

LAPORAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

Solar Powered Water Electrolysis



Penyusun:

Abdul Haris Nur Hidayat (17524063)

Fadhil Muflih Akbar (18524085)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Solar Powered Water Electrolysis

Penyusun:

Abdul Haris Nur Hidayat (17524063)

Fadhil Muflih Akbar (18524085)

Yogyakarta, 30 Juni 2022

Dosen Pembimbing 1

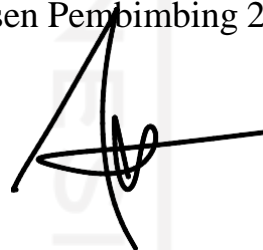


Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng.,

Ph.D.

045240101

Dosen Pembimbing 2



Iftitah Imawati, S.T., M.Eng.

215241301

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Solar Powered Water Electrolysis



Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D.
Anggota Penguji 1 : Husein Mubarak, S.T., M.Eng.
Anggota Penguji 2 : Binar Perdana, S.T.

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 03 Agustus 2022

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, paten merupakan milik bersama antaraa tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 03 Agustus 2022



Abdul Haris Nur Hidayat (18524085) [

]



Fadhil Muflih Akbar (18524085) [

]

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
RINGKASAN TUGAS AKHIR	viii
BAB 1 : Definisi Permasalahan	1
BAB 2 : Observasi	3
BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem	5
3.1 Usulan Rancangan Sistem	5
3.1.1 Dry Cell	5
3.1.2 Wet Cell	6
3.2 Rancangan Pilihan	8
3.3 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem	12
3.3.1 Teknik Penyajian Data	12
BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem	14
4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem	14
4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya	15
4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi	16
4.3.1 Perubahan Desain dan Komponen Alat	17
4.3.2 Perubahan Waktu Pengerjaan	17
4.3.3 Perubahan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	17
BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis	18
5.1 Hasil dan Analisis Implementasi	18
5.1.1 Ujicoba Separator	18
5.1.2 Pengujian Laju Produksi	18
5.2 Pengalaman Pengguna	21
5.3 Dampak Implementasi Sistem	21
5.3.1 Teknologi/Inovasi	21
5.3.2 Keamanan	22
5.3.3 Ekonomi	22
BAB 6 : Kesimpulan dan Saran	23
6.1 Kesimpulan	23
6.2 Saran	23
LAMPIRAN – LAMPIRAN	25
a. Lampiran Logbook	25
b. Lampiran Gambar	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi literatur terkait alat generator hidrogen	3
Tabel 2.2 Spesifikasi sistem	4
Tabel 3.1 Kelebihan dan kekurangan usulan	8
Tabel 3.2 Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras generator hidrogen	10
Tabel 4.1 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem	12
Tabel 4.2 Kesesuaian antara usulan dan realisasi <i>timeline</i> pengerjaan Tugas Akhir 2	13
Tabel 4.3 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi	14
Tabel 5.1 Hasil pengukuran produksi hidrogen dengan <i>Regulator Power Supply</i>	16
Tabel 5.2 Hasil pengukuran produksi oksigen dengan <i>Regulator Power Supply</i>	17
Tabel 5.3 Hasil pengukuran produksi hidrogen dengan Panel Surya	17
Tabel 5.4 Hasil pengukuran produksi oksigen dengan Panel Surya	17
Tabel 5.5 Pengalaman pengguna	18
Tabel 5.6 Perbandingan teknologi	18



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Blok diagram <i>dry cell</i>	5
Gambar 3.2 Gambar 2D <i>dry cell</i>	6
Gambar 3.3 Gambar 3D <i>dry cell</i>	6
Gambar 3.4 Blok diagram <i>wet cell</i>	7
Gambar 3.5 Gambar 2D <i>wet cell</i>	8
Gambar 3.6 Gambar 2D rancangan keseluruhan sistem	9
Gambar 3.7 Gambar 3D rancangan keseluruhan sistem	10



RINGKASAN TUGAS AKHIR

Ketidakseimbangan antara permintaan dan pasokan energi telah menjadi krisis dunia pada saat ini. Kita membutuhkan sumber energi alternatif yang dapat menjembatani fluktuasi pasokan dan permintaan energi yang tinggi pada saat ini. Sumber energi alternatif seperti matahari, angin, dan pasang ombak pada umumnya menggunakan baterai sebagai media penyimpan energi sementara untuk kemudian disalurkan. Penggunaan baterai sebagai media penyimpan energi sementara sulit dilakukan apabila diterapkan kepada sumber energi skala besar dikarenakan densitas energi yang mampu ditampung baterai tergolong kecil jika dibandingkan dengan media penyimpan energi lainnya. Sebagai perbandingan, hidrogen sebagai media penyimpan energi memiliki densitas energi sebesar 2.35-2.79 kW·h/L atau lebih kurang 4-10 kali lebih padat dibandingkan baterai Li-Ion yang memiliki densitas energi sebesar 250-693 W·h/L. Oleh sebab itu, kami berencana untuk merancang bangun generator hidrogen menggunakan metode elektrolisis air tipe *dry cell* yang memanfaatkan *nylon mesh* sebagai *separator* gas hidrogen dan oksigen dengan harapan dapat digunakan sebagai alternatif solusi media penyimpan energi skala besar pengganti baterai. Terdapat 2 metode pengujian yang dilakukan yaitu uji coba *separator* dan pengujian laju produksi. Setelah melakukan serangkaian pengujian, diketahui bahwa alat kami masih belum sempurna dalam memisahkan kedua gas hidrogen dan oksigen. Masih terdapat sekitar 400-612 ppm gas hidrogen di dalam keluaran gas oksigen. Sedangkan untuk pengujian laju produksi dengan panel surya sebagai sumber tegangan yang dihubungkan dengan regulator tegangan sehingga input daya diatur menjadi 21W didapatkan data produksi gas hidrogen saat jam 14:00 - 14:15 dan saat jam 14:15 - 15:15 secara berturut-turut sebesar 2 gram dan 8 gram, kemudian besar produksi gas oksigen pada jam 14:00 - 14:15 dan jam 14:15 - 15:15 secara berturut-turut sebesar 4 gram dan 16 gram. Berdasarkan hasil percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa alat dapat menghasilkan sekitar 0.133 gram hidrogen per menit dan sekitar 0.267 gram oksigen per menit dengan daya input 21 W.



BAB 1 : Definisi Permasalahan

Ketidakseimbangan antara permintaan dan pasokan energi telah menjadi krisis dunia pada saat ini. Kita membutuhkan sumber energi alternatif yang dapat menjembatani fluktuasi pasokan dan permintaan energi yang tinggi pada saat ini. Sumber energi alternatif seperti matahari, angin, dan pasang ombak pada umumnya menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi sementara untuk kemudian disalurkan. Penggunaan baterai sebagai media penyimpanan energi sementara sulit dilakukan apabila diterapkan kepada sumber energi skala besar dikarenakan densitas energi yang mampu ditampung baterai tergolong kecil jika dibandingkan dengan media penyimpanan energi lainnya. Sebagai perbandingan, hidrogen sebagai media penyimpanan energi memiliki densitas energi sebesar 2.79-2.35 kW·h/L atau lebih kurang 4 - 10 kali lebih padat dibandingkan baterai Li-ion yang memiliki densitas energi sebesar 250-693 W·h/L.

Hidrogen merupakan salah satu senyawa kimia yang memiliki senyawa dengan jumlah yang sangat banyak dan memiliki berat yang paling ringan di alam. Dikarenakan jumlahnya yang sangat banyak tersebut maka hidrogen dapat dengan mudah ditemukan di berbagai macam molekul organik dan anorganik seperti hidrokarbon, air, asam amino, karbohidrat, dan lain sebagainya.

Dari segi produksi, sebagian besar hidrogen pada saat ini diproduksi dengan memanfaatkan bahan bakar fosil. Metode tersebut membutuhkan *operating temperature* yang tinggi (>1000K) sehingga sulit untuk kami gunakan sebagai metode produksi pada tugas akhir ini. Salah satu metode yang paling memungkinkan untuk kami gunakan adalah metode elektrolisis air. Pada metode elektrolisis air, terdapat dua tipe sel yang biasa digunakan yaitu sel kering (*dry cell*) dan sel basah (*wet cell*). *Dry cell* biasanya mempunyai ukuran yang lebih kecil dan biaya pembuatan yang lebih murah jika dibandingkan dengan *wet cell*. Selain itu, *dry cell* membutuhkan arus yang lebih kecil dan menghasilkan panas yang lebih sedikit dibandingkan tipe *wet cell*. Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini kami ingin merancang bangun generator hidrogen menggunakan metode elektrolisis air tipe *dry cell* yang memanfaatkan panel surya sebagai sumber energinya.

Pada tugas akhir ini kami berencana untuk merancang bangun generator hidrogen menggunakan metode elektrolisis air tipe *dry cell* yang memanfaatkan *nylon mesh* sebagai *separator* antar gas hidrogen dan oksigen. Produksi hidrogen menggunakan metode ini membutuhkan air deionisasi dan elektrolit. Hidrogen hasil elektrolisis akan berbentuk gas dan disimpan dalam *reservoir tank*. Untuk sumber energi pada alat menggunakan panel surya. Alat dirancang dengan harapan dapat digunakan sebagai alternatif solusi media penyimpanan energi skala besar pengganti baterai.

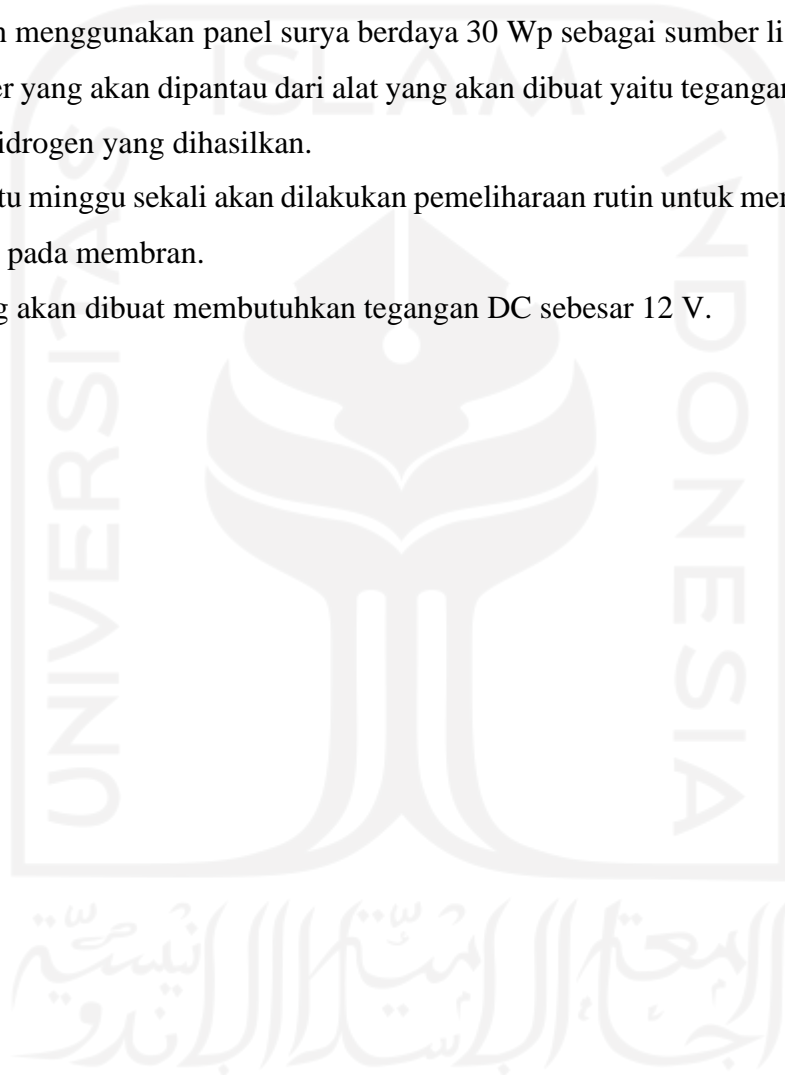
Batasan realistis dari rancangan alat yang akan dibuat mengacu pada International Electrotechnical Commission (IEC), the International Organization for Standardization (ISO).

Alat yang akan dirancang memiliki batasan realistis sebagai berikut:

- Generator hidrogen yang dirancang akan ditempatkan pada luar ruangan sesuai dengan ketentuan pada ISO 22734: 2019.
- Generator hidrogen yang dirancang harus berada pada tempat dengan suhu -20°C sampai dengan 60°C sesuai dengan ketentuan pada IEC 60079-0.

Alat yang akan dirancang mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

- Alat akan menggunakan panel surya berdaya 30 Wp sebagai sumber listrik.
- Parameter yang akan dipantau dari alat yang akan dibuat yaitu tegangan alat, arus alat, dan jumlah hidrogen yang dihasilkan.
- Setiap satu minggu sekali akan dilakukan pemeliharaan rutin untuk membersihkan kotoran
 - kotoran pada membran.
- Alat yang akan dibuat membutuhkan tegangan DC sebesar 12 V.



BAB 2 : Observasi

Secara umum, elektrolisis air dibagi menjadi 2 tipe sel yaitu: *dry cell* (sel kering) dan *wet cell* (sel basah). Persamaan dari kedua tipe tersebut adalah sama-sama menghasilkan hidrogen pada katoda dan menghasilkan oksigen pada anoda. Dari penelitian yang dilakukan [1]. Terbukti bahwa metode *dry cell* dengan kebutuhan arus lebih kecil mampu untuk memproduksi gas HHO (*Oxyhydrogen*, campuran antara hidrogen dan oksigen) dua kali lipat lebih banyak dibanding metode *wet cell*. Menurut penelitian tersebut, terdapat 9 poin penting yang harus diperhatikan sebelum merancang bangun alat elektrolisis air tipe *dry cell*. Poin - poin tersebut terdiri dari: material plat, ketebalan plat, jarak antar plat, luas penampang, jumlah plat netral, jumlah elektroda, jenis elektrolit, jumlah elektrolit, dan kualitas kabel listrik. Tabel 2.1 merangkum berbagai studi literatur terkait alat generator hidrogen yang ingin kami buat.

Tabel 2.1 Studi literatur terkait alat generator hidrogen

Penulis	Hasil Penelitian
Nur Robbi, dkk. (2017) [2]	Penelitian yang dilakukan oleh Nur Robbi, Ena Marlina, dan Mochammad Basjir membahas mengenai jarak sel elektroda. Penelitian dilakukan dengan variasi jarak sel 3 mm, 4 mm, dan 5 mm. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan data laju produksi gas untuk jarak sel 3mm menghasilkan lebih banyak gas dibanding jarak cell 4 mm dan 5 mm.
A.K. El Soly, dkk. (2015) [3]	Penelitian yang dilakukan oleh A.K. El Soly, M.A. El Kady, M.S. Gad, dan Ahmed El Fatih Farrag membahas mengenai perbandingan tingkat produksi <i>oxyhydrogen</i> (HHO) pada <i>dry cell</i> dan <i>wet cell</i> . Penelitian dilakukan dengan menggunakan plat <i>stainless steel</i> 316L dengan luas permukaan 136,5 cm ² . Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan data produksi gas pada suhu operasi 60°C untuk <i>dry cell</i> dengan jarak sel 3 mm dan 4 mm secara berturut-turut 975 dan 1055 ml/menit sedangkan pada suhu operasi yang sama untuk <i>wet cell</i> dengan jarak sel 3 mm dan 4 mm secara berturut-turut 975 dan 960 ml/menit.
Wahid Habib (2014) [4]	Penelitian dilakukan oleh Wahid Habib membahas pengaruh penambahan jumlah plat netral terhadap suhu dan produksi gas yang dihasilkan pada <i>dry cell</i> . Penelitian dilakukan dengan variasi 4, 6, 8, dan 10 plat netral. Dari penelitian tersebut didapati bahwa terdapat peningkatan nilai produksi di setiap penambahan plat netral.

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari hasil penelusuran beberapa studi literatur/teknologi yang telah dikembangkan, maka kami menentukan daftar spesifikasi dari sistem yang akan dikembangkan sebagai solusi permasalahan yang diangkat. Berikut adalah daftar spesifikasi lengkapnya.

Tabel 2.2 Spesifikasi sistem

Parameter	Spesifikasi
Jumlah sel elektrolisis	6
<i>Separator</i>	<i>Nylon Mesh</i>
Plat	<i>Stainless Steel SUS316</i>
Dimensi	20 cm x 20 cm x 6 cm
Gasket	<i>Rubber Seal EPDM</i>

Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka selanjutnya akan dirancang usulan sistem yang memenuhi kriteria yang telah disebutkan diatas.



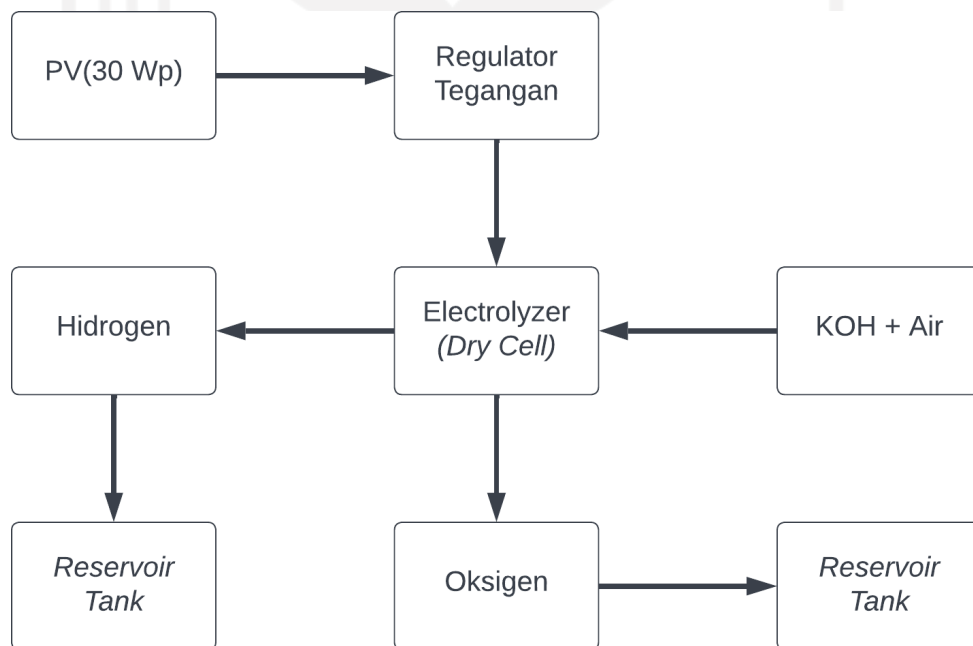
BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem

3.1 Usulan Rancangan Sistem

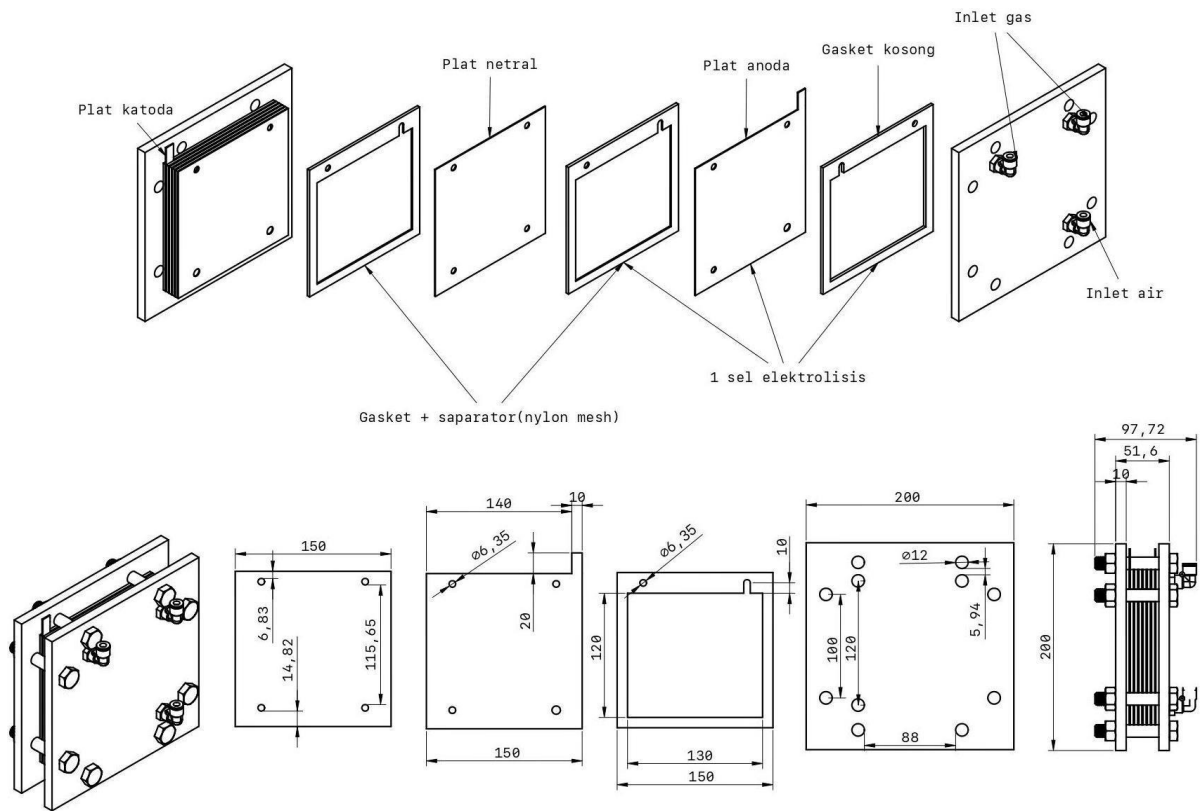
Salah satu tahapan yang penting dalam pelaksanaan tugas akhir adalah tahap perancangan. Pada tahap perancangan diperlukan informasi-informasi untuk melakukan proses perancangan. Pada tahap ini terdapat usulan-usulan desain sistem yang telah dibuat. Usulan desain sistem 1 menggunakan hidrogen generator tipe *dry cell* untuk menghasilkan hidrogen. Sedangkan usulan desain sistem 2 menggunakan hidrogen generator tipe *wet cell*. Dengan adanya tahap perancangan ini diharapkan dapat membantu dalam memberikan rancangan yang lengkap dan jelas.

3.1.1 Dry Cell

Sistem ini menggunakan *kalium hidroksida* (KOH) untuk membantu proses elektrolisis. Sistem menggunakan *separator* yang dipasang diantara dua gasket untuk memisahkan gas oksigen dan hidrogen hasil produksi agar tidak tercampur. Panel surya digunakan sebagai input DC pada sistem. Panel surya berdaya 30 Wp dihubungkan dengan regulator tegangan dan arus agar tegangan maupun arus dapat diatur sesuai kebutuhan sistem. Gas hasil produksi kemudian disimpan pada *reservoir tank*.



Gambar 3.1 Blok diagram *dry cell*



Gambar 3.2 Gambar 2D dry cell

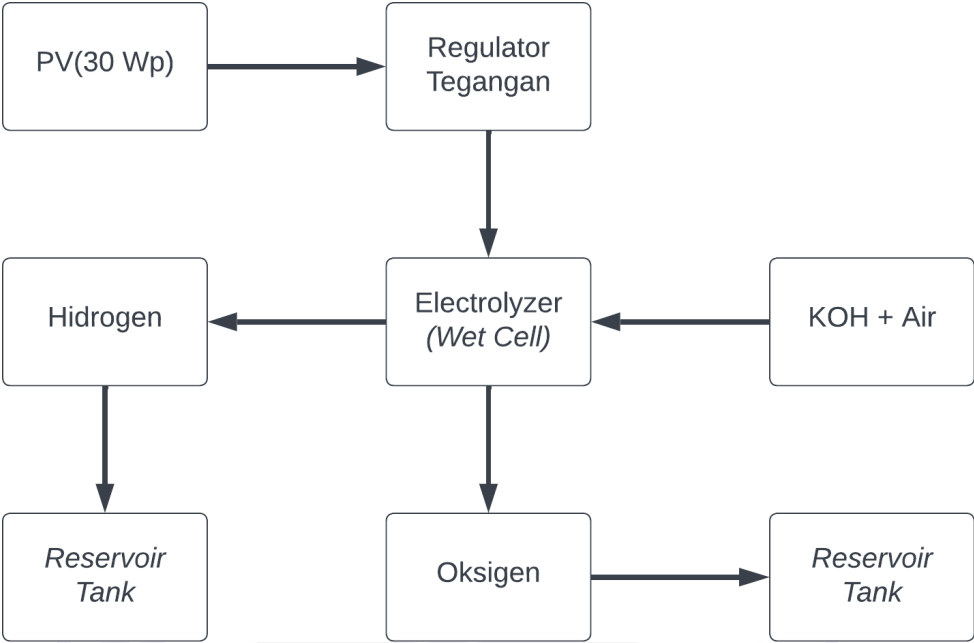


Gambar 3.3 Gambar 3D dry cell

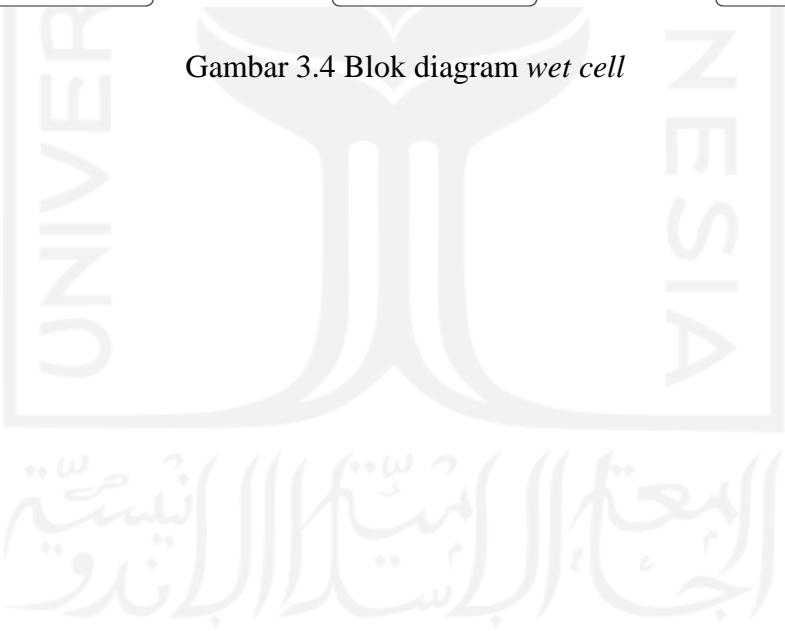
3.1.2 Wet Cell

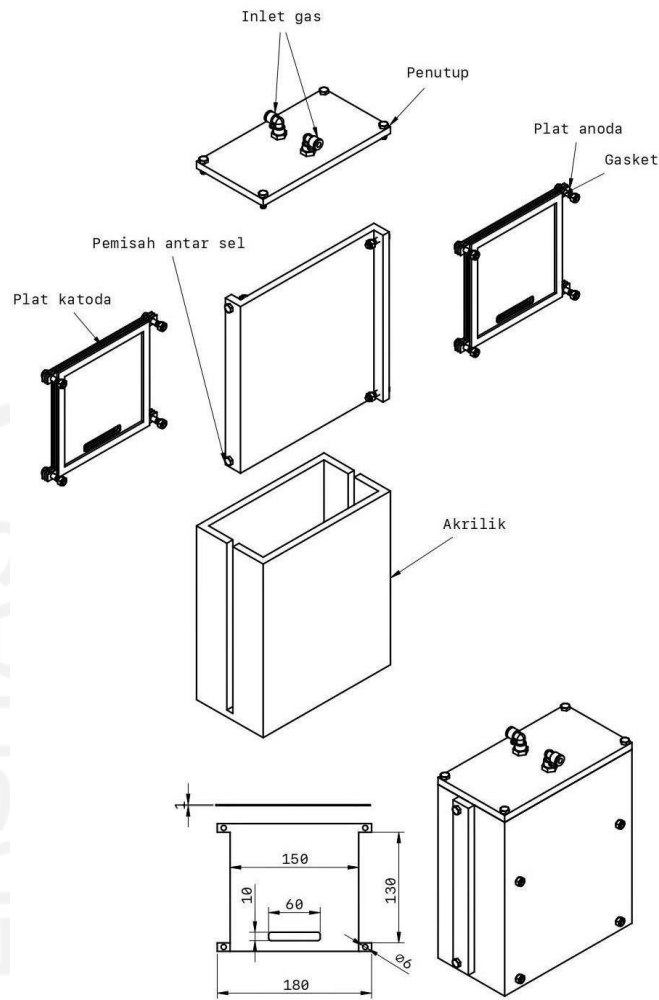
Sama seperti *dry cell*, sistem ini menggunakan *kalium hidroksida* (KOH) untuk membantu proses elektrolisis. Sistem tidak menggunakan *separator* yang dipasang diantara dua gasket seperti pada sistem *dry cell*. Sebagai gantinya, sistem memisahkan plat anoda dan katoda di tempat yang terpisah agar gas hasil produksi tidak tercampur. Panel surya digunakan sebagai input DC pada

sistem. Panel surya berdaya 30 Wp dihubungkan dengan regulator tegangan dan arus agar tegangan maupun arus dapat diatur sesuai kebutuhan sistem. Gas hasil produksi kemudian disimpan pada *reservoir tank*.



Gambar 3.4 Blok diagram *wet cell*





Gambar 3.5 Gambar 2D *wet cell*

3.2 Rancangan Pilihan

Pemilihan rancangan didasarkan observasi terhadap kelebihan maupun kekurangan dari kedua usulan rancangan yang didapatkan melalui proses studi literatur pada bab sebelumnya.

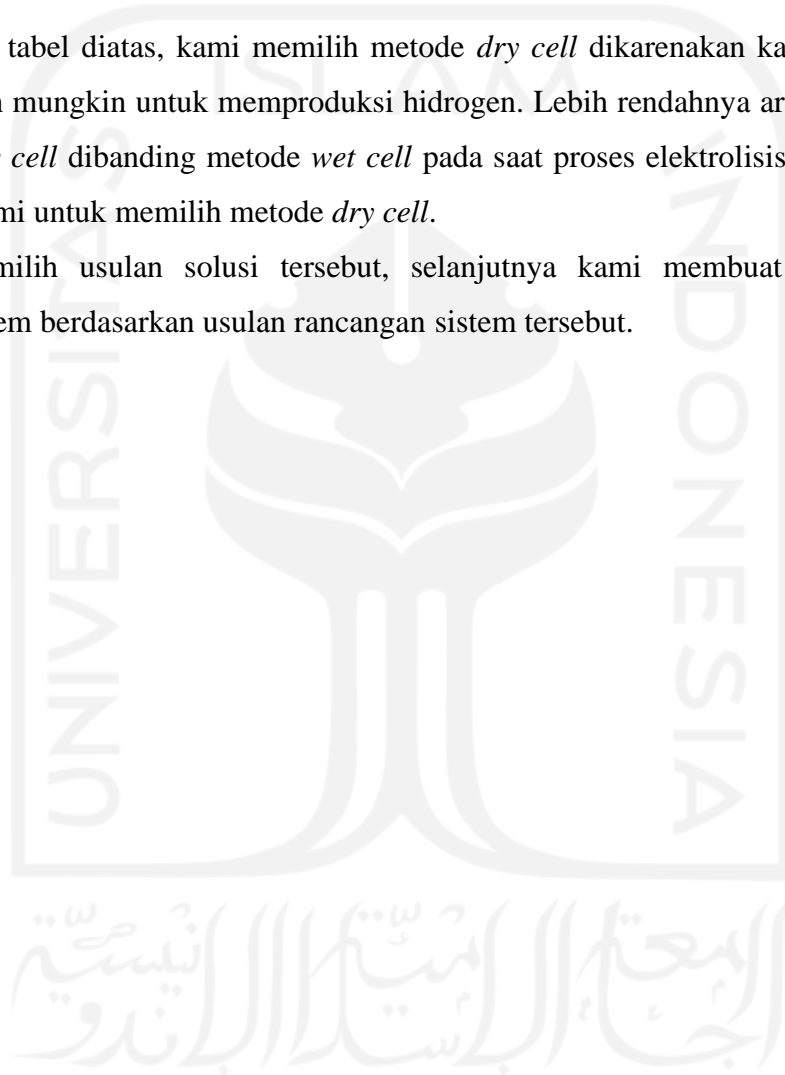
Tabel 3.1. Kelebihan dan kekurangan usulan

Usulan	Kelebihan	Kekurangan
<i>Dry Cell</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Proses produksi lebih cepat dibandingkan metode <i>wet cell</i> - Membutuhkan lebih sedikit arus untuk memproduksi gas dibandingkan metode <i>wet cell</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Gas rawan tercampur dikarenakan lem pada gasket cenderung meleleh pada proses elektrolisis - Alat lebih sulit untuk dibersihkan dan lebih sulit untuk dibongkar daripada metode <i>wet cell</i>

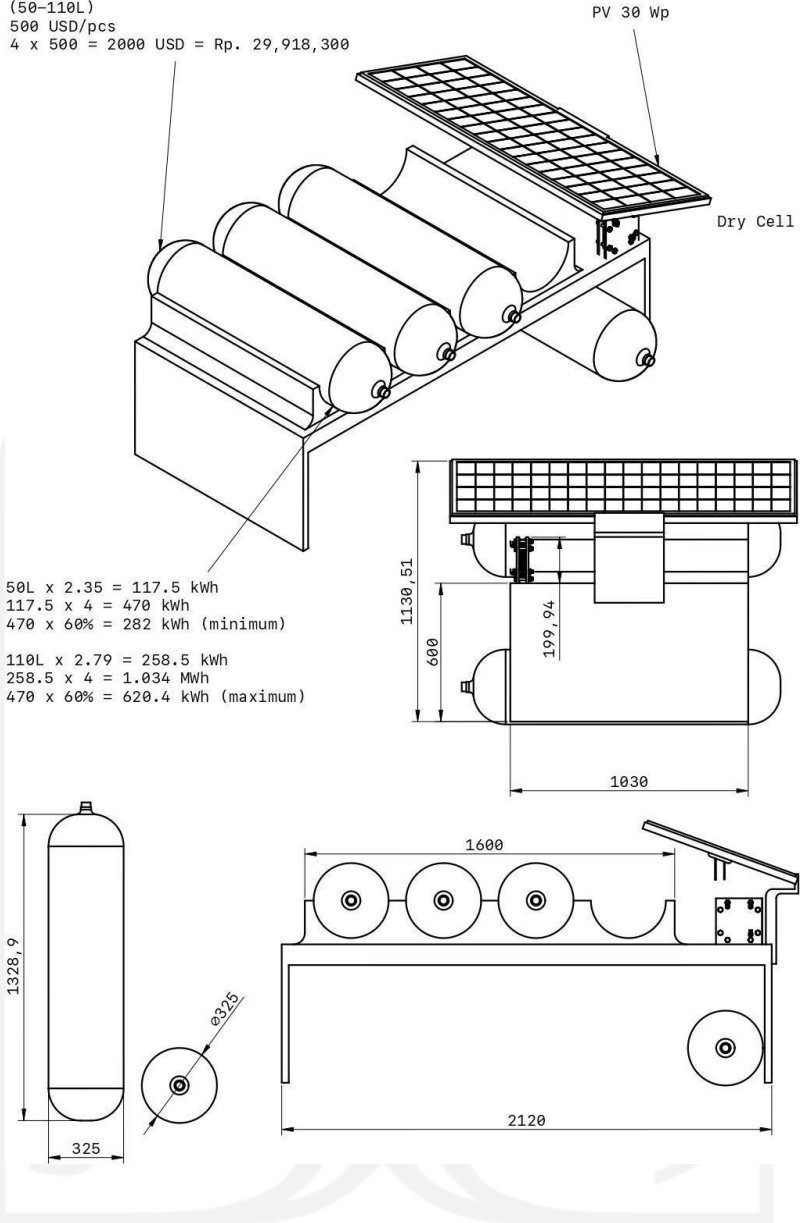
Usulan	Kelebihan	Kekurangan
<i>Wet Cell</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Gas lebih sulit bercampur dibandingkan metode <i>dry cell</i> - Alat lebih mudah dibersihkan dikarenakan tidak ada membran dan proses pembongkarannya lebih mudah dibandingkan metode <i>dry cell</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Produksi gas cenderung lebih lambat dibandingkan metode <i>dry cell</i> - Membutuhkan arus yang lebih banyak dibandingkan metode <i>dry cell</i>

Berdasarkan tabel diatas, kami memilih metode *dry cell* dikarenakan kami ingin alat dapat bekerja seefisien mungkin untuk memproduksi hidrogen. Lebih rendahnya arus yang dibutuhkan oleh metode *dry cell* dibanding metode *wet cell* pada saat proses elektrolisis menjadi salah satu alasan utama kami untuk memilih metode *dry cell*.

Setelah memilih usulan solusi tersebut, selanjutnya kami membuat rancangan desain keseluruhan sistem berdasarkan usulan rancangan sistem tersebut.



Tabung Hidrogen Minnuo
 (325x325x1330mm)
 (50-110L)
 500 USD/pcs
 4 x 500 = 2000 USD = Rp. 29,918,300



Gambar 3.6 Gambar 2D rancangan keseluruhan sistem



Gambar 3.7 Gambar 3D rancangan keseluruhan sistem

Untuk dapat membuat sistem dari usulan desain yang dipilih maka diperlukan beberapa sistem perangkat keras. Tabel 3.2 memperlihatkan kebutuhan perangkat keras sesuai dengan desain dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3.2. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras generator hidrogen

No	Usulan	Keterangan
1	Panel Surya	Panel surya digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari. Energi yang dihasilkan oleh panel surya akan dimanfaatkan sebagai input tegangan dan arus dari sistem. Panel surya yang digunakan berjenis <i>polycrystalline</i> dan memiliki daya sebesar 30 Wp.
2	Regulator Tegangan	Regulator tegangan digunakan untuk menurunkan tegangan dari panel surya.
3	<i>Dry Cell</i>	<i>Dry cell</i> berfungsi untuk menghasilkan hidrogen dan oksigen. Hidrogen dan oksigen dihasilkan melalui proses elektrolisis. Plat yang digunakan untuk proses <i>electrolysis</i> adalah Plat Stainless Steel SUS316 dengan jumlah 7 buah (1 Positif, 5 Netral, dan 1 Negatif). Terdapat rubber seal dengan ketebalan 3mm sebagai pemisah antar plat.

No	Usulan	Keterangan
4	Water Tank	Water tank berfungsi untuk menyimpan air deionisasi. Water tank akan dihubungkan dengan dry cell menggunakan selang (7mm) supaya dapat mensuplai air ke dry cell.
5	Tabung Hidrogen	Berfungsi untuk menyimpan hidrogen hasil produksi. Tabung hidrogen akan dihubungkan dengan <i>dry cell</i> supaya dapat menyalurkan gas hasil produksi ke tabung penyimpanan. Tabung mempunyai kapasitas 50-110 L dan dapat menampung energi listrik sebanyak 117.5-258.5 kWh.

3.3 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem

Berikut metode uji coba dan pengujian usulan rancangan sistem:

- **Pengujian Separator**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan *separator* dalam memisahkan gas hidrogen dan oksigen. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 langkah yaitu dengan menguji sifat gas secara teoritis kemudian menggunakan alat deteksi hidrogen untuk mengetahui seberapa banyak gas hidrogen yang tercampur pada gas oksigen. Untuk pengujian sifat gas secara teoritis dapat diketahui dengan mendekati gas pada sumber api. Hidrogen akan bersifat eksplosif apabila dekat dengan api sedangkan oksigen akan bersifat *flammable* apabila dekat dengan api. Alat deteksi hidrogen yang digunakan adalah Bosean BH-90A *Hydrogen Gas Detector*.

- **Pengujian Laju Produksi**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui besaran jumlah produksi gas per menit dengan menggunakan timbangan miligram. Pengujian dilakukan dengan menentukan persen KOH dan kuat arus pada alat.

- **Pengujian Keseluruhan**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa sistem secara keseluruhan dengan cara menghitung berapa jumlah larutan KOH yang habis pada waktu tertentu dan jumlah daya yang dihasilkan panel surya dalam kurun waktu tertentu.

3.3.1 Teknik Penyajian Data

Pada Tugas Akhir ini dilakukan analisis data secara kuantitatif, kesimpulan dapat diambil berdasarkan pengumpulan data yang diperoleh. W·h

Tabel 3.3. Spesifik energi per material

No	Material	Spesifik Energi (W·h/kg)
1	Hidrogen (gas)	33,313.9
2	Baterai Li-ion	100-265
3	<i>Gasoline</i>	12,888.9

$$\sum E_s = E_s \times n \quad (3.1)$$

Ket:

E_s = Spesifik Energi

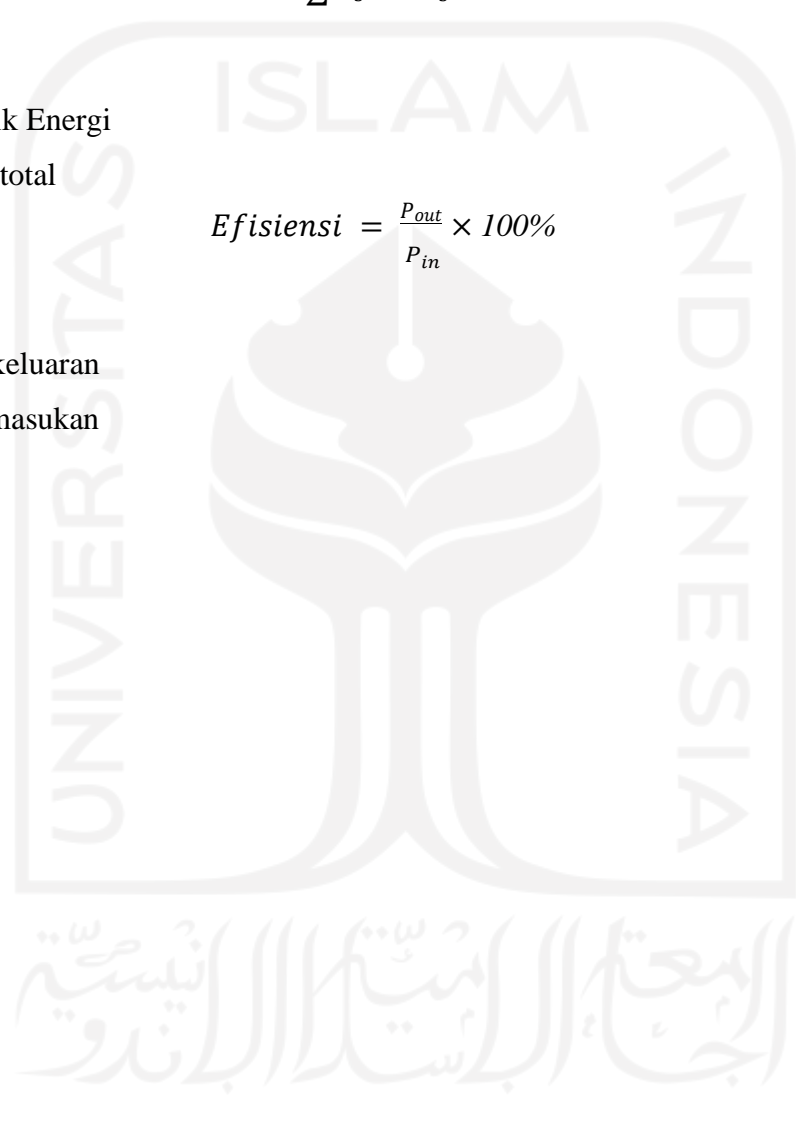
n = massa total

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Ket:

P_{out} = Daya keluaran

P_{in} = Daya masukan



BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem

4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan pada alat terdapat beberapa penyesuaian yang dilakukan. Penyesuaian dilakukan untuk mengatasi beberapa permasalahan yang ditemukan saat melakukan uji coba terhadap alat. Tabel 4.1 memperlihatkan perubahan yang terjadi pada alat.

Tabel 4.1 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Dimensi alat	20 x 20 x 6 cm	20 x 20 x 4.5 cm
2	Berat (kg)	3.2 kg	2.5 kg
3	Jumlah Plat	7 pcs	4 pcs
4	Jenis Plat	SUS316	SUS316
5	Cover Alat	Akrilik	Akrilik
6	Tegangan	12 V	6-7 V
7	Panel Surya	30 Wp	30 Wp
8	Larutan untuk Elektrolisis	Air Deionisasi	Larutan KOH
9	Ukuran Selang	7 mm	6 mm
10	Pemisah Gas	Nylon Mesh 60	Nylon Mesh 300

Dari data pada Tabel 4.1 dapat dilihat terdapat beberapa perubahan yang terjadi. Perubahan yang dilakukan meliputi ukuran alat, tegangan alat, jumlah plat, larutan untuk elektrolisis, dan beberapa komponen. Perubahan pada jumlah plat dilakukan karena terdapat beberapa kerusakan pada *rubber seal* dan *nylon mesh* yang membuat beberapa diantaranya tidak dapat digunakan. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut terdapat 2 usulan solusi. Usulan solusi yang pertama adalah dengan mengganti *nylon mesh* dengan *3D print* untuk memisahkan gas hidrogen dan oksigen akan tetapi usulan solusi tersebut tidak dapat direalisasikan dikarenakan membuat proses elektrolisis pada alat tidak berjalan dengan semestinya. Usulan solusi yang kedua adalah dengan mengurangi jumlah plat yang digunakan. Usulan solusi yang kedua dianggap sebagai

solusi yang terbaik dan dapat menghemat waktu proses pengerjaan. Pengurangan pada jumlah plat menyebabkan ukuran dan tegangan alat menjadi lebih kecil.

Perubahan kedua terdapat pada larutan untuk elektrolisis. Pada usulan perancangan, alat menggunakan air deionisasi untuk proses elektrolisis, namun proses elektrolisis yang terjadi pada alat tidak berjalan semestinya sehingga solusi untuk permasalahan tersebut yaitu dengan mengganti air untuk elektrolisis dengan larutan KOH supaya proses elektrolisis yang terjadi dapat berjalan dengan semestinya.

Perubahan ketiga terdapat pada komponen yang digunakan untuk alat. Perubahan dilakukan untuk menyesuaikan dengan komponen lain dan membuat alat dapat bekerja lebih maksimal.

4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Perencanaan kerja merupakan salah satu hal yang penting dalam mengerjakan Tugas Akhir 2. Terdapat 2 perencanaan yang dilakukan pada Tugas Akhir 2 yaitu perencanaan waktu pengerjaan dan perencanaan anggaran biaya. Perencanaan waktu pengerjaan bertujuan supaya proses pengerjaan dapat berjalan dengan efektif dan efisien serta membuat pengerjaan selesai tepat waktu. Tabel 4.2 memperlihatkan perencanaan dan realisasi waktu pengerjaan Tugas Akhir 2.

Tabel 4.2 Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian alat dan bahan	Maret – April	Maret – April
2	Perancangan sistem	April	April
3	Uji coba alat	April – Juni	April – Juli
4	Pengumpulan Laporan Akhir	Juni	Juli
5	Expo	Juli	Agustus

Perencanaan anggaran biaya dilakukan untuk menghitung estimasi biaya yang akan dikeluarkan untuk merealisasikan hasil perancangan. Tabel 4.3 memperlihatkan perencanaan dan realisasi anggaran biaya Tugas Akhir.

Tabel 4.3 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Panel Surya 30 Wp	1 pcs	Rp. 310,000,-	1 pcs	Rp. 288,000,-
2	Plat Stainless Steel SUS316	7 pcs	Rp. 318,300,-	7 pcs	Rp. 316,500,-
3	Voltage Regulator	1 pcs	Rp. 92,000,-	1 pcs	Rp. 92,700,-
4	Rubber Seal EPDM	1 pcs	Rp. 300,000,-	2 pcs	Rp. 477,500,-
5	Plat Akrilik	2 pcs	Rp. 80,000,-	3 pcs	Rp. 144,900,-
6	Kabel + Jumper Jepit	2 meter	Rp. 20,000,-	2 meter	Rp. 22,000,-
7	Selang	1 meter	Rp. 3,000,-	5 meter	Rp. 15,300,-
8	Air Deionisasi	2 liter	Rp. 70,000,-	2 liter	Rp. 80,600,-
9	Mur + Baut	12 pcs	Rp. 52,800,-	10 pcs	Rp. 93,500,-
10	Knee Elbow	8 pcs	Rp. 80,000,-	11 pcs	Rp. 75,640,-
11	Nylon Mesh	1 meter	Rp. 45,000,-	1.6 meter	Rp. 150,900,-
12	Laser Cutting	-	-	5 pcs	Rp. 162,000,-
13	3D Print	-	-	7 pcs	Rp. 272,100,-
14	KOH	-	-	2 kg	Rp. 90,800,-
15	Tap ¼"	-	-	1 pcs	Rp. 50,400,-
Total			Rp. 1,371,100,-		Rp. 2,332,840,-

4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi

Setelah dilakukan percobaan terdapat beberapa perubahan pada perencanaan yang bertujuan untuk memaksimalkan kerja alat. Perubahan yang dilakukan meliputi perubahan desain alat, perubahan komponen, perubahan waktu pengerjaan, dan perubahan rancangan anggaran biaya (RAB).

4.3.1 Perubahan Desain dan Komponen Alat

Secara umum, desain alat yang terealisasi tidak mengalami perubahan yang signifikan. Perubahan desain dilakukan untuk meminimalisir permasalahan kebocoran pada alat. Pada usulan desain plat yang digunakan berjumlah 7 buah kemudian pada realisasi desain plat diubah menjadi 4 buah dikarenakan terdapat beberapa *rubber seal* bermasalah yang menyebabkan kebocoran pada alat. Perubahan komponen dilakukan untuk meningkatkan kerja alat dan mengatasi permasalahan yang terjadi. Terdapat 3 komponen yang mengalami perubahan yaitu nylon mesh, selang, dan larutan untuk elektrolisis. Perubahan pada nylon mesh dilakukan supaya pemisahan antara gas hidrogen dan oksigen menjadi lebih optimal. Kemudian perubahan pada selang dilakukan untuk menyesuaikan dengan lubang pada knee elbow. Selanjutnya perubahan pada larutan elektrolisis dilakukan karena saat menggunakan air deionisasi tidak terjadi proses elektrolisis oleh karena itu air deionisasi diganti dengan larutan KOH untuk mengatasi permasalahan tersebut.

4.3.2 Perubahan Waktu Pengerjaan

Waktu pengerjaan alat mengalami sedikit keterlambatan pada proses uji coba alat. Hal tersebut dikarenakan alat mengalami beberapa permasalahan sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama pada proses uji coba alat. Kendala yang terjadi pada proses uji coba alat membuat waktu pengerjaan kegiatan yang lainnya mengalami keterlambatan.

4.3.3 Perubahan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Perbedaan yang terjadi antara rancangan anggaran biaya (RAB) dan realisasinya dikarenakan perubahan harga yang terjadi di pasaran. Selain itu penambahan beberapa komponen yang membuat perbedaan anggaran dilakukan dalam rangka mencari solusi untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang terjadi pada alat.

BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis

5.1 Hasil dan Analisis Implementasi

5.1.1 Ujicoba Separator

Proses pengujian sifat gas dilakukan dengan menggunakan api. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diketahui bahwa kedua gas yang dihasilkan bersifat eksplosif. Pada keluaran gas oksigen tingkat ledakan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan keluaran gas hidrogen. Setelah itu dilakukan pengujian menggunakan alat detektor hidrogen Bosean BH-90A untuk mengetahui jumlah gas hidrogen yang terkandung pada keluaran gas oksigen. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diketahui bahwa pada keluaran gas oksigen terdapat dalam rentang 400-612 ppm gas hidrogen.

5.1.2 Pengujian Laju Produksi

Proses pengukuran dilakukan dengan mengatur arus, jumlah konsentrasi KOH, dan memvariasikan waktu pengujian. Tegangan yang digunakan dalam pengujian sebesar 7 V. Tegangan tersebut didapatkan berdasarkan jumlah sel yang digunakan dengan tegangan pada tiap selnya sebesar 1.8-2.2 V.

Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 menunjukkan hasil percobaan pada alat dengan menggunakan *Regulator Power Supply*. Percobaan tersebut menggunakan arus sebesar 5 A dan konsentrasi KOH sebesar 20% dengan jumlah sel yang digunakan sebanyak 3 sel. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan waktu percobaan untuk dapat mengetahui jumlah produksi gas hidrogen dan gas oksigen terhadap waktu yang ditentukan.

Tabel 5.1 Hasil pengukuran produksi hidrogen dengan *Regulator Power Supply*

Arus (A)	Waktu (s)	%KOH	Produksi Hidrogen (g)
5	120	20	0.821
5	240	20	1.663
5	360	20	2.55
5	480	20	3.338
5	600	20	4.211
5	720	20	5.14

Tabel 5.2 Hasil pengukuran produksi oksigen dengan *Regulator Power Supply*

Arus (A)	Waktu (s)	%KOH	Produksi Oksigen (g)
5	120	20	1.14
5	240	20	2.49
5	360	20	3.76
5	480	20	4.34
5	600	20	5.65

Tabel 5.1 adalah hasil percobaan untuk mengetahui jumlah produksi gas hidrogen. Dari percobaan yang dilakukan didapatkan data produksi gas hidrogen untuk waktu 120, 240, 360, 480, 600, dan 720 detik secara berturut-turut sebesar 0.821 gram, 1.663 gram, 2.55 gram, 3.338 gram, 4.211 gram, dan 5.14 gram. Tabel 5.2 adalah hasil percobaan untuk mengetahui jumlah produksi gas oksigen. Dari percobaan yang dilakukan didapatkan data produksi gas oksigen untuk waktu 120, 240, 360, 480, dan 600 detik secara berturut-turut sebesar 1.14 gram, 2.49 gram, 3.76 gram, 4.34 gram, dan 5.65 gram. Berdasarkan data yang didapatkan diketahui bahwa untuk waktu yang sama laju produksi gas oksigen lebih cepat dibandingkan dengan laju produksi gas hidrogen.

Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 menunjukkan hasil percobaan pada alat dengan menggunakan panel surya. Percobaan tersebut menggunakan panel surya yang dihubungkan dengan regulator tegangan. Arus diatur menjadi 3 A dan konsentrasi KOH diatur sebesar 20% dengan jumlah sel yang digunakan adalah sebanyak 3 sel.

Tabel 5.3 Hasil pengukuran produksi hidrogen dengan Panel Surya

Jam	Lumens (Lux)	Arus (A)	%KOH	Produksi Hidrogen (g)
14:00 - 14:15	85210	3	20	2
14:15 - 15:15	69230 - 45550	3	20	8

Tabel 5.4 Hasil pengukuran produksi oksigen dengan Panel Surya

Jam	Lumens (Lux)	Arus (A)	%KOH	Produksi Oksigen (g)
14:00 - 14:15	85210	3	20	4
14:15 - 15:15	69230 - 45550	3	20	16

Tabel 5.3 adalah hasil percobaan untuk mengetahui jumlah produksi gas hidrogen. Dari percobaan yang dilakukan didapatkan data produksi gas hidrogen saat jam 14:00 - 14:15 adalah sebesar 2 gram, kemudian besar produksi gas hidrogen saat jam 14:15 - 15:15 adalah sebesar 8 gram.

5.1.3 Pengujian Keseluruhan

Setelah melakukan pengujian, diketahui dalam kurun waktu 60 menit menghabiskan sekitar 80 ml larutan KOH.

Tabel 5.5 Hasil pengukuran produksi gas menggunakan sumber tegangan 30 W

Waktu (m)	Larutan KOH yang dihabiskan (ml)	Daya keluaran (Wh)	Arus (A)	%KOH	Produksi Hidrogen (g)
60	80	30	5	20	24

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 5.5 dapat kita ketahui besar spesifik energi yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan 3.1. Untuk percobaan dengan daya keluaran 30 Wh dan waktu 60 menit didapatkan spesifik energi sebesar 799.2 Wh/kg.

Efisiensi:

$$799.2/30 = 26.64 = 2,664 \%$$

Ekonomi:

$$80 \text{ ml larutan KOH} = 1 \text{ jam}$$

$$\text{KOH} = 20\%$$

$$20\% \text{ dari } 80 \text{ ml} = 16 \text{ gram}$$

$$1 \text{ kg KOH} = \text{Rp. } 45,000$$

$$1 \text{ g KOH} = \text{Rp. } 45$$

16 g KOH = Rp. 720

Jika produksi 1 hari = 4 jam, maka,

$24 \text{ g} \times 4 = 96 \text{ g}$

$96 \text{ g} = 3.1968 \text{ kWh}$

$80 \text{ ml} \times 4 = 320 \text{ ml}$

20% dari 320 ml = 64 g

64 g = Rp. 2,880

5.2 Pengalaman Pengguna

Setelah melakukan pengujian terhadap implementasi perancangan sistem. Terdapat beberapa penilaian dari pengguna untuk fungsi, kemudahan, keamanan, dan produksi. Tabel 5.5 menampilkan penilaian pengguna untuk sistem yang dibuat.

Tabel 5.5 Pengalaman pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai pemisah antar gas oksigen dan hidrogen masih belum baik	Memperbaiki kebocoran pada <i>rubber seal</i>
2	Kemudahan	Pengoperasian alat sudah cukup mudah.	-
3	Keamanan	Keamanan alat sudah cukup baik dikarenakan tidak ada kebocoran gas pada alat	-
4	Produksi	Produksi gas per menit sudah cukup baik	-

5.3 Dampak Implementasi Sistem

5.3.1 Teknologi/Inovasi

Dalam melakukan proses perancangan generator hidrogen telah dilakukan observasi terkait teknologi terdahulu. Tabel 5.6 merupakan perbandingan antara sistem yang dibuat dengan teknologi terdahulu.

Tabel 5.6 Perbandingan teknologi

No	Fitur/Komponen	Sistem yang dibuat	Wahid Habib	SHC-300
1	Jenis plat	SUS316	302B	-
2	Jumlah sel	3	6	-
3	Luas penampang	15 cm	15 cm	-
4	Stack elektrolisis	+nn-	-nn+nn-	-
5	Daya	30 W	1000 W	<150 W
6	Tipe Elektrolisis	PEM	PEM	Alkaline
7	Flow rate hydrogen	-	653 ml	300 ml
8	Produksi hidrogen per menit	0.401 gr	2.904 gr	-
9	Harga	Rp. 1,300,000	-	Rp. 9,757,150

5.3.2 Keamanan

Alat dipasang di luar ruangan karena gas hidrogen bersifat *flammable*. Hidrogen memiliki peringkat 4 untuk NFPA 704 (National Fire Protection Association) pada skala mudah terbakar. Hidrogen mudah terbakar bila dicampur bahkan dalam jumlah kecil dengan udara biasa.

5.3.3 Ekonomi

Alat memiliki harga yang lebih murah dari harga di pasaran. Pada pasarannya, hidrogen generator paling murah ditemukan dengan harga 300 USD atau kurang lebih 4.3 juta rupiah. Alat kami dibuat dengan harga 1.3 juta rupiah. Adapun salah satu alasan kenapa alat kami lebih murah dikarenakan kami tidak menggunakan plat berbahan titanium pada plat positif dan negatif.

BAB 6 : Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Proses elektrolisis air dapat dilakukan menggunakan panel surya sebagai sumber tegangan dengan bantuan regulator tegangan agar tegangan masuk pada alat sesuai dengan kebutuhan. Setelah diuji coba dengan daya 21 W, alat dapat menghasilkan sekitar 0.133 gram hidrogen per menit dan sekitar 0.267 gram oksigen per menit.

6.2 Saran

- Menggunakan membran Nafion sebagai *separator* antar gas untuk meningkatkan *purity* pada hidrogen
- Membuat sistem pengisian larutan KOH menuju alat yang lebih efisien
- Untuk kedepannya ada baiknya menggunakan *flowmeter* untuk mengukur laju produksi gas.



Daftar Pustaka

- [1] Shah, S. & Ali, Zeeshan & Larik, Javed & Kaimkhani, A. (2018). Comparative study of dry cell and wet cell for the HHO gas generation as a supplement fuel for I.C. engine. 1-8. 10.1109/ICOMET.2018.8346422
- [2] Basjir, Muhammad. Nur Robbi. Ena Marlina. Alat produksi HHO tipe dry cell dengan variasi jarak cell elektroda. Teknik Mesin - Universitas Islam Malang. 2 Desember 2017.
- [3] El Soly, A. K., M. A. El Kady. Ahmed El Fatih Farrag. M. S. Gad. Comparative experimental investigation of oxyhydrogen (HHO) production rate using dry and wet cell. *International Journal of Hydrogen Energy*, 12 February 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.01.110>.
- [4] Habib, Wahid. Pengaruh penambahan jumlah plat netral jenis *Stainless Steel* AISI 302 B pada *dry cell* untuk pemisahan H₂(g) dan O₂(g) dari H₂O(l). Teknik Mesin - Universitas Sumatera Utara. 2014.
- [5] Bessarabov, D. G., & Millet, P. (2018). *Pem water electrolysis*. Academic Press.

LAMPIRAN – LAMPIRAN

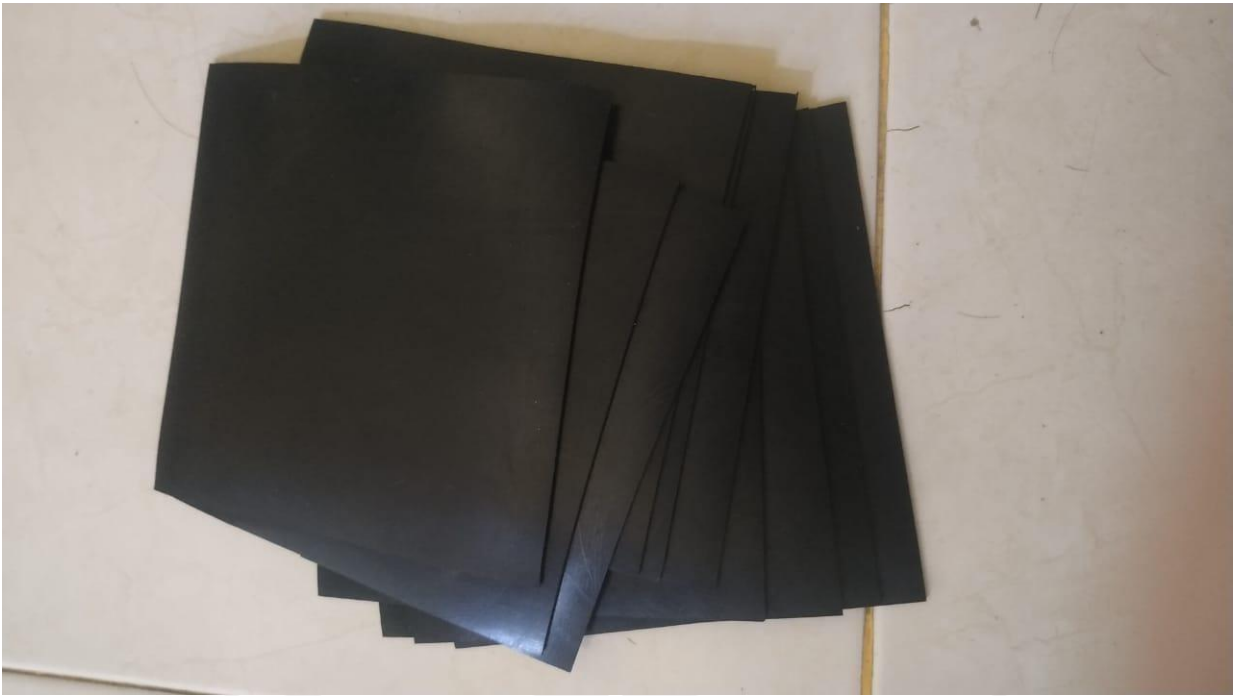
a. Lampiran Logbook

Tanggal	Target	Kegiatan	Catatan
21 Maret - 27 Maret	Memotong akrilik dan plat stainless steel di JogjaLaser.	<ul style="list-style-type: none"> - Memotong akrilik dan plat stainless steel di JogjaLaser. - Memotong rubber seal. 	Kesusahan untuk memotong bagian tengah pada rubber seal.
28 Maret - 3 April	<ul style="list-style-type: none"> - Mengambil hasil laser cutting akrilik dan plat stainless steel di JogjaLaser. - Memotong rubber seal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mengambil hasil laser cutting di JogjaLaser. - Memotong rubber seal. - Memotong nylon mesh. - Mencari dan membeli komponen yang kurang. (Mur, Lem, Selang, Deionized Water) 	Kesusahan untuk membuat bolongan gas pada rubber.
4 April - 10 April	Assembly Alat.	<ul style="list-style-type: none"> - Memotong rubber seal (saluran gas). - Mencari dan membeli komponen yang kurang. (Mur) 	
11 April - 17 April	Uji coba alat TA dan evaluasi.	Assembly alat dan Uji coba alat TA	<ul style="list-style-type: none"> - Alat tidak mengalami elektrolisis. - Masih terdapat kebocoran pada alat TA.
18 April - 24 April	Melanjuti dan memperbaiki alat berdasarkan uji coba sebelumnya.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluasi uji coba sebelumnya. - Uji coba alat TA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Masih terdapat kebocoran pada alat TA. - Arus yang terukur masih terlalu kecil (0,02 A).
12 Mei - 15 Mei	Membuat dokumen Technical Report 201.	Membuat dokumen Technical Report 201.	
16 Mei - 22 Mei	Melanjuti dan memperbaiki alat berdasarkan uji coba sebelumnya.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluasi uji coba sebelumnya. - Uji coba alat TA menggunakan power supply. 	<ul style="list-style-type: none"> - Masih terdapat kebocoran pada alat TA. - Tegangan dan arus yang terukur 12V dan 0.02A (1 plat positif, 5 plat netral, dan 1 plat negatif). - Tegangan dan arus yang terukur 12V dan 0.05A (1 plat positif, 2 plat netral, dan 1 plat negatif). - Tegangan dan arus yang terukur 24V dan 0.5A (1 plat positif, 2 plat netral, dan 1 plat negatif).

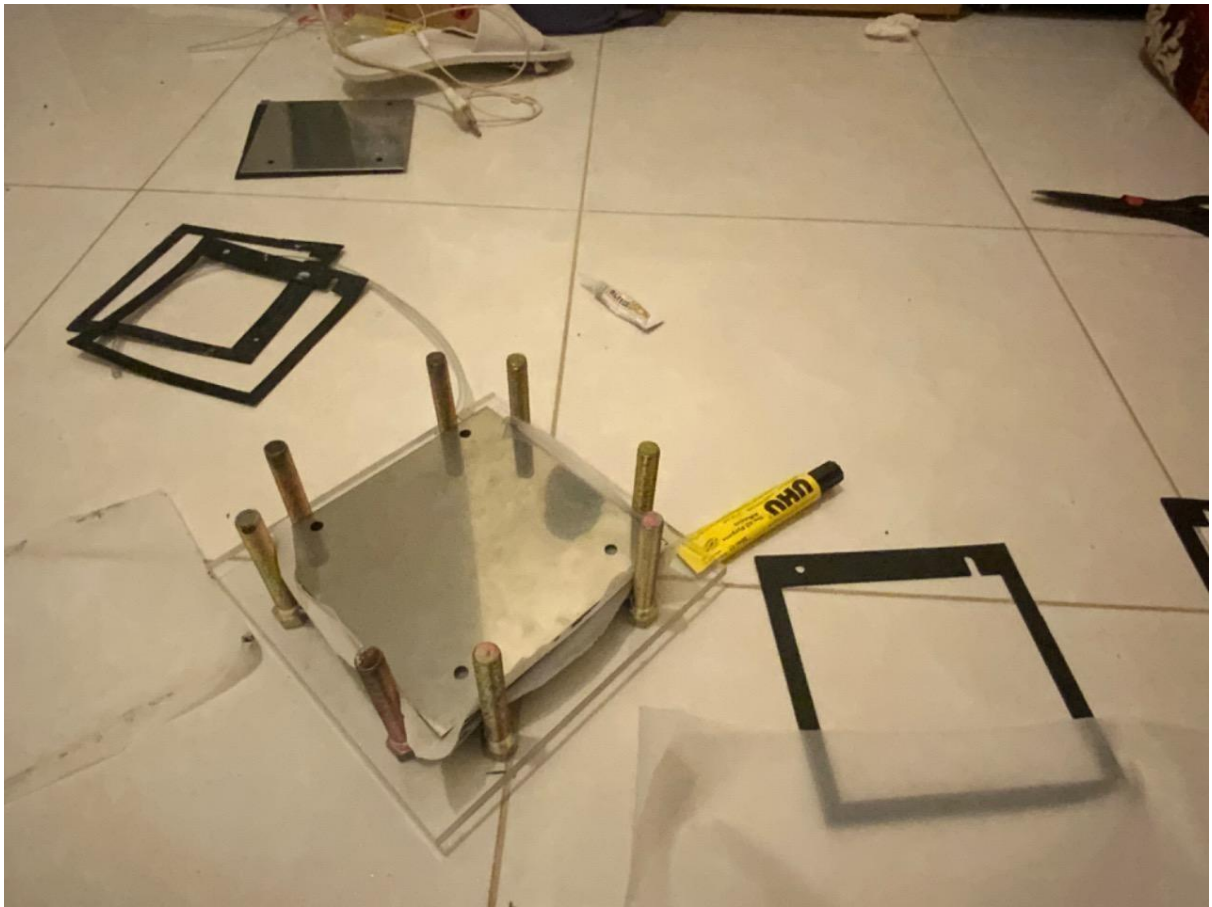
Tanggal	Target	Kegiatan	Catatan
23 Mei - 29 Mei	Uji Coba alat TA dan evaluasi.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluasi uji coba sebelumnya. - Uji coba alat TA menggunakan regulator power supply dengan pengaturan 3 sel elektrolisis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dengan menggunakan air deionisasi pada tegangan 12V menghasilkan arus 0,13A. - Dengan menggunakan air deionisasi pada tegangan 20V menghasilkan arus 0,32A. - Dengan menggunakan air + KOH menghasilkan tegangan tetap 6,6V dan arus yang dapat diubah sesuai keinginan.
30 Mei - 5 Juni	- Uji Coba alat TA dan evaluasi.	<ul style="list-style-type: none"> - Memperbaiki kebocoran pada membran. - Rencana untuk laser cutting akrilik di JogjaLaser - Mencari dan membeli kabel jumper. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alat akan menggunakan knee elbow sebagai penghubung antara akrilik dan selang. - Apabila tidak dapat menggunakan knee elbow maka alat akan menggunakan 3D print sebagai penghubung antara akrilik dan selang. - Menggunakan jenis kabel NYAF berukuran 1,5mm.
6 Juni - 12 Juni	Uji Coba alat TA dan evaluasi.	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan Uji Coba menggunakan regulator power supply dengan pengaturan 7 sel. - Mencetak 3D print untuk sambungan akrilik dan selang. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alat sudah tidak mengalami kebocoran air. - Percobaan 1 dengan menggunakan air + KOH didapatkan tegangan tetap 6,5V. - Percobaan 2 dengan menggunakan air + KOH didapatkan tegangan tetap 12,8V. - Hidrogen dan oksigen yang dihasilkan di uji coba menggunakan api. Kedua gas saat terkena api meledak.
13 Juni - 19 Juni	Uji Coba alat TA dan evaluasi.	<ul style="list-style-type: none"> - Membeli rubber seal EPDM. - Mencetak 3D print untuk pengganti membran nylon mesh. 	

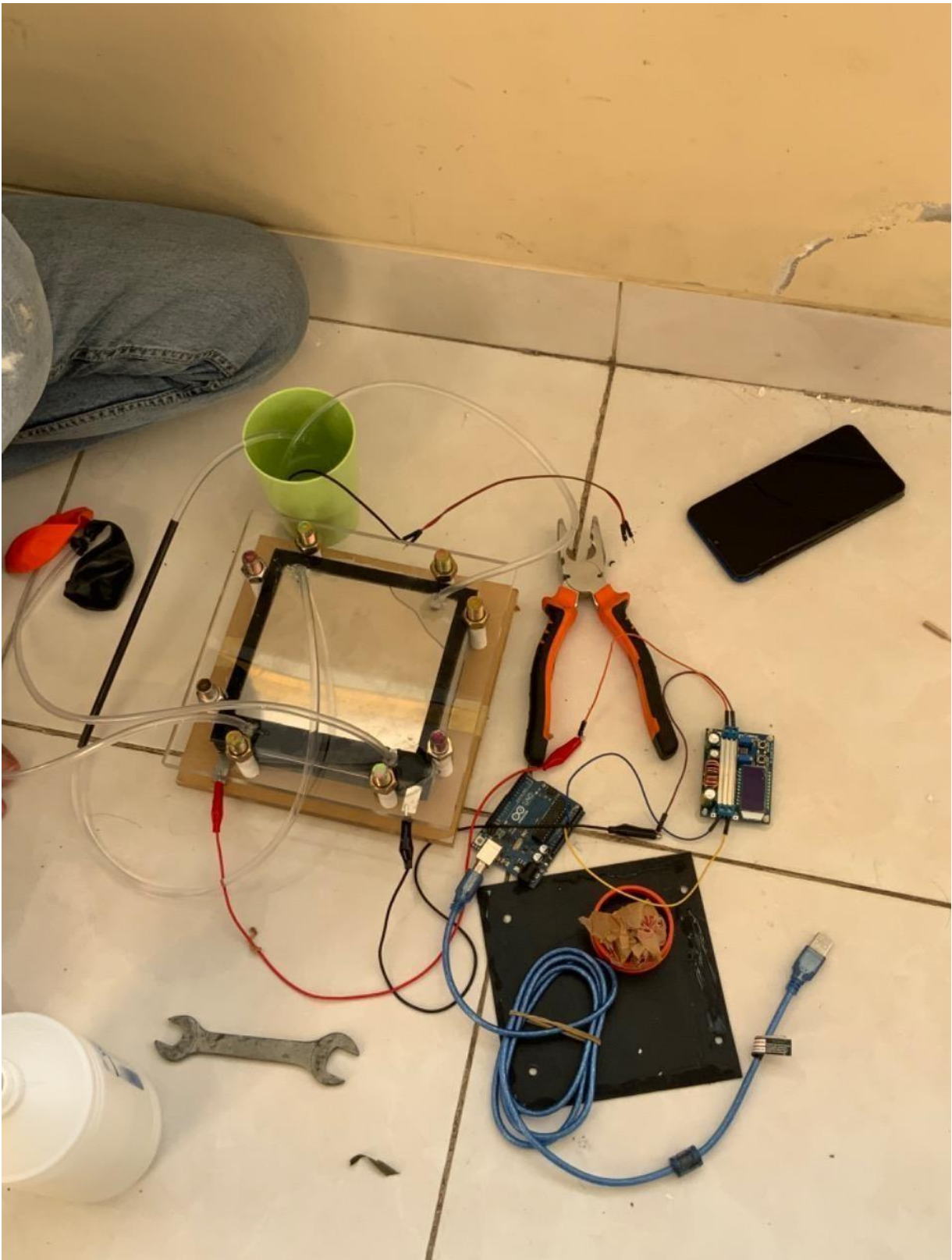
b. Lampiran Gambar



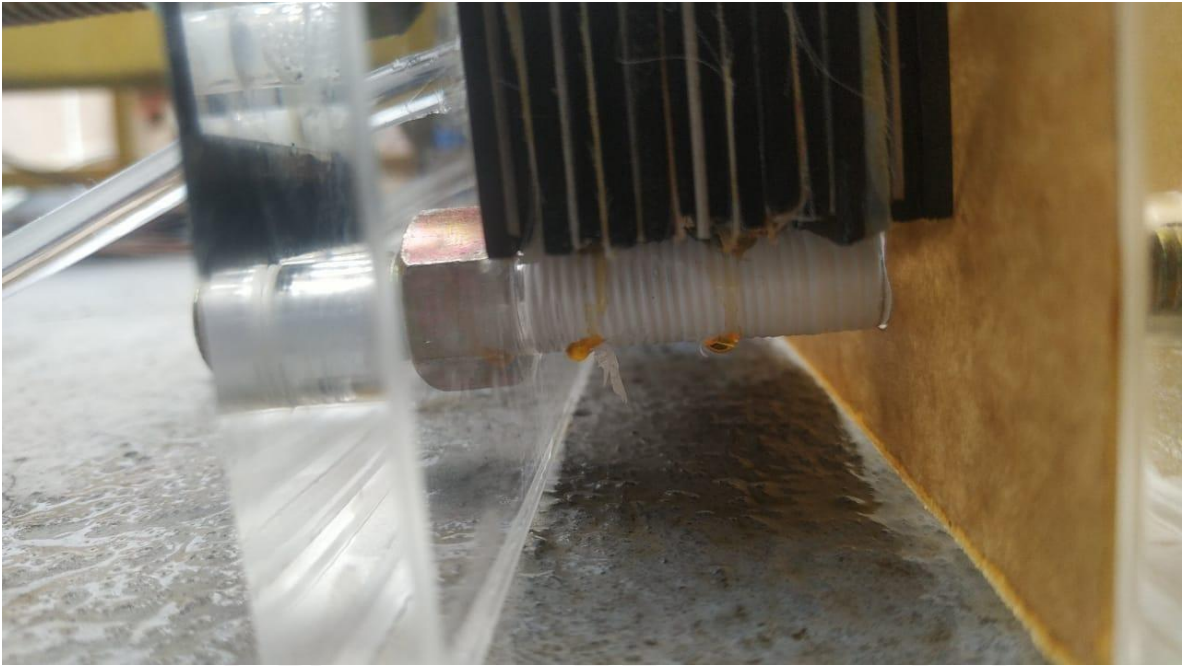








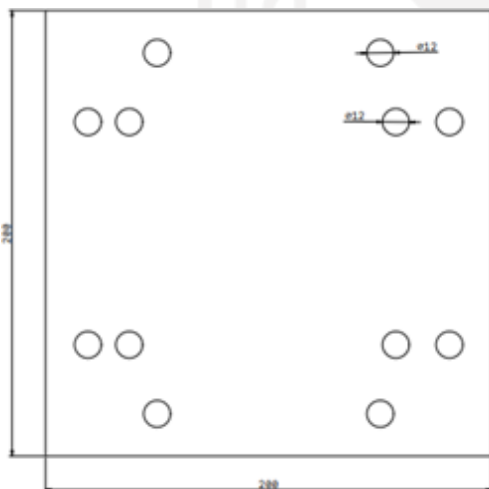
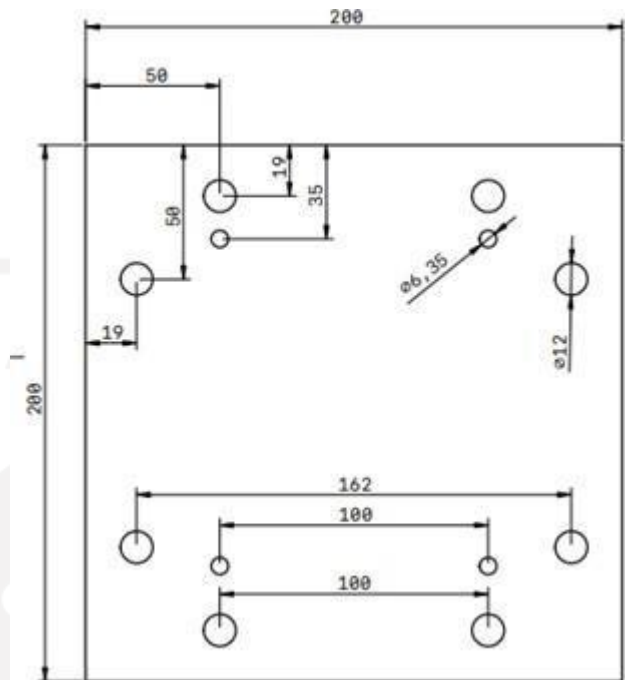




1. 23 Mei - 29 Mei



2. 30 Mei - 5 Juni



3. 6 Juni - 12 Juni

