

Rancang Bangun Sistem *Batch Control* Air Pengumpan pada Produksi *Brown Gas* Berbasis Elektrolisis Alkali

Novan Akhيريyanto*, Ahmad Rasyid Ibrahim, Wasis Waskito Adi, Astrie Kusuma Dewi
Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Blora

INFORMASI NASKAH

Diterima : 12 Juni 2025
Direvisi : 20 Oktober 2025
Disetujui : 3 November 2025
Terbit : 25 November 2025

Email korespondensi:
akhiriyanto.n@gmail.com

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/mz/2025-2/1171>

ABSTRAK

Elektrolisis air merupakan proses terjadinya penguraian air menjadi gas hidrogen dengan dialiri arus listrik searah melalui elektroda katoda dan anoda yang tercelup ke dalam larutan elektrolit. Penelitian ini untuk merancang *prototype batch control system* pada produksi hidrogen menggunakan metode elektrolisis. Sistem dikembangkan dengan sistem otomatis untuk meningkatkan efisiensi pada produksi hidrogen, khususnya *brown gas* atau gas HHO, karena proses elektrolisis alkali yang belum terpisah antara gas hidrogen dan gas oksigen. Proses elektrolisis ini menggunakan larutan elektrolit Kalium Hidroksida (KOH) dengan pengaturan arus dan tegangan yang bervariasi. Terdapat komponen utama yang digunakan yaitu tabung *electrolyzer*, pompa DC, *solenoid valve* DC, *level switch*, mikrokontroler ESP32, sensor *Electrical Conductivity* (EC), dan sensor MQ-8. Untuk melakukan pengujian diperlukan *database* InfluxDB dan antarmuka *Grafana* yang mempermudah interaksi antara alat dengan manusia. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *batch control system* mampu beroperasi stabil, dengan keluaran hidrogen yang lebih tinggi pada kondisi tegangan suplai 6V dengan arus 8A. Namun, karena pengujian masih terbatas pada 2 kondisi ujicoba, maka kondisi terbaik hanya berlaku pada rentang percobaan yang telah dilakukan, sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk menetapkan parameter operasi yang benar-benar optimal.

Kata kunci: *Batch Control*, Elektrolisis, Gas HHO, Hidrogen

ABSTRACT

Water electrolysis is a process of decomposing water into hydrogen gas by applying a direct electric current through electrodes (cathode and anode) immersed in an electrolyte solution. This research aims to design a prototype batch control system for hydrogen production using the electrolysis method. The system is developed with automation features to improve the efficiency of hydrogen production, specifically for brown gas or HHO, since the alkaline electrolysis process does not yet separate hydrogen and oxygen gases. The electrolysis process utilizes a Potassium Hydroxide (KOH) electrolyte solution with varying current and voltage settings. Key components used in the system include an electrolyzer tube, DC pump, DC solenoid valve, level switch, ESP32 microcontroller, Electrical Conductivity (EC) sensor, and MQ-8 gas sensor. For monitoring and data logging, the system integrates InfluxDB and a Grafana interface to facilitate human-device interaction. The results obtained show that the batch control system was able to operate stably, with higher hydrogen output observed at a supply voltage of 6 V and a current of 8 A. However, since the experiments were limited to only two test conditions, the best condition can only be stated within the tested range. Therefore, further studies are required to determine the truly optimal operating parameters.

Keywords: Batch control, Electrolysis, HHO gas, Hydrogen

PENDAHULUAN

Ketergantungan sektor industri terhadap bahan bakar fosil, terutama minyak bumi dan gas alam, masih sangat tinggi dalam pemenuhan kebutuhan energi. Namun, penggunaan energi fosil memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti peningkatan emisi gas rumah kaca dan degradasi ekosistem, yang menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Hidrogen sebagai sumber energi alternatif yang bersih dan ramah lingkungan, memiliki potensi besar untuk mengurangi emisi karbon di sektor industri. Pemanfaatan dan pengembangan energi hidrogen dinilai strategis dalam mendukung transisi menuju sistem energi berkelanjutan (Safarudin, 2023). Hidrogen merupakan media penyimpan energi yang ideal untuk listrik dari sumber energi terbarukan, serta berperan sebagai penghubung dalam rantai energi berkelanjutan dan bebas emisi. Berbeda dengan energi fosil, hidrogen tidak akan habis karena merupakan unsur paling melimpah di alam (Rosyid & Oktaufik, 2009). Meskipun demikian, hidrogen bukanlah sumber energi primer, melainkan berfungsi sebagai pembawa energi yang perlu diproduksi melalui pemisahan dari molekul lain. Dalam pengembangan sistem energi masa depan, hidrogen dipandang sebagai

komponen utama karena memiliki sejumlah keunggulan sebagai bahan bakar, antara lain: rentang pembakaran yang luas, energi pengapian yang rendah, jarak pendinginan yang pendek, kecepatan pembakaran yang tinggi, serta difusivitas yang tinggi (Nurlatifah & Arlianti, 2021).

Elektrolisis air dengan menggunakan energi terbarukan merupakan metode yang sangat potensial untuk menghasilkan hidrogen ramah lingkungan. Hidrogen terbarukan berperan penting dalam mendukung transisi energi, antara lain sebagai bahan bakar netral karbon untuk transportasi, bahan baku industri kimia dan baja, serta media penyimpanan energi musiman. Tujuan utama dari pengembangan ini adalah menggantikan produksi hidrogen berbasis fosil dengan sumber bebas karbon (Cavaliere, 2023). Elektrolisis air merupakan metode yang efisien dan ramah lingkungan untuk menghasilkan gas hidrogen dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Nugroho et al., 2021). Proses elektrolisis memanfaatkan energi listrik untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen, sehingga mengubah energi listrik menjadi energi kimia yang tersimpan dalam hidrogen. Teknologi ini dinilai layak untuk produksi hidrogen skala besar dan dapat menjadi elemen kunci dalam transformasi sistem energi

global. Komposisi kimia dan konsentrasi ion dalam proses elektrolisis air sangat berpengaruh terhadap proses produksi hidrogen. Selain itu, pada penelitian (Lestari A et al., 2022), variasi jumlah elektroda dan jenisnya juga berpengaruh terhadap hasil produksi hidrogen. Untuk mengetahui hasil yang akurat, maka diperlukan pengukuran nilai variabel yang berkaitan.

Konsentrasi ion dapat diukur melalui metode gravimetri dan konduktivitas listrik. Metode gravimetri, yang memiliki akurasi tinggi. Namun, metode ini memerlukan waktu lama dan hanya dapat dilakukan di laboratorium. Sebagai alternatif yang lebih praktis, pengukuran konsentrasi ion juga dapat dilakukan berdasarkan nilai konduktivitas listrik larutan (Irwan, 2016). Pengukuran *Electrical Conductivity* (EC) menggunakan sensor EC berfungsi untuk menentukan kemampuan suatu larutan dalam menghantarkan arus listrik. Konduktivitas listrik dipengaruhi oleh konsentrasi ion dalam larutan, yang secara langsung berpengaruh terhadap efisiensi pemisahan air menjadi hidrogen dan oksigen. Salah satu faktor yang memengaruhi nilai EC yaitu suhu, mobilitas ion, valensi ion dan konsentrasi larutan elektrolit (Hudaya et al., n.d.). Untuk memverifikasi hasil elektrolisis, sensor MQ-8 digunakan sebagai detektor gas hidrogen. Sensor ini mampu mendeteksi keberadaan hidrogen dalam konsentrasi rendah dan berperan dalam mengonfirmasi efektivitas proses elektrolisis berdasarkan jumlah hidrogen yang dihasilkan. Sensor MQ-8 dimanfaatkan untuk mengukur konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis, dengan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan ppm (*parts per million*) (Efendi Y, 2022). Dengan demikian, kombinasi antara pembacaan sensor EC dan MQ-8 memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap performa sistem elektrolisis, baik dari sisi konduktivitas larutan maupun konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan.

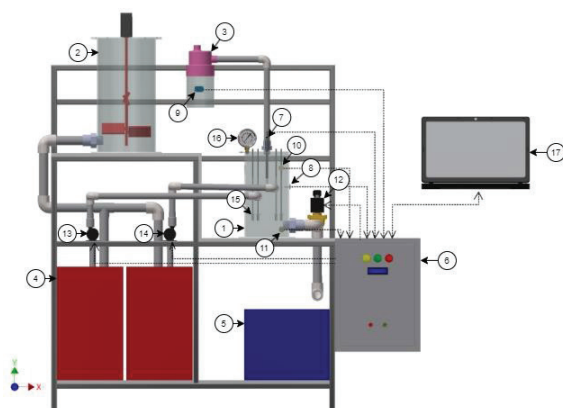
Telah dilakukan penelitian pada (Ghearama Girindra et al., 2019) tentang pengukuran EC berbasis mikrokontroler. Dalam perancangan *prototype* sistem monitoring elektrolisis air untuk produksi hidrogen, diperlukan integrasi

antara perangkat keras dan perangkat lunak guna memperoleh data secara *real-time* dan akurat. Salah satu aspek penting dalam sistem ini adalah pengelolaan dan visualisasi data hasil pembacaan sensor, seperti EC dan konsentrasi gas hidrogen (H_2). Penelitian tersebut menjadi dasar pengembangan sistem pada tugas akhir ini, yang mengintegrasikan sensor EC dalam rangka memantau konduktivitas larutan secara *real-time* sebagai parameter penting dalam proses elektrolisis. Dalam proyek ini, data hasil pembacaan sensor disimpan menggunakan time-series database *InfluxDB*, dan divisualisasikan melalui *platform Grafana* secara *localhost* untuk memudahkan pemantauan dan analisis performa sistem secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa parameter yang menjadi variabel, yaitu tegangan dan arus listrik yang diberikan pada proses elektrolisis, yang divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap produksi gas HHO. Kemudian konduktivitas listrik larutan yang dibaca melalui sensor EC, suhu reaksi elektrolisis dan konsentrasi gas hidrogen dalam satuan ppm. Ketiga variabel ini merepresentasikan kinerja sistem elektrolisis dalam menghasilkan gas hidrogen. Sehingga hubungan antara parameter listrik (tegangan dan arus), sifat larutan dan hasil produksi gas hidrogen dapat dilakukan secara sistematis untuk menilai kinerja sistem *batch control* berbasis elektrolisis.

Terdapat peralatan mekanik dan peralatan elektrik yang digunakan dalam penelitian ini. Peralatan mekanik terdiri dari 140 plat elektroda silet cukur, as drat elektroda (SS304, 5 mm), tabung *elektrolyzer* (akrilik 40x15x30 cm) dengan kapasitas 12 liter air pengumpan, pipa (1/2 inch), tabung hidrogen, selang PU (6 mm). Kemudian peralatan elektrik terdiri dari ESP32, sensor EC, sensor MQ-8, *Thermocouple Type k*, *level switch*, *buck converter*, *relay*, *solenoid valve*, pompa DC, baterai, kabel, *panel box*, *multimeter* dan *ampere meter*.



Gambar 1. Rancangan Keseluruhan

Gambar 1 merupakan tampilan rancangan yang diusulkan, dengan keterangan peralatan-peralatan yang digunakan, sebagai berikut:

1. Tabung *electrolyzer* sebagai tempat terjadinya reaksi elektrolisis
2. Tabung *mixer* sebagai tempat mengaduk larutan air bersih dengan elektrolit
3. Tabung penyimpan gas HHO
4. Tabung larutan (tabung larutan elektrolit dan air bersih)
5. Tabung penyimpan larutan sisa hasil elektrolisis
6. Kotak panel sebagai tempat perangkat elektronik
7. Sensor EC untuk membaca banyaknya ion saat reaksi
8. *Thermocouple* tipe K untuk membaca suhu saat reaksi
9. Sensor H2 MQ-8 untuk membaca banyaknya produksi hidrogen
10. *Level switch high* untuk membaca level atas tabung reaksi
11. *Level switch low* untuk membaca level bawah tabung reaksi
12. *Solenoid valve* untuk mengendalikan aliran menuju tabung nomor 5
13. Pompa DC 1 untuk memompa larutan elektrolit dari tabung nomor 4
14. Pompa DC 2 untuk memompa larutan air bersih dari tabung nomor 4
15. *Stack* elektroda sebagai elektroda penghasil gas HHO
16. *Pressure gauge* untuk membaca tekanan pada

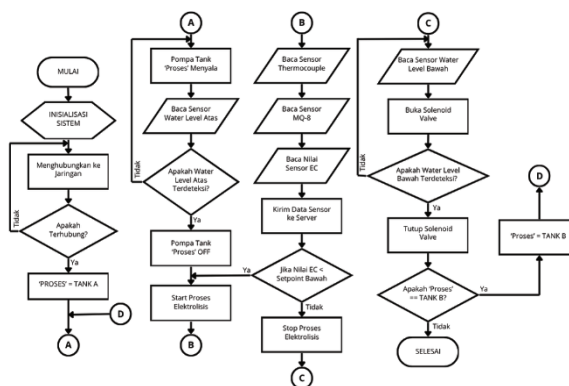
tabung reaksi

17. PC sebagai pemroses parameter

Bahan yang digunakan adalah air bersih hasil distilasi AC dan elektrolit basa kuat KOH. Total air pengumpan yang digunakan pada tabung yaitu 12 liter dengan elektrolit yang dicampurkan dengan konsentrasi 0,5 Mol.

Rancangan sistem *prototype* yang digunakan untuk mengatur proses *batch control* air pengumpan ke dalam unit elektrolisis dalam sistem produksi hidrogen. Sistem ini terdiri dari tabung larutan, tabung *electrolyzer*, pompa, serta sensor EC, suhu, *level switch* dan konsentrasi gas hidrogen (MQ-8) yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Data hasil pengukuran dikirim dan divisualisasikan secara real-time melalui platform *InfluxDB* dan *Grafana*, sehingga memungkinkan proses pemantauan dan pengendalian sistem berjalan secara otomatis dan efisien.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara eksperimen langsung menggunakan sistem elektrolisis air berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan berbagai sensor dan aktuator. Sistem dirancang untuk dapat memantau dan mengendalikan proses elektrolisis dengan *batch control system* serta merekam parameter penting secara *real-time*.



Gambar 2. Flowchart Pengujian *Prototype*

Proses dimulai dari inisialisasi sistem pada program dan koneksi jaringan untuk diintegrasikan ke antarmuka dan pengambilan data. Setelah terhubung, air dipompa hingga mencapai *level switch high*, lalu proses

elektrolisis dimulai dengan mengalirkan arus DC ke elektroda. Selama proses, sensor suhu, konsentrasi gas hidrogen (MQ-8), dan sensor konduktivitas listrik (EC) akan membaca data dan mengirimkannya ke *server*. Jika nilai EC sebagai parameter keluaran di bawah batas minimum, proses dihentikan. Setelahnya, air dikeluarkan melalui *solenoid valve* hingga mencapai *level switch low*, lalu sistem berganti menggunakan larutan berikutnya untuk melanjutkan proses secara *batch*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 berikut menunjukkan sistem yang digunakan dalam proses elektrolisis, di mana arus listrik dialirkan melalui larutan elektrolit. Sistem ini terdiri atas tabung *electrolyzer* yang dilengkapi dengan sensor EC, MQ-8 dan suhu. Selama proses berlangsung, ion-ion dalam larutan mengalami pemisahan di bawah pengaruh medan listrik, yang kemudian dimonitor secara *real-time* melalui perangkat sensor. Pengamatan terhadap perubahan nilai EC dan ppm selama proses ini memberikan gambaran mengenai perubahan konsentrasi ion dalam sistem. Dengan adanya monitoring ini, proses elektrolisis dapat dianalisis secara menyeluruh, terutama dalam memahami *batch control system* dan keterkaitan antara penurunan ppm serta nilai koreksi EC, serta pengaruh suhu terhadap kestabilan proses reaksi.



Gambar 3. Proses Elektrolisis

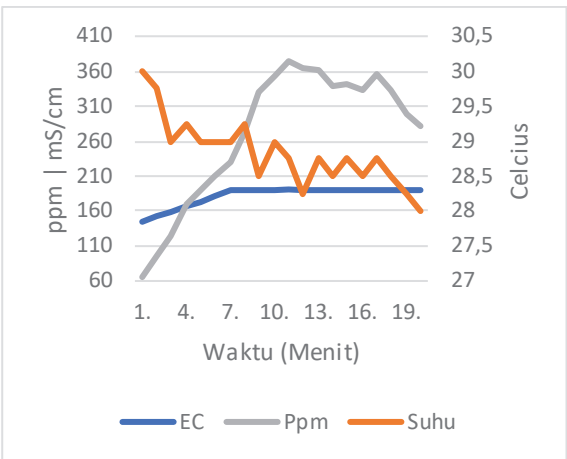
A. Pengujian Pertama

Pengujian pertama dilakukan menggunakan campuran air pengumpan dengan elektrolit KOH sesuai dengan konsentrasi yang digunakan 0,5 mol. Pengujian ini menggunakan masukan tegangan 5

volt dengan arus 7 ampere. Tabel 1 berikut dapat mempermudah pembacaan hasil dari percobaan.

Tabel 1. Hasil Percobaan Pertama

No.	EC (mS/cm)	Suhu (°C)	Hidrogen (ppm)
1.	194,6796	27,5	62,22007
2.	194,7222	31,25	63,71255
3.	194,7222	30,5	63,83711
4.	194,999	30	67,42256
5.	195,0202	30	66,85768
6.	195,0202	29,75	67,06827
7.	195,0362	29	64,8493
8.	195,0362	29,25	66,30184
9.	195,0575	29	68,16004
10.	195,0841	29	67,22713
11.	195,0788	29	131,9459
12.	195,3289	29,25	189,5881
13.	194,8818	28,5	187,818
14.	194,7328	29	174,6742
15.	189,9162	28,75	167,9324
16.	184,4235	28,25	162,4057
17.	183,9711	28,75	157,9068
18.	183,8806	28,5	155,1483
19.	183,7742	28,75	153,3742
20.	183,6358	28,5	151,2467



Gambar 4. Percobaan 5V 7A

Berdasarkan hasil uji yang pertama menggunakan larutan KOH 0,5 mol, konduktivitas listrik (EC) terpantau relatif stabil di kisaran 190 mS/cm, yang mencerminkan aktivitas ionik yang baik dalam larutan tersebut. Nilai EC tertinggi tercatat sebesar 195,3289 mS/cm. Seiring berjalannya waktu dan meningkatnya suhu, konsentrasi gas (ppm) menunjukkan pola fluktuasi, dengan nilai tertinggi mencapai 189,5881 ppm pada suhu 29,25°C dan EC maksimum 195,3289 mS/cm. Temuan ini mengindikasikan bahwa suhu tersebut merupakan titik optimum dalam produksi

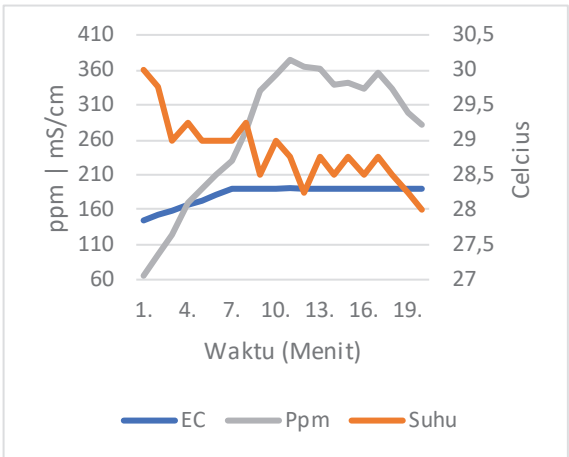
gas hidrogen. Setelah mencapai titik tersebut, suhu perlahan menurun, diikuti dengan penurunan konsentrasi gas, yang kemungkinan disebabkan oleh penurunan efisiensi elektrolisis atau kondisi sistem yang mulai jenuh. Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa proses elektrolisis berlangsung secara optimal pada kisaran suhu dan konduktivitas tertentu, sebelum akhirnya efisiensinya menurun.

B. Pengujian Kedua

Pengujian kedua dilakukan menggunakan campuran air pengumpan dengan elektrolit KOH sesuai dengan konsentrasi yang digunakan 0,5 mol. Pengujian ini menggunakan tegangan 6 voltage dengan arus 8 ampere. Pengujian kedua dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Percobaan Kedua

No.	EC (mS/cm)	Suhu (°C)	Hidrogen (ppm)
1.	144,6765	30	65,58566
2.	151,9733	29,75	94,20987
3.	159,1425	29	122,7702
4.	166,3063	29,25	169,3281
5.	173,7576	29	189,3025
6.	180,8469	29	211,026
7.	189,7458	29	230,6609
8.	190,2142	29,25	273,4405
9.	189,9534	28,5	329,2487
10.	190,2301	29	353,7255
11.	190,9114	28,75	374,3578
12.	190,9061	28,25	365,6014
13.	190,8954	28,75	360,6812
14.	190,5655	28,5	338,8696
15.	190,2621	28,75	340,7094
16.	190,2834	28,5	332,8061
17.	190,0279	28,75	356,5927
18.	189,8363	28,5	332,8842
19.	189,6926	28,25	298,878
20.	189,8097	28	280,2483



Gambar 5. Percobaan 6V 8A

Keterkaitan antara waktu dengan tiga parameter utama, yaitu konduktivitas listrik (EC), konsentrasi partikel terlarut (ppm), dan suhu. Selama proses berlangsung, nilai EC meningkat secara bertahap dari sekitar 144,6765 mS/cm hingga mencapai kestabilan pada kisaran 189,7458 mS/cm, yang mengindikasikan bertambahnya jumlah ion bebas dalam larutan akibat peningkatan tegangan dan arus selama elektrolisis. Konsentrasi ppm menunjukkan lonjakan tajam dari 65,58566 ppm hingga mencapai puncak 374,3578 ppm pada menit ke-11, sebelum akhirnya menurun secara perlahan. Di sisi lain, suhu awalnya turun dari 30°C menjadi 28,25°C, lalu berfluktuasi dalam rentang 28°C hingga 29°C, menandakan terjadinya pelepasan panas pada awal proses yang kemudian diikuti oleh stabilisasi termal dalam sistem. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa peningkatan tegangan dan arus mampu memicu reaksi elektrokimia yang lebih intens, yang ditunjukkan oleh kenaikan signifikan pada nilai EC dan ppm, serta diikuti oleh kondisi sistem yang cenderung stabil baik dalam aspek konduktivitas maupun suhu.

KESIMPULAN

Prototipe *batch control system* untuk produksi hidrogen berbasis elektrolisis telah diuji pada 2 kondisi dengan larutan KOH, yaitu kondisi pertama, suplai tegangan 5V dengan arus 7A dan kondisi kedua, suplai tegangan 6V dengan arus 8A. Pada kondisi pertama diperoleh konsentrasi maksimum terukur sebesar konsentrasi hidrogen maksimum terukur sebesar 189,5881 ppm dengan konduktivitas listrik (EC) sebesar 195,3289 mS/cm, sedangkan kondisi kedua mencapai 374,3578 ppm dengan EC sebesar 190,9114 mS/cm. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem kontrol mampu memberikan respons stabil pada kedua kondisi, dengan produksi gas hidrogen yang lebih tinggi pada suplai tegangan 6V dengan arus 8A, walaupun sebenarnya hasil yang diperoleh dari elektrolisis masih belum terpisah antara gas hidrogen dan gas oksigen atau yang dihasilkan adalah *brown gas* (HHO), namun penggunaan sensor gas MQ-8 cukup untuk mengetahui konsentrasi gas hidrogen dalam campuran HHO yang diproduksi ini. Meski demikian, karena pengujian masih terbatas hanya 2 kondisi ujicoba saja, sehingga kondisi terbaik

hanya berlaku pada rentang 2 kondisi percobaan yang dilakukan. Uji lanjutan dengan lebih banyak variasi parameter diperlukan untuk menetapkan batas operasi yang benar-benar optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Cavaliere, P. (2023). Water Electrolysis for Hydrogen Production. In *Water Electrolysis for Hydrogen Production*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-37780-8>
- Efendi Y. (2022). *RANCANG BANGUN MONITORING ELEKTROLISIS AIR BERBASIS ARDUINO UNO DAN KONTROL TEGANGAN BUCK CONVERTER*.
- Ghearama Girindra, F., Rosdiana, E., Suhendi, A., & Fisika, T. (2019). *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Konduktivitas Listrik Larutan Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Design And Development Of Microcontroller-Based Electrical Conductivity Measurement System For Hydroponic Solution*.
- Hudaya, R., Budiman Margana, D., Wahyu, R., Hartono, T., Ludyati, H., Hasanah, R., & Isdaryani, F. (n.d.). *Rancangan Teknik Kuantifikasi Electrical Conductivity untuk Aplikasi pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Elektroda Berbahan Material SNI 04-3892.1-2001*.
- Irwan, F. (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1).
- Lestari A, Kurniasih Y, & Rosma Indah D. (2022). *Pengaruh Variasi Jumlah Elektroda Dan Jenis Katalis Terhadap Produksi Gas Hidrogen Pada Elektrolisis Air Laut* (Vol. 5, Issue 2).
- Nugroho, S., Faisal Amrullah, M., Sudarto No, J., Tembalang, K., Semarang, K., & Tengah, J. (2021). Desain Alat Elektrolisa Hidrogen Menggunakan Elektroda Stainless Steel. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 9, Issue 2).
- Nurlatifah, I., & Arlianti, D. L. (2021). Artikel Review: Produksi Gas Hidrogen dari Reaksi Elektrolisis Sebagai Bahan Bakar Non-Fosil. In *Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri (UNISTEK)* (Vol. 8, Issue 1).
- Rosyid, O. A., & Oktaufik, M. A. M. (2009). *Infrastruktur Hidrogen Untuk Aplikasi Fuel Cell Dalam Era Ekonomi Hidrogen*.
- Safarudin, L. (2023). *Eksplorasi Potensi Energi Hidrogen di Sektor Industri* (Vol. 1, Issue 1).

