

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai adalah metode penelitian eksperimental (*Experimental Research*) dimana melakukan pengamatan secara langsung dan didapatkan sebab akibat dari suatu proses pada perubahan lubang pada elektroda dan bentuk permukaan dari elektroda tersebut.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pembuatan pelat dilakukan di Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif dan Elektronika Malang (PPPPTK BOE Malang) serta persiapan dan pengambilan data dilakukan di Laboratorium Surya dan Energi Alternatif, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya pada bulan Mei 2018 – Selesai.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel – variabel yang dipakai pada penelitian ini diantaranya :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dipilih oleh peneliti sebelum dilakukan penelitian dimana harga dan kondisinya dapat dirubah dengan metode tertentu dan dapat menghasilkan variabel terikat dari objek penelitian. Pada penelitian ini menggunakan variabel bebas sebagai berikut:

- Lubang pada elektroda : 5 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm.
- Bentuk permukaan elektroda : lingkaran, silang, 2 persegi panjang dan tanpa bentuk (polos)

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang didapatkan harganya ketika sudah melakukan pengujian dan nilainya terikat pada variabel bebas yang ditentukan terlebih dahulu. Variabel terikat yang diamati pada penelitian ini adalah

- Tegangan Listrik (Volt)
- Suhu Katoda/ Anoda, Plat Netral dan larutan elektrolit setelah melewati generator HHO (°C)
- Kuat Arus (A)

- Produktivitas *Brown Gas* (l/s)
- Efisiensi *electrolyzer dry cell* (%)
- Daya yang digunakan (Watt)

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya sudah ditentukan dan dijaga tetap (konstan) selama pengujian. Dibawah ini adalah variabel terkontrol yang dipakai penelitian :

- Volume air yang digunakan 2,5 liter.
- Katalis yang digunakan NaOH dan persentase fraksi massa 1,77% atau 45 gram.
- Menggunakan Arus DC.
- Menggunakan 4 plat netral dan 2 plat sisi pada samping masing-masing elektroda.
- Menggunakan sekat berupa O-ring dengan diameter dalam 60 mm dan tebal 1,5 mm kecuali bagian yang memiliki bentuk memakai tebal 3 mm.
- Air yang dipakai air sumur dianggap sebagai H₂O.

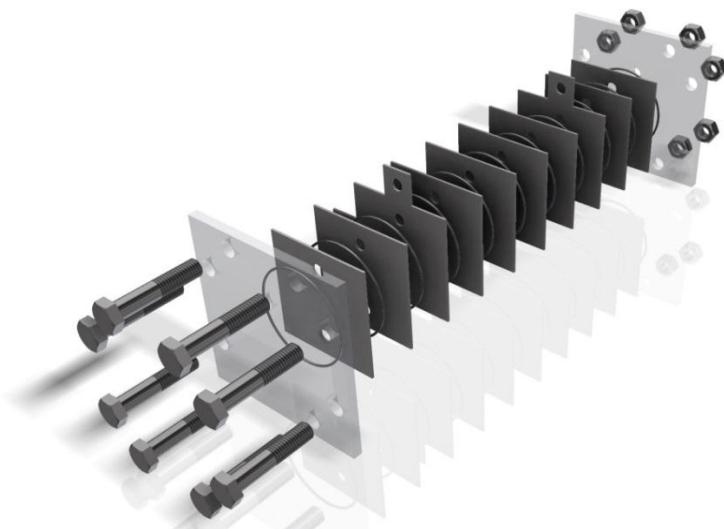
3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Berikut ini alat – alat yang digunakan pada penelitian ini :

1. Generator HHO (*Elektrolizer*)

Generator HHO adalah komponen utama yang berfungsi sebagai penghasil Gas Brown atau Gas HHO. Dimana generator yang digunakan adalah generator HHO tipe *dry cell*.



Gambar 3.1 Komponen penyusun generator HHO



Gambar 3.2 *Assembly* bagian-bagian penyusun generator HHO

Bagian – bagian dari generator HHO diantaranya :

➤ Pelat

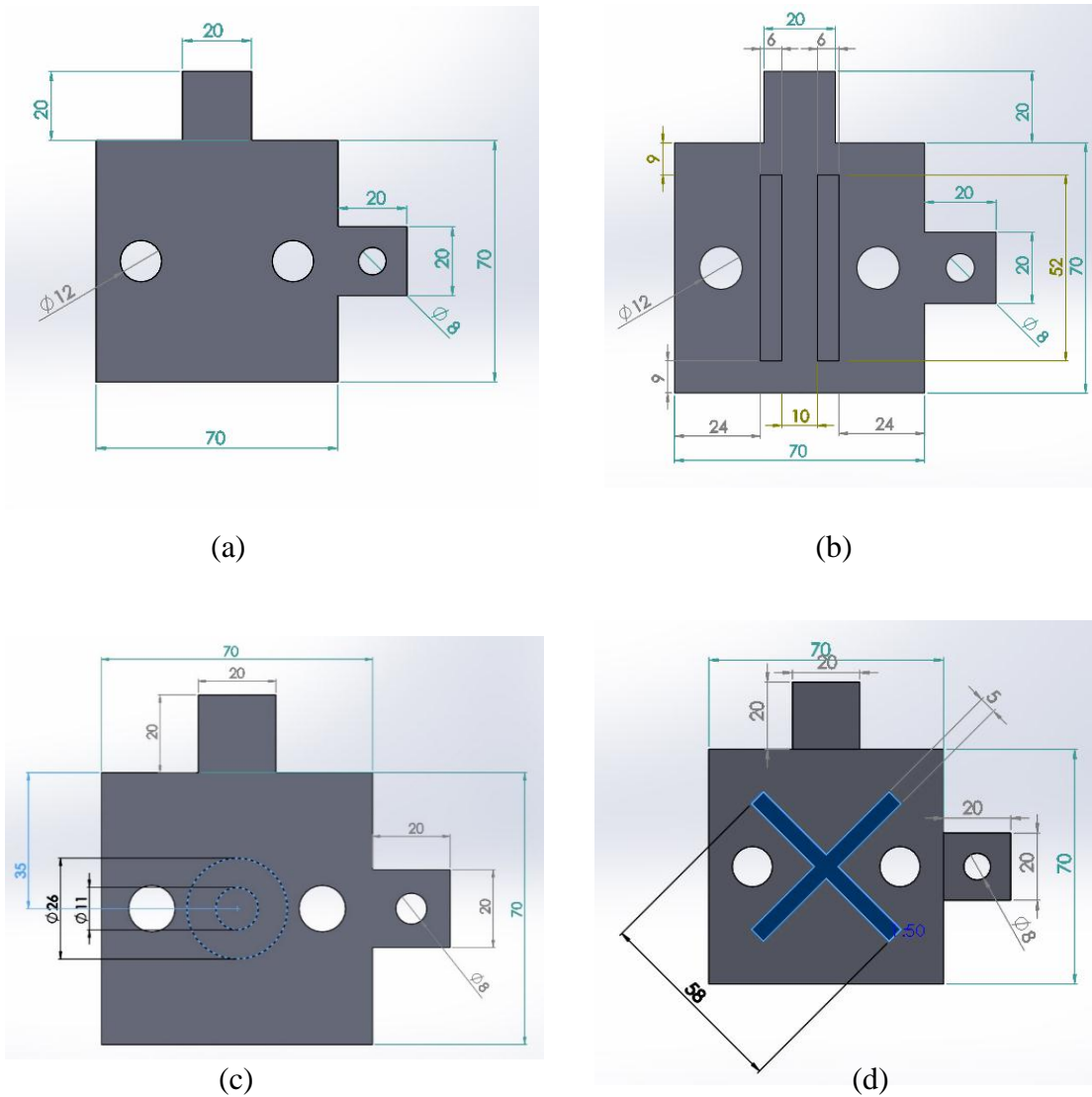
Pelat yang dipakai untuk elektroda, plat netral dan plat sisi adalah *Stainless Steel 304L*. Pemilihan material ini karena *Stainless steel* tidak mudah korosi, mudah didapatkan dan tahan lama. Dimana disusun oleh

Tabel 3.1
Kandungan *Stainless Steel 304L*

| | C | Mn | Si | P | S | Cr | Mo | Ni | N |
|-----|------|-----|------|-------|-------|------|----|------|------|
| Min | - | - | - | - | - | 18,0 | - | 8,0 | - |
| Max | 0,03 | 2,0 | 0,75 | 0,045 | 0,030 | 20,0 | - | 10.5 | 0,10 |

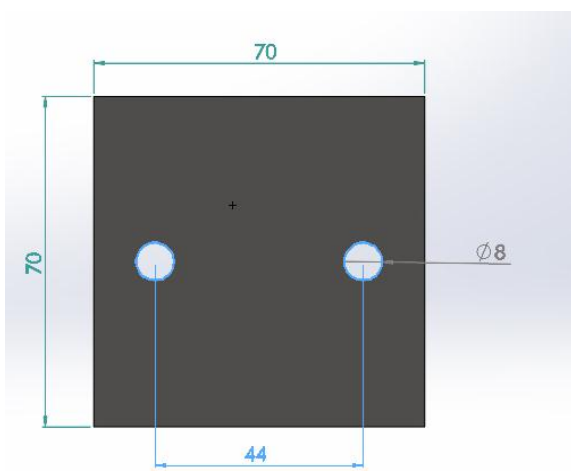
Sumber : Atlas Steels Australia

Untuk pelat elektroda menggunakan *stainless steel* dengan ketebalan 1,8 mm dan memiliki 4 variasi bentuk sesuai dengan Gambar 3.3



Gambar 3.3 Desain elektroda (a) polos, (b) 2 persegi panjang, (c) lingkaran, (d) silang

Untuk pelat netral dan pelat sisi menggunakan SS dengan ketebalan 1 mm dan desain seperti Gambar 3.4



Gambar 3.4 Desain pelat netral dan plat sisi

➤ Karet O-Ring (Gasket)

Gasket ini berfungsi untuk memberi celah antar tiap pelat. Dimana pada penelitian ini menggunakan gasket dengan diameter 60 mm dan terdapat 2 macam ketebalan yaitu tebal 1,5 mm dan 3 mm. Untuk ketebalan 3 mm digunakan untuk memberi jarak elektroda yang memiliki variasi bentuk permukaan.

➤ Akrilik Bening

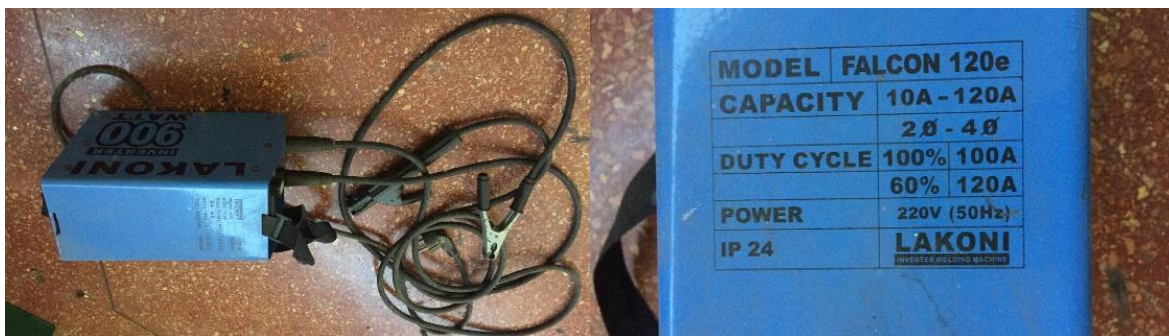
Akrilik bening dipakai untuk menjepit pelat dan gasket. Pada akrilik bening diberi 2 buah lubang (*noozle*) dan pada bagian samping diberi lubang untuk mur dan baut.

➤ Mur dan Baut

Digunakan agar akrilik bening, pelat dan gasket menempel sempurna dan menghindari kebocoran. Pada penelitian ini dibutuhkan 8 mur dan baut.

2. DC Inverter (*Power Supply*) dan Kabel

Digunakan untuk mengubah arus AC menjadi arus DC yang akan dihubungkan ke pelat elektroda (katoda dan anoda). Output listrik DC Inverter las dapat diatur kuat arusnya (I). Prinsip kerja dari mesin las inverter adalah tegangan AC yang disediakan oleh PLN disearahkan menjadi tegangan DC melalui *dioda bridge* yang merupakan komponen yang terdapat pada mesin las inverter. Sedangkan kabel berfungsi untuk mengalirkan listrik dari inverter ke elektroda. Kabel yang dipakai 2 buah untuk katoda dan anoda. Kabel yang dipakai adalah tipe NYAF diameter 10 mm dengan tegangan 600/1000 V.



Gambar 3.5 *Power supply* dan kabel

Spesifikasi :

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

3. Wadah Elektrolit

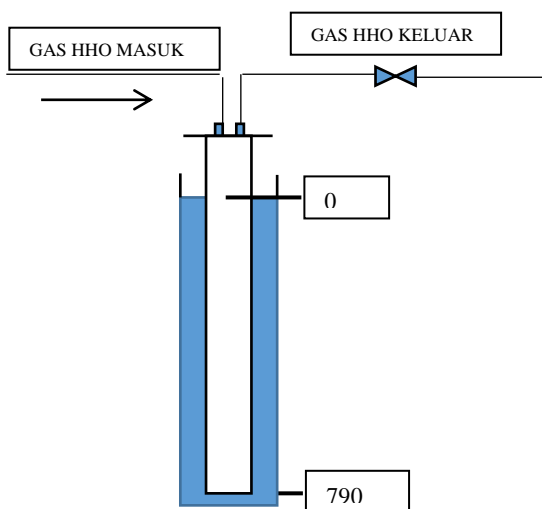
Wadah Elektrolit adalah sebuah kotak plastik yang berguna untuk menampung larutan elektrolit. Dalam penelitian ini terdapat dua wadah yang pertama berguna untuk menampung larutan elektrolit yang akan masuk generator HHO dan yang kedua digunakan untuk menampung elektrolit sisa hasil reaksi elektrolisis air dan keluaran gas HHO yang akan mengalir ke tabung volume ukur. Digunakan dua wadah supaya fraksi masa katalis tidak berubah.

4. Selang

Selang digunakan untuk mengalirkan larutan elektrolit baik dari masuk dan keluar generator HHO. Serta digunakan untuk mengalirkan gas HHO dari *bubbler* keluar ke tabung ukur volume. Selang yang digunakan bening dan berdiameter 8 mm.

5. Tabung Ukur Volume

Digunakan untuk menampung dan mengukur gas brown hasil proses elektrolisis (Gas HHO) yang memiliki diameter 50 mm atau kapasitas 1552 ml.



Gambar 3.6 Tabung ukur volume

6. Digital Multimeter

Digunakan untuk mengukur tegangan (*voltage*) dan arus (A) yang mengalir pada *electrolyzer* (generator HHO). Oleh karena itu dibutuhkan 2 multimeter.



(a)

(b)

Gambar 3.7 Digital multimeter

Spesifikasi *multimeter* a :

- Merk : PROHEX
- Tipe : MY-60
- Max *Display* : 1999
- *Size & Weight* : 75 x 130 x 36 mm , *weight* 150g
- DCV : 200mV-500V
- ACV : 200V-500V
- DCA : 2000uA-10A
- OHM : 200-20M
- Power Supply : 9V 6F22

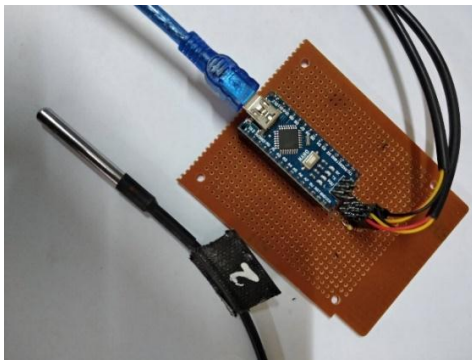
Spesifikasi *multimeter* b :

- Merk : SANWA
- Tipe : CD800a
- *Display* : *Numeral display* 4000
- Frekuensi : 5~100Hz
- DCV : 400mV – 600V
- ACV : 4 -600V

- DCA : 40mA – 400mA
- ACA : 40mA – 400mA
- Ω : 400m Ω – 40M Ω
- Baterai : 0.5A/250V

7. Sensor Suhu dan *Arduino*

Arduino dan sensor suhu berkolaborasi untuk mengukur suhu yang ada pada katoda, anoda, plat netral dan saluran keluar dari generator HHO. Disini sensor suhu yang digunakan adalah sensor *waterproof* tipe DS18B20 dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 3.8 Arduino nano dan sensor suhu

Spesifikasi sensor DS18B20 :

- Temperature range: -55 to 125C (-67F to +257F)
- 9 to 12 bit Resolusi yang dapat dipilih
- Unique 64 bit ID burned into chip
- Multiple sensors can share one pin
- +-0.5C Accuracy from -10C to +85C
- Temperature-limit alarm system
- Query time is less than 750ms
- Usable with 3.0V to 5.5V power/data

Sedangkan untuk arduino menggunakan arduino nano memiliki spesifikasi :

- Microcontroller Atmel ATmega328
- Operating Voltage (logic level) 5 V
- Input Voltage (recommended) 7-12 V

- Input Voltage (limits) 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
- SRAM 2 KB (ATmega328)
- Dimensions 0.73" x 1.70"

8. Stopwatch

Berfungsi untuk mengukur waktu pada saat pengambilan data.

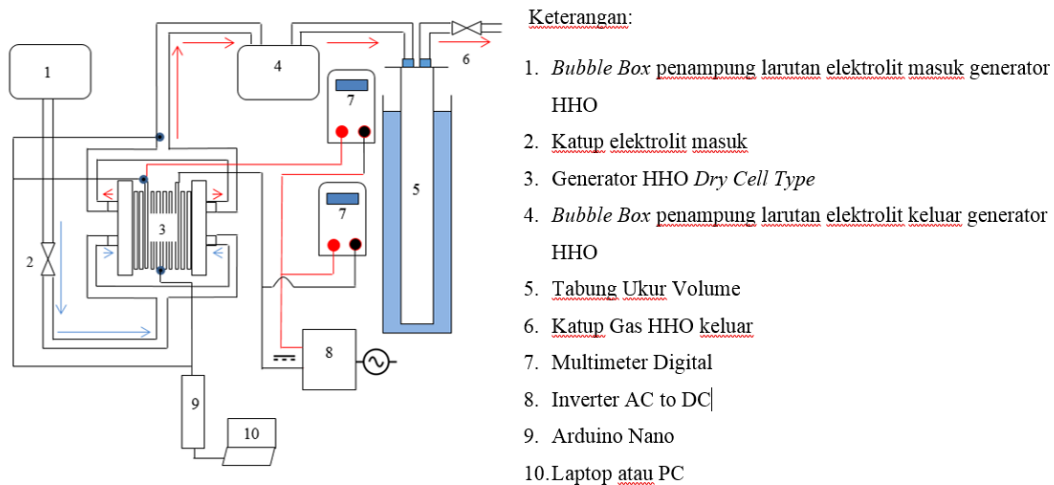
9. Timbangan Digital

Berfungsi untuk mengukur massa dari katalis yang akan dicampurkan dengan air sebagai larutan elektrolit agar proses elektrolisis terjadi lebih cepat daripada tidak menggunakan katalis.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah larutan elektrolit dimana terdiri dari 45 gram Natrium Hidroksida (NaOH) dan air (H₂O) sebanyak 2500 ml atau 2,5 L. Serta menggunakan Lem G untuk menempelkan variasi bentuk permukaan pada elektroda.

3.4.3 Instalasi Penelitian



Gambar 3.9 Instalasi Penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari teori-teori yang mendukung penelitian baik dari buku, jurnal, internet dll sehingga dapat memperkuat hipotesa dan memperjelas dalam analisa hasil penelitian.

2. Observasi Lapangan

Dilakukan untuk studi yang diperlukan dan mendukung dalam penelitian ini. Hal ini memiliki tujuan untuk survey dan mencari alat dan bahan yang dibutuhkan seperti pelat *stainless steel*, NaOH, Arduino dll.

3. Persiapan (Perencanaan dan Perancangan Alat)

Perencanaan dapat dilakukan dengan mendesain elektroda agar pada saat proses permesinan menghasilkan sesuai yang diharapkan dan membuat rancangan instalasi alat. Sedangkan perancangan alat diaplikasikan dengan pembuatan alat pengukur suhu yaitu arduino dimana perlu adanya perakitan dan pemrograman alat tersebut agar berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

4. Pembuatan Alat dan Pemasangan Instalasi

Pembuatan alat dilakukan dengan melakukan proses *milling* pada *stainless steel* yang akan digunakan sebagai elektroda menggunakan mesin CNC sehingga dapat membentuk permukaan sesuai dengan yang diinginkan. Selanjutnya akan dilakukan pemasangan instalasi dengan merangkai alat sesuai dengan desain.

5. Penelitian dan Pengambilan Data

Menerapkan instalasi alat yang sudah dirangkai dan mengambil data yang dibutuhkan, seperti tegangan, suhu dan gas yang dihasilkan.

6. Analisa Hasil Penelitian

Kegiatan yang dilakukan setelah mendapatkan data hasil pengujian dan mengolahnya baik dalam bentuk tabel atau grafik sehingga memudahkan dalam membaca. Serta membandingkan data yang didapat dengan teori yang telah didapat saat studi literatur.

3.7 Prosedur Pembuatan Generator HHO

Prosedur yang dilakukan saat pembuatan generator HHO adalah

1. Siapkan bahan generator HHO: 2 buah *Casing* berbahan akrilik bening berukuran 110 cm x 110 cm dengan ketebalan akrilik 6 mm, pelat *stainless steel 304L* dengan

ketebalan 1,8 mm sebagai elektroda dan pelat netral dengan ketebalan 1 mm, *nozzle* untuk akrilik berbahan kuningan dengan diameter 8 mm, karet *O-Ring* dengan diameter 60 mm dengan tebal 3 mm, mur dan baut berdiameter 10 mm untuk pengunci generator HHO.

2. Lubangi *casing generator HHO* yang sudah berukuran 110 mm x 110 mm tersebut sebanyak 10 buah lubang. 8 lubang untuk mur dan baut dengan diameter 10 mm sementara 2 lubang untuk lubang *inlet* dan *outlet* larutan elektrolit dengan diameter 8 mm.
3. Pasangkan *nozzle* dengan diameter 8 mm pada akrilik kedalam lubang masuk dan keluar larutan elektrolit dan kuatkan dengan lem *dextone*
4. Potong pelat *stainless steel* diameter 8 mm sebanyak 8 buah polos dengan ukuran 70x90 mm dan pada bagian panjang 90 mm bentuk sisi persegi untuk sambungan elektroda (sesuai desain). Potong pelat untuk bentuk silang, 2 persegi panjang dan lingkaran dan lem pada permukaan elektroda yang polos serta ditekan menggunakan ragum. Cek menggunakan *multimeter* hambatan listriknya, agar dipastikan dapat menghantarkan listrik.
5. Potong *stainless steel* masing – masing sebanyak 8 buah dengan ukuran 70x70 mm untuk pelat netral dan pelat sisi.
6. Lubangi pelat yang sudah terpotong sesuai dengan desain yang sudah ditentukan dengan 2 buah lubang diameter 5, 8, 10 dan 12 mm.
7. Susun pelat elektroda dan pelat netral secara sejajar dengan memberikan karet *O-ring* disela-sela antara pelat dan akrilik sebagai *casing*.
8. Kencangkan susunan akrilik dan pelat dengan menggunakan mur dan baut pada setiap sisi yang telah dilubangi. Generator HHO siap digunakan.

3.8 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah – langkah dibawah ini :

1. Persiapkan semua peralatan sesuai skema diatas
2. Susun generator HHO sesuai dengan variasi dan skema yang telah ditentukan, contohnya pada variasi diameter lubang 5 mm dan bentuk permukaan silang, gunakan karet O-ring 3 mm sebagai sekat antar elektroda dan plat netral, gunakan 2 pelat elektroda 4 pelat sisi dan 4 pelat netral lalu susun menjadi satu dengan dijepit 2 buah akrilik.
3. Lalu pasang generator HHO kedalam instalasi penelitian sesuai skema yang ditentukan

4. Persiapkan larutan elektrolit yang akan dipakai pengujian yaitu dengan cara siapkan katalis NaOH 45gr yang dilarutkan (diaduk) dengan air 2,5 liter sesudah itu larutan elektrolit tersebut tuang pada *bubbler box* penampungan elektrolit .
5. Pasang dua buah kabel (katoda dan anoda) dari inventer ke instalasi generator HHO. Atur arus yang akan mengalir pada generator HHO dengan mengatur tombol *switch* putar pada inventer.
6. Pengambilan data dilakukan pada setiap rentang waktu 10 detik sampai dengan gelas ukur volume alir gas HHO tidak muat. Data yang diambil berupa tegangan listrik dan kuat arus dengan menggunakan *digital multimeter* , temperature elektrolit setelah keluar dari generator HHO, pelat netral dan elektroda dengan menggunakan arduino dan volume alir gas HHO dengan menggunakan gelas ukur.
7. Nyalakan inventer dengan menekan *switch on* tanda dimulainya langkah pengambilan data dan catat hasilnya sesuai yang ditunjukkan pada alat ukur.
8. Setiap selesai satu kali variasi pengambilan data instalasi didinginkan sampai mencapai temperatur lingkungan seperti sebelum pengambilan data dimulai yang ditunjukkan oleh program arduino.
9. Ulangi pengambilan data dengan membuat lubang elektroda yang lebih besar dari sebelumnya (misal sebelumnya 5 mm maka dibor 8 mm untuk dipakai pada pengujian selanjutnya) variasi lubang elektroda 5 mm, 8 mm , 10 mm dan 12 mm dan variasi bentuk polos, silang, 2 persegi panjang dan lingkaran.
10. Lakukan analisa dan pengolahan terhadap hasil data yang diperoleh dari pengujian ini untuk mendapatkan produktifitas gas HHO, efisiensi generator HHO dan daya yang dibutuhkan generator HHO serta temperatur larutan elektrolit.

3.9 Diagram Alir Penelitian

