
PENGARUH PENGGUNAAN SUMBER ENERGI POWER SUPPLY DAN PWM DC TERHADAP EFISIENSI REAKTOR HIDROGEN

Siti Sulistiawati*¹, Mulkan Iskandar Nasution², Russell Ong³
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan
e-mail: ¹sitisulis09123@gmail.com

Abstract: *Hydrogen was chosen as an environmentally friendly alternative energy obtained through the water electrolysis process. In addition to being environmentally friendly, hydrogen also has a high level of electrical energy efficiency. This study aims to determine the effect of the use of electrical energy sources and frequency on the efficiency of a water electrolysis-based hydrogen reactor and to determine the use of energy sources in a hydrogen reactor as an optimal hydrogen producer. The water electrolysis process is influenced by factors such as voltage, current, power, and frequency given to the reactor. Tests were carried out with variations in voltage of 20V, 22V, 24V, 26V, 28V and 30V and frequencies of 23.69kHz, 24.87kHz, 25.64kHz, 26.31kHz, 26.73kHz. The parameters observed include voltage, current, power, H₂ gas yield in ppm, temperature, and hydrogen production efficiency in %. The results of the study showed that the effect of using a frequency source was able to achieve a higher efficiency of 41% with an average current of 0.29A, an average power of 7.12 watts, with an average temperature of 30.150C, while the use of a Power Supply Amplifier (PSA) electrical energy source only produced an efficiency of 25%, with an average current of 0.38A, an average power of 9.81 watts, and an average temperature of 28.50C. The optimal value at the highest efficiency was obtained at an optimal frequency of 23.69 kHz with a temperature of 29.00C, a current of 0.20A, a power of 4.8 watts, and an efficiency of 51.57%.*

Keyword: *Electrolysis, Hydrogen, Frequency, Power Supply, Efficiency*

Abstrak: Hidrogen dipilih sebagai energi alternatif ramah lingkungan yang diperoleh melalui proses elektrolisis air. Selain ramah lingkungan, hidrogen juga memiliki tingkat efisiensi energi listrik yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan sumber energi listrik dan frekuensi terhadap efisiensi reaktor hidrogen berbasis elektrolisis air dan untuk mengetahui penggunaan sumber energi pada reaktor hidrogen sebagai penghasil hidrogen yang optimal. Proses elektrolisis air dipengaruhi oleh faktor tegangan, arus, daya, serta frekuensi yang diberikan pada reaktor. Pengujian dilakukan dengan variasi tegangan 20V, 22V, 24V, 26V, 28V dan 30 V dan frekuensi pada 23,69kHz, 24,87kHz, 25,64kHz, 26,31kHz, 26,73kHz. Parameter yang diamati meliputi tegangan, arus, daya, hasil gas H₂ dalam ppm, suhu, serta efisiensi produksi hidrogen dalam satuan %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan sumber frekuensi mampu mencapai efisiensi lebih tinggi yaitu sebesar 41% dengan arus rata-rata 0,29A, daya rata-rata 7,12watt, dengan suhu rata-rata 30,15⁰C, Sedangkan pada penggunaan sumber energi listrik *Power Supply Amplifier* (PSA) hanya menghasilkan efisinesi sebesar 25%, dengan arus rata-rata 0,38A, daya rata-rata 9,81 watt, dan suhu rata-rata 28,5⁰C. Nilai optimal pada efisiensi tertinggi diperoleh pada frekuensi optimal 23,69 kHz dengan suhu 29,0⁰C, arus 0,20A, daya 4,8 watt, dan efisiensi 51,57%.

Kata kunci: *Elektrolisis, Hidrogen, Frekuensi, Power Supply, Efisiensi*

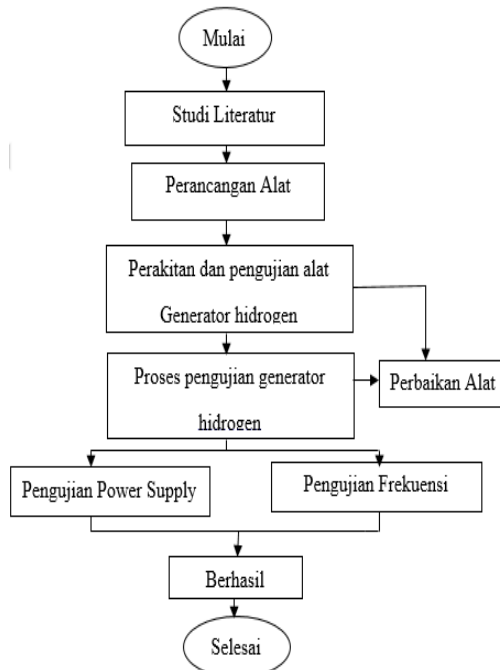
PENDAHULUAN

Hidrogen merupakan salah satu sumber energi alternatif yang menjanjikan untuk mengatasi permasalahan lingkungan dan krisis energi. Sebagai bahan bakar yang bersifat ramah lingkungan, penggunaannya tidak menghasilkan emisi karbon, sehingga berperan dalam menekan dampak perubahan iklim (Safarudin & Syahrul, 2023). Selain ramah lingkungan, hidrogen juga memiliki tingkat efisiensi energi yang tinggi dan dapat diproduksi melalui berbagai cara yang mendukung keberlanjutan (Situmorang & Suharianto, 2024). Karena bersifat ramah lingkungan dan dapat diproduksi dari berbagai jenis energi terbarukan, hidrogen menawarkan potensi besar dalam menurunkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang berdampak negatif pada lingkungan (Ferdy, 2024).

METODE

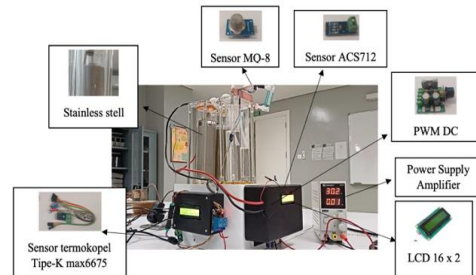
Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir (*flow chart*) dalam penelitian ini:



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan Alat

Alat Penelitian

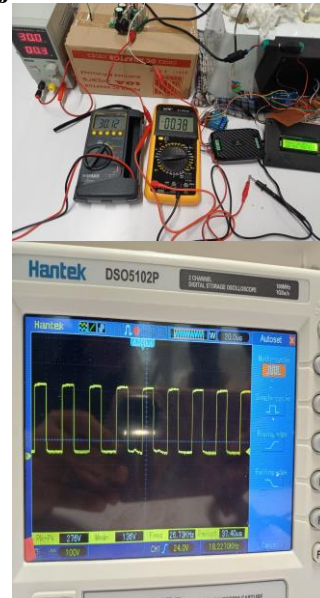


Gambar 2 Alat Penelitian

Perancangan alat penelitian sistem reaktor hidrogen berbasis elektrolisis air ini terdiri dari beberapa komponen utama yang terintegrasi satu sama lain (Muannif Ridwan et al., 2021). Reaktor dibuat menggunakan elektroda baja tahan karat yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses elektrolisis. Baja tahan karat dipilih karena memiliki ketahanan korosi yang baik dan konduktivitas yang tinggi, sehingga mendukung reaksi pemisahan molekul air (Muharam et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor ACS712



Gambar 3 Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian Arus Dengan Sumber *Power Supply* dan Multimeter

Tabel 1 Pengukuran Arus Dengan Power Supply

| Waktu (menit) | Pembacaan Arus (A) | | Koreksi (%) |
|------------------|--------------------|---------------|-------------|
| | PSA (A) | Multimeter(A) | |
| 2 | 0,30 | 0,29 | 3 |
| 4 | 0,31 | 0,30 | 3 |
| 6 | 0,36 | 0,35 | 2 |
| 8 | 0,40 | 0,39 | 2 |
| 10 | 0,44 | 0,43 | 2 |
| 12 | 0,49 | 0,48 | 2 |
| Total | 2,3 | 2,24 | 14 |
| Rata-rata | 0,38 | 0,37 | 2,3 |

Berdasarkan Tabel 1. data pengukuran arus menggunakan catu daya dan multimeter, terlihat bahwa nilai arus meningkat seiring bertambahnya waktu proses elektrolisis, dari 0,30 A pada menit ke-2 menjadi 0,49 A pada menit ke-12, dengan rata-rata nilai koreksi 2,3%. Peningkatan arus ini terjadi karena resistansi larutan elektrolit menurun akibat semakin banyaknya ion terlarut yang aktif menghantarkan arus listrik (Yudiartono et al., 2023).

Pengujian Arus Dengan Sumber Frekuensi dan Multimeter

Tabel 2 Pengukuran Arus Dengan Sumber Frekuensi

| Waktu (menit) | Pembacaan Arus (A) | | Koreksi (%) |
|------------------|--------------------------|---------------|-------------|
| | Dengan Frekuensi PWM (A) | Multimeter(A) | |
| 2 | 0,20 | 0,19 | 5 |
| 4 | 0,25 | 0,24 | 4 |
| 6 | 0,28 | 0,27 | 3 |
| 8 | 0,32 | 0,31 | 3 |
| 10 | 0,38 | 0,37 | 2 |
| 12 | 0,35 | 0,34 | 2 |
| Total | 1,78 | 1,72 | 19 |
| Rata-rata | 0,29 | 0,28 | 3,1 |

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penggunaan frekuensi listrik dalam bentuk PWM berperan dalam

mengurangi hambatan ionik di dalam larutan dan mempercepat pelepasan gelembung gas dari permukaan elektroda. Hal ini menyebabkan luas area aktif elektroda tetap optimal, sehingga arus yang mengalir cenderung meningkat seiring waktu. Kenaikan arus tersebut menunjukkan bahwa jumlah ion H⁺ yang direduksi semakin besar, sehingga produksi gas hidrogen juga meningkat. Penurunan kecil arus pada menit ke-12 diduga akibat akumulasi gelembung gas yang menempel pada elektroda sehingga meningkatkan resistansi lokal (Dwisari et al., 2023).

Pengujian Suhu Dengan Sumber Power Supply

Table 3 Pembacaan Suhu Sumber Power Supply

| Waktu (menit) | Pembacaan Suhu (°C) Sumber Power Supply | | Koreksi (%) |
|------------------|---|-------|-------------|
| | Termoko Termometer | | |
| | pel | ter | |
| 2 | 27,8 | 25,5 | 9,0 |
| 4 | 28,0 | 27,3 | 2,5 |
| 6 | 28,8 | 28,3 | 1,7 |
| 8 | 28,5 | 28,3 | 0,7 |
| 10 | 29,5 | 28,7 | 0,7 |
| 12 | 30,3 | 28,8 | 2,7 |
| Total | 172,9 | 166,9 | 17,3 |
| Rata-rata | 28,8 | 27,8 | 2,8 |

Berdasarkan tabel 3. kenaikan suhu larutan pada proses elektrolisis terjadi akibat konversi energi listrik menjadi energi panas melalui mekanisme resistansi internal larutan. Peningkatan arus listrik yang mengalir dalam larutan akan menimbulkan panas *Joule*, sehingga suhu larutan perlahan meningkat seiring waktu. Namun demikian, data juga menunjukkan adanya fluktuasi kecil (naik-turun) pada pembacaan suhu. Hal ini dapat disebabkan oleh ketidakseragaman distribusi panas dalam larutan akibat adanya pergerakan gelembung gas H₂ dan O₂ yang terbentuk di permukaan elektroda (Hasan & Widayat, 2022).

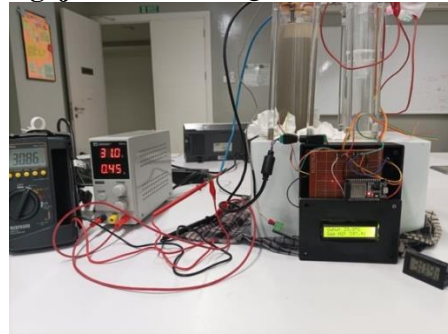
Tabel 4 Pembacaan Suhu Sumber Frekuensi

| Waktu (menit) | Pembacaan Suhu (°C) dengan Frekuensi | | Koreksi (%) |
|---------------|--------------------------------------|------------|-------------|
| | Termokopel | Termometer | |
| 2 | 28,8 | 28,7 | 0,3 |
| 4 | 28,8 | 30,0 | 4 |
| 6 | 29,0 | 30,3 | 4 |
| 8 | 30,3 | 30,5 | 0,6 |
| 10 | 30,8 | 31,0 | 0,6 |
| 12 | 31,0 | 31,3 | 0,9 |
| Total | 178,7 | 181,8 | 10,4 |
| Jumlah | 29,7 | 30,3 | 1,7 |

Berdasarkan hasil pengukuran suhu menggunakan termokopel dan termometer, diperoleh data bahwa nilai koreksi berada pada kisaran 0,3% hingga

4%, dengan jumlah koreksi total 10,4% dan rata-rata 1,7%. Pengaruh variasi frekuensi listrik dari sumber PWM juga dapat menimbulkan ketidakstabilan kecil pada pemanasan larutan akibat pola arus yang tidak sepenuhnya konstan.

Pengujian Sensor MQ-8



Gambar 4 Hasil Pengujian Sensor MQ-8 Gas H₂

Tabel 5 Pembacaan Hasil Gas H₂ Pada Tegangan dan Frekuensi (kHz)

| Waktu (menit) | Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Gas H ₂ (ppm) pada Tegangan | Gas H ₂ (ppm) pada Frekuensi |
|------------------|-----------------|--------------|--|---|
| 2 | 23,69 | 20 | 186,12 | 195,89 |
| 4 | 23,69 | 22 | 181,23 | 200,78 |
| 6 | 24,87 | 24 | 195,89 | 225,22 |
| 8 | 25,64 | 26 | 186,12 | 235 |
| 10 | 26,73 | 28 | 186,12 | 225,58 |
| 12 | 26,31 | 30 | 205,67 | 298,53 |
| Total | 150,93 | 150 | 1.141,15 | 1.381 |
| Rata-rata | 25,15 | 25 | 190,20 | 230,16 |

Menurut hukum Faraday, jumlah gas yang dihasilkan berbanding lurus dengan arus yang mengalir. Namun, pada kondisi nyata, terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kestabilan produksi gas, ialah frekuensi resonansi.

Berdasarkan perubahan suhu larutan elektrolit, di mana peningkatan suhu dapat meningkatkan mobilitas ion, namun juga menurunkan kelarutan gas dalam cairan, sehingga menyebabkan fluktuasi dalam volume gas yang terukur.

Efisiensi Reaktor Hasil Gas Hidrogen Dengan Sumber Power Supply

Table 6 Hasil Produksi Gas H₂ Dengan Menggunakan Power Supply

| No | Tegangan (V) | Arus (I) | Daya (watt) | Gas H ₂ (ppm) | Suhu (°C) |
|------------------|--------------|----------|-------------|--------------------------|-----------|
| 1 | 20 | 0,30 | 6 | 186,12 | 27,8 |
| 2 | 22 | 0,31 | 6,82 | 181,23 | 28,0 |
| 3 | 24 | 0,36 | 8,64 | 195,89 | 28,8 |
| 4 | 26 | 0,40 | 10,4 | 186,12 | 28,5 |
| 5 | 28 | 0,44 | 12,32 | 186,22 | 28,5 |
| 6 | 30 | 0,49 | 14,7 | 205,67 | 29,5 |
| Total | 150 | 2,3 | 58,88 | 1.141,15 | 171,1 |
| Rata-rata | 25 | 0,38 | 9,81 | 190,20 | 28,5 |

Berdasarkan hasil pengujian pada variasi tegangan 20–30 V, diperoleh bahwa arus listrik meningkat dari 0,30 A pada tegangan 20 V, dengan daya yang turut bertambah dari 6 watt. Produksi gas H₂ menunjukkan fluktuasi, akibat gelembung gas yang menempel pada

elektroda sehingga mengurangi luas permukaan aktif. Pada penggunaan PSA, efisiensi yang diperoleh hanya sebesar 25%, dengan arus rata-rata 0,38A, Daya rata-rata 9,81watt, suhu rata-rata yang diperoleh 28,5°C.

Efisiensi Reaktor Hasil Gas Hidrogen Dengan Sumber Frekuensi

Tabel 7 Hasil Produksi Gas H₂ Dengan Sumber Frekuensi

| No | Frekuensi (KHz) | V _{PWM} (V) | Arus (A) | Daya (p) | Gas H ₂ (ppm) | Suhu (°C) |
|------------------|-----------------|----------------------|----------|----------|--------------------------|-----------|
| 1 | 23,69 | 24 | 0,20 | 4,8 | 195.89 | 29,0 |
| 2 | 23,69 | 24 | 0,25 | 6 | 200.78 | 30,3 |
| 3 | 24,87 | 24 | 0,28 | 6,72 | 225.22 | 30,0 |
| 4 | 25,64 | 24 | 0,32 | 7,68 | 235 | 30,5 |
| 5 | 26,31 | 24 | 0,38 | 9,12 | 225.58 | 30,8 |
| 6 | 26,73 | 24 | 0,35 | 8,4 | 298.53 | 30,3 |
| Total | 150,93 | 144 | 1,78 | 42,72 | 1.381 | 180,9 |
| Rata-rata | 25,15 | 24 | 0,29 | 7,12 | 230,16 | 30,15 |

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi reaktor hidrogen pada penggunaan sumber frekuensi diperoleh efisiensi yang lebih tinggi yaitu 41%, dengan arus rata-rata 0,29A, Daya rata-rata 7,12watt, suhu rata-rata diperoleh 30,15. Peningkatan efisiensi ini terjadi karena frekuensi yang diaplikasikan mampu memicu fenomena resonansi ionik adalah keadaan optimum di mana frekuensi listrik selaras dengan frekuensi alami ion, sehingga proses elektrolisis berjalan paling efisien.,

sehingga mobilitas ion H⁺ dalam larutan elektrolit meningkat dan proses pemutusan ikatan molekul H₂O menjadi lebih efektif.

Dengan kata lain, pemberian frekuensi tidak hanya mengurangi hambatan internal sistem, tetapi juga meningkatkan laju pembentukan gelembung hidrogen. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sumber energi berbasis frekuensi lebih efisien dibandingkan *power supply*.

Energi Reaktor Hidrogen Penghasil Hidrogen Yang Optimal

Tabel 8 Hasil Hidrogen Yang Optimal Sumber Frekuensi

| | Frekuensi (kHz) | V _{PWM} | Arus (A) | Daya(p) | Suhu (°C) | Gas H ₂ (ppm) | Efisiensi(%) |
|------------------|-----------------|------------------|----------|---------|-----------|--------------------------|--------------|
| 1 | 23,69 | 24 | 0,20 | 4,8 | 29,0 | 195.89 | 51,57 |
| 2 | 23,69 | 24 | 0,25 | 6 | 30,3 | 200.78 | 42,28 |
| 3 | 24,87 | 24 | 0,28 | 6,72 | 30,0 | 225.22 | 42,35 |
| 4 | 25,64 | 24 | 0,32 | 7,68 | 30,5 | 235 | 38,67 |
| 5 | 26,31 | 24 | 0,38 | 9,12 | 30,8 | 225.58 | 31,25 |
| 6 | 26,73 | 24 | 0,35 | 8,4 | 30,3 | 298.53 | 44,91 |
| Total | 150,93 | 144 | 1,78 | 42,72 | 180,9 | 1.381 | 251,03 |
| Rata-rata | 25,15 | 24 | 0,29 | 7,12 | 30,15 | 230,16 | 41 |

Berdasarkan data pada Tabel 7. efisiensi reaktor hidrogen berfluktuasi seiring dengan perubahan frekuensi.

Nilai optimal tertinggi dicapai pada frekuensi 23,69 kHz dengan daya 4,8 watt, arus 0,20A, suhu 29,0C yaitu efisiensi

sebesar 51,57%.Daffa zulfany et al., (2024).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi sumber energi listrik dan frekuensi terhadap efisiensi reaktor hidrogen, dapat disimpulkan pengaruh penggunaan sumber frekuensi mampu mencapai efisiensi lebih tinggi yaitu sebesar 41% dengan arus rata-rata 0,29A, daya rata-rata 7,12watt, dengan suhu rata-rata 30,15°C, hal ini terjadi karena pemberian frekuensi mampu memicu resonansi ionik yang meningkatkan pergerakan ion, mengurangi hambatan internal, serta mempercepat proses pemutusan molekul H₂O.

Sedangkan pada penggunaan *power supply* amplifier (PSA) hanya menghasilkan efisinesi sebesar 25%, dengan arus rata-rata 0,38A, daya rata-rata 9,81 watt, dan suhu rata-rata 28,5°C. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa sumber energi berbasis frekuensi lebih efisien dibandingkan sumber energi listrik *power supply* dalam meningkatkan produksi hidrogen dengan konsumsi energi yang lebih rendah. Penggunaan sumber energi berbasis frekuensi terbukti berpengaruh terhadap jumlah hidrogen yang dihasilkan. Pada frekuensi 23,69 kHz, arus 0,20A, daya 4,8 watt, reaktor mencapai kondisi paling optimal dengan efisiensi 51,57% karena pergerakan ion dalam larutan lebih selaras dengan arus listrik, sehingga pemutusan ikatan air menjadi lebih efektif. Namun, ketika frekuensi dinaikkan 26,31 kHz, efisiensi justru menurun meskipun daya meningkat 9,12 watt, karena sebagian energi hilang sebagai panas akibat resistansi larutan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Dwisari, V., Sudarti, & Yushardi. (2023). PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI: MASA DEPAN

ENERGI TERBARUKAN. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384.

Ferdy, M. (2024). *Pengukuran Tegangan listrik DC Dan Arus Listrik DC Untuk Pemantauan Dan Pengendalian Generator HHO Tipe Wet Cells Pada Generator Set Dengan Menggunakan Sensor INA219 dan Sensor ACS712 30A. 11(1)*, 404–410.

Hasan, M. S., & Widayat, W. (2022). Produksi Hidrogen dengan Memanfaatkan Sumber Daya Energi Surya dan Angin di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(1), 38–48.

Muannif Ridwan, Sri Hidayanti, & Nilfatri. (2021). STUDI ANALISIS TENTANG KEPADATAN PENDUDUK SEBAGAI SUMBER KERUSAKAN LINGKUNGAN HIDUP. *Jurnal IndraTech*, 2(1), 25–36.

Muharam, R. S., Rusli, B., Karlina, N., & Candradewini, C. (2025). KEBIJAKAN SUBSIDI LPG 3 KG DI JAWA BARAT: DISTRIBUSI KESEJAHTERAAN, RISIKO EKOLOGIS, DAN EKONOMI PUBLIK. *MANAJEMEN: JURNAL EKONOMI USI*, 7(1), 130–141. <https://doi.org/10.36985/p2w01m95>

Safarudin, L., & Syahrul. (2023). Eksplorasi Potensi Energi Hidrogen di Sektor Industri. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL PEMANFAATAN SAINS DAN TEKNOLOGI INFORMASI 2023*, 1(1), 567–580.

Situmorang, F., & Suhariato, J. (2024). Eksplorasi Jejak Tingkat Pengangguran Terbuka, Jumlah Penduduk Miskin, Dan Upah Minimum Regional Terhadap Produk Domestik Regional Bruto Di Provinsi Sumatera Utara 2002-2022. *JOURNAL OF ECONOMICS AND REGIONAL SCIENCE*, 4(2).

Yudiantono, Y., Jaka, W., & Adiarso, A. (2023). Dekarbonisasi Sektor Ketenagalistrikan Sampai 2050 Dalam Kerangka Kebijakan Energi

Nasional. *Jurnal Energi Baru Dan
Terbarukan*, 4(2), 66–82.

<https://doi.org/10.14710/jebt.2023.1696>