

RANCANG BANGUN PROTOTYPE FUEL CELL

by Nanda Dwi Putra Anas Amirullah

Submission date: 01-Dec-2022 10:27AM (UTC+0700)

Submission ID: 1967877952

File name: JURNAL_RANCANG_BANGUN_PROTOTYPE_FUEL_CELL_-_Nanda_Dwi_Putra.pdf (513.07K)

Word count: 4321

Character count: 24811

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE FUEL CELL*

NANDA DWI PUTRA ANAS AMIRULLAH ¹⁾

Dosen Pembimbing:

Ir. M. Abdul Hamid, MT ²⁾, Ir. Taufik Hidayat, MT ³⁾

1) Mahasiswa ¹⁴ Program Studi Teknik Listrik DIII, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Jl. Karanglo Km 2, Tasikmadu, Malang e-mail: nandadwiputra77@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik merupakan faktor penentu perekonomian, infrastruktur, transportasi, dan taraf hidup suatu negara. Semua negara saat ini ketergantungan pada bahan bakar fosil untuk produksi energi listrik, dimana bahan bakar fosil ini bukanlah sumber yang berkelanjutan. Untuk memenuhi kebutuhan energi populasi global yang semakin meningkat pesat, penting untuk meningkatkan ke sumber energi alternatif yang berkelanjutan yang tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.

Fuel Cell merupakan salah satu penghasil energi listrik alternatif, yang bekerja dengan mengkonversi energi kimia yaitu reaksi hidrogen dan oksigen menjadi energi listrik. Hidrogen merupakan unsur yang mudah didapat dan ramah lingkungan karena bisa didapatkan dari mana saja dan mudah terurai oleh alam.

Pembuatan alat ini bertujuan untuk memahami cara kerja dari *fuel cell*, dan memahami faktor yang mempengaruhi kinerja *fuel cell*, serta melihat tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan terhadap banyaknya gas hidrogen yang dimasukkan kedalam alat.

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh alat akan meningkat seiring dengan banyaknya gas hidrogen, dimana pada 4L gas hidrogen dapat menghasilkan tegangan sebesar 57.58mV, arus sebesar 0.2708mA, dan daya sebesar 16,6377mW.

Kata Kunci: *Fuel cell*, Hidrogen

ABSTRAK

Electrical energy is a determining factor for a country's economy, infrastructure, transportation and standard of living. All countries currently depend on fossil fuels for the production of electrical energy, where fossil fuels are provided as a sustainable source. In order to meet the energy needs of the rapidly increasing global population, it is important to develop alternative sustainable energy sources that do not have a negative impact on the environment.

Fuel Cell is one of the alternative electrical energy producers, which works by converting chemical energy, namely the reaction of hydrogen and oxygen into electrical energy. Hydrogen is an element that is easily available and environmentally friendly because it can be obtained from anywhere and is easily decomposed by nature.

Making this tool aims to understand the workings of the fuel cell, and understand the factors that affect the performance of the fuel cell, as well as see the voltage, current, and power generated for the amount of hydrogen gas that is inserted into the tool.

The test results show that the power generated by the tool will increase along with the amount of hydrogen gas, where in 4L hydrogen gas can produce a voltage of 57.58mV, a current of 0.2708mA, and a power of 16.6377mW.

Keywords: *Fuel cell*, Hydrogen

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan faktor penentu perekonomian, infrastruktur, transportasi, dan taraf hidup suatu negara. Masalah yang dihadapi secara global adalah disparitas antara konsumsi dan ketersediaan energi listrik. Semua negara saat ini bergantung pada bahan bakar fosil untuk produksi energi listrik, dan bahan bakar fosil ini bukanlah sumber yang berkelanjutan. Untuk memenuhi kebutuhan energi populasi global yang semakin meningkat pesat, penting untuk meningkatkan ke sumber energi alternatif yang berkelanjutan yang tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.[7]

Di Indonesia sendiri konsumsi energi meningkat rata – rata sebesar 7% per tahun seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, kegiatan ekonomi, dan perkembangan industri.[2]

Ditambah kebanyakan energi berasal dari energi yang tidak terbarukan, dalam hal ini pemerintah Indonesia sendiri mengimplementasi kebijakan energi baru terbarukan guna dalam mengurangi polusi akibat dari hasil energi yang tak terbarukan.[3]

Sekarang ini banyak alat-alat yang diciptakan guna menghasilkan energi alternatif terbarukan seperti turbin angin, turbin mikro air, panel surya, dan fuel cell, dan akan terus bertambah seiring waktu dan perkembangan zaman, dimana energi alternatif memiliki tingkat efisien yang lebih baik daripada energi fosil.

Fuel cell merupakan salah satu alat penghasil energi alternatif terbarukan, dimana bekerja dengan mengubah energi kimia atau reaksi kimia menjadi energi listrik. Fuel cell sangat ramah lingkungan, dimana bekerja dengan menggunakan reaksi hidrogen dan oksigen sebagai bahan bakar utamanya, prinsipnya seperti baterai, hanya saja tidak perlu pengisian ulang/recharging karena akan terus menerus menghasilkan listrik selama hidrogen dan oksigen-nya terpenuhi, prinsip ini seperti kebalikan dari proses elektrolisis dimana memberikan arus listrik untuk mengurai suatu elektrolit dalam suatu larutan kimia.

Hidrogen dalam unsur kimia memiliki lambang H merupakan unsur yang bisa didapatkan dengan mudah dan 7. limbah, hidrogen merupakan unsur yang sederhana dimana hanya memiliki satu proton dan satu elektron, karena hal ini hidrogen dapat menyimpan muatan elektron. Hidrogen bersifat diatomik dalam arti mudah terbakar, dan juga hidrogen bisa didapatkan dengan salah satu caranya yaitu elektrolisa air.[2] Karena sifatnya inilah hidrogen bisa dijadikan bahan bakar untuk menciptakan energi alternatif yang ramah lingkungan.

Dari hal inilah penulis ingin membuat alat yang bekerja dengan cara fuel cell, yaitu memakai gas hidrogen sebagai bahan bakar utamanya dalam membangkitkan suatu energi listrik, yang penulis namakan sebagai “RANCANG BANGUN PROTOTYPE FUEL CELL”, dimana penulis ingin mengetahui cara kerja fuel cell, dari segi hidrogen yang diperlukan, hingga daya yang dihasilkan dari alat yang akan penulis buat.

Berdasarkan dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang didapat adalah:

- Bagaimana pengaruh volume hidrogen terhadap kenaikan tegangan dan arus?
- Bagaimana pengaruh ukuran benjana terhadap tegangan dan arus?
- Bagaimana pengaruh kondisi larutan elektrolit terhadap kenaikan tegangan dan arus?

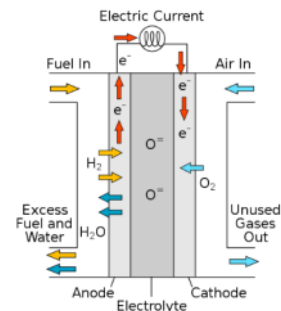
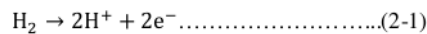
Berdasarkan pada rumusan masalah, tujuan dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

- Untuk mengetahui pengaruh volume hidrogen terhadap kenaikan tegangan dan arus.
- Untuk mengetahui besarnya tegangan, arus, dan daya terhadap ukuran benjana.
- Untuk mengetahui kondisi larutan elektrolit terhadap tegangan dan arus.

II. LANDASAN TEORI

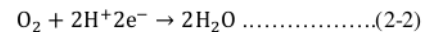
A. Fuel Cell

Fuel cell merupakan alat yang menghasilkan listrik dan juga panas dengan reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia yang terjadi adalah kebalikan dari reaksi elektrolisis yang sudah dikenal. Selama proses *fuel cell*, molekul hidrogen dipecah menjadi proton dan elektron. Proton diangkut melalui elektrolit pengisolasi elektron penghantar ion, sementara elektron bergerak melalui sirkuit eksternal untuk menghasilkan tenaga listrik. Hidrogen bebas berjalan menuju anoda sebagai aliran gas di mana ia bereaksi secara elektrokimia dengan adanya katalis. Hidrogen dioksidasi untuk menghasilkan ion hidrogen dan elektron. Persamaan untuk proses oksidasi ini adalah.[4]

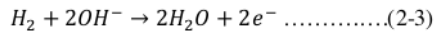


Gambar 2.1 Reaksi Fuel Cell dengan membran elektrolit isolasi

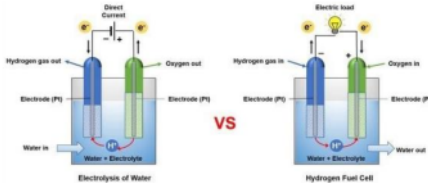
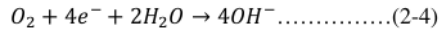
Proton bermigrasi melalui elektrolit isolasi elektron sementara elektron dipaksa melalui sirkuit eksternal (beban) ke katoda. Di katoda, oksigen yang disuplai dari aliran aliran gas eksternal (udara bebas) bereaksi dengan elektron dan proton membentuk air dan energi menurut persamaan berikut.[4]



Jika menggunakan air alkaline atau larutan elektrolit, perpindahan proton akan melalui larutan elektrolit, dan elektron akan dipaksa melalui sirkuit eksternal atau beban ke katoda dengan reaksi persamaan oksidasinya menjadi.[1]

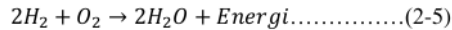


Dan persamaan reaksi reduksinya menjadi.



Gambar 2.2 Reaksi Fuel Cell dengan larutan elektrolit, kebalikan dari reaksi elektrolisis

Secara garis besar persamaan reaksi *fuel cell* dalam menghasilkan energi adalah.[5]



B. Hidrogen (H)

Hidrogen merupakan gas yang banyak digunakan sebagai bahan bakar dalam penggunaan energi alternatif yang ramah lingkungan. Hidrogen bersifat diatomik dalam arti mudah terbakar, dan hidrogen memiliki 7¹ atom dan bersifat netral dan unsurnya sederhana dimana hanya memiliki satu proton dan satu elektron.[2]

Hidrogen mudah didapatkan, karena hidrogen merupakan unsur yang paling berlimpah, hidrogen membentuk sekitar tiga perempat massa alam semesta. Hidrogen terdapat dalam air yang menutupi 70% permukaan bumi dan di semua bahan organik. ¹

Hidrogen memiliki energi pembakaran tertinggi per kilogram dibanding bahan bakar lainnya, yang dalam arti lebih ¹ efisien untuk bobot yang sama dibanding bahan bakar fosil. Hidrogen menawarkan energi 2-3 kali lebih banyak daripada bahan kebanyakan bahan bakar umum lainnya, hidrogen mudah berpadu dengan oksigen, dan melepaskan sejumlah besar energi dalam bentuk panas.

Hidrogen bisa dihasilkan dari reaksi gas alam metana (CH₄) dengan proses *Steam Reforming*, dengan reaksi fotokimia, atau dengan elektrolisis. Dalam alat ini penghasilan gas hidrogen menggunakan proses elektrolisis, dimana proses ini menggunakan listrik untuk melakukan prosesnya.

Hidrogen untuk saat ini penggunaannya dipakai sebagai bahan untuk memproduksi zat kimia, makanan, dan elektronik. Di NASA hidrogen digunakan sebagai bahan bakar pesawat ulang alik.

B. Kalium hidroksida /Potassium Hidroksida (KOH)

Elektrolit merupakan suatu zat kimia yang dapat menghantarkan listrik ketika terurai dalam bentuk ion-ion di dalam pelarut.[6]

Kalium hidroksida atau nama lain Potassium Hidroksida (KOH) merupakan senyawa basa, senyawa ini digunakan sebagai katalisator yang berfungsi untuk mempercepat reaksi suatu larutan dalam elektrolisis, juga bisa digunakan sebagai bahan campuran untuk membuat larutan elektrolit.



Gambar 2.3 Kalium Hidroksida / Potassium Hidroksida

Penggunaan larutan KOH disini sebagai larutan elektrolit yang berfungsi untuk mempermudah elektron berpindah dari hidrogen menuju oksigen, dan sebaliknya dalam proses *fuel cell* ini.

Kadar KOH yang dipakai dalam pengujian ini yaitu 0.2% dimana untuk membuat larutan elektrolit ini penulis menggunakan rumus;

$$\text{Presentase Larutan (\%)} = \frac{\text{Massa jenis zat (gr)}}{\text{Volume air (ml)}} \dots\dots(2-3)$$

C. Hukum Daya

Sel dalam keadaan normal akan menghasilkan arus selama reaktan disuplai ke sana, tetapi tegangan tetap konstan. Efisiensi listrik sering ditentukan dari tegangan rangkaian terbuka. Ketika tegangan rangkaian terbuka rendah, efisiensi listrik juga rendah. Sebuah produk dari tegangan dan arus memberikan daya yang ditunjukkan dalam Persamaan.[7]

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana:

- I = Arus
- V = Tegangan
- P = Daya

D. Resistor Dummy Load

Resistor *dummy Load* / resistor *load* adalah resistor yang berperan sebagai pengganti beban atau mensimulasikan beban dengan nilai tahanan.[8]

karena adanya penggunaan resistor *dummy load* maka hukum ohm berlaku dimana:

$$I = V \div R \dots\dots\dots(2-5)$$

Bila persamaan rumus (2-4) dihubungkan dengan persamaan rumus (2-5) maka akan menjadi:

$$P = V^2 \div R \dots \dots \dots (2-6)$$

E. Stainless

Stainless berfungsi sebagai pengumpul arus dan juga sebagai elektroda. Pengumpul arus berfungsi untuk menangkap ion. Bahan- bahan yang biasa digunakan pengumpul arus ada 2) nikel, aluminium, dan stainless steel.[6]

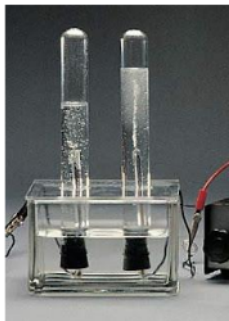
Elektroda adalah konduktor yang dilewati arus listrik dari satu medium ke medium lainnya. Elektroda berfungsi sebagai tempat penyimpanan muatan.[6]



Gambar 2.4 Bentuk 1 kisi lempengan stainless

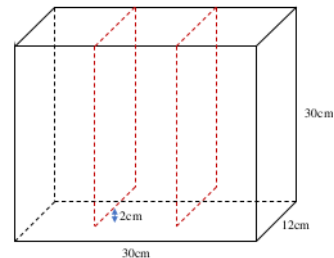
F. Bejana Kaca

Bejana kaca didesain sesuai dengan teori *fuel cell* pada gambar 2.2 dimana jika dibuat akan seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bejana kaca

Akan tetapi jika mengikuti gambar 2.5 volume air dan gas yang bisa ditampung sangat sedikit sehingga desain bejana diperbesar menjadi seperti gambar 2.6. hal ini memungkinkan agar perpindahan energi didalam reaksi berpindah dengan cepat, juga agar suhu larutan tetap di suhu ideal atau tidak panas.[1]



Gambar 2.6 Desain bejana kaca yang akan dibuat

III. RANCANG BANGUN DAN CARA KERJA ALAT

A. Rancangan Alat

Perencanaan alat terdiri dari beberapa faktor antara lain; faktor *comfortable*, faktor teknis, faktor ekonomis, faktor estetika, dan faktor keamanan.

Perancangan alat ini meliputi, perencanaan bejana kaca, perencanaan kisi – kisi elektroda, perencanaan resistor *dummy load*, perencanaan larutan elektrolit.

1. Bejana Kaca
 - a. Bejana menggunakan bahan kaca karena agar bisa melihat reaksi kimia, kondisi kisi – kisi elektroda dan larutan elektrolit.
 - b. Ketebalan kaca yang dipilih adalah 5mm, ini dipilih karena segi ekonomis dan juga kokoh.
 - c. Ukuran bejana memakai ukuran 30cm x 12cm x 30cm, pemilihan ukuran ini didasari agar gas hidrogen dan larutan elektrolit bisa ditampung pada alat dengan jumlah yang banyak juga segi aspek ukuran yang sesuai.
 - d. Bagian dalam bejana kaca diberi sekat sehingga membentuk 3 kolom yang jarak antar sekat nya adalah 14cm yang didasarnya terdapat celah 2cm, ini difungsikan agar gas hidrogen tidak langsung tercampur dengan gas oksigen, dimana gas hidrogen dan oksigen memiliki tempat penampungannya masing – masing, pemberian celah di bagian bawahnya berfungsi agar larutan elektrolit dapat terhubung antara kisi hidrogen dengan kisi oksigen.
 - e. Tutup bejana menggunakan bahan akrilik dengan tebal 3mm, karena akrilik lebih mudah dirubah untuk menjadi dudukan kisi – kisi elektroda, dan juga sebagai tutup bejana, pemilihan ketebalan 3mm karena kokoh juga ekonomis.
2. Kisi – Kisi Elektroda
 - a. Kisi – kisi elektroda menggunakan bahan stainless grade 316 dengan tebal 2mm, pemilihan bahan stainless grade 316 ini karena faktor ketahanan stainless terhadap air, pemilihan tebal 2mm juga dipilih karena kekokohan dalam pengelasan plat stainless, dan juga faktor ekonomis.
 - b. Kisi – kisi plat stainless dihubungkan dengan kawat stainless grade 304 dengan diameter kawat adalah 3mm, fungsi kawat stainless ini sebagai kawat penghantar dari plat kisi – kisi di dalam bejana menuju luar bejana, dimana akan diberi *heatsrink* atau selongsong bakar sebagai

isolator yang berfungsi agar elektron yang ada di larutan elektrolit hanya masuk melewati plat kisi – kisi stainless, pemilihan ketebalan 3mm juga karena faktor kekokohan dalam pengelasan dengan plat kisi – kisi, juga faktor ekonomis.

3. Resistor *Dummy Load*
 - a. Resistor *dummy load* dibuat untuk mengukur arus yang bisa dihasilkan oleh alat, resistor *dummy load* menggunakan resistor dengan nilai 200ohm yang dibuat dari resistor bernilai 100ohm yang diserikan, nilai resistor ini dipilih karena faktor pengaruh pembacaan arus yang bisa ditunjukkan oleh alat ukur Avometer.
4. Larutan Elektrolit
 - a. Larutan elektrolit menggunakan air suling/air rendah mineral sebanyak 5L. Kapasitas ini dipilih karena mengikuti ukuran volume bejana kaca yang telah didesain, dan posisi ketinggian kisi-kisi elektroda dari dasar bagian dalam bejana, serta mengikuti fungsinya yaitu untuk menghubungkan kisi-kisi elektroda bagian hidrogen dengan oksigen.
 - b. Larutan elektrolit menggunakan kadar KOH sebesar 0.2%. Kadar ini dipilih karena faktor keamanan selama pengujian.
 - c. KOH yang digunakan sebesar 10gr. Ini dipilih berdasarkan perhitungan kadar larutan elektrolit pada persamaan (2-3), dimana hasil perhitungan yang didapat adalah 10gr.

B. Cara Kerja Alat

Cara kerja alat akan dijabarkan dengan gambar flow chart dibawah ini:

Prosedur dimulai dengan mengisi larutan elektrolit ke dalam alat, kemudian gas hidrogen diisikan ke dalam kolom bejana yang paling kanan, setelah diisi lubang masuk hidrogen ditutup.



Gambar 3.1 Flow Chart Kerja Alat

Cara kerja alat, dimulai langsung ketika gas hidrogen diisikan kedalam alat, dimana hidrogen bereaksi pada kisi-kisi alat, begitu juga pada kolom oksigen, sehingga menciptakan sebuah reaksi kimia. Reaksi ini menciptakan energi listrik.

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian

Pengujian meliputi, pengujian alat, dan hasil pengujian.

1. Pengujian Alat

Pengujian alat meliputi pengujian kebocoran bejana yang sudah terisi larutan elektrolit dan gas hidrogen dan pengujian volume hidrogen terhadap kenaikan tegangan dan arus.

a. Pengujian kebocoran bejana

Pengujian kebocoran bejana dilakukan dengan cara mengisi air pada bejana sebanyak 5L, kemudian melihat posisi bawah bejana kaca apakah ada kebocoran dibagian bawah atau tidak, jika tidak bejana dimasukkan gas hidrogen hingga 4L, kemudian lubang masuk gas hidrogen dan oksigen ditutup, setelah itu lubang masuk air elektrolit ditiup untuk mengetahui apakah tutup bagian atas pada bagian hidrogen dan oksigen mengalami kebocoran atau tidak, jika tidak maka bejana siap untuk diuji data.

b. Pengujian volume gas hidrogen terhadap kenaikan tegangan dan arus

Pengujian dilakukan menggunakan Avometer selama 5 kali, dengan beban menggunakan resistor *dummy load* bernilai 200 ohm, dan larutan elektrolit sebanyak 5L. pada pengujian 1L gas hidrogen, bejana diisikan terlebih dahulu dengan larutan elektrolit melalui kolom sebelah kanan, setelah diisi, lubang kolom oksigen ditutup, kemudian gas hidrogen dimasukkan kedalam bejana melalui lubang pada kolom sebelah kiri, setelah diisi lubang kolom hidrogen ditutup, lalu lubang kolom oksigen dibuka kemudian alat diukur selama 5 kali, dengan beban dihubungkan ke probe Avometer, kemudian probe negatif menuju kawat pada kolom hidrogen dan probe positif menuju kolom oksigen dengan jarak antar pengukuran diberi jeda sebanyak sekitar 1 menit, kemudian setelah selesai diukur larutan elektrolit dibuang, dan bejana dibilas dengan air bersih kemudian dikeringkan dengan sinar matahari, ini berfungsi agar sisa gas hidrogen dan larutan elektrolit tidak tertinggal didalam bejana kaca yang dapat mengganggu pengujian selanjutnya. Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada tabel 4.1.

Pada pengujian 2L gas hidrogen, bejana diisikan terlebih dahulu dengan larutan elektrolit melalui kolom sebelah kanan, setelah diisi, lubang kolom oksigen ditutup, kemudian 2L gas hidrogen dimasukkan kedalam bejana melalui lubang pada kolom sebelah kiri, setelah diisi, lubang kolom hidrogen ditutup, lalu lubang kolom oksigen dibuka, kemudian alat diukur selama 5 kali dengan jarak antar pengukuran diberi jeda sebanyak sekitar 1 menit, kemudian setelah selesai diukur larutan elektrolit dibuang, dan bejana dibilas dengan air bersih kemudian dikeringkan dengan sinar matahari. Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada tabel 4.2.

Pada pengujian 3L gas hidrogen, bejana diisikan terlebih dahulu dengan larutan elektrolit melalui kolom sebelah kanan, setelah diisi, lubang kolom oksigen ditutup, kemudian 3L gas hidrogen dimasukkan kedalam bejana melalui lubang pada

kolom sebelah kiri, setelah diisi, lubang kolom hidrogen ditutup, lalu lubang kolom oksigen dibuka, kemudian alat diukur selama 5 kali dengan jarak antar pengukuran diberi jeda sebanyak sekitar 1 menit, kemudian setelah selesai diukur larutan elektrolit dibuang, dan bejana dibilas dengan air bersih kemudian dikeringkan dengan sinar matahari. Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada tabel 4.3.

Pada pengujian 4L gas hidrogen, bejana diisi terlebih dahulu dengan larutan elektrolit melalui kolom sebelah kanan, setelah diisi, lubang kolom oksigen ditutup, kemudian 4L gas hidrogen dimasukkan kedalam bejana melalui lubang pada kolom sebelah kiri, setelah diisi, lubang kolom hidrogen ditutup, lalu lubang kolom oksigen dibuka, kemudian alat diukur selama 5 kali dengan jarak antar pengukuran diberi jeda sebanyak sekitar 1 menit, kemudian setelah selesai diukur larutan elektrolit dibuang, dan bejana dibilas dengan air bersih kemudian dikeringkan dengan sinar matahari. Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada tabel 4.4.

B. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan selama lima kali, dengan hasil data yang didapat akan ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengujian 1L Hidrogen

Pengujian	Tegangan (mV)	Arus (mA)
1	44,2mV	0,227mA
2	41,0mV	0,206mA
3	46,0mV	0,111mA
4	43,0mV	0,181mA
5	43,0mv	0,113mA

Tabel 4.2 Hasil pengujian 2L Hidrogen

Gas Hidrogen (L)	Tegangan (mV)	Arus (mA)
1	51,0mV	0,136mA
2	60,2mV	0,269mA
3	53,5mV	0,146mA
4	53,8mV	0,211mA
5	49,2mV	0,165mA

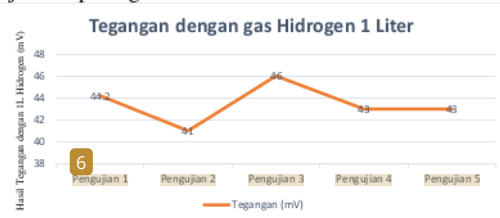
Tabel 4.3 Hasil pengujian 3L Hidrogen

Gas Hidrogen (L)	Tegangan (mV)	Arus (mA)
1	63,5mV	0,142mA
2	52,8mV	0,230mA
3	52,6mV	0,236mA
4	64,6mV	0,268mA
5	52,5mV	0,223mA

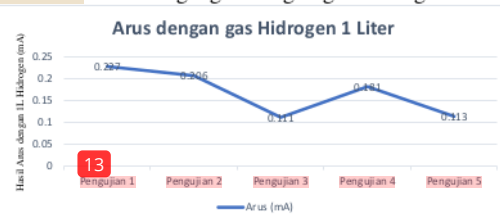
Tabel 4.4 Hasil pengujian 4L Hidrogen

Gas Hidrogen (L)	Tegangan (mV)	Arus (mA)
1	63,5mV	0,246mA
2	72,4mV	0,360mA
3	78,5mV	0,337mA
4	32,5mV	0,212mA
5	41,0mV	0,199mA

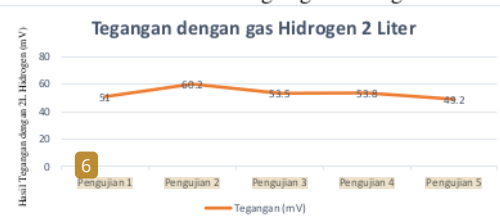
Jika dibuat dalam bentuk grafik maka akan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



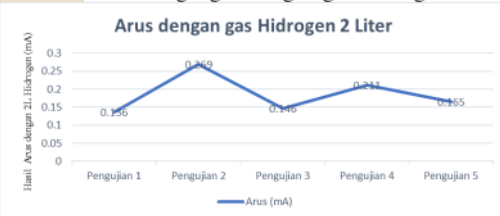
Gambar 4.1 Nilai tegangan dengan gas Hidrogen 1 Liter



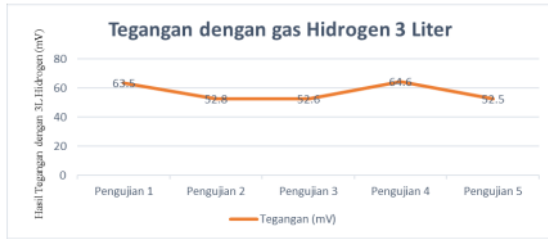
Gambar 4.1 Nilai arus dengan gas Hidrogen 1 Liter



Gambar 4.3 Nilai tegangan dengan gas Hidrogen 2 Liter



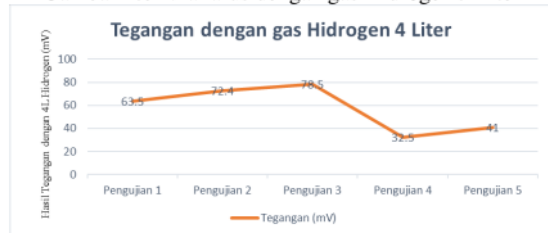
Gambar 4.4 Nilai arus dengan gas Hidrogen 2 Liter



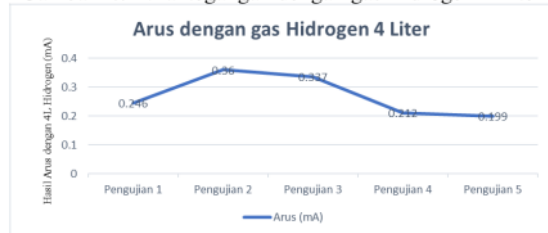
Gambar 4.5 Nilai tegangan dengan gas Hidrogen 3 Liter



Gambar 4.6 Nilai arus dengan gas Hidrogen 3 Liter



Gambar 4.7 Nilai tegangan dengan gas Hidrogen 4 Liter



Gambar 4.8 Nilai arus dengan gas Hidrogen 4 Liter

3. Analisa Hasil Pengujian

Dari data pengujian yang didapat, diketahui adanya perbedaan tiap hasil pengujian pada tiap liter gas hidrogen, dimana pada hasil pengujian 1L gas hidrogen mengacu pada gambar 4.1 dan 4.2, hasil pengujian 1 dengan pengujian 2 mengalami perbedaan dimana pada pengujian 2 tegangan dan arus mengalami penurunan, dan pada pengujian 3 tegangan mengalami kenaikan tetapi arus mengalami penurunan, pada pengujian 4 tegangan mengalami penurunan dan arus mengalami kenaikan, pada pengujian 5 arus mengalami penurunan.

Pada hasil pengujian 2L gas hidrogen memacu pada gambar 4.3 dan 4.4, dari hasil pengujian 1 dan pengujian 2 terlihat

sekali perbedaan hasil pengujian dimana tegangan dan arus pada pengujian 2 mengalami kenaikan, dan tegangan dan arus mengalami penurunan pada pengujian 3, kemudian tegangan dan arus mengalami kenaikan lagi pada pengujian 4, dan mengalami penurunan lagi pada pengujian 5.

Pada hasil pengujian 3L gas hidrogen memacu pada gambar 4.5 dan 4.6, dari hasil pengujian 1 dengan pengujian 2 tegangan mengalami penurunan pada pengujian 2 tetapi arus mengalami kenaikan, pada pengujian 3 tegangan mengalami penurunan tetapi arus mengalami kenaikan, pada pengujian 4 tegangan dan arus mengalami kenaikan, dan pada pengujian 5 tegangan dan arus mengalami penurunan.

Pada hasil pengujian 4L gas hidrogen memacu pada gambar 4.7 dan 4.8, dari hasil pengujian 1 dengan pengujian 2 tegangan dan arus mengalami kenaikan pada pengujian 2, dan pada pengujian 3 tegangan mengalami kenaikan tetapi arus mengalami penurunan, pada pengujian 4 tegangan dan arus mengalami penurunan, dan pada pengujian 5 tegangan mengalami kenaikan tetapi arus mengalami penurunan.

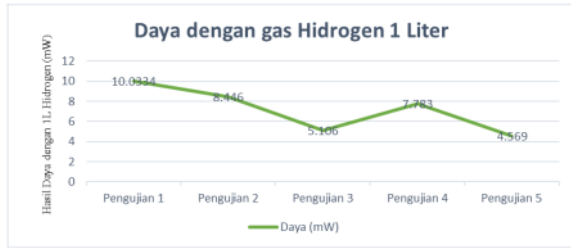
Dari hasil pengujian ini tegangan dan arus pada hasil pengujian tiap liter gas hidrogen mengalami kenaikan dan penurunan yang berbeda-beda dimana faktor ini dipengaruhi dari kondisi larutan elektrolit yang mengalami penurunan kualitas, serta muatan elektron yang terkandung pada gas hidrogen mengalami penurunan akibat elektron yang terpakai oleh beban saat melakukan pengukuran. Pada pengujian ini tegangan yang paling besar yang bisa dihasilkan adalah 78.5mV dengan arus sebesar 0.360mA dengan gas hidrogen yang dimasukkan yaitu sebanyak 4L.

Dengan data pengujian yang telah didapatkan, maka daya yang dihasilkan dapat dilihat dengan persamaan (2-4) dimana menghasilkan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5:

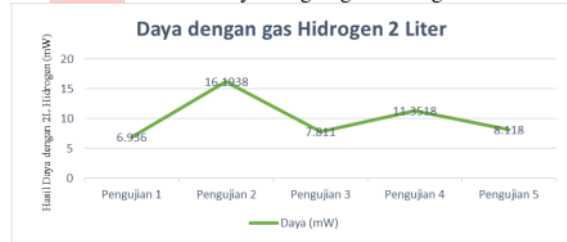
Tabel 4.5 Daya yang terhitung terhadap data Pengujian dalam Miliwatt

	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5
1L	10,0334mW	8,446mW	5,106mW	7,783mW	4,859mW
2L	6,936mW	16,1938mW	7,811mW	11,3518mW	8,118mW
3L	9,017mW	12,144mW	12,4136mW	17,3128mW	11,7075mW
4L	15,621mW	26,064mW	26,4545mW	6,89mW	8,159mW

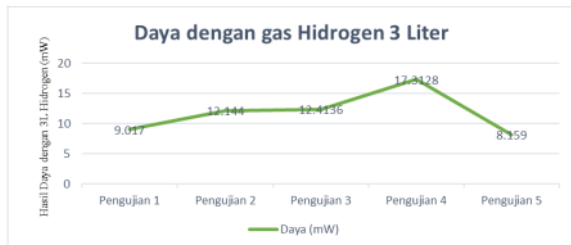
Jika dibuat menjadi grafik, maka akan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



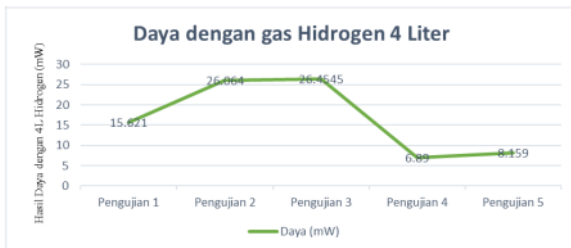
Gambar 4.9 Nilai daya dengan gas Hidrogen 1 Liter



Gambar 4.10 Nilai daya dengan gas Hidrogen 2 Liter



Gambar 4.11 Nilai daya dengan gas Hidrogen 3 Liter



Gambar 4.22 Nilai daya dengan gas Hidrogen 4 Liter

Dari hasil perhitungan daya, daya tertinggi yang dapat dihasilkan yaitu sebesar 26.4545mW pada gas hidrogen yaitu sebanyak 4L.

Dari data hasil pengujian dan hasil perhitungan daya, nilai rata-rata yang dihasilkan dari alat ini bisa dicari dengan menggunakan persamaan yang digunakan yaitu:

$$(n^1+n^2+n^3+n^4+n^5)/ntotal=nr.....(4-1)$$

Dimana:

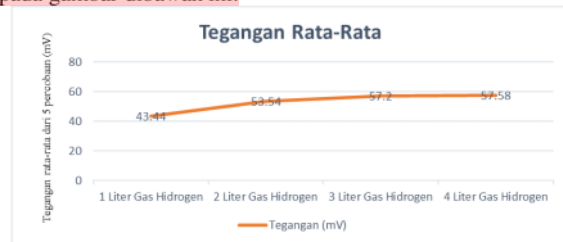
- n : Nilai data pengujian ke-berapa
- ntotal : Total pengujian
- nr : Hasil rata-rata nilai

Dengan menggunakan Persamaan (4-1), nilai rata-rata hasil dari pengujian dan perhitungan daya bisa dibuat dalam bentuk tabel, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.6:

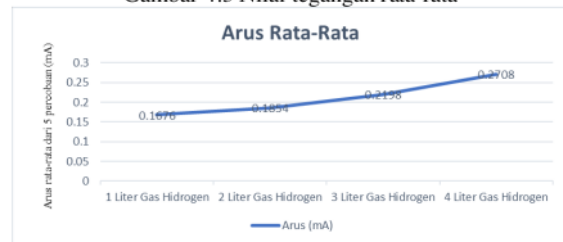
Tabel 4.6 Nilai rata-rata hasil pengujian

Hidrogen (L)	Tegangan (mV)	Arus (mA)	Daya (mW)
1L	43,44mV	0,1676mA	7,24548mW
2L	53,54mV	0,1854mA	10,0821mW
3L	57,20mV	0,2198mA	12,5190mW
4L	57,58mV	0,2708mA	16,6377mW

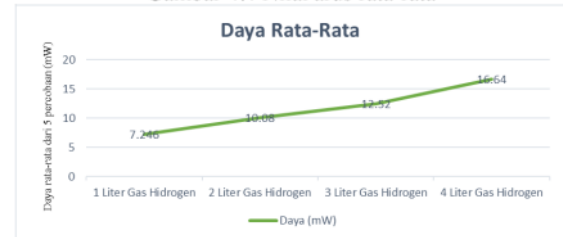
Jika dibuat menjadi grafik, maka akan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.3 Nilai tegangan rata-rata



Gambar 4.4 Nilai arus rata-rata



Gambar 4.5 Nilai daya rata-rata

Dari hasil perhitungan rata-rata dari tabel 4.6 dilihat bahwa hasil tegangan, arus dan daya mengalami kenaikan terhadap banyaknya gas hidrogen yang dimasukkan kedalam alat, dimana rata – rata hasil yang paling tinggi terjadi pada 4L gas hidrogen yaitu dengan tegangan sebesar 57.58mV, arus sebesar 0.2708mA, dan daya sebesar 16.6377mW.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan perhitungan pada alat, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Semakin bertambahnya volume hidrogen berpengaruh terhadap kenaikan tegangan dan arus.
2. Dengan ukuran alat 30cm x 12cm x 30cm, ukuran dalamnya 29cm x 11cm x 29cm, jarak antar kolom 14cm, ukuran kisi-kisi 5cm, dengan lebar 7,5cm, dan tebal 2mm dengan jarak antar kisi-kisi 2cm, dan larutan elektrolit yang dipakai sebanyak 5L dengan kadar 0.2%, dengan beban menggunakan resistor dummy load bernilai 200 ohm, dapat menghasilkan tegangan sebesar 57,58mV, arus sebesar 0,2708mA, dan daya sebesar 16,6377mW.
3. Kondisi larutan elektrolit yang tidak baik juga bisa mengganggu hasil kinerja dari fuel cell.

B. Saran

Saran yang ingin penulis sampaikan kepada para pembaca yaitu, karena keterbatasan bahan dan dana, alat ini masih perlu untuk dikembangkan sebelum benar-benar bisa dipakai dengan gas yang bertekanan kuat, terutama pada bagian bejana kaca yang harus didesain dengan lebih baik lagi, kemudian pada penggunaan kisi stainless juga perlu di perluas, serta perlu peningkatan kadar larutan elektrolit agar hasil yang dikeluarkan oleh alat menjadi lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Manoharan *et al.*, "Hydrogen fuel cell vehicles: Current status and future prospect," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 11. MDPI AG, Jun. 01, 2019, doi: 10.3390/app9112296.

[2] H. Purwacaraka, D. B. Santoso, and R. Rahmadewi, "Analisis Tegangan dan Arus untuk Menghasilkan Elektrolisis pada Sistem Hidrogen Fuel Cell," *STROOM J. Signal Process. Control. Electron. Comput. Power, Telecommun. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–33, 2021.

[3] M. Azhar and D. A. Satriawan, "Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional," *Adm. Law Gov. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 398–412, 2018, doi: 10.14710/alj.v1i4.398-412.

[4] I. S. Fidelis and I. A. Idim, "Design and Implementation of Hydrogen Fuel Cell as a Means of Alternative Energy," *Int. J. Syst. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 51–58, 2021, doi: 10.11648/j.ijse.20210502.11.

[5] M. A. Salam *et al.*, "Effect of Temperature on the Performance Factors and Durability of Proton Exchange Membrane of Hydrogen Fuel Cell: A Narrative Review," *Mater. Sci. Res. India*, vol. 17, no. 2, pp. 179–191, Sep. 2020, doi: 10.13005/msri/170210.

[6] I. Miftahul Jannah, "PENGARUH VARIASI KONSENTRASI KALIUM HIDROKSIDA TERHADAP SEL SUPERKAPASITOR DARI BIOMASSA KULIT BUAH AREN," *Repos. Univ. RIAU*, p. 8, 2020, [Online]. Available: https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/10101/Repo_Indah_Miftahul_J._compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[7] T. Wilberforce and A. G. Olabi, "Design of experiment (DOE) analysis of 5-cell stack fuel cell using three bipolar plate geometry designs," *Sustain.*, vol. 12, no. 11, Jun. 2020, doi: 10.3390/su12114488.

[8] M. Massarang, J. Jumiyatun, Y. Salu Pirade, M. Mahwada, and A. Fatmwati, "Comparison of load resistor and battery on controlling buck boost converter using fuzzy-pi method," *MATEC Web Conf.*, vol. 331, p. 06004, 2020, doi: 10.1051/mateconf/202033106004.

RANCANG BANGUN PROTOTYPE FUEL CELL

ORIGINALITY REPORT

13%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.slideshare.net Internet Source	2%
2	repository.unri.ac.id Internet Source	2%
3	Jumiyatun, Mochamad Ashari, Soedibyo, Ontoseno Penangsang, Irwan Mahmudi. "Fuzzy Based Wide Range Voltage Control Of DC Step-Up Zeta Converter For Energy Management System", 2021 4th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 2021 Publication	1%
4	oparu.uni-ulm.de Internet Source	1%
5	openjournal.unpam.ac.id Internet Source	1%
6	jurnal.kominfo.go.id Internet Source	1%

journal.uin-alauddin.ac.id

7	Internet Source	1 %
8	teguh8581.wordpress.com Internet Source	1 %
9	Submitted to City University of Hong Kong Student Paper	1 %
10	Submitted to Loughborough University Student Paper	1 %
11	journal.ugm.ac.id Internet Source	1 %
12	repository.its.ac.id Internet Source	1 %
13	repo.pens.ac.id Internet Source	1 %
14	vdocuments.site Internet Source	1 %
15	www.mdpi.com Internet Source	1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography Off