

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental (*experimental research*), untuk dapat menganalisis sebab dan akibat dari suatu proses melalui pengamatan secara langsung. Sehingga dapat mengetahui pengaruh variasi susunan posisi lubang dan jumlah pelat netral pada *electrolyzer* tipe *dry cell* terhadap produktivitas *Brown's Gas*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Persiapan perlengkapan, pembuatan instalasi alat, dan proses pengambilan data dilakukan di Laboratorium Surya dan Energi Alternatif, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya pada bulan April 2018 – Selesai.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang nilainya ditentukan peneliti yang kondisinya dapat diubah dengan menggunakan metode tertentu untuk mendapatkan variabel terikat dari objek penelitian, dan dapat diperoleh hubungan antar keduanya. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Posisi lubang yang disusun secara horizontal, vertikal, dan berselang-seling.
- Jumlah pelat netral yaitu sebanyak 2, 4, 6, dan 8.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya bergantung pada variabel bebas dan diketahui setelah dilakukan penelitian. Variabel terikat yang diamati pada penelitian ini adalah :

- Temperatur (°C)
- Daya yang dibutuhkan (Watt)
- Produktivitas *Brown Gas* (L)
- Efisiensi Generator HHO (%)

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol merupakan variabel yang nilainya dibatasi atau selalu dijaga konstan oleh peneliti pada setiap melakukan penelitian. Variabel terikat pada penelitian ini adalah :

- Volume air yang digunakan adalah 2,5 liter atau 2500 ml.
- Persentase fraksi massa katalis NaOH yang dilarutkan adalah 1,77% (45 gram).
- Kuat arus listrik (*Ampere*) yang digunakan adalah 10 A.
- Suhu awal reaksi pada *range* 28 - 31 °C.
- Jenis pelat yang digunakan adalah pelat *Stainless Steel* 304 L.
- Jumlah pelat sisi yang digunakan sebanyak 1 pasang.

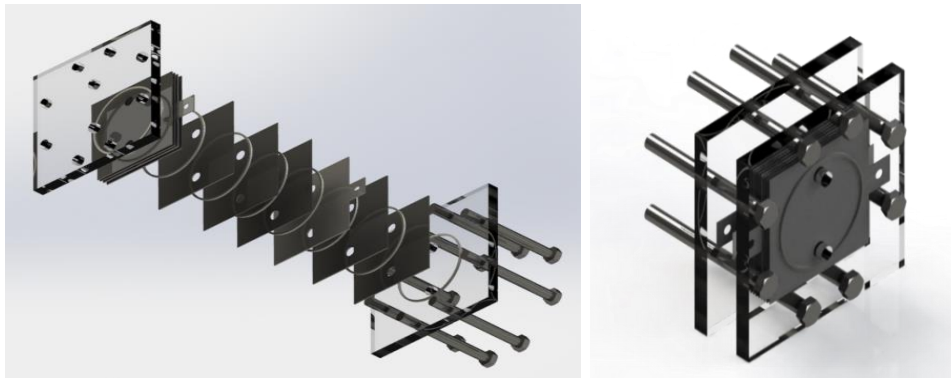
3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Berikut adalah komponen utama pada penelitian:

1. *Electrolyzer* (generator HHO)

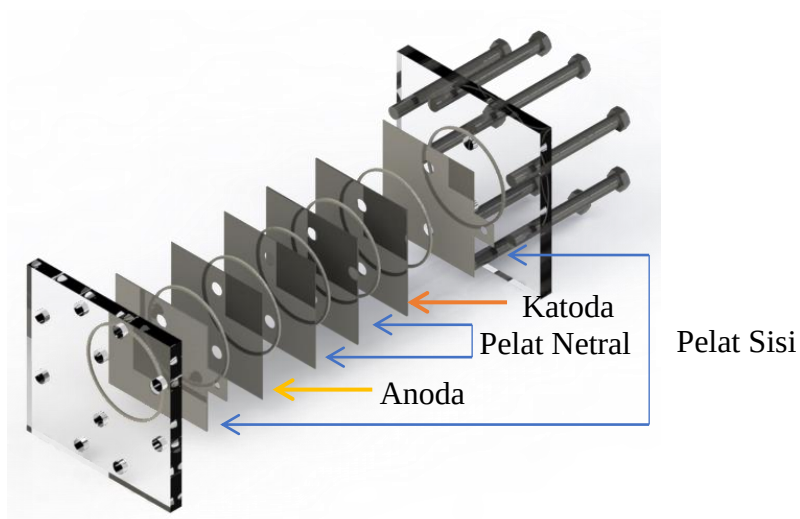
Merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan *Brown's Gas* dalam proses elektrolisis air, yang terdiri dari pelat *Stainless Steel* 304 sebagai elektroda yang dialiri listrik.



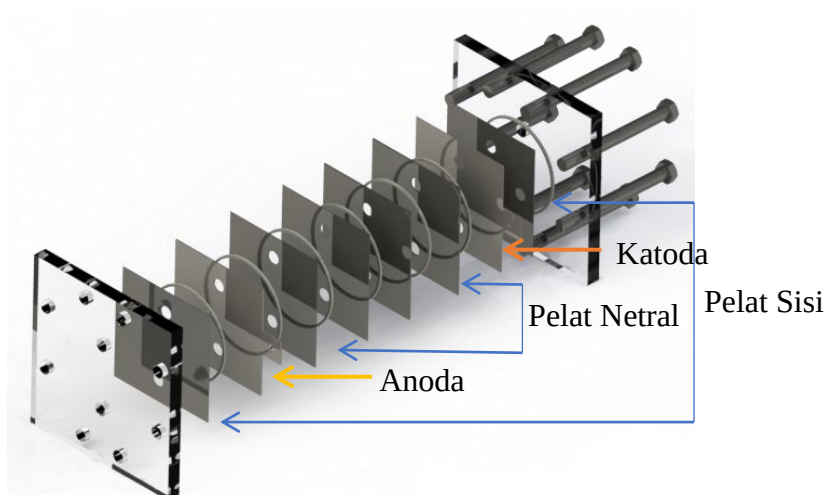
(a)

(b)

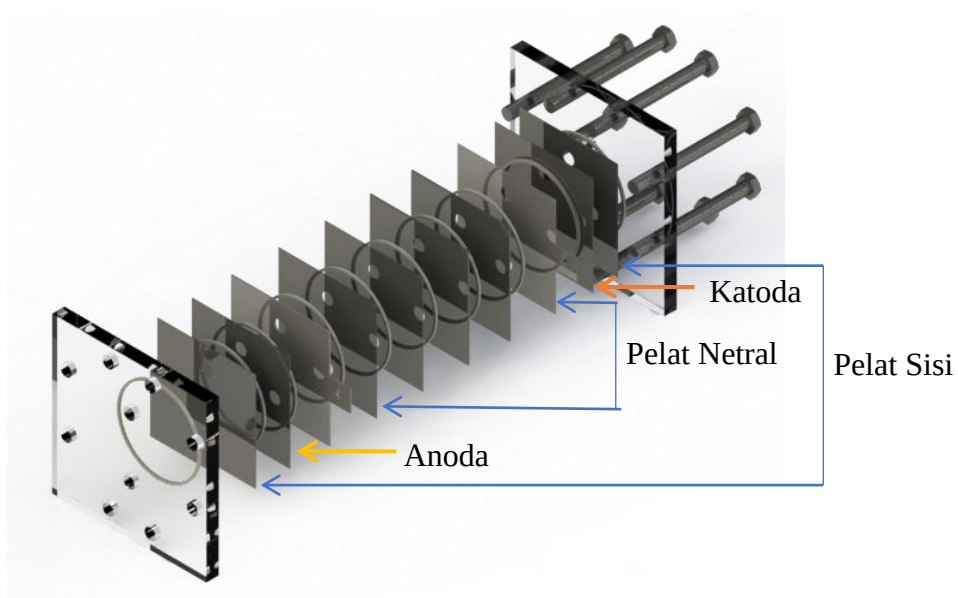
Gambar 3.1 a. Penyusunan komponen *electrolyzer* (generator HHO)
b. *Assembly electrolyzer* (generator HHO)



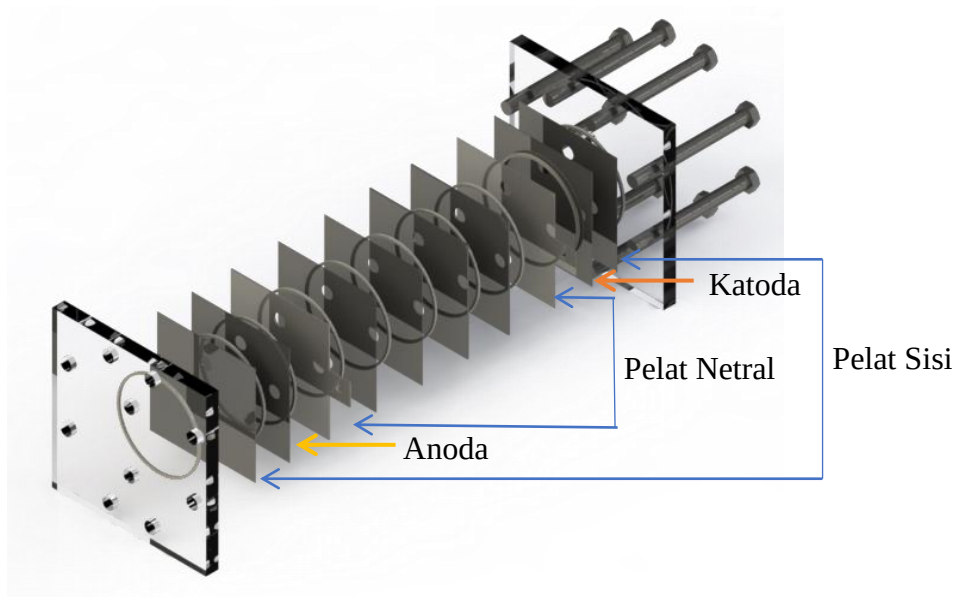
Gambar 3.2 Electrolyzer dengan 2 pelat netral



Gambar 3.3 Electrolyzer dengan 4 pelat netral



Gambar 3.4 Electrolyzer dengan 6 pelat netral



Gambar 3.5 Electrolyzer dengan 8 pelat netral

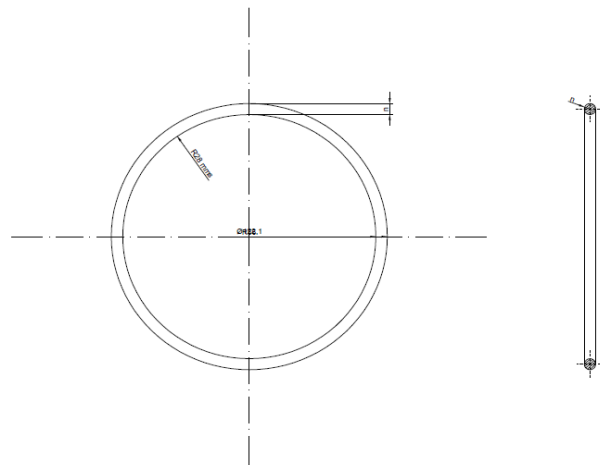
Bagian *Electrolyzer* (generator HHO) tipe *dry cell* :

➤ Gasket (Sekat)

Sebagai pemberi jarak antara satu pelat dengan pelat lainnya. Pada penelitian ini gasket (sekat) yang digunakan untuk memberi jarak celah antar pelat yaitu menggunakan *O-Ring seal* dengan ketebalan 1.5 mm.



(a)

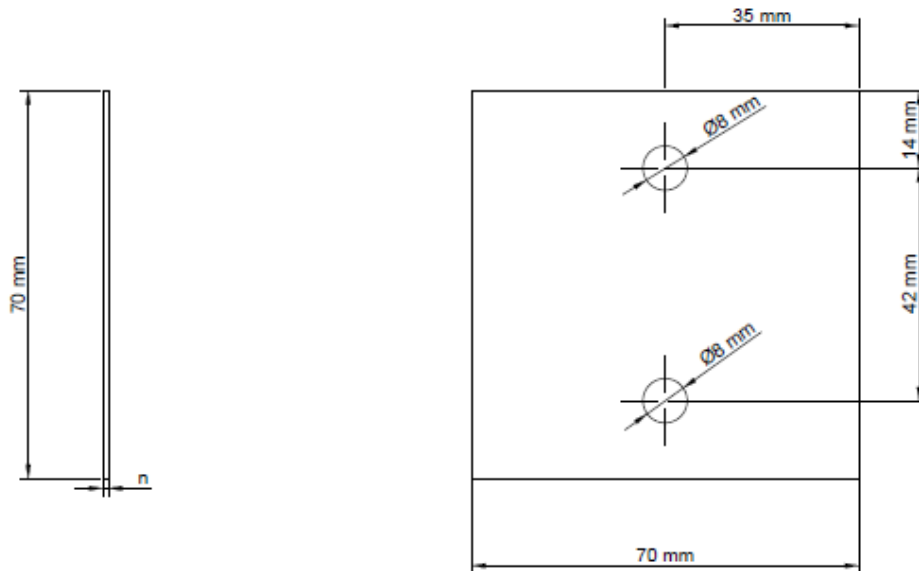


(b)

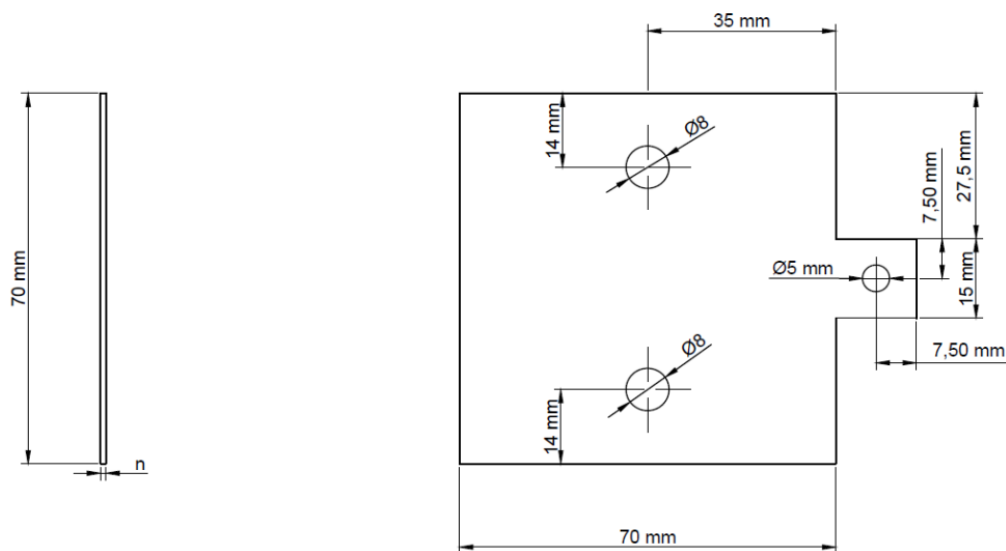
Gambar 3.6 a. Bentuk real *o-ring seal*
b. Dimensi gambar *o-ring seal*

➤ Pelat Elektroda

Pelat yang digunakan adalah jenis *Stainless Steel 304 L* yang digunakan sebagai elektroda (katoda dan anoda), pelat netral, dan pelat sisi. Bahan tersebut dipilih dengan pertimbangan bahan ini tidak mudah terkorosi, mudah didapatkan dan harganya terjangkau.



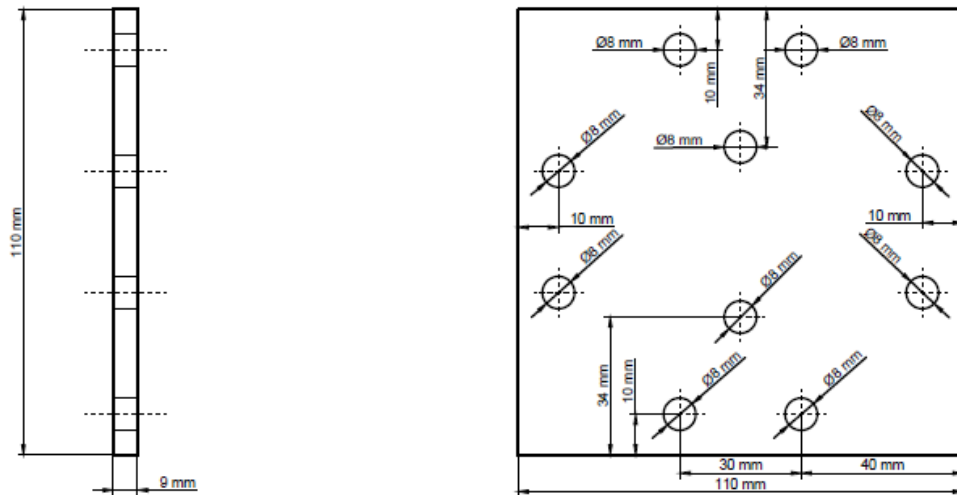
Gambar 3.7 Dimensi gambar pelat netral dan pelat sisi



Gambar 3.8 Dimensi gambar pelat elektroda

➤ Akrilik Bening

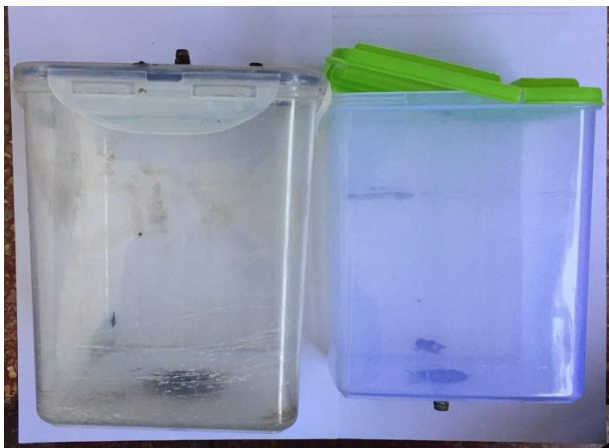
Akrilik bening berguna untuk menjepit dan mengunci tumpukan pelat dengan gasket. Bahan yang digunakan adalah akrilik bening ketebalan 6 mm. dengan akrilik bening diharapkan reaksi larutan yang di elektrolisis akan terlihat.



Gambar 3.9 Dimensi akrilik bening

2. *Bubbler Box*

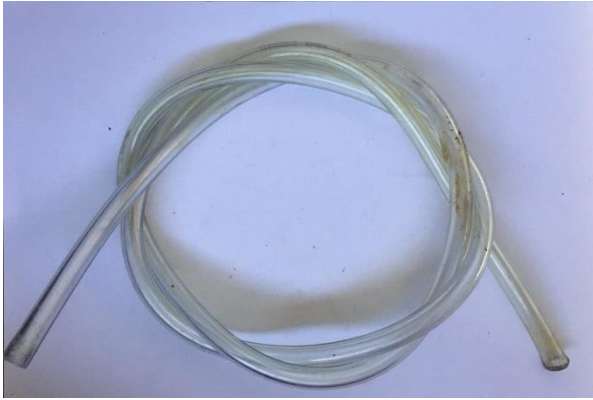
Bubbler Box merupakan sebuah wadah plastik untuk menampung larutan elektrolit (campuran air dengan katalis) dan juga digunakan sebagai tempat pemisahan antara *Brown's gas* (gas HHO) dengan air setelah melalui proses elektrolisis. Kapasitas *Bubbler box* yang digunakan adalah 2500 ml.



Gambar 3.10 *Bubbler box*

3. Selang

Selang digunakan sebagai media untuk menghubungkan antara *electrolyzer* (generator HHO) dengan *bubbler* serta sebagai tempat bersirkulasinya air dan gas. Selain itu juga selang di gunakan untuk menghubungkan *bubbler* dengan tabung ukur volume. Selang yang digunakan adalah selang dengan diameter 8 mm.



Gambar 3.11 Selang

4. Inverter (*Power Supply*)

Dalam proses elektrolisis air perlu digunakan energi listrik untuk memecah molekul air. Pada penelitian ini digunakan inverter sebagai *power supply* dalam melakukan proses elektrolisis air. Inverter merupakan alat untuk menghasilkan sumber listrik DC dari sumber listrik AC yang dapat diatur besaran kuat arus listrik (*I*) outputnya.



Gambar 3.12 Inverter

Spesifikasi:

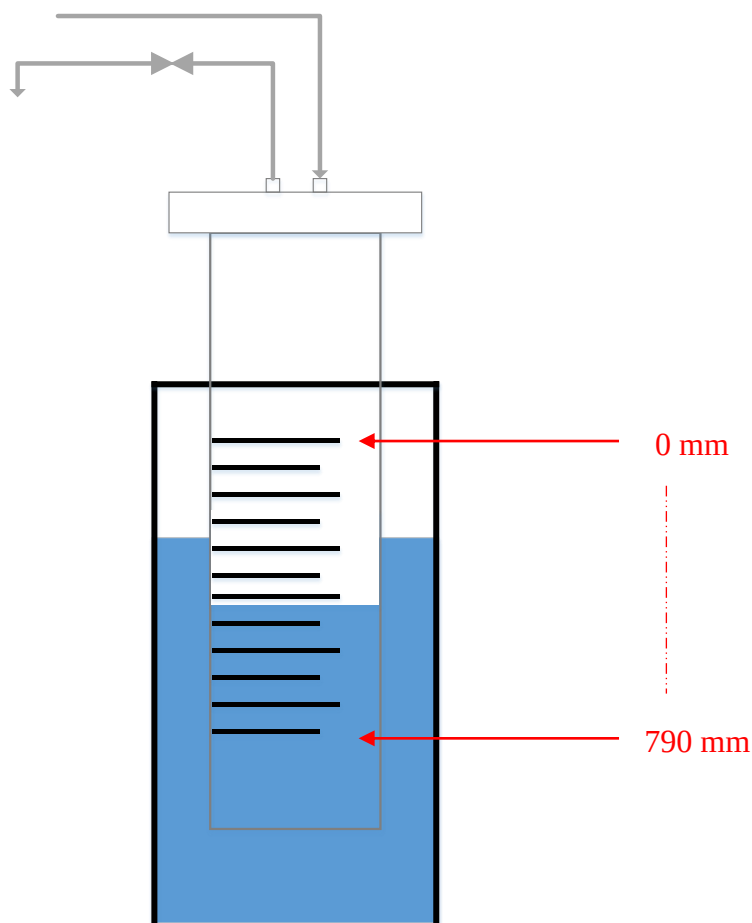
- Merk : Lakoni Falcon 120e
- Daya Maksimum : 900 Watt
- Arus Output : 10 – 120 Ampere
- Input : AC (*Alternating Current*) 220 Volt
- Output : DC (*Direct Current*)

5. Kabel

Kabel digunakan untuk mengalirkan listrik dari inverter (*power supply*) menuju ke *electrolyzer* dan digunakan juga dalam penginstalasian kelistrikan. Kabel jenis NYAF diameter 10 mm dengan tegangan 600/1000 Volt adalah kabel yang digunakan.

6. Tabung Ukur Volume

Tabung ukur ini digunakan untuk mengukur seberapa volume dari *Brown's gas* (gas HHO) dengan volume ukur maksimal 1.552 l atau dalam kenaikan setara dengan 790 mm, sedangkan tabung memiliki diameter 50 mm.



Gambar 3.13 Skema pengukuran volume dengan tabung ukur volume

7. Digital Multitester

Digunakan untuk mengukur tegangan (*voltage*) yang mengalir pada *electrolyzer* (generator HHO).



Gambar 3.14 Digital multimeter

Spesifikasi :

- Merk : PROHEX
- Tipe : MY-60
- *Maximum Display* : *Numeral display 4000*
- Dimensi : 75 x 130 x 36 mm, berat 150 g
- DCV : 200mV – 500V
- ACV : 200 - 500V
- DCA : 20mA – 10A
- ACA : 40mA – 400mA
- Ω : 200m Ω – 20M Ω
- Baterai : 0.5A/250V

8. Stopwatch

Digunakan untuk mengukur rentang waktu saat pengambilan data setiap pengambilan data.



Gambar 3.15 Stopwatch

9. Timbangan Digital

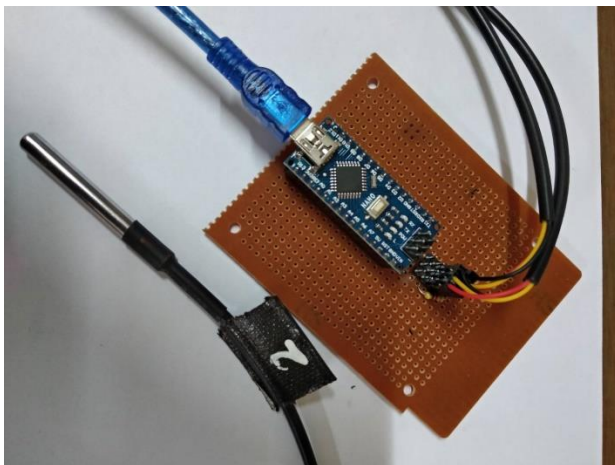
Digunakan untuk mengukur berat katalis yang akan dilarutkan dalam air sebagai elektrolit, untuk mempercepat reaksi.



Gambar 3.16 Timbangan digital

10. Arduino Nano dan Sensor Suhu

Digunakan untuk mengukur temperatur larutan pada *electrolyzer* (generator HHO) pada satuan *Celcius* ($^{\circ}\text{C}$). Sensor diletakkan pada bagian dalam selang keluar *electrolyzer* untuk mengukur temperatur larutan setelah melalui proses elektrolisis, yang kemudian diolah oleh *software* yang sudah di *install* pada *laptop*.



Gambar 3.17 Arduino Nano dan Sensor Suhu

Spesifikasi *Arduino Nano* :

- Microcontroller Atmel ATmega328
- Operating Voltage (logic level) 5 V
- Input Voltage (recommended) 7-12 V, (limit) 6-20 V
- Digital I/O Pins 14 (of which 6 provide PWM output)
- Analog Input Pins 8
- DC Current per I/O Pin 40 mA
- Flash Memory 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
- Clock Speed 16 MHz
- Dimensions 0,73" x 1.70"

Spesifikasi Sensor :

- Temperature range : -55 to 125°C
- 9 to 12 bit Resolution
- 1-Wire Protocol
- Unique 64 bit ID burned into chip
- $\pm 0.5^\circ\text{C}$ Accuracy from -10°C to 85°C
- Query time less than 750ms
- Usable with 3.0V to 5.5V power/data

3.4.2 Bahan Penelitian

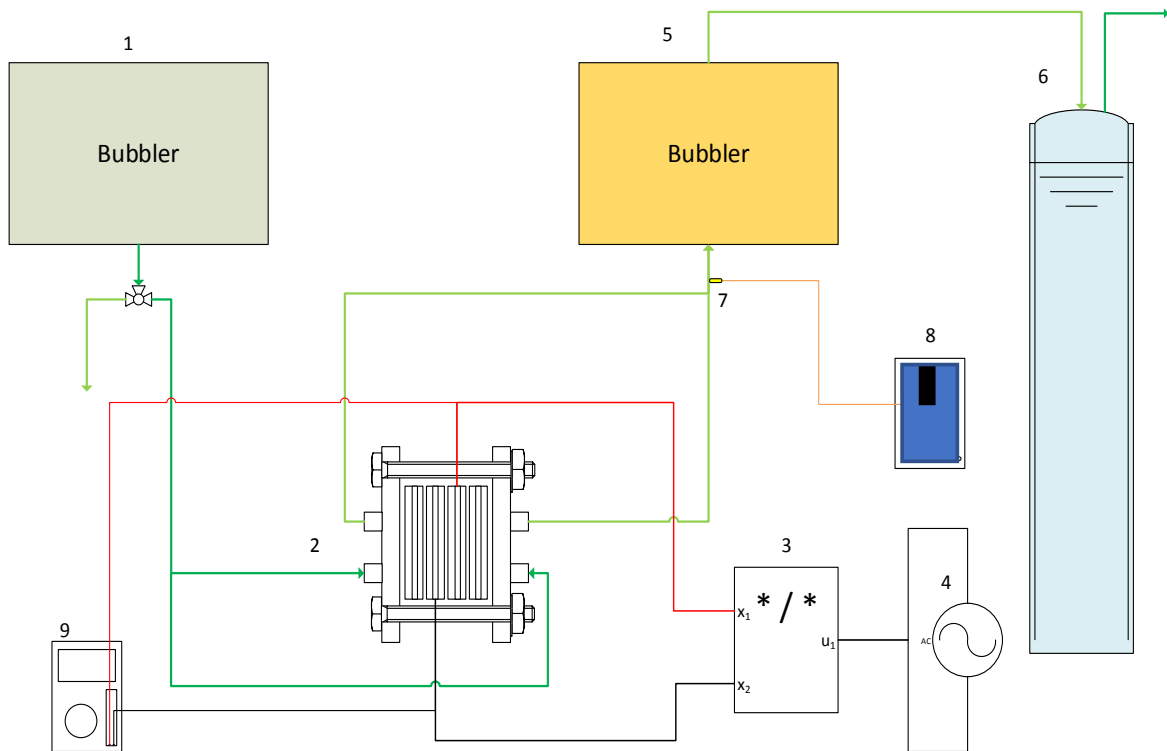
Bahan larutan elektrolit yang digunakan adalah katalis NaOH (Natrium Hidroksida) murni seperti terlampir pada gambar 3.18, dan digunakan sebanyak 45 gram untuk setiap pelarut sebanyak 2500 ml.



Gambar 3.18 Katalis NaOH

3.5 Instalasi Penelitian

Instalasi penelitian merupakan konsep perakitan antara *electrolyzer dry cell* (generator HHO) dengan alat penunjang lainnya seperti Inverter, *Bubbler* dan alat ukur. Skema instalasi dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Instalasi alat penelitian

Keterangan :

1. *Bubbler* Elektrolit Masuk
2. Generator HHO tipe *Dry Cell*
3. *Inverter*
4. Sumber Listrik AC (PLN)
5. *Bubbler* Elektrolit Setelah Reaksi
6. Tabung Ukur
7. Sensor Suhu
8. Arduino Nano
9. *Digital Multimeter*

3.6 Prosedur Penelitian

Langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Bertujuan untuk mempelajari dan memahami teori-teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat mendukung dan memperjelas hasil penelitian.

2. Observasi komponen

Melakukan survey terhadap komponen yang diperlukan untuk pembuatan alat penelitian.

3. Perancangan alat

Dengan membuat rancangan desain *electrolyzer* tipe *dry cell* dan instalasi penelitian yang digunakan.

4. Pembuatan alat

Pembuatan alat dilakukan dengan mempersiapkan komponen *electrolyzer dry cell* yang terbuat dari pelat *Stainless Steel* 304 L dan akrilik bening sebagai *casing*. Proses ini merupakan realisasi dari desain yang sudah dibuat.

5. Instalasi alat

Mempersiapkan *power supply*, *bubbler box*, tabung ukur volume, alat ukur *voltage*, dan selang sebagai penghubungnya, untuk kemudian dirangkai sesuai dengan skema kerja.

6. Pengujian dan pengambilan data

Pengujian pada instalasi *electrolyzer dry cell* (generator HHO) untuk mengamati tegangan, temperatur, daya, dan volume *Brown's gas* yang dihasilkan.

7. Hasil dan pembahasan

Pembahasan dilakukan dengan melakukan pengolahan yang kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik.

3.7 Prosedur Pembuatan Model

Berikut adalah prosedur pembuatan model:

1. Siapkan bahan pembuatan *electrolyzer dry cell* : *Casing electrolyzer* dibuat dari akrilik bening berukuran 110 mm x 110 mm dengan tebal akrilik 6 mm, pelat elektroda dan pelat netral berbahan *Stainless Steel* 304 L dengan tebal 1 mm, selang bening, sekat *O-Ring* dengan diameter 5,8 cm dan ketebalan 1.5 mm, *nozzle* kuningan berdiameter 8 mm, serta mur dan baut.
2. Buat lubang instalasi mur dan baut sebanyak 8 buah pada tiap sisi samping *casing electrolyzer*. Kemudian buat lubang di tengah sebanyak 2 buah di tiap sisi sebagai saluran elektrolit. Masing-masing diameter lubang berukuran 8 mm.

3. Berilah *nozzle* berbahan kuningan dengan diameter ulir 8 mm dan tempatkan pada lubang berdiameter 8 mm pada tengah *casing* akrilik tersebut sebagai tempat keluarnya gas dan masuknya air sebanyak 4 buah.
4. Potonglah pelat *Stainless Steel 304 L* berukuran 70 mm x 70 mm sebanyak 10 buah untuk pelat netral dan 90 x 90 mm sebanyak 2 buah untuk pelat elektroda.
5. Lubangi semua material dengan diameter berukuran 8 mm sebanyak 2 buah setiap bagian tengah pelat.
6. Susunlah *casing* dan elektroda secara sejajar dengan meletakkan karet *O-Ring* disela – sela akrilik dan pelat elektroda.
7. Kunci susunan akrilik dan pelat elektroda dengan beberapa mur dan baut pada setiap sisi tepi yang telah dilubangi.
8. *Electrolyzer* telah siap diuji dan digunakan dengan mengalirkan tegangan listrik pada kedua ujung elektroda (anoda dan katoda).

3.8 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

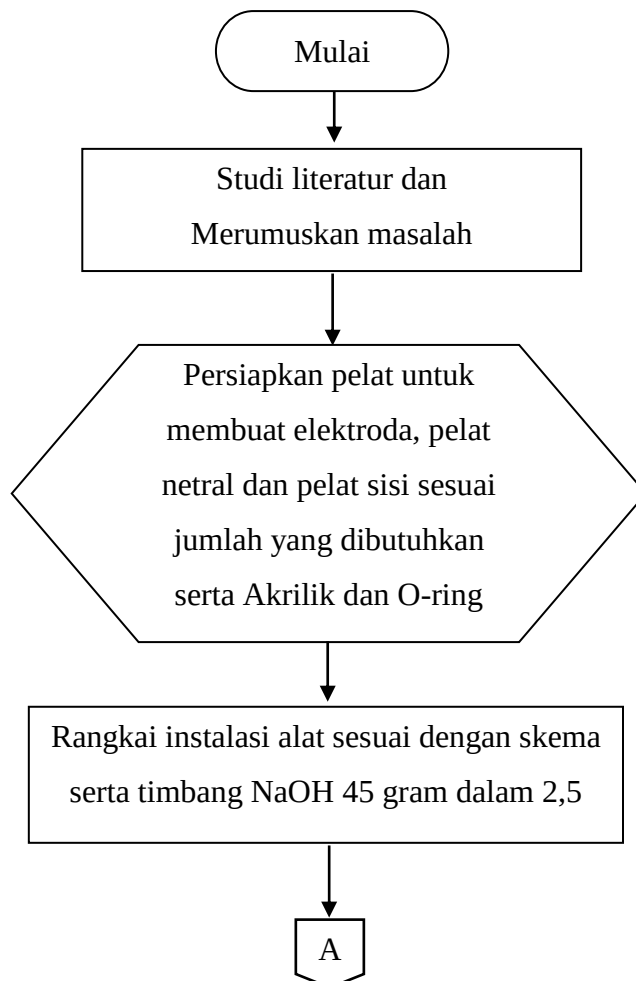
Pelaksanaan penelitian dapat dilakukan sebagai berikut:

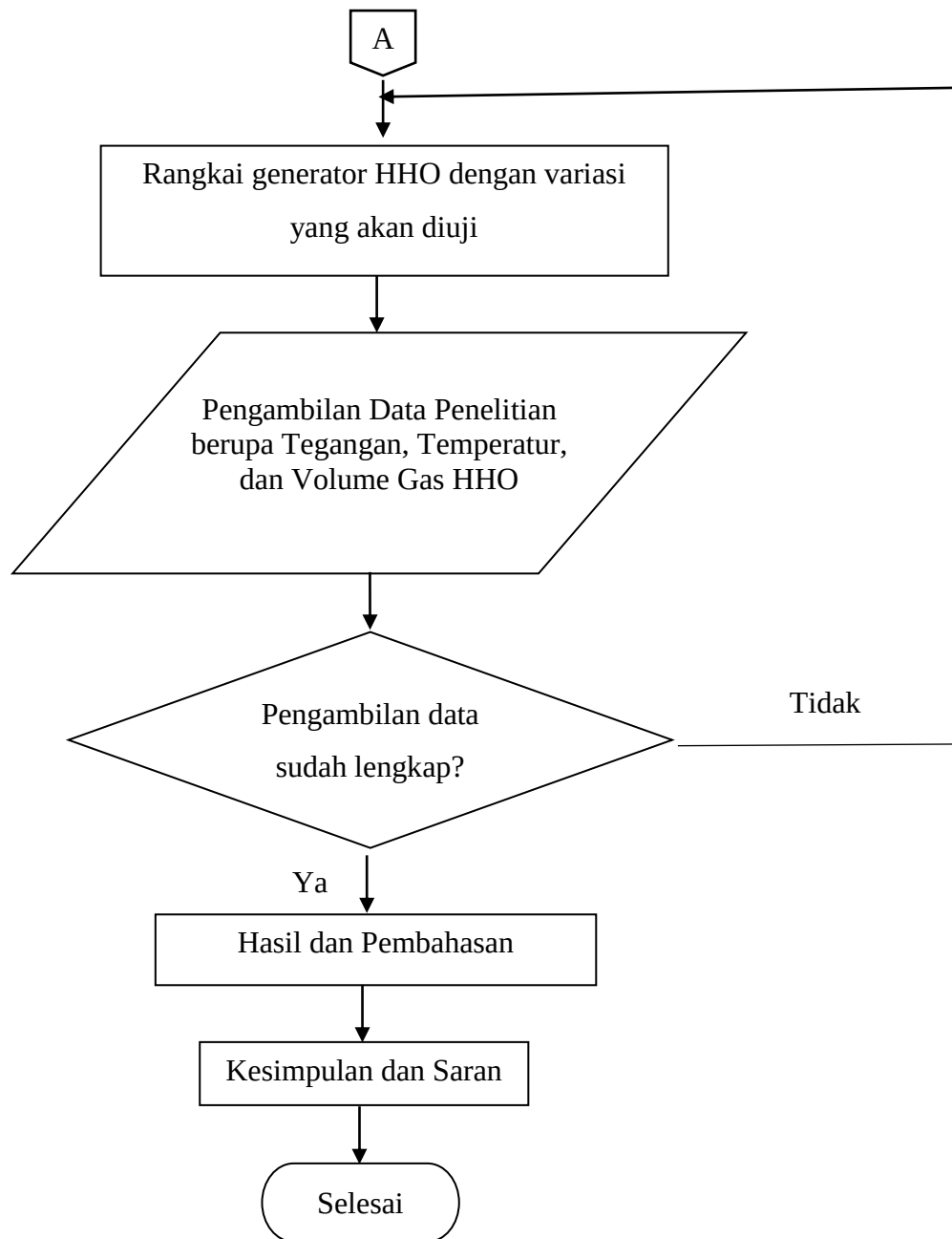
1. Susun komponen instalasi alat penelitian sesuai dengan skema instalasi
2. Buatlah larutan elektrolit dengan mencampur 2500 ml air dengan NaOH sebanyak 45 gram, kemudian masukkan larutan tersebut ke dalam *bubbler*
3. Sambungkan sumber tegangan pada inverter (*power supply*) dengan pelat elektroda pada *electrolyzer*.
4. Hidupkan inverter, atur pada arus listrik yang digunakan sebesar 10 Ampere
5. Bersamaan dengan dinyalakannya *power supply*, jalankan program *Arduino* yang terhubung dengan sensor suhu
6. Tiap 10 sekon lakukan pencatatan suhu, tegangan DC dan volume alir *Brown's Gas* yang dihasilkan menggunakan tabung ukur volume sampai tabung terisi penuh
7. Turunkan arus listrik hingga nol lalu matikan inverter
8. Amati pertambahan volume air selama pengujian dengan menghitung volume yang ditambahkan untuk menjaga volume *bubbler* tetap pada kapasitas 2500 ml
9. Matikan program *Arduino* yang mencatatkan suhu dan salin hasil yang didapatkan ke *Microsoft Excel*
10. Buang air sisa elektrolisis, bersihkan *bubbler* dan *electrolyzer* dengan cara melepas baut pengencangnya. Bersihkan setiap lembaran pelat dan *O-Ring* yang digunakan

11. Ulangi langkah 2 sampai langkah 10 dengan melakukan perubahan posisi susunan lubang horizontal, vertikal, dan berselang-seling, pada setiap perubahan penambahan jumlah pelat netral 2, 4, 6, dan 8. Kencangkan rangkaian *electrolyzer* dengan baut dan mur.
12. Melakukan analisa dan pengolahan terhadap data hasil yang diperoleh dari proses elektrolisis air untuk mendapatkan efisiensi *electrolyzer*, produktivitas *Brown's gas* yang dihasilkan, daya yang dibutuhkan *electrolyzer* serta temperatur larutan elektrolit pada saat proses elektrolisis berlangsung.

3.9 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang akan dilakukan :





Gambar 3.20 Diagram alir penelitian