

KOMPARASI KONSENTRASI HIDROGEN SENSOR MQ-2 TERHADAP LUAS DAN WARNA NYALA API HASIL ELEKTROLISIS AIR

COMPARISON OF HYDROGEN CONCENTRATION SENSOR MQ-2 TO THE AREA AND COLOR OF FLAME FROM ELECTROLYSIS OF WATER

Bernardus Crisanto P. Mbulu^{1)*}, Danang Murdiyanto²⁾, dan Mietra Anggara³⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Katolik Widya Karya, Malang, Indonesia

³Program Studi Teknologi Mesin, Universitas Teknologi Sumbawa, Sumbawa, Indonesia

email: chris_bernardo666@widyakarya.ac.id^{1)*}, danang_t.mesin@widyakarya.ac.id²⁾,
mietraanggara@uts.ac.id³⁾

Received:
16 Maret 2023

Accepted:
18 Mei 2023

Published:
30 Juni 2023



Abstrak

Hidrogen merupakan bahan bakar yang banyak dikembangkan saat ini, sebagai pengganti bahan bakar fosil yang semakin menipis. Salah satu cara untuk memproduksi bahan bakar hidrogen, dapat dilakukan melalui metode elektrolisis menggunakan generator HHO dengan bahan dasar air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar produksi hidrogen dari setiap larutan elektrolit, yang dikomparasi dengan luas dan warna api yang dihasilkan. Perbandingan setiap larutan elektrolit berasal dari perbandingan mol zat terlarut dan zat pelarut (H_2O) yaitu 1:12, dengan zat terlarut yang digunakan adalah NaCl, CH_3COOH dan $NaHCO_3$. Konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan dideteksi menggunakan sensor MQ-2, sedangkan luas dan warna api didapatkan melalui hasil video pembakaran berdurasi 20 menit yang dijadikan 100 frame foto pada setiap larutan elektrolit. Hasil dari penelitian ini didapatkan rerata produksi hidrogen untuk zat terlarut NaCl sebesar 891,0 ppm dan luas nyala api 12,64 mm² tanpa warna biru, zat terlarut CH_3COOH sebesar 917,33 ppm luas nyala api 16,46 mm² dengan 40,52% warna biru, serta zat terlarut $NaHCO_3$ sebesar 980,67 ppm luas nyala api 17,47 mm² dengan 76,19% warna biru.

Kata Kunci: ppm hidrogen, larutan elektrolit, luas nyala api, warna api.

Abstract

Hydrogen is a fuel that is being developed today as a substitute for fossil fuels that are depleting. One way to produce hydrogen fuel is through the electrolysis method using a water-based HHO generator. This study aims to determine how much hydrogen is produced from each electrolyte solution, which is then compared to the area and color of the resulting flame. The comparison of each electrolyte solution comes from the ratio of moles of solute and solvent (H_2O), which is 1:12, with the solutes used being NaCl, CH_3COOH , and $NaHCO_3$. The concentration of hydrogen gas produced is detected using the MQ-2 sensor. At the same time, the area and color of the flames are obtained through the results of a 20-minute combustion video, which is made into 100 photo frames for each electrolyte solution. The results of this study showed that the average hydrogen production for NaCl solute was 891.0 ppm and the flame area was 12.64 mm² without blue color, the solute CH_3COOH was 917.33 ppm,

the flame area was 16.46 mm² with 40.52% blue color, and NaHCO₃ solute was 980.67 ppm with a flame area of 17.47 mm² with 76.19% blue color.

Keywords: ppm hydrogen, electrolyte solution, flame area, flame color.

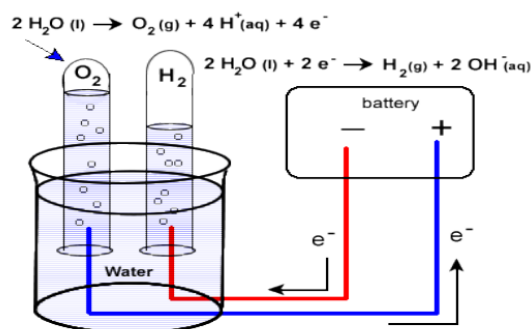
DOI: 10.20527/sjmekinematika.v8i1.234

How to cite: Mbulu, B. C. P., Murdiyanto, D., & Anggara, M., "Komparasi Konsentrasi Hidrogen Sensor MQ-2 terhadap Luas dan Warna Nyala Api Hasil Elektrolisis Air". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 8(1), 1-12, 2023.

PENDAHULUAN

Penelitian tentang bahan bakar baru terbarukan telah banyak dikembangkan dan ditawarkan, dengan tujuan untuk mencari solusi terhadap semakin menipisnya bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui [1]. Salah satu penawaran bahan bakar terbarukan diantara penelitian tersebut adalah penggunaan air sebagai bahan bakar melalui metode elektrolisis, karena selain ketersediaan bahan baku air (H₂O) bisa dikatakan melimpah di bumi ini, juga karena proses elektrolisis dapat menggunakan media dan/atau prinsip kerja sederhana [2]. Metode elektrolisis dalam penelitian ini menggunakan media *electrolyzer* atau generator HHO, yang dilengkapi dengan pelat logam sebagai elektroda. Prinsip kerja generator HHO ini adalah dengan cara memberikan aliran arus DC (*Direct Current*) pada pelat elektroda (katoda [-] dan anoda [+]), agar supaya larutan [molekul air murni dan/atau campuran dengan zat lain/katalis yang biasa disebut larutan elektrolit] tereaksi serta terjadi pemisahan unsur yang terdapat di dalam kandungannya, sehingga menghasilkan bahan bakar dari air berupa gas hidrogen [3].

Proses elektrolisis dapat dideskripsikan secara sederhana pada Gambar 1 di bawah melalui dua molekul air yang saling bereaksi ketika mendapatkan aliran listrik, dimana molekul air yang saling bereaksi tersebut ketika menempel pada katub katoda mendapatkan dua elektron, sehingga terdegradasi menjadi ion hidroksida (2 OH⁻) dan gas hidrogen (H₂). Sisa molekul air yang tereaksi dan menempel pada katub anoda, akan mendapatkan 4 ion H⁺ sekaligus melepaskan 4 elektron serta menghasilkan gas oksigen (O₂). Ion yang belum menjadi ikatan baru seperti 4 H⁺ dan 2 OH⁻, akan ternetralisasi kembali menjadi molekul air [4].



Gambar 1. Proses Elektrolisis Air [5]

Dalam proses elektrolisis air, faktor seperti kualitas, temperatur maupun tekanan serta resistansi dari kandungan elektrolit sangatlah mempengaruhi, selain juga faktor lain seperti material bahan yang digunakan sebagai elektroda maupun sekat pemisah. Dari faktor-faktor tersebut pastinya produk yang dihasilkan dari proses reaksi akan ikut terpengaruh, dimana produk yang dihasilkan biasanya berupa gelembung-gelembung gas hidrogen dan oksigen yang selanjutnya dapat dikumpulkan dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar hidrogen [6].

Untuk mengetahui reaksi yang terjadi dalam generator HHO dibutuhkan suatu penyetaraan reaksi redoks (reduksi-oksidasi), melalui metode ion-elektron seperti yang disajikan di bawah [7]:



Reaksi di katoda:

Ion H^+ bereaksi pada pelat katoda, dimana setiap Ion H^+ yang tertarik menerima 1 elektron, sehingga saling mengikat satu sama lain dan membentuk gas H_2 .



Reaksi di anoda:

Setiap ion OH^- yang bereaksi pada pelat anoda akan mengalami pelepasan 1 elektron, kemudian akan membentuk gas oksigen (O_2) dan molekul air (H_2O).



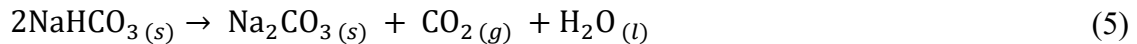
Reaksi keseluruhan:

Dari hasil tahap reaksi di atas, maka dapat dikatakan bahwa reaksi dari molekul air, akan menghasilkan produk berupa gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2) dengan perbandingan molekul sebesar 2:1.



Penelitian ini mengambil dasar pembentukan atau reaksi yang terjadi pada zat terlarut/katalis yang digunakan, diantaranya:

- Soda kue atau NaHCO_3 merupakan hasil dari endapan larutan air bijih trona yang bereaksi dengan karbon dioksida [8], dengan persamaan:

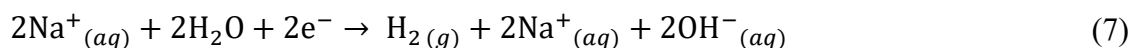


- Garam dapur atau NaCl akan terpecah menjadi ion-ion dalam proses elektrolisis menjadi Na dan gas klor Cl [9] dimana,

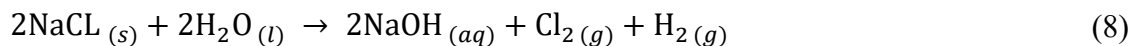
Reaksi di anoda:



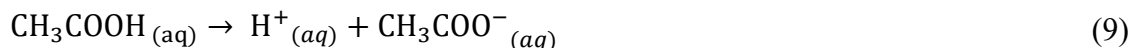
Reaksi di katoda:



Reaksi keseluruhan:



- Cuka atau CH_3COOH dalam larutan merupakan larutan elektrolit lemah yang menghasilkan nyala api redup, serta terionisasi sebagian menjadi ion H^+ serta ion CH_3COO^- [10], seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah:



Dalam penelitian ini elektroda dari generator HHO yang digunakan adalah pelat *stainless steel* 316, sedangkan zat lain/katalis yang menjadi variasi bahan larutan elektrolit adalah menggunakan larutan CH_3COOH (Asam Asetat/cuka), larutan NaCl (Natrium Klorida/garam dapur) dan larutan NaHCO_3 (Natrium Bikarbonat/soda kue). Untuk menganalisis produksi hidrogen yang dihasilkan, dilakukan melalui dua cara yaitu pendekatan penyetaraan bilangan redoks dan deteksi sensor MQ-2. Sensor MQ-2 selain dapat mendeteksi gas hidrogen (H_2), dapat juga mendeteksi gas LPG, Metana (CH_4) dan

karbon monoksida (CO), asap rokok dan propana (C₃H₈) [11]. Adapun cara pendekatan kalibrasi sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas hidrogen, dilakukan melalui gas murni hidrogen yang dimasukkan ke dalam suatu wadah dan sudah terpasang sensor MQ-2 dengan volume wadah sebesar 0,001728 m³. Gas hidrogen murni dengan variasi dari 0,5 ml, 1 ml, 1,5 ml, 2 ml dan 2,5 ml, dimasukkan ke dalam wadah dan dikocok agar hidrogen dapat secara homogen menempati tempat wadah pengukuran. Deteksi sensor MQ-2 dilakukan pada masing-masing variasi adalah selama 100 detik dan diambil nilai rata-ratanya, selanjutnya hasil tersebut dilakukan perbandingan terhadap perhitungan teoritis yang digambarkan pada Gambar 2 sebagai berikut [12]:

$$V_{wadah} = 12 \text{ cm} \cdot 12 \text{ cm} \cdot 12 \text{ cm} = 0,001728 \text{ m}^3$$

$$\rho_{hidrogen} = 89,99 \text{ mg/l}$$

$$Mr_{H_2} = 2,016$$

$$FK \text{ atau Faktor konversi (mg/m}^3 \text{) ke ppm} = 24,45$$

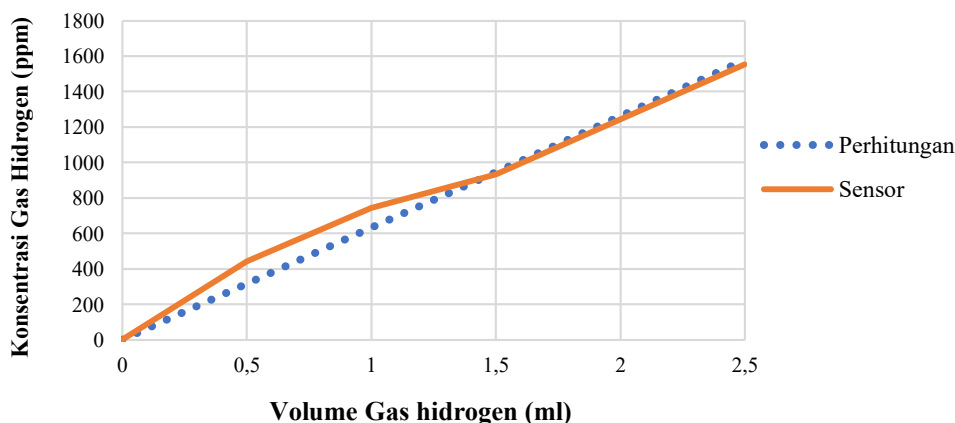
Variasi volume hidrogen murni 0,5 ml/0,0005 liter hingga 2,5 ml/0,0025 liter

$$\begin{aligned} \text{ppm di udara} &: \frac{V_{gas} (\text{liter}) \times \rho_{hidrogen} (\frac{\text{mg}}{\text{l}})}{V_{wadah} (\text{m}^3)} \\ &= \frac{0,0005 (\text{liter}) \times 89,99 (\frac{\text{mg}}{\text{l}})}{0,001728 (\text{m}^3)} = 26,0069 (\text{mg/m}^3) \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{ppm hidrogen} &: \frac{FK \times ppm_{udara} (\text{ppm})}{Mr_{H_2}} \\ &= \frac{24,45 \times 26,0069 (\text{ppm})}{2,016} = 315,41 \text{ ppm} \end{aligned} \quad (11)$$

Tabel 1. Perbandingan Perhitungan Teoritis Dan Hasil Deteksi Sensor

Volume Hidrogen (ml)	Perhitungan ppm	Sensor ppm
0	0	0
0,5	315,41	442,47
1	630,82	743,29
1,5	946,23	934,56
2	1261,65	1243,56
2,5	1577,06	1553,95

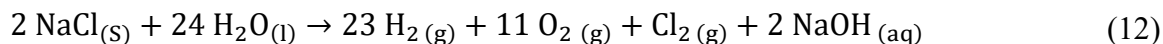


Gambar 2. Perbandingan Perhitungan Teoritis Dan Sensor

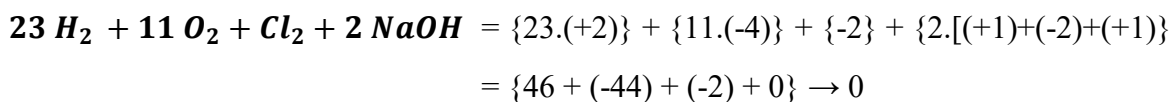
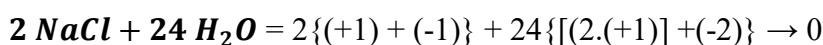
- 1) Pendekatan perhitungan persamaan reaksi melalui penyetaraan bilangan redoks dilakukan dengan mengacu pada beberapa persamaan reaksi di atas, serta rasio jumlah mol tiap zat

terlarut terhadap zat pelarut yaitu 1:12. Reaksi kesetimbangan tersebut, dapat didekati melalui:

- Reaksi Kesetimbangan larutan garam dapur atau NaCl.

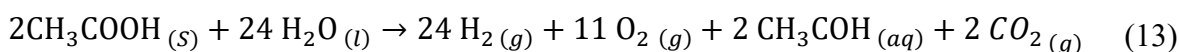


Penyetaraan bilangan redoks:

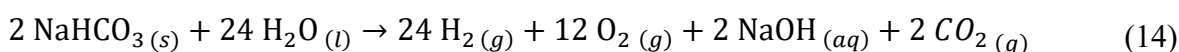


Hasil (0) mengartikan bahwa hasil reaksi tersebut adalah setimbang.

- Reaksi Kesetimbangan larutan cuka atau CH₃COOH.



- Reaksi Kesetimbangan larutan Soda kue atau NaHCO₃.



Dari hasil pendekatan reaksi persamaan (10) hingga (12) di atas terlihat bahwa hasil produksi hidrogen pada larutan CH₃COOH dan NaHCO₃ lebih banyak daripada NaCl, namun untuk reaktan yang memiliki unsur (Na) selain lebih reaktif juga menghasilkan produk NaOH yang bersifat korosif jika bereaksi dengan pelat elektroda [13].

- 2) Analisis produksi hidrogen selanjutnya yaitu melalui rekam data sensor MQ-2, dimana konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan dari generator ini terdeteksi dalam satuan *part per million* (ppm). Data yang sudah terekam kemudian dianalisis serta dikomparasi dengan luas dan warna api yang dihasilkan dari video nyala api pembakaran selama 20 menit, dari masing-masing larutan elektrolit. Penelitian ini selain bertujuan {1} menganalisis pengaruh dari masing-masing zat pelarut dalam larutan elektrolit terhadap produksi gas hidrogen, juga komparasi {2} terhadap luas dan warna api yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui proses elektrolisis dengan menggunakan 3 variasi larutan elektrolit (CH₃COOH, NaCl dan NaHCO₃) sebagai bahan dasar dalam produksi gas hidrogen, dengan perbandingan mol zat terlarut dan zat pelarut (air) yaitu 1:12. Produksi gas yang dihasilkan dideteksi menggunakan sensor MQ-2 dan selanjutnya dilakukan pembakaran untuk diambil gambar apinya. Hasil tersebut selanjutnya diolah guna mengetahui konsentrasi produksi hidrogen serta luas dan wana api, dari masing-masing larutan.

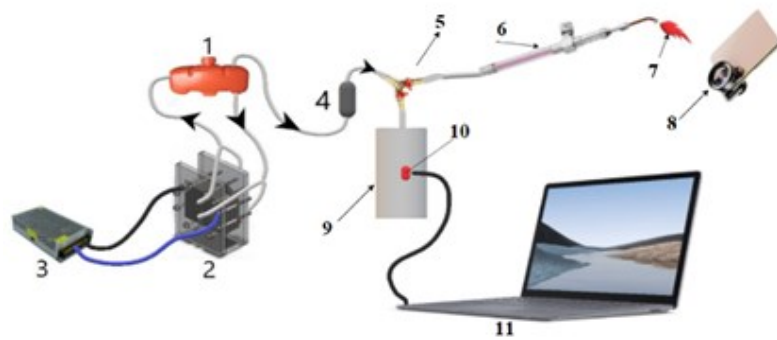
Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan analisis, dengan beberapa variabel penelitian yaitu:

- Variabel Bebas : Variasi perbandingan Larutan Elektrolit (NaCl, CH₃COOH dan NaHCO₃) dengan Jumlah Volume aquades (H₂O)
- Variabel Terikat : Data ppm gas hidrogen, Video api dan Gambar api.
- Variabel Terkontrol : Tegangan listrik Sebesar 15 V untuk semua eksperimen.

Alat

Rancangan rangkaian alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3, di bawah ini.



Gambar 3. Rangkaian Alat [7]

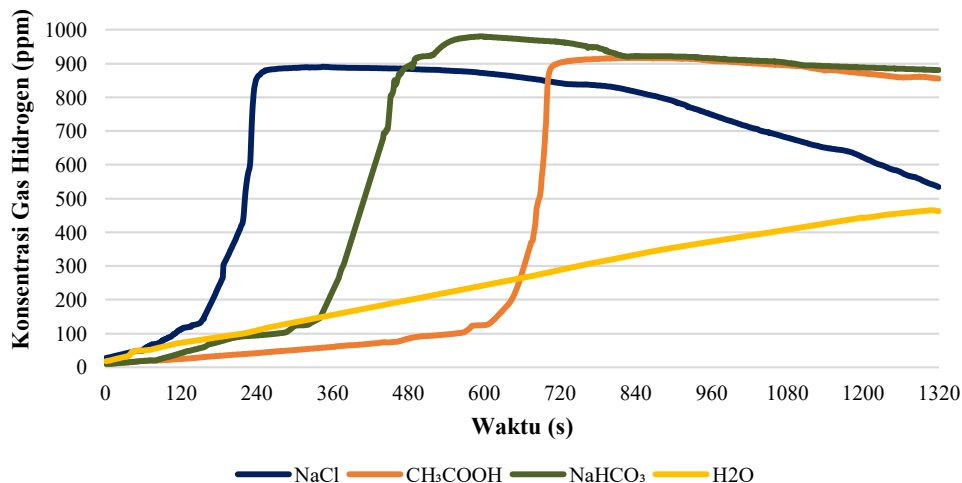
Keterangan gambar:

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Tangki 1,5 Liter | 7. Nyala Api pembakaran hidrogen |
| 2. Generator HHO | 8. Kamera |
| 3. Power Supply dc 15 V | 9. Botol Penampung gas hidrogen |
| 4. <i>Bubbler</i> | 10. Sensor MQ-2 |
| 5. Stop Keran | 11. Laptop |
| 6. <i>Oxyhydrogen gas Torch Welding</i> | |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil konsentrasi hidrogen yang terdeteksi dari sensor MQ-2 selanjutnya dikomparasi dengan hasil perhitungan luas dan warna api yang dihasilkan dari tiap variasi larutan, serta melihat pendekatan perhitungan persamaan reaksi melalui persamaan (12) hingga persamaan (14).

A. Rata-Rata Produksi Gas Hidrogen Melalui Sensor MQ-2



Gambar 4. Grafik Rata-rata Konsentrasi Gas Hidrogen tiap Larutan Terhadap Waktu

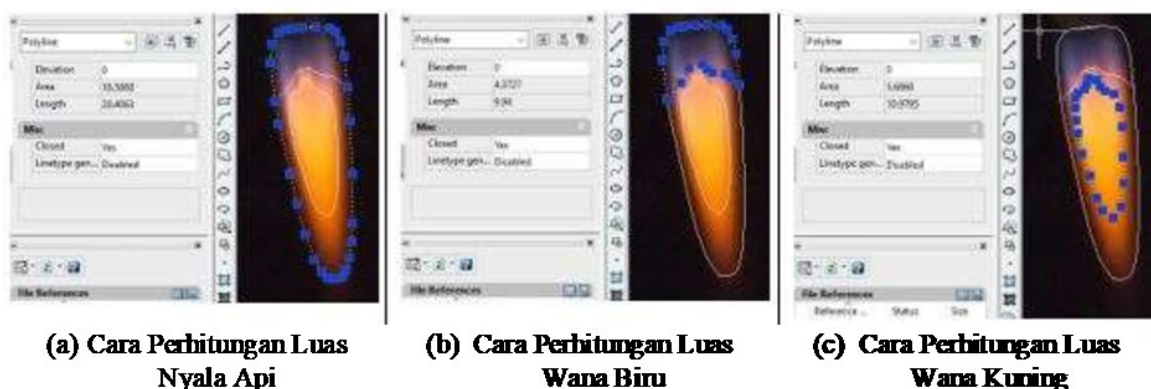
Pada Gambar 4, di atas terlihat bahwa konsentrasi rata-rata gas hidrogen untuk setiap larutan elektrolit berbeda-beda. Untuk konsentrasi gas hidrogen dengan zat terlarut menggunakan NaHCO₃, konsentrasi yang dihasilkan melebihi dari NaCl dan CH₃COOH maupun yang hanya menggunakan air saja. Dimana tingkat rata-rata konsentrasi gas hidrogen tertinggi terdapat pada larutan NaHCO₃ yang mencapai nilai 980,67 ppm, kemudian diikuti dengan larutan CH₃COOH sebesar 917,33 ppm, dilanjutkan dengan larutan

NaCl sebesar 891,0 ppm dan yang terakhir dengan menggunakan air saja sebesar 444,33 ppm. Hal itu disebabkan oleh pengaruh zat pereaksi dimana NaHCO_3 dan CH_3COOH yang lebih mengandung unsur hidrogen dibandingkan dengan NaCl.

Jika dilihat dari segi waktu dimana produksi hidrogen secara signifikan NaCl lebih cepat memproduksi gas hidrogen dibandingkan dengan NaHCO_3 , CH_3COOH dan H_2O . Hal ini disebabkan karena dalam larutan NaCl dan NaHCO_3 mempunyai ion Na^+ yang lebih reaktif untuk membantu pemecahan H_2O , dibandingkan dengan ion H^+ dari larutan CH_3COOH seperti yang ditunjukkan pada persamaan (5), (7) dan (9) [14]. Selain itu produksi NaCl lebih cepat daripada NaHCO_3 karena ion Na^+ pada NaCl hanya bekerja untuk pemecahan H_2O saja, sedangkan ion Na^+ dari NaHCO_3 bekerja dua kali selain memecah H_2O juga memecah ion HCO_3^- . Untuk H_2O waktu produksi hidrogennya lambat, dikarenakan hanya mengandalkan penguraian dari arus listrik.

B. Luas Nyala Api

Hasil data berupa video nyala api dari pembakaran gas hidrogen hasil elektrolisis larutan NaCl, CH_3COOH dan NaHCO_3 selama 20 menit selanjutnya dipecah menjadi 100 foto, yang nanti akan dihitung luas nyala apinya menggunakan AutoCad. Cara perhitungan ditunjukkan pada Gambar 5, berikut:



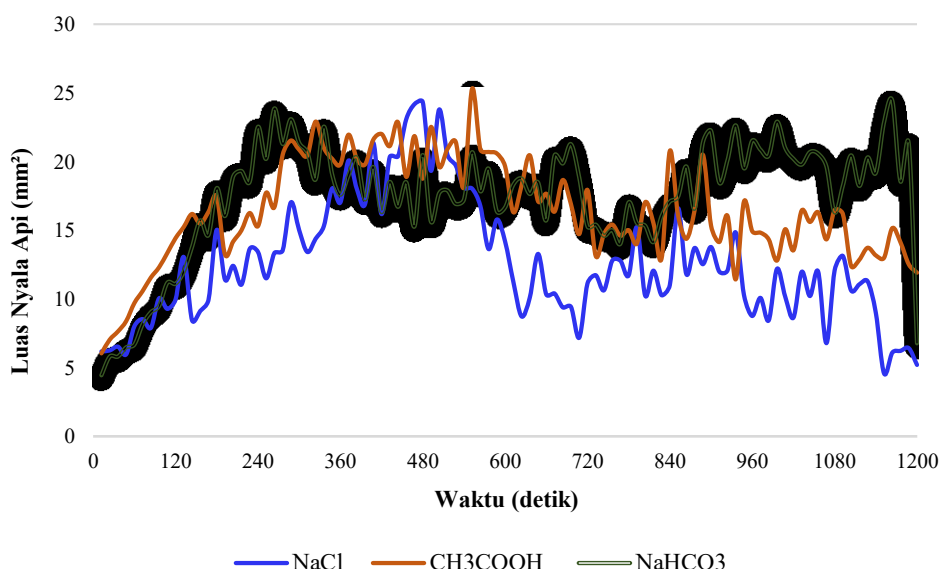
Gambar 5. Pengukuran Luas Warna Api

Di bawah ini merupakan hasil pengukuran luas nyala api dari masing-masing elektrolisis larutan yang tersaji dalam Tabel 2, dimana pada kolom 1 menerangkan gambar api sedangkan kolom 2 hingga 4 menerangkan hasil perhitungan luasan elektrolisis larutan NaCl, CH_3COOH dan NaHCO_3 .

Tabel 2. Luas Nyala Api Yang Dihasilkan Dari Larutan Elektrolit

Nomer	Luas Nyala Api (mm^2)		
	NaCl	CH_3COOH	NaHCO_3
1	6,20	6,06	4,47
2	6,27	7,05	5,82
3	6,55	7,65	5,83
4	5,98	8,40	6,50
5	8,03	9,72	6,70
...	...	...	...
100	5,22	11,93	6,80
Max	24,36	25,32	24,45
Rata-rata	12,64	16,46	17,47

Untuk gambaran data hasil Tabel 2 di atas, dapat dianalisis dalam bentuk grafik pada Gambar 6 dibawah ini.

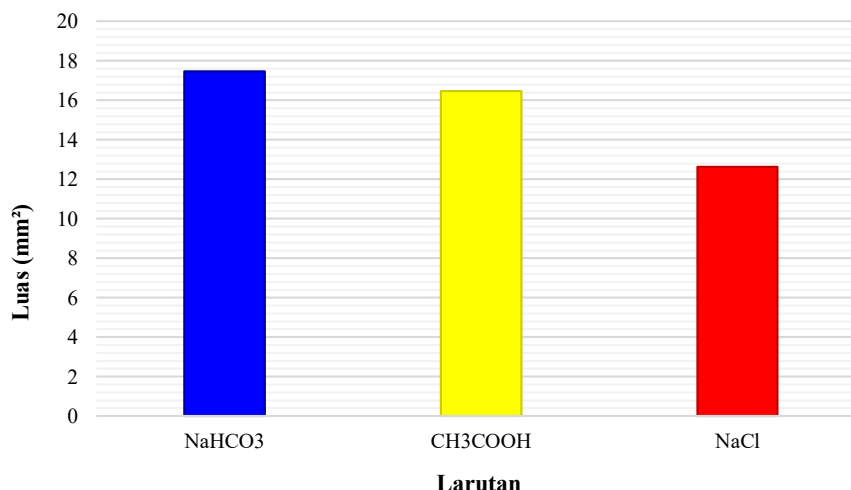


Gambar 6. Grafik Perubahan Luas Nyala Api Terhadap Waktu

Dari Gambar 6, perubahan luas nyala api dari masing-masing larutan trennya mengalami peningkatan dari detik awal hingga detik ke 240. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi hidrogen berlangsung dengan baik, pada detik-detik awal. Pada detik selanjutnya hingga detik ke-480, dibandingkan luas nyala api larutan lainnya yang cenderung stabil, untuk luas nyala api larutan NaCl trennya terus meningkat hingga puncaknya pada detik ke-480 dan selanjutnya berangsur-angsur mengalami penurunan hingga detik akhir. Jika dikomparasi dengan produksi hidrogen pada Gambar 4, terlihat sesuai bahwa produksi hidrogen hingga puncak dari larutan NaCl terbentuk lebih cepat daripada larutan lainnya, dan selanjutnya trennya mengalami penurunan. Peningkatan ini didukung adanya ion Na^+ yang terbentuk dalam reaksi seperti yang ditunjukkan pada persamaan (7), sedangkan penurunan disebabkan selain menipisnya bahan baku juga adanya produk samping NaOH yang bersifat korosif seperti pada persamaan (8) yang dapat mengganggu reaksi produktivitas hidrogen karena proses transfer elektron tidak dapat berjalan dengan sempurna akibat adanya endapan yang tercipta dari elektroda yang terdegradasi[15].

Untuk larutan CH_3COOH puncak luas nyala api yang dihasilkan terjadi pada detik ke-550, dan selanjutnya mengalami fluktuasi dengan tren semakin menurun hingga detik akhir. Sedangkan pada larutan NaHCO_3 luas nyala api cenderung stabil dan mengalami peningkatan di detik-detik akhir. Jika dikomparasikan terhadap produksi hidrogen pada Gambar 4, terlihat adanya perbedaan kecepatan waktu terbentuknya puncak produksi hidrogen tertinggi, dimana waktu puncak produksi hidrogen NaHCO_3 lebih cepat daripada CH_3COOH . Hal ini disebabkan kestabilan luas nyala api yang cenderung meningkat pada larutan NaHCO_3 , menyebabkan produksi hidrogen terakumulasi lebih banyak ketika terdeteksi oleh sensor MQ-2, sehingga puncak produksi terlihat lebih lebih cepat dibandingkan CH_3COOH yang luas nyala apinya cenderung menurun.

Untuk memastikan akumulasi deteksi tersebut dapat dilihat melalui hasil rata-rata luas nyala api dari setiap larutan, yang disajikan pada Gambar 7 di bawah:

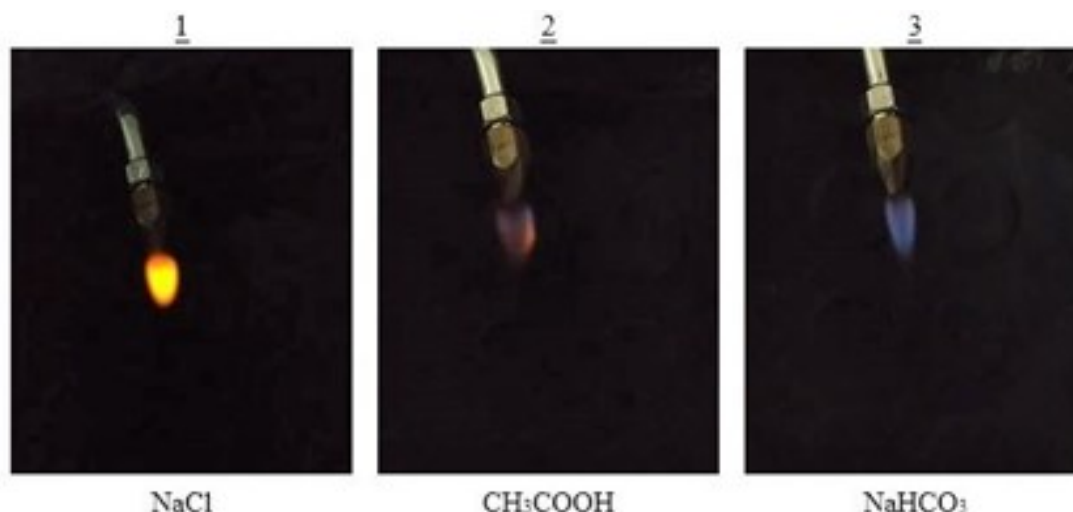


Gambar 7. Grafik Rata-rata Luasan Nyala Api

Pada Gambar 7, terlihat rata-rata luas nyala api terbesar dihasilkan oleh larutan NaHCO₃ dengan luas rata-rata 17,47 mm², selanjutnya larutan CH₃COOH dengan luas rata-rata 16,46 mm² dan yang terakhir adalah larutan NaCl dengan luas rata-rata 12,64 mm². Bisa dikatakan jika luas nyala api yang dihasilkan besar, maka jumlah hidrogen yang dihasilkan juga besar. Hal ini sesuai dengan produksi hidrogen yang dideteksi oleh sensor MQ-2 pada Gambar 4. dimana rata-rata produksi hidrogen tertinggi dihasilkan oleh larutan NaHCO₃.

C. Warna Api

Warna api dalam satu foto terkadang terdapat lebih dari satu warna api, maka pengambilan data luas warna api dibagi menjadi 3 warna yaitu; api oranye, api kuning dan api biru. Hasil foto dapat dilihat melalui gambar nyala api untuk setiap larutan, yang disajikan pada Gambar 8 di bawah ini:

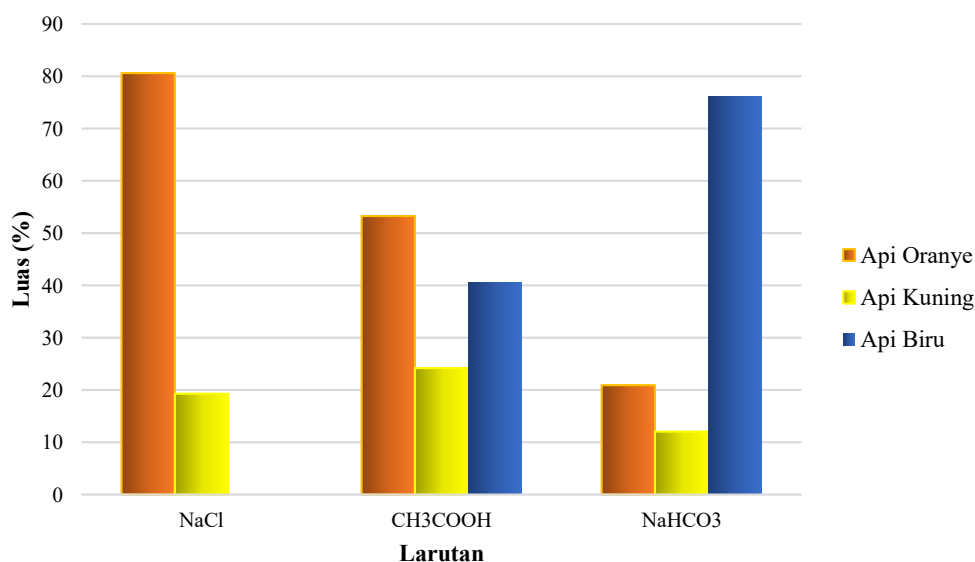


Gambar 8. Nyala Api Pembakaran Hidrogen yang Dihasilkan Tiap Larutan

Untuk hasil perhitungan 100 *frame* foto (%) dari video pembakaran 20 menit masing-masing larutan elektrolit yang digunakan, disajikan pada Tabel 3 di bawah. Sebagai gambaran dari Tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah.

Tabel 3. Rata-rata Persentase Luas Warna Api untuk Setiap Larutan Elektrolit

Larutan	Rata-rata Luas nyala api (%)		
	Oranye	Kuning	Biru
NaCl	80,70	19,30	0
CH ₃ COOH	53,24	24,21	40,52
NaHCO ₃	20,89	12,03	76,19



Gambar 9. Grafik Rata-Rata Luas Warna Api dari Larutan Elektrolit

Pada Gambar 9, rata-rata luas warna api untuk setiap larutan di bagi menjadi tiga warna yaitu api oranye, api kuning dan api biru. Untuk warna nyala api hasil pembakar gas hidrogen hasil elektrolisis masing-masing larutan elektrolit, jika dilihat dari persentase warna nyala api biru yang terbesar adalah larutan NaHCO₃, CH₃COOH dan larutan NaCl. Warna api dipengaruhi oleh eksitasi elektron yang dihasilkan, dimana semakin banyak hidrogen yang diproduksi maka menandakan tumbukan antar atom dalam reaksi semakin banyak terjadi sehingga meningkatkan eksitasi elektron dari hidrogen. Jika dihubungkan pada spektrum hidrogen, tumbukan atom dengan salah satu elektron dapat mengakibatkan atom tereksitasi menuju keadaan/lintasan yang lebih tinggi sembari menyerap energi. Saat mendapatkan energi dari luar berupa pemantikan api, maka elektron akan kembali ke keadaan semula sembari melepaskan energi berupa foton atau cahaya sebesar energi yang diserap.

Cahaya tersebut menampilkan warna akibat panjang gelombang atau energinya, dimana semakin besar panjang gelombang maka warna akan cenderung merah hingga menuju daerah inframerah, sedangkan semakin kecil panjang gelombang maka energi yang dibutuhkan semakin besar dan warna cenderung biru hingga menuju daerah ultraviolet[16]. Dari hasil analisis tersebut maka larutan elektrolit yang memiliki persentase warna api biru yang lebih besar, dapat dikatakan lebih baik karena memiliki energi yang lebih tinggi.

Jika dilihat dari pembakaran nyala api premix kandungan CO₂ berpengaruh terhadap perubahan warna api menjadi biru, sedangkan kandungan oksigen (O₂) berpengaruh terhadap lebar nyala api premix [17]. Jika dikomparasi dengan persamaan (12) hingga (14) antara larutan CH₃COOH dan NaHCO₃, keduanya menghasilkan CO₂ dalam jumlah sama namun O₂ yang berbeda. Sehingga keduanya sama-sama memiliki nyala api biru, akan tetapi

lebar nyala api NaHCO_3 lebih besar daripada lebar nyala api CH_3COOH . Sedangkan pada larutan NaCl karena tidak menghasilkan CO_2 , maka tidak memiliki nyala api berwarna biru. Warna dan lebar api disini, pastinya memiliki kesesuaian dengan luas nyala api dan gas hidrogen yang diproduksi.

KESIMPULAN

Mengacu pada hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Pada perbandingan nilai rata-rata konsentrasi gas hidrogen yang terdeteksi oleh sensor MQ-2, larutan NaHCO_3 mampu menghasilkan rata-rata nilai konsentrasi gas hidrogen tertinggi yaitu 980,67 ppm, selanjutnya larutan CH_3COOH sebesar 917,33 ppm, dan terendah dihasilkan oleh larutan NaCl sebesar 891,0 ppm.
2. Luas dan warna nyala api yang dihasilkan dari masing-masing larutan, dapat disimpulkan bahwa, larutan NaHCO_3 menghasilkan rata-rata luas dan warna nyala api lebih baik jika dibandingkan dengan larutan CH_3COOH dan larutan NaCl . Untuk hasil rata-rata luas nyala api dari NaHCO_3 adalah sebesar $17,47 \text{ mm}^2$ dengan 76,19% apinya berwarna biru, untuk CH_3COOH rata-rata luas nyala api adalah sebesar $16,46 \text{ mm}^2$ dengan 40,52% apinya warna biru, dan NaCl dengan rata-rata luas nyala api sebesar $12,64 \text{ mm}^2$ tanpa adanya api warna biru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Hatur terima kasih kami pada Adolf Deny Prasetyo dan Andreas Jossi Handi Pradana atas bantuan dan kerja samanya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

REFERENSI

- [1] B. C. P. Mbulu, "Pengaruh Penambahan Ampas Kopi Pada Biogas Terhadap Hasil Serta Laju Produksi Metana Dan Karbon Dioksida," in *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA)*, 2021, hal. D5–D5.
- [2] A. R. H. Firdaus dan S. Sudarti, "Analisis Potensi Hidrogen Air Laut di Banyuwangi Melalui Proses Elektrolisis Sebagai Energi Terbarukan," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 2, hal. 173–178, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.14286.
- [3] I. N. Budiartan, "Gas Production in Electrolysis Process on Construction of Hho Gas Generator With Spiral and Sheets Shape Electrode By Using Sodium Hydroxide, Sodium Chloride and Baking Soda As Catalysts," *Logic*, vol. 13, no. 1, hal. 61–67, 2013.
- [4] M. Taufiq, Margianto, dan E. Marlina, "Pengaruh Variasi Prosentase Katalis NaHCO_3 Terhadap Produksi Brown's Gas pada Proses Elektrolisis Air Dengan Menggunakan Alat Tipe Dry Cell," *J. Sains Teknol. Mesin Unisma*, no. 1, 2017.
- [5] A. D. Shabahaini dan M. Tamjidillah, "Pengaruh Jarak Antar Elektroda Plat Besi Terhadap Produktivitas Dan Efisiensi Generator Hho Menggunakan Metode Elektrolisis Air Laut Dengan Katalis Koh," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 4, no. 1, hal. 95–107, 2019, doi: 10.20527/sjmekinematika.v4i1.56.
- [6] Y. Wahyono, H. Sutanto, dan E. Hidayanto, "Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH ," *Youngster Phys. J.*, vol. 6, no. 4, hal. 353–359, 2017.
- [7] A. D. Prasetyo, B. C. P. Mbulu, dan D. Murdiyanto, "Analisis Pengaruh Variasi Jumlah KOH Dan Variasi Jumlah NaCl Yang Terlarut Dalam Air Terhadap Nilai Konsentrasi Gas Hidrogen Yang Dihasilkan Oleh Generator HHO Tipe Dry Cell," Universitas Katolik Widya Karya Malang, 2020.
- [8] T. Suprianto, N. M. Widiawan, P. N. Banjarmasin, dan P. Hasnur, "Pengaruh Larutan

- Natrium Bikarbonat,” in *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan*, 2016, vol. 5662, hal. 9–10.
- [9] N. Saksono, F. Abqari, dan S. Bismo, “Aplikasi Teknologi Elektrolisis Plasma Pada Proses Produksi Klor-Alkali,” *Tek. Kim. Indones.*, vol. 11, no. 3, hal. 141–148, 2012.
- [10] Masmiani, “Larutan Elektrolit , Larutan Non Elektrolit, dan Asam Basa,” *Kemdikbud Pppptk Ipa*, no. 12, hal. 1–10, 2015.
- [11] T. Suryana, “Implementasi Modul Sensor MQ2 Untuk Mendeteksi Adanya Polutan Gas di Udara,” *J. Komputa Unikom*, hal. 1–15, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <http://iot.ciwaruga.com>
- [12] T. Armijos-Moya, P. de Visser, M. Ottel  , A. van den Dobbelsteen, dan P. M. Bluysen, “Air cleaning performance of two species of potted plants and different substrates,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.3390/app12010284.
- [13] R. S. Oguike, “Corrosion Studies on Stainless Steel (FE6956) in Hydrochloric Acid Solution,” *Adv. Mater. Phys. Chem.*, vol. 04, no. 08, hal. 153–163, 2014, doi: 10.4236/ampc.2014.48018.
- [14] Syamsidar, *Dasar Reaksi Anorganik*. 2013.
- [15] M. Fazlunnazar dan L. Hakim, “Produksi Gas Hidrogen Dari Air Laut Dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Tembaga Dan Alumunium (Cu Dan Al),” *J. Teknol. Kim. Unimal 91*, no. Mei, hal. 58–66, 2020.
- [16] B. Crisanto Putra, I. N. G. Wardana, dan E. Siswanto, “Produksi Hidrogen dari Campuran Air dan Minyak Kelapa Murni (VCO) melalui Porous Media Tembaga menggunakan Prinsip Hydrogen Reformer,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, hal. 87–93, 2016, doi: 10.21776/ub.jrm.2016.007.02.6.
- [17] M. N. Sasongko, N. Hamidi, dan W. Denny, “Karakteristik pembakaran difusi dan premiks bahan bakar biogas,” Malang, 2014.