



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

The 8th Conference on Innovation and Application of Science and Technology
(CIASTECH 2025)

Website Ciastech 2025 : <https://ciastech.widyagama.ac.id>
Open Confrence Systems : <http://ocs.ciastech.widyagama.ac.id>
Proceeding homepage : <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/index>

PENGARUH KATALIS BIOETANOL DALAM AIR GULA PADA PROSES ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN GENERATOR HHO SEL KERING TERHADAP KARAKTERISTIK NYALA API

Isidorus Harling Narsoni^{1*)}, Gatot Soebiyakto²⁾, Nurida Finahari³⁾

^{1*)2)3)} Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah diterima, 30 Agustus 2025
Direvisi, 16 September 2025
Diterima, 17 September 2025

***Email Korespondensi :**

isidorusharlingnarsoni@gmail.com

ABSTRAK

Di antara jenis energi pengganti yang layak dikembangkan antara lain adalah hidrogen. Gas hidrogen dihasilkan dengan memecah air (H₂O) menjadi hidrogen dan oksigen melalui proses elektrolisis. Pada proses tersebut, larutan yang digunakan adalah campuran air gula dan bioetanol dari singkong, yang diaktifkan menggunakan arus listrik. Penelitian dilakukan dengan generator HHO tipe sel kering, menggunakan elektroda dari plat stainless steel tipe 304 dan kandungan katalis bioetanol singkong pada persentase 0%, 8%, 10%, dan 12%. Hasil penelitian menunjukkan volume hidrogen tertinggi sebesar 311 mL pada konsentrasi katalis 12%, sedangkan volume terendah sebesar 198 mL pada konsentrasi 0%. Suhu nyala api tertinggi juga dicapai pada persentase 12% yaitu 323°C, dan terendah pada 0% dengan suhu 168°C. Tinggi nyala api maksimum adalah 4,74 cm dan lebarnya 1,99 cm pada 12%. Selain itu, tingkat kecerahan nyala api yang diukur menggunakan parameter RGB mencapai nilai tertinggi 9 pada 12% katalis, dan terendah 2 pada 0%.

Kata Kunci: Katalis, Bioethanol, Air gula, Elektrolisis. Generator HHO, Nyala Api.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, kebutuhan energi masih sangat mengandalkan bahan bakar minyak (BBM) fosil, terutama dalam sektor transportasi dan industri[1]. Tingginya konsumsi BBM tidak hanya meningkatkan ketergantungan pada energi fosil, Namun, hal tersebut juga menyebabkan dampak negatif dalam bentuk pencemaran lingkungan serta mempercepat pemanasan global[2]. Pengeluaran gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂), sebagian besar berasal dari penggunaan BBM. Karena itu, pengembangan energi alternatif yang ramah lingkungan seperti bioetanol menjadi sangat penting untuk mengurangi ketergantungan tersebut[3].

Bioetanol adalah energi terbarukan yang diperoleh dari fermentasi biomassa yang mengandung karbohidrat, seperti tebu, singkong, dan limbah pertanian. Keunggulan bioetanol antara lain dapat diperbarui, memiliki emisi CO₂ yang rendah, serta berpotensi diproduksi secara lokal sehingga mengurangi impor energi[4]. Bioetanol juga dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam proses

elektrolisis air gula untuk menghasilkan gas HHO (campuran hidrogen dan oksigen) yang berpotensi digunakan sebagai energi alternatif pada mesin maupun pembangkit Listrik[5].

Penelitian terkait penggunaan generator HHO sel kering menunjukkan bahwa penambahan bioetanol dapat meningkatkan efisiensi produksi gas HHO dan memengaruhi karakteristik nyala api. Hasil uji menunjukkan bahwa campuran bioetanol tertentu, seperti E15, menghasilkan performa optimal dengan suhu tinggi, nyala api stabil berwarna biru, serta waktu pembakaran yang lebih efisien[6]. Penelitian lebih lanjut difokuskan untuk menganalisis pengaruh komposisi bioetanol dalam air gula terhadap hasil elektrolisis dan karakteristik nyala api, dengan tujuan mendukung pengembangan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan efisien[7].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mempelajari pengaruh **penambahan bioetanol** ke dalam **larutan air gula** terhadap **efisiensi proses elektrolisis**, menggunakan **generator HHO tipe sel kering**. Selain itu, penelitian ini juga akan mengamati **karakteristik nyala api** yang dihasilkan dari gas HHO sebagai hasil proses elektrolisis.

2.1. Parameter Pengujian generator HHO

Dalam penelitian ini, kinerja dari generator HHO dianalisis menggunakan beberapa parameter, salah satunya adalah kebutuhan daya listrik (dalam satuan watt). Daya ini berkaitan langsung dengan besarnya tegangan, arus listrik, serta durasi proses elektrolisis yang terjadi dalam sistem. Efisiensi generator HHO adalah perbandingan terhadap energi atau daya yang digunakan selama proses elektrolisis air (H_2O). Rumus yang digunakan untuk menghitung seberapa efektif hasil produksi gas HHO dapat dijelaskan sebagai berikut[8].

$$p = V \times I \quad (1)$$

Keterangan:

P = daya keluaran generator HHO (dalam watt)

V = Tegangan listrik atau beda potensial

I = Arus listrik (ampere)

Dengan mengetahui nilai-nilai tersebut, dapat dihitung besarnya konsumsi daya listrik yang digunakan selama operasi generator HHO.

2.2. Konsentrasi Larutan

Konsentrasi larutan adalah campuran yang menyatakan perbandingan jumlah zat terlarut dengan pelarutnya [9]. Untuk mengetahui konsentrasi dengan (% persen) Perhitungan Fraksi massa dapat dilihat pada persamaan

$$\text{fraksi masa} = \text{massa} \frac{\text{katalis}}{\text{massa total}} \times 100\% \quad (2)$$

2.3. Variabel Penelitian

Pendekatan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pendekatan eksperimen.[10]. Adapun variabel- variabel yang digunakan sebagai berikut:

1) Variabel Bebas (Independen)

Persentase penambahan bioetanol singkong ke dalam larutan air gula, yaitu sebesar **8%, 10%, dan 12%**.

2) **Variabel Terikat (Dependen)**

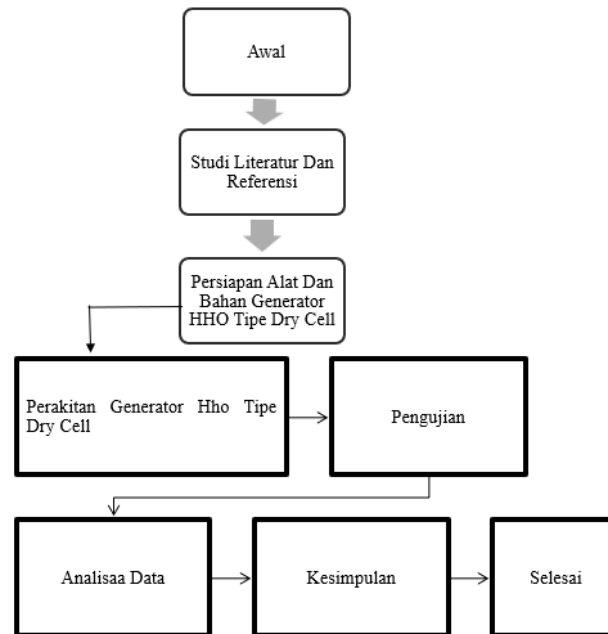
- a) Volume gas hidrogen (H_2) yang dihasilkan.
- b) **Karakteristik nyala api**

3) **Variabel Terkontrol (Konstan)**

- a) Tegangan listrik yang digunakan dijaga tetap pada **12 Volt**.
- b) Jenis larutan menggunakan **air gula** dengan volume **800 mL**.

2.4. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir tersebut menunjukkan alur penelitian dimulai dari studi literatur dan referensi sebagai dasar teori, dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan generator HHO tipe dry cell. Setelah itu dilakukan perakitan generator sesuai rancangan, kemudian dilakukan tahap pengujian untuk memperoleh data performa. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis guna mengetahui efektivitas kinerja generator, yang pada akhirnya menghasilkan kesimpulan sebagai jawaban atas tujuan penelitian sebelum penelitian dinyatakan selesai. Gambar 1.

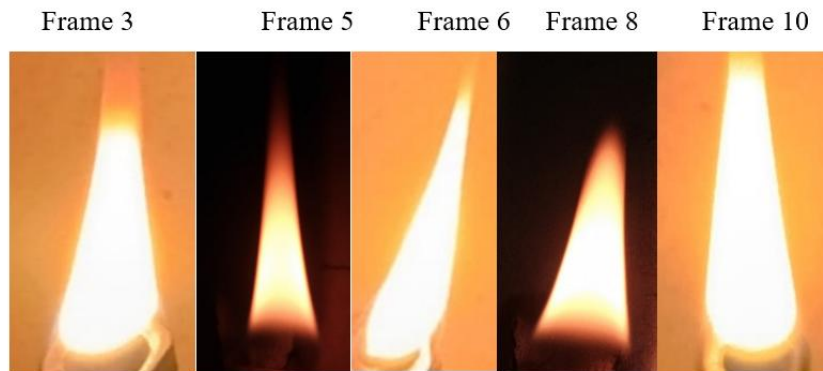


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Penelitian

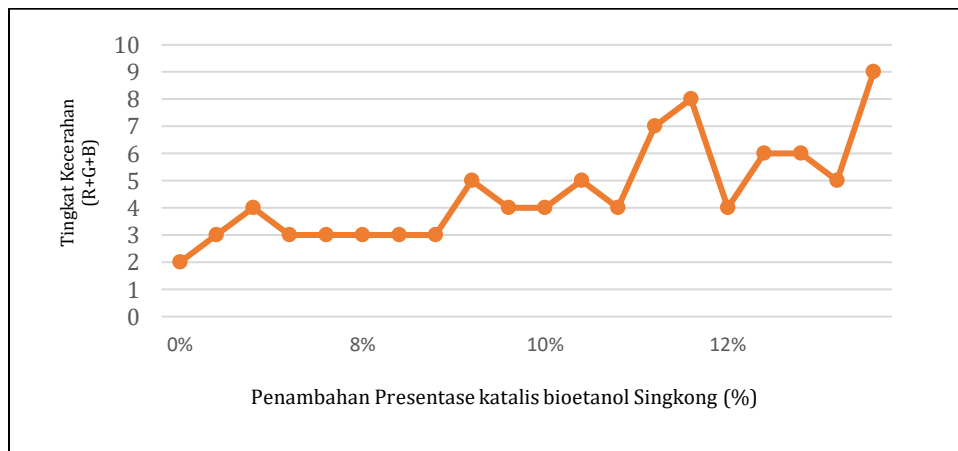
Berdasarkan hasil uji eksperimen secara langsung, diperoleh data mengenai volume gas hidrogen yang dihasilkan serta karakteristik profil api pada generator HHO tipe *dry cell*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi bioetanol sebesar 0%, 8%, 10%, dan 12% yang dicampurkan dalam air gula sebagai larutan elektrolit. Konfigurasi alat menggunakan pelat elektroda dengan ketebalan 1 mm dan jarak antar pelat sebesar 1 mm. Ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil Rekaman Gambar Nyala Api



Gambar 4 Tabulasi Rekaman Nyala Api 12%

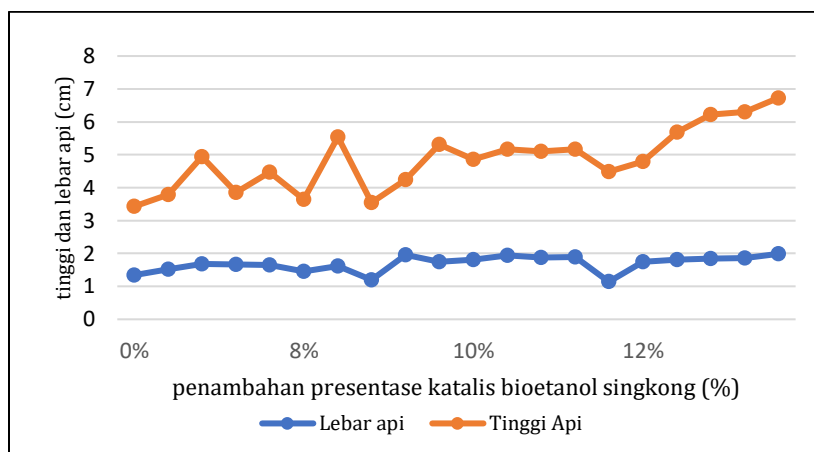
3.2. Analisa Grafik

Grafik pengaruh tingkat kecerahan nyala api dengan penambahan presetanse katalis Bioetanol singkong



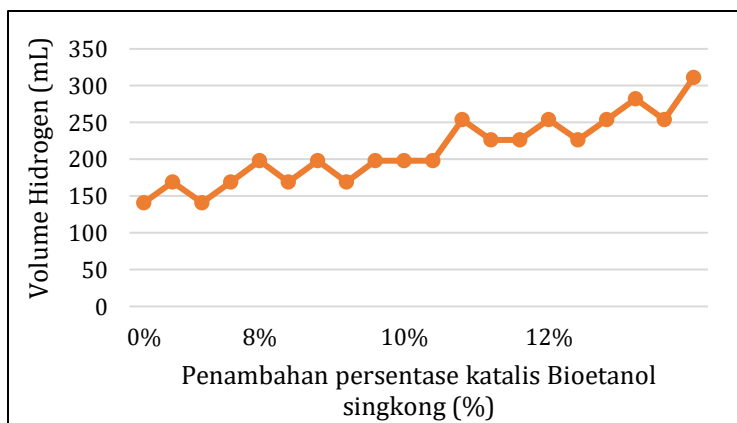
Gambar 5 Pengaruh tingkat kecerahan (red green blue) dengan penambahan presentase katalis bioetanol singkong

Pada Gambar 3. Dilihat gambar 3, tampak pengaruh variasi tingkat kecerahan warna merah, hijau, dan biru (RGB). Pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan variasi presentase katalis bioetanol singkong sebesar 0%, 8%, 10%, dan 12%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada konsentrasi 12%, tingkat kecerahan nyala api (ditinjau dari nilai Red, Green, Blue atau RGB) mencapai nilai tertinggi sebesar 9 RGB. Sementara itu, tingkat kecerahan terendah tercatat pada konsentrasi 0% dengan nilai 2 RGB. Peningkatan kecerahan ini disebabkan oleh volume gas hidrogen yang dihasilkan selama proses elektrolisis. Semakin tinggi konsentrasi bioetanol yang digunakan sebagai katalis, maka semakin banyak ion dalam larutan, sehingga meningkatkan konduktivitas listrik. Hal ini mempercepat laju elektrolisis dan menghasilkan volume gas HHO yang lebih besar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi katalis bioetanol singkong berbanding lurus dengan tingkat kecerahan nyala api. Semakin tinggi konsentrasi katalis, semakin tinggi pula intensitas cahaya (RGB) yang dihasilkan oleh nyala api dari proses elektrolisis pada generator HHO.



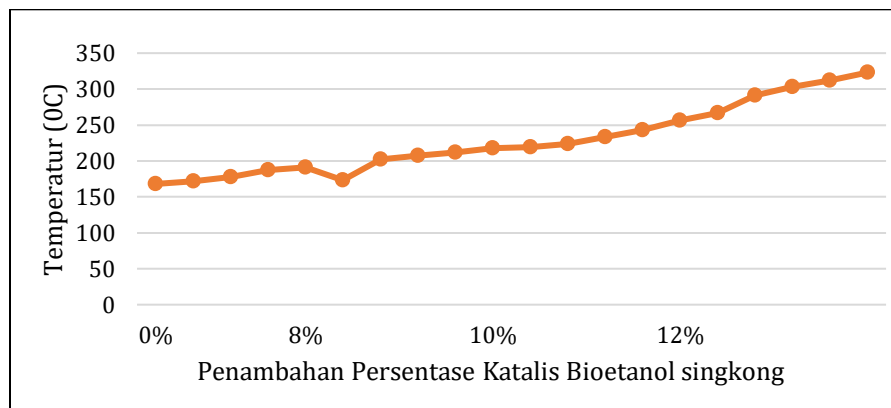
Gambar 6 Grafik pengaruh tinggi dan lebar api dengan penambahan presentase 2 katalis katalis bioetanol singkong

Berdasarkan pada Gambar 4 dapat dianalisis hubungan antara volume hidrogen dengan penambahan variasi konsentrasi katalis bioetanol dari singkong sebesar 0%, 8%, 10%, dan 12%. Terlihat bahwa nyala api tertinggi dihasilkan pada penggunaan katalis bioetanol singkong 12%, dengan tinggi mencapai 4,74 cm dan lebar nyala 1,99 cm. Sementara itu, nyala api terendah terjadi pada konsentrasi katalis 0%, dengan tinggi 2,08 cm dan lebar masing-masing sebesar 1,35 cm.



Gambar 7 Grafik Hubungan volume hidrogen dengan penambahan presentase katalis katalis bioetanol singkong

Berdasarkan Gambar 5 grafik diatas menganalisis hubungan antara volume hidrogen yang menghasilkan bentuk variasi penambahan konsentrasi katalis bioetanol dari singkong sebesar 0%, 8%, 10%, dan 12%. Pada konsentrasi 0%, volume hidrogen tertinggi yang tercatat adalah 198 mL, sedangkan yang terendah 141 mL. Untuk konsentrasi 8%, volume hidrogen tertinggi mencapai 226 mL dan terendah tetap 169 mL. Sementara itu, pada konsentrasi 10%, Volume hidrogen tertinggi yang tercatat adalah 254 mL dan volume terendah adalah 198 mL. Sementara itu, pada konsentrasi 12%, volume hidrogen tertinggi yang tercatat adalah 311 mL dan volume terendah adalah 198 mL. 226 mL Peningkatan volume hidrogen ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan, semakin volume hidrogen yang dihasilkan juga besar melalui proses elektrolisis. Penambahan katalis yang sama secara bertahap juga menyebabkan peningkatan jumlah hidrogen yang terbentuk.



Gambar 8 Grafik Hubungan Temperatur Nyala Api Dengan Penambahan Presentase Katalis Bioetanol Singkong

Berdasarkan Gambar 6 temperatur tertinggi tercatat pada penggunaan katalis dengan konsentrasi 12%, yaitu sebesar 323°C, sedangkan temperatur terendah terjadi pada konsentrasi 0% dengan suhu sebesar 168°C. Perbedaan suhu ini disebabkan oleh perbedaan volume hidrogen yang dihasilkan. Semakin besar volume hidrogen, semakin lama nyala api bertahan, sehingga menghasilkan suhu yang lebih tinggi. Oleh karena itu, volume hidrogen yang lebih besar berkontribusi pada tercapainya temperatur nyala api yang lebih tinggi.

Tabel 1 data hasil perhitungan

No	katalois bioetanol singkong (%)	Waktu (s)	Volume hidromen (ml)	Temperatur (°C)	$\pi/4$	Diameter tabung D ² (cm)	Tinggi tabung t (cm)
1	0 %	60	141	168	0,785	36	5
			169	172	0,785	36	6
			141	178	0,785	36	5
			169	187	0,785	36	6
			198	191	0,785	36	7
2	8 %	60	169	173	0,785	36	6
			198	202	0,785	36	7
			169	207	0,785	36	6
			198	212	0,785	36	7
			198	218	0,785	36	7
3	10%	60	198	219	0,785	36	7
			254	224	0,785	36	9
			226	233	0,785	36	8
			226	243	0,785	36	8
			254	256	0,785	36	9
4	12	60	226	267	0,785	36	8
			254	291	0,785	36	9
			282	303	0,785	36	10
			254	312	0,785	36	9

Dalam tabel hasil penelitian diatas yang didapatkan, diketahui bahwa penambahan massa katalis Bioetanol Singkong sebesar 12% menghasilkan volume hidrogen tertinggi, yaitu 311 mL dalam waktu 60 detik. Sebaliknya, volume hidrogen terendah tercatat pada konsentrasi 0 %, yakni hanya 141 mL

dalam waktu yang sama. Semakin tinggi persentase katalis Bioetanol Singkong, semakin cepat proses transfer elektron ke elektroda, sehingga reaksi elektrolisis berlangsung lebih intens dan menghasilkan lebih banyak molekul hidrogen. Pemanfaatan air singkong sangat mempengaruhi jalannya elektrolisis karena air singkong merupakan larutan elektrolit kuat yang mampu menghantarkan arus listrik dengan baik, sehingga mempercepat proses elektrolisis. Suhu nyala api tertinggi diperoleh pada penggunaan katalis Bioetanol Singkong 12%, yaitu sebesar 323°C. Sementara itu, suhu nyala api terendah terjadi pada penggunaan air gula 0%, yakni 168°C. Perbedaan ini dipengaruhi oleh volume hidrogen yang dihasilkan. Volume hidrogen yang lebih besar menyebabkan nyala api bertahan lebih lama, memberikan waktu lebih kepada termokopel untuk mengukur suhu secara akurat. Dengan demikian, semakin besar volume gas HHO, semakin tinggi suhu nyala api yang dicapai, dan sebaliknya.

Tingkat kecerahan nyala api akibat variasi penambahan katalis Bioetanol Singkong juga menunjukkan perbedaan yang signifikan. Kecerahan tertinggi tercatat pada penggunaan katalis 12% dengan nilai 9 RGB, sementara kecerahan terendah tercatat pada katalis 0 % dengan nilai 2 RGB. Hal ini disebabkan oleh volume hidrogen yang lebih kecil menghasilkan nyala api yang kurang terang.

Selain itu, tinggi dan lebar nyala api yang dihasilkan dari elektrolisis dengan berbagai konsentrasi katalis Bioetanol Singkong 0%, 8%, 10%, dan 12% bervariasi. Katalis Bioetanol Singkong 12% menghasilkan nyala api setinggi 4,74 cm dan selebar 1,99 cm. Sebaliknya, penggunaan katalis Bioetanol 0% menghasilkan nyala api paling kecil dengan tinggi 2,08 cm dan lebar 1,35 cm.

4. KESIMPULAN

Penambahan katalis Bioetanol Singkong berpengaruh signifikan terhadap hasil elektrolisis. Konsentrasi 12% menghasilkan performa terbaik dengan volume hidrogen tertinggi (311 mL/60 detik), suhu nyala api tertinggi (323°C), kecerahan maksimal (9 RGB), serta dimensi nyala api terbesar ($4,74 \times 1,99$ cm). Sebaliknya, tanpa katalis (0%) menghasilkan nilai terendah pada semua parameter. Dengan demikian, semakin tinggi konsentrasi katalis, semakin efektif proses elektrolisis dan kualitas pembakaran gas HHO.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada laboratorium dan Program Studi yang telah menyediakan fasilitas dan dukungan selama proses penelitian mengenai pengaruh katalis bioetanol pada elektrolisis menggunakan generator HHO sel kering. Apresiasi disampaikan kepada dosen pembimbing dan rekan-rekan yang telah memberikan arahan, bantuan teknis, serta masukan selama tahap eksperimen dan analisis karakteristik nyala api. Segala bentuk dukungan tersebut sangat membantu hingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

6. REFERENSI

- [1] R. L. Izzul Fikry, Nanda Dwi Wuryaningrum, Aang Wahidin, Hayy Nur Abdillah, "Emisi Gas Rumah Kaca Menurut Jenis Sektor," *Perkemb. Bio-Ethanol Sebagai Sumber Energi Altern. di Indones.*, vol. 04, no. 02, pp. 128–136, 2025.
- [2] A. Awaliyah, S. Yani, and Z. Sabara, "Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Industri Agar-Agar," *J. Technol. Proses*, vol. 2, no. 1, pp. 32–37, 2022, [Online]. Available: <https://pasca-umi.ac.id/index.php/process/article/download/1098/1489/5767>
- [3] K. Wibowo, "Kontribusi Pembangkit Listrik Energi Terbarukan dalam Mengurangi Emisi Karbon," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, no. 6, pp. 5140–5153, 2024, doi: 10.31004/innovative.v4i6.16043.

- [4] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.
- [5] M. Ahsan, "Tantangan dan Peluang Pembangunan Proyek Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia," *Sutet*, vol. 11, no. 2, pp. 81–93, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1575.
- [6] F. Ihtifazhuddin, M. Yerizam, and S. Yuliati, "Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Nanas untuk Pencampuran Pertalite menjadi Bahan Bakar Alternatif (Gasohol)," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 3, pp. 18–27, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.24136.
- [7] T. Ronzon *et al.*, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2025, [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28459981/%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.resenv.2025.100208%0Ahttp://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://ww>
- [8] F. Fitriyanti, "Analisis Produktivitas Gas Hidrogen Berdasarkan Arus Dan Tegangan Pada Proses Elektrolisis H₂O," *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 6, no. 2, p. 154, 2019, doi: 10.24252/jft.v6i2.11775.
- [9] Marlina, A. Wahab, and Ena, "Pengaruh Prosentase Fraksi Massa NaOH(Natrium Hidroksida) Sebagai Katalis Dalam Proses Elektrolisis Dengan Menggunakan Elektrolisis Tipe DryCell," *AK Steel*, pp. 7–8, 2014.
- [10] M. Rizqi, "Rancang Bangun Kompor Dengan Generator Gas Hho Tipe Dry Cell Berbasis Elektrolisis Air Sebagai Penghasil Bahan Bakar Kompor," 2020.