

Sistem Akuisisi Data Terhadap Generator HHO

1st Nabil Rahman Shaleh

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

nabilrahmanshaleh@student.telkomuni-
versity.ac.id

2nd Ekki Kurniawan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ekki-kurniawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Irfham Mulkan Rodiana

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

irhammulkanrodiana@telkomuniversity-
.ac.id

Abstrak — Dalam upaya mengatasi masalah pemborosan bahan bakar, gas hidrogen telah menjadi fokus penelitian untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan gas hidrogen, terutama dalam bentuk gas Brown (HHO), telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi mesin, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan memperbaiki emisi gas buang. Namun, untuk mengoptimalkan penggunaan gas Brown, diperlukan pemantauan dan kontrol yang efektif terhadap produksi gas HHO. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, diusulkan desain sistem akuisisi data yang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor arus, dan sensor tegangan untuk memantau generator HHO pada kendaraan roda 2.

Kata Kunci — bahan bakar, kendaraan bermotor, gas HHO.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang tidak sebanding dengan transportasi publik yang memadai telah menyebabkan peningkatan jumlah kendaraan pribadi di Indonesia. Namun, pembangunan infrastruktur jalan tidak sejalan dengan pertumbuhan ini, sehingga terjadi kemacetan di berbagai ruas jalan [1]. Pada tahun 2021, jumlah kendaraan roda 2 di Indonesia sebanyak 120 juta unit [2]. Peningkatan jumlah kendaraan tanpa peningkatan kapasitas jalan menyebabkan masalah transportasi yang merugikan pengguna jalan, termasuk pemborosan bahan bakar, polusi udara, kerugian waktu, dan kejenuhan. Hal ini mendorong permintaan energi dunia yang tinggi dibandingkan jumlah ketersediannya, terutama bahan bakar fosil [3].

Selama beberapa dekade terakhir para ilmuwan terus mencari energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi. Salah satu energi yang paling banyak diteliti adalah gas hidrogen. Yang merupakan unsur paling banyak ditemukan, walaupun dalam bentuk senyawa. Dengan penelitian yang mempelajari penggunaan bahan bakar fosil dan aplikasinya, diklaim dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dengan menggunakan bahan bakar alternatif sebagai sistem hibrida diantaranya : metanol, biodiesel, dan gas Brown (HHO).

Pada tahun 1974, seorang warga negara Australia bernama Yull Brown mendapatkan paten dari hasil proses elektrolisa dari air menghasilkan gas H₂ dan O₂ yang diberi nama

“Brown Gas” yang dapat digunakan untuk menggerakkan mesin kendaraan. Tahun 1980 sampai 1998, Stanley Meyer mengembangkan bahan bakar gas yang dihasilkan dengan elektrolisis air yang digunakan untuk menggerakkan mesin kendaraan.

Di Indonesia, pengembangan pemanfaatan brown gas telah dimulai dengan mencampurnya dengan bahan bakar pada mesin kendaraan bensin melalui karburator. Hasil awal menunjukkan bahwa brown gas dapat meningkatkan performa mesin, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan memperbaiki kualitas emisi gas buang. Walaupun penggunaan brown gas saat ini masih terbatas pada mesin bensin dengan karburator, potensinya dalam mengurangi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan efisiensi mesin serta mengurangi emisi gas buang sangat menjanjikan. Para pengguna telah melaporkan penghematan bahan bakar hingga 50% dan peningkatan efisiensi jarak tempuh pada kendaraan bensin dan diesel [4].

Pada penelitian Harus Laksana Guntur (2011) didapatkan uji karakteristik sistem brown gas menunjukkan bahwa produksi gas mencapai titik maksimum pada konsentrasi katalis (KOH) sebesar 30%, dan laju produksi gas meningkat sejalan dengan peningkatan suhu kerja. Uji performa mesin setelah menggunakan sistem brown gas mengindikasikan adanya penurunan signifikan dalam konsumsi bahan bakar sebesar 30% dibandingkan sebelum penggunaan sistem tersebut. Selain itu, hasil uji emisi juga menunjukkan penurunan konsentrasi CO dari 0,67% menjadi 0,12% dan CO₂ dari 16,90% menjadi 15,50% [5].

Sejumlah penelitian terdahulu telah meneliti penggunaan gas Brown (HHO) pada kendaraan sebagai opsi alternatif untuk menghemat bahan bakar. Hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan gas Brown mampu meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi gas buang. Namun, untuk memaksimalkan kinerja penggunaan gas Brown, perlu adanya pemantauan dan kontrol yang efektif terhadap generator HHO.

Dalam penelitian ini, kami mengusulkan rencana desain sistem akuisisi data dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32, aki 12V 5A, sensor arus, dan sensor tegangan. Penggunaan sensor arus dan sensor tegangan bertujuan untuk mengakuisisi data nilai arus, tegangan, dan daya. Pemantauan arus bertujuan untuk mendeteksi fluktuasi arus dan over-

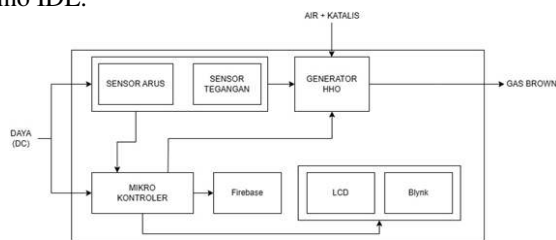
current yang dapat menyebabkan overheating, bahkan kerusakan komponen. Pemantauan tegangan bertujuan untuk mengetahui beban listrik pada sistem. Pemantauan arus dan tegangan dapat memberikan informasi tentang penggunaan daya pada generator HHO, untuk mematisasikan penggunaan energi dalam batas aman dan efisien.

Selain itu pemantauan arus, tegangan dan daya berguna untuk perhitungan laju produksi gas HHO, efisiensi sistem, dan efisiensi generator HHO. Perhitungan ini dilakukan guna mengetahui performa generator HHO dalam menghasilkan gas HHO dan efisiensi generator HHO dalam mengkonversi energi listrik menjadi energi kimia dan efektifitas sistem dalam konversi input yang diberikan menjadi output yang diinginkan.

II. KAJIAN TEORI

A. Desain Solusi Sistem

Desain sistem akuisisi data ini bertujuan untuk mengumpulkan data arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan oleh generator HHO. Data ini kemudian diproses oleh ESP32 dengan pengambilan pada sensor arus yang digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir ke dalam generator HHO, sementara sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan output dari generator. Hasil pengukuran dari kedua sensor ini akan digunakan untuk menghitung daya dan memonitor kondisi generator HHO pada serial monitor Arduino IDE.



GAMBAR 1
Desain konsep solusi sistem

Pada gambar 1 konsep desain solusi pada sistem ini hanya akan berfokus pada sistem akuisisi data. Pada proses pengambilan data sensor arus, tegangan, dan perhitungan daya yang ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE.

B. Generator HHO

Generator oxyhydrogen (HHO) adalah sebuah elektroliser yang ditempatkan dalam larutan dari elektrolit (misalnya, natrium atau kalium hidroksida) dan elektroda logam dicelupkan. Dengan menerapkan tegangan pada elektroda melalui elektrolit, arus listrik mengalir, yang menyebabkan pergerakan terarah ion H^+ positif dan ion OH^- negatif ke katoda dan anoda secara berturut-turut. Pada elektroda, terjadi reaksi oksidasi-reduksi yang menghasilkan pelepasan hidrogen dan oksigen - masing-masing, di katoda dan anoda [6].



GAMBAR 2
Generator HHO

Generator HHO umumnya menggunakan elektroda yang terbuat dari logam tertentu dan larutan elektrolit yang terdiri dari air dan bahan kimia tertentu. Elektroda akan menghasilkan reaksi elektrokimia ketika diberi tegangan, yang memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen. Generator ini terhubung dengan sensor arus dan sensor tegangan untuk mengukur arus dan tegangan yang digunakan dalam produksi gas HHO. Gas HHO ini kemudian diarahkan ke dalam mesin pembakaran internal kendaraan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi konsumsi bahan bakar.

C. ESP 32

ESP32 adalah salah satu chip terkuat yang tersedia di pasaran. Dibandingkan dengan chip sebelumnya, ESP32 dianggap sebagai versi yang lebih baik dalam banyak aspek. Selain memiliki dukungan Wi-Fi, chip ini juga dilengkapi dengan modul komunikasi *bluetooth* sehingga mampu berkomunikasi dengan perangkat yang kompatibel dengan *bluetooth*. ESP32 memiliki chip prosesor yang sama dengan pendahulunya, ESP8266, namun dengan tambahan dua inti prosesor dan kecepatan yang lebih tinggi. Versi ini juga memiliki lebih banyak memori data dan lebih banyak pin *input/output* (GPIO) yang dapat digunakan secara umum. Kemajuan lain yang patut disebutkan adalah ESP32 memiliki konektivitas *bus Controller Area Network* (CAN), yang tidak dimiliki oleh model sebelumnya, ESP8266 [7].



GAMBAR 3
ESP 32

ESP32 berperan sebagai otak sistem akuisisi data. ESP32 dapat mengumpulkan data dari sensor-sensor yang terhubung kepadanya, mengolah data tersebut, dan mengirimkannya ke perangkat lain melalui koneksi nirkabel. Mikrokontroler ini juga dapat digunakan untuk mengendalikan komponen-komponen lain dalam sistem. Dalam sistem ini, ESP32 berperan dalam mengumpulkan data dari sensor-sensor arus dan tegangan, memproses data tersebut, dan mengendalikan produksi gas HHO.

D. Sensor Arus ACS712

Sensor arus ACS712 digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir ke dalam generator HHO. Data arus yang dihasilkan oleh sensor ACS712 sangat penting dalam pemantauan dan pengendalian generator HHO. Informasi arus

yang diperoleh dari sensor ini dapat memberikan gambaran tentang konsumsi listrik generator HHO saat proses produksi gas HHO berlangsung. Dengan data arus ini, kita dapat memonitor dan mengontrol besaran arus yang digunakan oleh generator HHO.



GAMBAR 4
Sensor Arus

E. Sensor Tegangan

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan output dari generator HHO. Sensor ini umumnya menggunakan metode pengukuran tegangan diferensial atau menggunakan resistor pembagi tegangan. Sensor tegangan akan menghasilkan sinyal output yang berbanding lurus dengan tegangan yang diukur. Nilai tegangan yang diperoleh dari sensor ini akan menjadi masukan penting untuk menghitung efisiensi dan memonitor kondisi operasional generator HHO.



GAMBAR 5
Sensor Tegangan

F. Daya

Perhitungan daya dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

Keterangan :

P : Daya (Watt)
V : Tegangan (Volt)
I : Kuat arus (Ampere)

G. Laju produksi (flowrate) gas HHO, efisiensi (η) generator HHO dan efisiensi Sistem

Perhitungan laju produksi dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\dot{m}_{HHO} = Q \cdot \rho \quad (2)$$

Dimana :

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{HHO}$: Laju produksi gas HHO (Kg/s)
Q : Debit produksi gas HHO (m^3/s)
 ρ : Massa jenis gas (Kg/m^3)
V : Volume gas HHO (m^3)
t : waktu produksi gas HHO(s)

Untuk mencari efisiensi generator HHO (η) dapat menggunakan rumus :

$$\eta = \frac{\text{Energi Output}}{\text{Energi Input}} \times 100 \quad (4)$$

$$\eta = \frac{\Delta h_f \cdot \dot{n} \cdot t}{V \cdot I \cdot t} \times 100 \quad (5)$$

Dimana :

$$P \cdot \dot{V} = \dot{n} \cdot \bar{R} \cdot T \quad (6)$$

$$\dot{n} = \frac{P \cdot \dot{V}}{\bar{R} \cdot T} \quad (7)$$

Keterangan :

η : Efisiensi (%)
 Δh_f : Besarnya energi untuk Penguraian (kJ) 1 mol ikatan molekul air
 $\dot{n}$: molaritas senyawa per waktu (mol/s)
V : Tegangan listrik (Volt)
I : Arus listrik (Ampere)
t : waktu operasi (sekon)
P : Tekanan gas ideal (atm)
 $\dot{V}$: Volume gas per detik (Liter/s)
 $\bar{R}$: Konstanta gas ideal (Liter.atm/mol.K)
T : Temperatur (K)

Untuk mencari efisiensi (η) sistem dapat menggunakan rumus :

$$\eta = \frac{\text{Energi Output}}{\text{Energi Input}} \times 100$$

$$\eta = \frac{P_{\text{Output}}}{P_{\text{Input}} \cdot t} \times 100$$

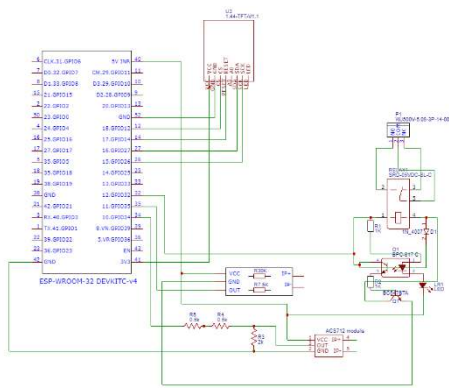
$$\eta = \frac{V_{\text{Out}} \cdot I_{\text{Out}}}{V_{\text{Out}} \cdot I_{\text{Out}} \cdot t} \times 100$$

Keterangan :

P_{Output} : Daya Output (Watt)
 P_{Input} : Daya Input (Watt)
 V_{Out} : Tegangan Output (Volt)
 V_{In} : Tegangan Input (Volt)
 I_{Out} : Arus Output (Ampere)
 I_{in} : Arus Input (Ampere)
t : Waktu munculnya busa pada generator HHO (s)

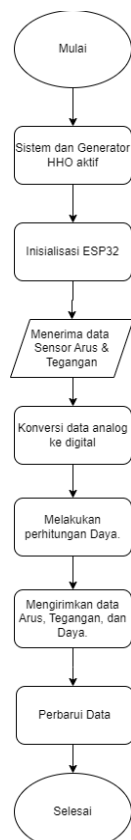
III. METODOLOGI

Dalam sistem ini akan didesain sistem akuisisi data yang terdiri dari ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor arus ACS712, sensor tegangan, relay yang dihubungkan pada ESP32 dan sumber tegangan berupa aki 12 V 5A. Sistem ini akan diterapkan pada kendaraan bermotor yang memiliki sumber aki 12 V 5 A.



GAMBAR 6
Diagram Skematik Sistem

Aki 12V 5A digunakan sebagai sumber daya listrik untuk menyediakan daya operasional bagi komponen-komponen sistem akuisisi. Aki ini perlu memiliki kapasitas yang mencukupi agar sistem dapat beroperasi secara optimal.



GAMBAR 7
Flowchart Sistem Akuisisi Data

Berikut merupakan tahapan pada sistem akuisisi data dengan generator HHO yang diterapkan pada kendaraan bermotor :

1. Mulai : Tahap ini menandakan awal dari proses yang akan dilakukan. Dengan persiapan peralatan dan pengetahuan pada sistem akuisisi data.
2. Mengaktifkan sistem dan generator HHO dengan aki 12V 5A. Langkah ini mencakup menghidupkan sistem akuisisi data dan mengaktifkan generator HHO menggunakan sumber daya listrik dari aki 12V 5A pada kendaraan bermotor.
3. Inisialisasi ESP32: Pada langkah ini, ESP32 diinisialisasi untuk mempersiapkan komunikasi dengan

sensor arus dan tegangan, serta menyiapkan antarmuka untuk menampilkan data pada serial monitor Arduino IDE.

4. Mengambil data sensor arus dan tegangan: ESP32 akan membaca data dari sensor arus dan tegangan yang terhubung. Sensor arus akan memberikan data mengenai arus yang mengalir ke dalam generator HHO, sedangkan sensor tegangan akan memberikan data mengenai tegangan output dari generator HHO.

5. Melakukan perhitungan daya: Data yang diperoleh dari sensor arus dan tegangan digunakan untuk melakukan perhitungan daya pada generator HHO.

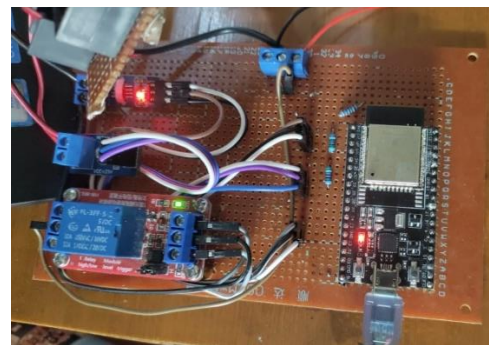
6. Menampilkan data arus, tegangan, dan massa gas hidrogen: Data yang telah dihitung dan diperoleh pada langkah sebelumnya, yaitu data arus, tegangan, dan daya, ditampilkan untuk visualisasi dan pemantauan. Data ini dapat ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE atau pada antarmuka lain yang sesuai.

7. Pengulangan pengambilan data sensor atau inisialisasi ESP32 ulang: Setelah data ditampilkan, sistem akan memeriksa apakah data tampil pada serial monitor Arduino IDE. Jika data tampil, maka akan dilakukan pengulangan untuk mengambil data dari sensor arus dan tegangan pada langkah keempat. Namun, jika data tidak tampil, sistem akan melakukan inisialisasi ulang pada ESP32 untuk memastikan komunikasi yang baik dengan sensor.

8. Pengambilan data berakhir: Langkah ini menunjukkan bahwa pengambilan data telah selesai dan sistem siap untuk berlanjut ke tahap selanjutnya.

9. Selesai: Tahap ini menandakan akhir dari proses yang telah dilakukan.

Flowchart di atas menggambarkan urutan langkah yang harus dilakukan dalam sistem akuisisi data untuk mengambil data arus, tegangan, dan massa gas hidrogen dari generator HHO. Dengan mengikuti langkah-langkah tersebut, data dapat dikumpulkan dan diproses secara efisien untuk pemantauan dan pengendalian sistem.



GAMBAR 8
Rangkaian Sistem Akuisisi Data



GAMBAR 9
Gambar Alat

Pada gambar 8 dan 9 merupakan penerapan semua komponen yang dibutuhkan dalam sistem akuisisi data ini. Terdapat ESP32, generator HHO, sensor arus, sensor tegangan, relay, dengan sumber daya dari Aki 12 V 5 A kendaraan bermotor. Pada peralatan akan dihasilkan gas pada tabung generator HHO.

Tegangan: 2.93 V
Arus: 3.62 A
Daya: 10.60 Watt

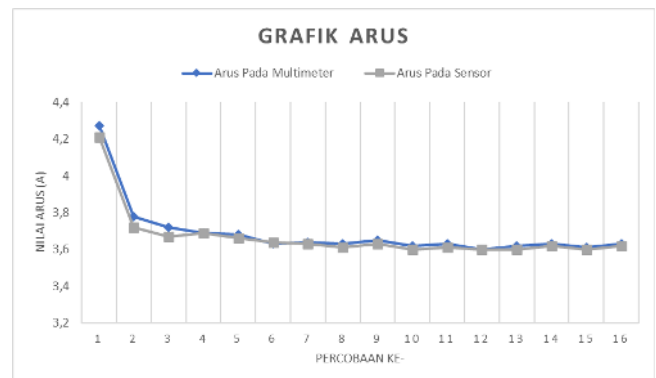
GAMBAR 10
Serial Monitor Sistem Akuisisi Data

Hasil pada sistem akuisisi data ini akan ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE. Tampilan pada serial monitor terdiri pada waktu, arus, tegangan, dan massa zat. Waktu dalam pengambilan data ini setiap datanya dalam waktu 1.5 detik.

IV. HASIL PENGUJIAN

A. Pengujian Sensor Arus dan Sensor Tegangan

Pada gambar 11 terdapat grafik data perbandingan pengujian antara sensor arus dan multimeter yang terhubung ke power supply. Pengujian dilakukan selama 16 kali.



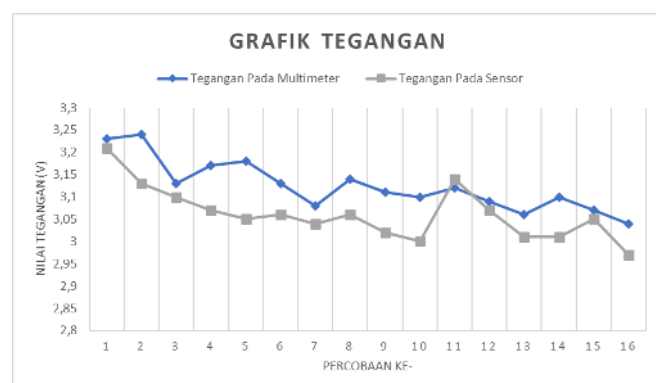
GAMBAR 11
Grafik Sensor Arus

Pada tabel 1 terdapat tabel pengujian sensor arus dan multimeter. Pada tabel terdapat data arus, nilai error, presentase error, presentase presisi, dan presentase akurasi.

TABEL 1
Pengujian Sensor Arus dengan Multimeter

No	Arus Pada Multimeter	Arus Pada Sensor	Error	% Error	%Presisi	%Akurasi
1	4,27	4,21	0,06	1,41%	85,27%	98,59%
2	3,78	3,72	0,06	1,59%	98,62%	98,41%
3	3,72	3,67	0,05	1,34%	99,98%	98,66%
4	3,69	3,69	0	0,00%	99,44%	100,00%
5	3,68	3,66	0,02	0,54%	99,74%	99,46%
6	3,63	3,64	0,01	0,28%	99,20%	99,72%
7	3,64	3,63	0,01	0,27%	98,93%	99,73%
8	3,63	3,61	0,02	0,55%	98,38%	99,45%
9	3,65	3,63	0,02	0,55%	98,93%	99,45%
10	3,62	3,6	0,02	0,55%	98,11%	99,45%
11	3,63	3,61	0,02	0,55%	98,38%	99,45%
12	3,6	3,6	0	0,00%	98,11%	100,00%
13	3,62	3,6	0,02	0,55%	98,11%	99,45%
14	3,63	3,62	0,01	0,28%	98,65%	99,72%
15	3,61	3,6	0,01	0,28%	98,11%	99,72%
16	3,63	3,62	0,01	0,28%	98,65%	99,72%
Rata - Rata	3,689375	3,669375	0,02125	0,56%	97,91%	99,44%

Pada gambar 12 terdapat grafik data perbandingan pengujian antara sensor tegangan dan multimeter yang terhubung ke power supply. Pengujian dilakukan selama 16 kali.



GAMBAR 12
Grafik Sensor Tegangan

Pada tabel 2 terdapat tabel pengujian sensor tegangan dan multimeter. Pada tabel terdapat data arus, nilai error, presentase error, presentase presisi, dan presentase akurasi.

TABEL 2
Pengujian Sensor Tegangan dengan Multimeter

No	Tegangan Pada Multimeter	Tegangan Pada Sensor	Error	% Error	%Presisi	%Akurasi
1	3,23	3,21	0,02	0,62%	95,16%	99,38%
2	3,24	3,13	0,11	3,40%	97,78%	96,60%
3	3,13	3,1	0,03	0,96%	98,75%	99,04%
4	3,17	3,07	0,1	3,15%	99,73%	96,85%
5	3,18	3,05	0,13	4,09%	99,61%	95,91%
6	3,13	3,06	0,07	2,24%	99,94%	97,76%
7	3,08	3,04	0,04	1,30%	99,29%	98,70%
8	3,14	3,06	0,08	2,55%	99,94%	97,45%
9	3,11	3,02	0,09	2,89%	98,63%	97,11%
10	3,1	3	0,1	3,23%	97,98%	96,77%
11	3,12	3,14	0,02	0,64%	97,45%	99,36%
12	3,09	3,07	0,02	0,65%	99,73%	99,35%
13	3,06	3,01	0,05	1,63%	98,31%	98,37%
14	3,1	3,01	0,09	2,90%	98,31%	97,10%
15	3,07	3,05	0,02	0,65%	99,61%	99,35%
16	3,04	2,97	0,07	2,30%	97,00%	97,70%
Rata - Rata	3,124375	3,061875	0,065	2%	98,58%	97,93%

Nilai error merupakan selisih nilai antara alat ukur (nilai refrensi) dan sensor, sedangkan presentase nilai error merupakan selisih nilai dikali 100 dibagi nilai alat ukur. Nilai error dan presentase nilai error dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{Error} = |X_{\text{ref}} - X_i| \quad (8)$$

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{X_{\text{ref}} - X_i}{X_{\text{ref}}} \right| \times 100 \quad (9)$$

Keterangan :

X_{ref} : Nilai refrensi (nilai yang terukur oleh alat ukur)

X_i : Nilai yang terukur oleh sensor

Error : Nilai error

% Error : Presentase nilai error

Presentase akurasi merupakan presentase kedekatan antara nilai terukur dengan nilai refrensi, sedangkan presentase presisi merupakan presentase kedekatan perulangan dalam serangkaian pengukuran. Presentase akurasi dan presentase presisi dapat dicari dengan persamaan :

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - \% \text{ Error} \quad (10)$$

$$\% \text{ Presisi} = 1 - \left| \frac{X_i - \bar{X}_i}{\bar{X}_i} \right| \quad (11)$$

Keterangan :

X_i : Nilai yang terukur oleh sensor

$\bar{X}_i$: Nilai rata-rata yang terukur oleh sensor

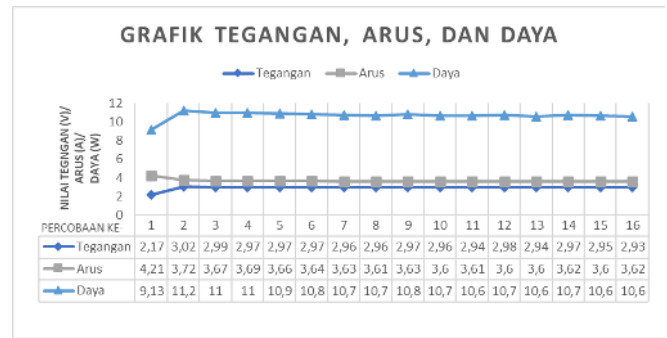
% Presisi : Presentase nilai presisi

% Akurasi : Presentase nilai akurasi

% Error : Presentase nilai error

B. Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya.

Pada gambar 13 terdapat grafik data pengukuran sistem yang terhubung ke power supply. Data arus dan tegangan dari sensor akan dikonversi ke bentuk digital dan digunakan untuk menghitung daya. Pengujian dilakukan selama 16 kali.



GAMBAR 13

Grafik Tegangan, Arus, dan Daya

C. Pengukuran Laju produksi (flowrate) gas HHO, efisisensi (η) generator HHO, dan efisiensi Sistem

1. Laju produksi gas HHO ($\dot{m}_{\text{HHO}}$)

Untuk menghitung laju produksi gas HHO ($\dot{m}_{\text{HHO}}$), maka kita perlu mencari nilai debit gas (Q) HHO dan massa jenis (ρ) HHO. Untuk menghitung debit gas HHO dapat menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{V}{t}$$

Diketahui :

V_{awal} : 160 ml (0,16 L)

V_{akhir} : 157 ml (0,157 L)

t : 2 jam (120 menit)

Maka :

$$Q = \frac{V_{\text{awal}} - V_{\text{akhir}}}{t}$$

$$Q = \frac{0,16 \text{ L} - 0,157 \text{ L}}{120 \text{ menit}}$$

$$Q = 0,000025 \frac{\text{L}}{\text{menit}}$$

Setelah mencari debit gas HHO maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai massa jenis HHO. Jika pada keadaan STP massa jenis $\text{H}_2 = 0,088235 \frac{\text{gr}}{\text{Liter}}$ dan massa jenis $\text{O}_2 = 1,3088 \frac{\text{gr}}{\text{Liter}}$ maka massa jenis HHO dapat dicari dengan persamaan :

$$\rho_{\text{HHO}} = \frac{m_{\text{HHO}}}{V_{\text{HHO}}} = \frac{(m_{\text{H}_2} + m_{\text{O}_2})}{V_{\text{HHO}}}$$

$$\rho_{\text{HHO}} = \frac{(\rho_{\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2} + \rho_{\text{O}_2} \cdot V_{\text{O}_2})}{V_{\text{HHO}}} = \frac{(\rho_{\text{H}_2} \cdot \frac{2}{3} V_{\text{HHO}} + \rho_{\text{O}_2} \cdot \frac{1}{3} V_{\text{HHO}})}{V_{\text{HHO}}}$$

$$\rho_{\text{HHO}} = \frac{(\frac{2}{3} \rho_{\text{H}_2} + \frac{1}{3} \rho_{\text{O}_2}) V_{\text{HHO}}}{V_{\text{HHO}}} = \frac{2}{3} \times \rho_{\text{H}_2} + \frac{1}{3} \times \rho_{\text{O}_2}$$

$$\rho_{\text{HHO}} = (\frac{2}{3} \times 0,088235 \frac{\text{gr}}{\text{Liter}}) + (\frac{1}{3} \times 1,3088 \frac{\text{gr}}{\text{Liter}}) = 0,491167 \frac{\text{gr}}{\text{Liter}}$$

Keterangan :

- $\frac{1}{3}$ merupakan koefisien molekul Hidrogen (H) pada senyawa HHO

- $\frac{2}{3}$ merupakan koefisien molekul Oksigen (O) pada senyawa HHO

Setelah mencari debit gas HHO dan massa jenis HHO kita dapat mencari nilai laju produksi (flowrate) gas HHO dengan persamaan :

$$\dot{m}_{\text{HHO}} = Q \cdot \rho$$

$$\dot{m}_{\text{HHO}} = (0,000025 \frac{\text{L}}{\text{menit}}) \cdot (0,491167 \frac{\text{gr}}{\text{Liter}})$$

$$\dot{m}_{\text{HHO}} = \mathbf{0,0000123 \frac{\text{gr}}{\text{menit}}}$$

Maka laju produksi (flowrate) gas HHO dari generator HHO adalah $0,0000123 \frac{\text{gr}}{\text{menit}}$

1. Efisiensi (η) generator HHO

Untuk menghitung efisiensi (η) generator HHO, maka kita perlu mencari nilai molaritas senyawa HHO ($\dot{n}$). Untuk menghitung molaritas HHO dapat menggunakan persamaan :

$$\dot{n} = \frac{P \cdot \dot{V}}{\bar{R} \cdot T}$$

Diketahui :

P	: 1 atm	
$\dot{V}$	: $0,000025 \frac{\text{L}}{\text{menit}}$	($0,00000042 \frac{\text{L}}{\text{detik}}$)
$\bar{R}$	: $8,314472 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$	
T	: 35°C	(308 K)

Maka :

$$\dot{n} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 0,00000042 \frac{\text{L}}{\text{sekon}}}{8,314472 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot 308 \text{ K}}$$

$$\dot{n} = \mathbf{1,64 \times 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{sekon}}}$$

Setelah mendapatkan nilai molaritas kita dapat mencari nilai efisiensi (η) generator HHO dengan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{\text{Energi Output}}{\text{Energi Input}} \times 100$$

$$\eta = \frac{\Delta h_f \cdot \dot{n} \cdot t}{V \cdot I \cdot t} \times 100$$

Diketahui :

Δh_f	: $+286 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$\dot{n}$	: $1,64 \times 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{sekon}}$
$V_{\text{rata-rata}}$	: 2,75 V
$I_{\text{rata-rata}}$	: 3,5 A
t	: 2 jam (7200 s)

Maka :

$$\eta = \frac{286 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 1,64 \times 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{sekon}} \cdot 7200 \text{ s}}{2,75 \text{ V} \cdot 3,5 \text{ A} \cdot 7200 \text{ s}} \times 100$$

$$\eta = \mathbf{0,00000049\%}$$

Maka efisiensi (η) dari generator HHO adalah 0,00000049%.

2. Efisiensi (η) Sistem

Untuk menghitung efisiensi (η) sistem dapat dicari dengan persamaan :

$$\eta = \frac{\text{Energi Output}}{\text{Energi Input}} \times 100 = \frac{P_{\text{Output}}}{P_{\text{Input}} \cdot t} \times 100$$

$$\eta = \frac{V_{\text{Out}} \cdot I_{\text{Out}}}{V_{\text{Out}} \cdot I_{\text{Out}} \cdot t} \times 100 = \frac{(3,17) \cdot (3,97)}{(3,24) \cdot (4,03) \cdot (1,3)} \times 100$$

$$\eta = \mathbf{74,14 \%}$$

Keterangan :

P_{Output}	: Daya Output	(Watt)
P_{Input}	: Daya Input	(Watt)
V_{Out}	: Tegangan Output	(Volt)
V_{In}	: Tegangan Input	(Volt)
I_{Out}	: Arus Output	(Ampere)
I_{in}	: Arus Input	(Ampere)
t	: Waktu munculnya busa pada generator HHO	(s)

V. KESIMPULAN

A. Pengujian Sensor Arus dan Sensor Tegangan

Pada tabel 1 data pengujian arus pada multimeter memiliki rentang 4,27 A – 3,63 A dengan rata-rata 3,689 A, sedangkan untuk pengujian sensor memiliki rentang 4,21 A – 3,62 A dengan rata-rata 3,669 A. Presentase nilai error memiliki rentang 0% - 1,59% dengan rata-rata 0,56%. Presentase nilai presisi memiliki rentang diantara 99,98% - 85,27% dengan rata-rata 97,91%. Presentase nilai akurasi memiliki rentang 100% - 98,41% dengan rata-rata 99,44%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan pengukuran arus dengan baik, karena memiliki rata-rata presentase nilai presisi dan presentase nilai akurasi diatas 95% dan memiliki rata-rata presentase nilai error dibawah 1%, bahkan pada pengujian ke-4 dan ke-12 memiliki presentase nilai error 0%.

Pada tabel 2 data pengujian tegangan pada multimeter memiliki rentang 3,23 V – 3,04 V dengan rata-rata 3,124 V, sedangkan untuk pengujian sensor memiliki rentang 3,21 V – 2,97 V dengan rata-rata 3,061 V. Presentase nilai error memiliki rentang 0,62% - 4,09% dengan rata-rata 2%. Presentase nilai presisi memiliki rentang diantara 99,94% - 95,16% dengan rata-rata 98,58%. Presentase nilai akurasi memiliki rentang 99,36% - 95,91% dengan rata-rata 97,93%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan

pengukuran arus dengan baik, karena memiliki presentase nilai presisi dan presentase nilai akurasi diatas 95% dan memiliki presentase nilai error 2%.

B. Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya

Pada gambar 13 menunjukkan bahwa tegangan memiliki rentang 2,17 V – 3,02 V dengan rata-rata 2,92 V, sedangkan untuk arus memiliki rentang 3,6 A – 4,21 A dengan rata-rata 3,67 A. Berdasarkan hukum Ohm ($V = \frac{I}{R}$) dengan nilai resistansi yang konstan, hubungan antara tegangan dan arus harus linear. Namun pada pengujian diatas terdapat variasi/fluktuasi yang cukup signifikan pada tegangan dibandingkan arus yang relatif lebih konstan. Hal ini dapat disebabkan oleh resistensi internal pada sumber tegangan atau ketidakpresisian dalam pengukuran tegangan.

Pada gambar 13 juga menunjukkan bahwa daya memiliki rentang 9,13 W – 11,23 W dengan rata-rata 10,67 W. Hal ini menunjukkan bahwa secara numerik rata-rata daya memiliki rata-rata yang cukup stabil, walaupun terdapat sedikit variasi/fluktuasi. Hal ini dapat disebabkan oleh variasi/fluktuasi pada tegangan maupun arus.

C. Pengukuran Laju produksi (flowrate) gas HHO dan efisiensi (η) generator HHO

Pada pengukuran laju produksi gas HHO m_{HHO} , efisiensi (η) generator HHO, dan Efisiensi (η) Sistem didapati hasil sebesar $0,0000123 \frac{gr}{menit}$, 0,00000049%, dan 74,14 % . Data laju produksi menunjukan dalam 1 menit generator HHO dapat menghasilkan gas HHO sebesar 0,0000123 gr. Data ini menunjukan seberapa efisien generator HHO dalam menghasilkan gas HHO pada proses elektrolisis.

Data efisiensi terhadap generator HHO menunjukan dalam waktu 2 jam, generator HHO memiliki efisiensi sebesar 0,00000049% . Data efisiensi ini menunjukan seberapa efisien generator HHO mengkonversi energi listrik menjadi energi kimia. Efisiensi rendah pada generator HHO menunjukan adanya kerugian energi dalam konversi energi.

Data Efisiensi sistem menunjukan efektifitas sistem dalam mengkonversi input yang diberikan menjadi output yang diinginkan. Pada penelitian ini didapati efisiensi 74,14 % dengan rentang waktu 1,3 detik. Efisiensi 74,14% menunjukan bahwa setiap 100 unit daya input ke dalam sistem hanya 74,14 unit menjadi output yang diinginkan. 25,86 unit yang hilang karena beberapa faktor seperti kerugian resistif dan kerugian energi.

REFERENSI

- [1] Sitanggang, Rohana., et al. "Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan di DKI Jakarta." *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik*, Vol. 4 No. 3 Mei 2018.
- [2] "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2018-2020," 2021. Accessed: June. 22, 2022. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>
- [3] Prasetyo, A, Rizani, D, "Investigasi Pemborosan Bahan Bakar Akibat Kemacetan Menggunakan Analisis Citra Google Map (Studi Kasus Pada Simpang Armada Town Square Mall Magelang)". 2018. Universitas Muhammadiyah Magelang. Magelang.
- [4] R. Nofriyandi, "Aplikasi Gas HHO pada Sepeda Motor". 2014. Jurusan Teknik Mesin. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [5] Guntur, Harus L., et al. "Pengembangan Sistem Suplai Brown Gas Model 6 Ruang Tersusun Pada Mesin Mobil 1300cc Dengan Sistem Karburator." *Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*, vol. 13, no. 1, Apr. 2011, pp. 13-17, doi:10.9744/jtm.13.1.13-17.
- [6] M. Streblau, B. Aprahamian, M. Simov and T. Dimova, "The influence of the electrolyte parameters on the efficiency of the oxyhydrogen (HHO) generator," 2014 18th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), Bourgas, Bulgaria, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA.2014.6871898.
- [7] D. Babić, I. Jovović, T. Popović, N. Kovač and S. Čakić, "An Internet of Things System for Environmental Monitoring Based on ESP32 and Blynk," 2022 26th International Conference on Information Technology (IT), Zabljak, Montenegro, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/IT54280.2022.9743538.
- [8] R. M. Ahmed, A. K. Abdelsalam and M. Amer, "Off-grid diesel generators enhanced performance using photovoltaic powered on-board HHO generation: Experimental validation," 2017 IEEE Second International Conference on DC Microgrids (ICDCM), Nuremburg, Germany, 2017, pp. 428-433, doi: 10.1109/ICDCM.2017.8001080.
- [9] Amirudin, "Rancang Bangun Dan Uji Performa Generator HHO Ganda Tipe Kering (Dry Type) Dengan Penambahan Siklus On-Off Otomatis Untuk Meningkatkan Lama Waktu Pengoperasian", https://repository.its.ac.id/75719/1/2113106004-Undergraduate_Thesis.pdf (accessed Aug. 6, 2023).
- [10] E. Kurniawan, R. Manfaati, and N. Kurniasih, Portable Mineral Water Ionizer Alat Produksi Air Alkali dan Air Asam untuk Membantu Penderita Covid-19 di Indonesia, vol. 7, 2022.
- [11] I. M. Rodiana, E. Kurniawan, and P. Pangaribuan, "Water ionizer penghasil air Hidrogen, air alkali Dan Air Asam Untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat," Prosiding Seminar Nasional Program Pengabdian Masyarakat, 2022. doi:10.18196/ppm.43.631