahan suplai energi listrik untuk perangkat elektronik apabila sumber listrik dari PLN terputus [2]. Berbagai jenis energi listrik alternatif yang dikembangkan seperti pemanfaatan energi listrik dari sel surya dan energi angin. Energi listrik dari sel surya dan energi angin telah banyak dimanfaatkan diberbagai bidang. Namun, tidak semua lapisan masyarakat dapat menikmati energi surya dan energi angin, karena biaya yang harus dikeluarkan untuk memperolehnya relatif mahal. Maka dari itu dibutuhkan energi alternatif yaitu pemanfaatan *fuel cell* sebagai energi alternatif berbasis air bersih.

Fuel cell merupakan sel elektro kimia yang bisa diisi dengan terus menerus. *Fuel cell* memproduksi energi listrik yang disuplai oksigen dan hidrogen dari luar. Berbeda dengan baterai, pada baterai listrik yang didapat berasal dari dalam baterai itu sendiri. Pada baterai elektroda berubah saat baterai diisi atau dibuang energinya sedangkan pada *Fuel cell* bersifat katalitik dan stabil elektrodanya. Reaktan pada *Fuel cell* adalah hidrogen di anodanya dan oksigen pada katodanya. Reaktan tersebut terus mengalir sehingga keberlangsungan aliran berjalan secara terus menerus.

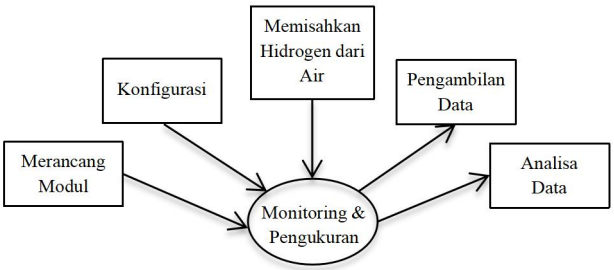
Fuel cell dibedakan berdasarkan jenis bahan yang digunakan, sektoraplikasi, temperatur dan tekanan operasi. *Fuel cell* dijeniskan ke beberapa macam bahan elektrolitnya. Jenis elektrolit menentukan temperatur operasi pada jenis katalis yang digunakan. Penentuan bahan bakar dan oksidan untuk *fuel cell* tergantung pada pergerakan elektro kimianya atau kecepatan reaksi elektroda, biaya dan kemudahan pelepasan bahan bakar/oksidan serta reaksi pembuangan oleh reaksi produk sampingnya. Sumber utama *fuel cell* yaitu hidrogen tapi bisa juga material yang lainnya seperti gas alam, methanol dan sebagainya melalui proses konversi energi [3].

Pada penelitian ini dilakukan penerapan sistem *fuel cell* untuk mengamati besarnya energi yang dapat dihasilkan dari sistem tersebut.

II. METODOLOGI

A. Desain penelitian

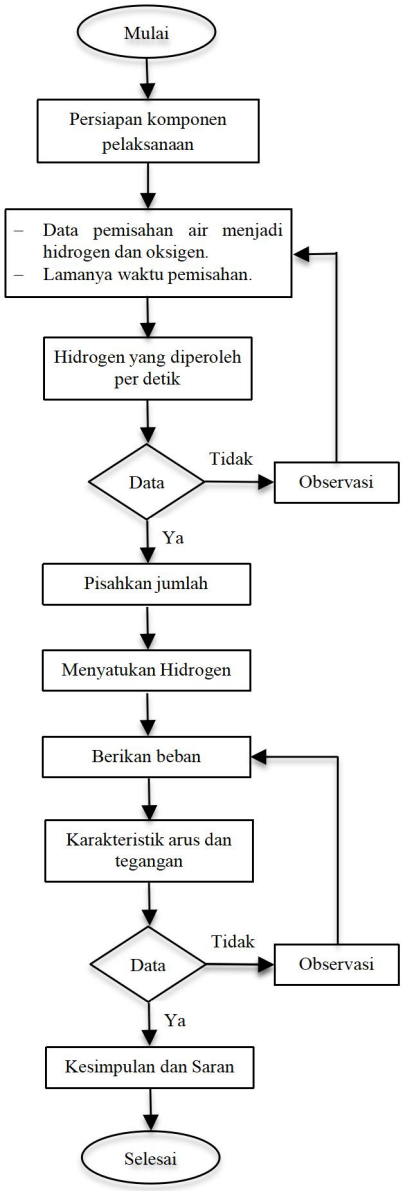
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pembangkit Energi Listrik dengan mensimulasikan modul yang diisi dengan air bersih. Penelitian menggunakan Metode Experimential dengan pendekakan simulasi melalui prototipe *fuel cell* untuk mendapatkan data-data penelitian yang sistematis dan akurat, khususnya di bidang inovasi *fuel cell* berbasis air bersih sebagai sumber energi listrik alternatif. Diagram alur proses rancangan penelitian seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gbr 1. Rancangan penelitian

B. Langkah penelitian

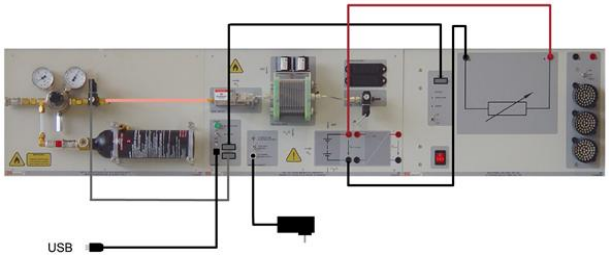
Perancangan sistem *fuel cell* yang terintegrasi, meliputi sistem *fuel cell* itu sendiri, sistem elektrolisis air untuk menghasilkan hidrogen, serta sistem manajemen energi. Langkah-langkah penelitian seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gbr. 2 Langkah- langkah penelitian

C. Tipe Fuel cell

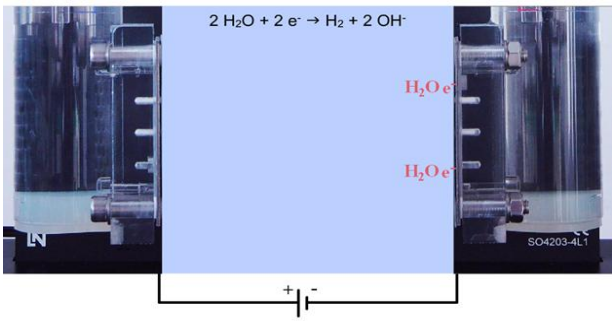
Tipe *Fuel Cell* yang diterapkan pada penelitian ini adalah tipe Proton Exchange Membrane *Fuel Cell* (PEMFC). Tipe f*uel cell* ini menggunakan membran pertukaran proton sebagai elektrolitnya. Dalam PEMFC, hidrogen sebagai bahan bakar dan oksigen dari udara bertemu di elektroda, di mana reaksi kimia terjadi. Elektrolit memungkinkan proton hidrogen untuk bergerak melintasi membran, sementara elektron mengalir melalui sirkuit eksternal, menghasilkan energi listrik. Reaksi ini menghasilkan air sebagai produk sampingan, menjadikan PEMFC sebagai salah satu tipe *fuel cell* yang ramah lingkungan [4]. Rangkaian Energi *fuel cell* seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gbr. 3 Rangkaian Energi *Fuel Cell*

D. Elektrolizer

Elektrolizer industri selalu dilengkapi dengan penutup atau selubung yang menyembunyikan komponen di dalamnya. Ilustrasi elektrolizer dengan penutup dilepas, seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Reaksi kimia dan fungsi elektrolisis air dapat didemonstrasikan dengan jelas melalui elektrolizer sederhana tersebut.



Gbr. 4 Elektrolizer

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

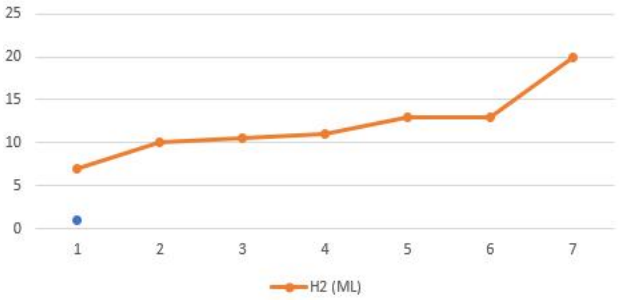
A. Hubungan waktu terhadap banyaknya H_2 yang terpisah dari H_2O dengan arus 1A

Di jantung teknologi sel bahan bakar (*fuel cell*) terletak proses pemisahan hidrogen (H_2) dari air. Proses ini terjadi melalui elektrolisis, sebuah reaksi kimia yang menggunakan arus listrik untuk memecah air menjadi komponen penyusunnya, yaitu hidrogen dan oksigen [5]. Hubungan waktu pemisahan dengan banyaknya H_2 yang dihasilkan seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

TABEL I
Hubungan waktu terhadap banyaknya H_2

No	Waktu (s)	H_2 (mL)
1.	60	7
2.	90	10
3.	120	10,5
4.	150	11
5.	180	13
6.	210	13
7.	240	20

Dari data pada Tabel 1 terlihat adanya tren peningkatan jumlah H_2 seiring dengan peningkatan waktu. Secara umum, terlihat bahwa semakin lama waktu berjalan, jumlah H_2 cenderung meningkat. Terdapat peningkatan yang stabil dalam jumlah H_2 dari waktu ke waktu, dengan peningkatan yang lebih signifikan terjadi setelah waktu mencapai 4 detik, seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gbr. 5 Grafik hubungan waktu terhadap H_2 yang dihasilkan dari pemisahan H2O

B. Perubahan Volume Hidrogen terhadap arus yang di berikan pada Elektrolizer

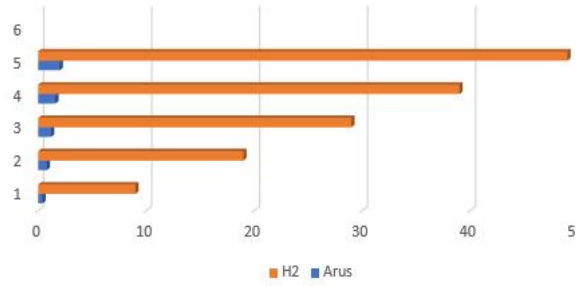
Hubungan ini dapat dijelaskan dengan hukum Faraday, yang menyatakan bahwa jumlah zat yang dilepaskan pada elektroda sebanding dengan jumlah arus yang mengalir dan waktu yang dibutuhkan. Semakin besar arus, semakin banyak elektron yang mengalir, dan semakin banyak ion hidrogen (H+) yang direduksi menjadi gas hidrogen (H_2). Maka, semakin besar arus yang diberikan pada elektrolizer, semakin banyak hidrogen yang dihasilkan, dan semakin besar volume gas hidrogen yang dilepaskan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL II
Perubahan volume Hidrogen terhadap arus yang di berikan pada Elektrolizer

No	Arus (A)	H_2 (mL)
1	0,4	9
2	0,8	19
3	1,2	29
4	1,6	3,9
5	2	4,9

Dari data pada Tabel 2 terlihat adanya tren peningkatan jumlah H_2 seiring dengan peningkatan waktu. Secara umum, terlihat bahwa semakin lama

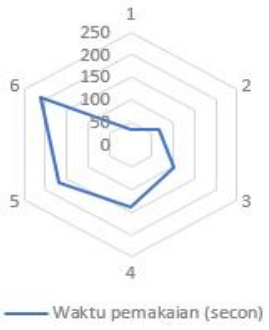
waktu berjalan, jumlah hidrogen cenderung meningkat walaupun perubahan sangat sedikit, seperti diperlihatkan pada Gambar 6.



Gbr 6. Grafik Perubahan Volume Hidrogen terhadap arus yang diberikan pada Elektrolizer

C. Besarnya energi yang di bangkitkan saat penyatuan oksigen dan hidrogen

Ketika hidrogen dan oksigen bersatu kembali di dalam *fuel cell*, mereka membentuk air dan melepaskan energi dalam bentuk listrik. Energi yang dilepaskan dalam reaksi *fuel cell* ini jauh lebih besar daripada energi yang dibutuhkan untuk memisahkan hidrogen dan oksigen di elektrolizer. Perbedaan energi ini menunjukkan bahwa proses pemisahan dan penyatuan hidrogen dan oksigen merupakan siklus energi yang efisien. Energi yang dibutuhkan untuk memisahkannya relatif kecil, sementara energi yang dihasilkan saat bersatu kembali lebih besar, seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



Gbr. 7 Grafik besarnya energi yang dibangkitkan

IV. KESIMPULAN

Inovasi *fuel cell* berbasis air bersih menawarkan potensi besar sebagai sumber energi listrik alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Teknologi ini memanfaatkan proses elektrolisis untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen, kemudian memanfaatkan reaksi kimia antara kedua elemen tersebut untuk menghasilkan energi listrik. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pemisahan dan penyatuan hidrogen dan oksigen merupakan siklus energi yang efisien. Energi yang dibutuhkan untuk memisahkannya relatif kecil, sementara energi yang dihasilkan saat bersatu kembali lebih besar.

REFERENSI

[1] Larminie, J., Dicks, A., & McDonald, M. S. (2003). *Fuel cell systems explained* (Vol. 2, pp. 207-225). Chichester, UK: J. Wiley.

[2] Paganin, V. A., Ticianelli, E. A., & Gonzalez, E. R. (1998). Development of small polymer electrolyte fuel cell stacks. *Journal of Power Sources*, *70*(1), 55-58.

[3] Green Car Congress. (2021). Yanmar conducts field demonstration test for maritime hydrogen fuel cell system. Green Car Congress: Energy, technologies, issues and policies for sustainable mobility. Sumber: https://www.greencarcongress.com/2021/03/20210325-yanmar.html.

[4] Rahmawan, A., Budiman, A. H., Kurniawan, K., & Hermawan, F. (2018). Disain Sistem Kontrol Dan Operasi Untuk Proton Exchange Membrane Fuel Cell. *Jurnal Energi dan Lingkungan (Enerlink)*, *14*(2).

[5] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). Apa itu Teknologi Hydrogen Fuel?. Sumber: https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-apa-itu-teknologi-hydrogen-fuel.pdf.