TUGAS AKHIR – SF 184801

RANCANG BANGUN KOMPOR DENGAN GENERATOR GAS HHO TIPE *DRY CELL* BERBASIS ELEKTROLISIS AIR SEBAGAI PENGHASIL BAHAN BAKAR KOMPOR

Muhammad Rizqi Mubarok
01111640000049

Dosen Pembimbing :
Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Dr. rer. nat. Nasori, M.Si.

DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

TUGAS AKHIR – SF 184801

RANCANG BANGUN KOMPOR DENGAN GENERATOR GAS HHO TIPE DRY CELL BERBASIS ELEKTROLISIS AIR SEBAGAI PENGHASIL BAHAN BAKAR KOMPOR

Muhammad Rizqi Mubarok
01111640000049

Dosen Pembimbing :
Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Dr. rer. nat. Nasori, M.Si.

DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT – SF 184801

DESIGN A STOVE WITH HHO GENERATOR DRY CELL TYPE BASED IN WATER ELECTROLYSIS AS A STOVE FUEL PRODUCER

Muhammad Rizqi Mubarok
01111640000049

Advisor :
Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
Dr. rer. nat. Nasori, M.Si.

DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALITYCS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Rancang Bangun Kompor Dengan Generator Gas HHO Tipe Dry Cell Berbasis Elektrolisis Air Sebagai Penghasil Bahan Bakar Kompor

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains
Pada
Bidang Studi Fisika Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
Muhammad Rizqi Mubarok
NRP. 01111640000049

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Drs. Bachtera Indarto, M.Si.
NIP.19610404 199102.1.001 (.....)

Dr. rer. nat. Nasori, M.Si.
NIP.1981201831065 (.....)

Surabaya, 30 Juli 2020

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
DEPARTEMEN FISIKA

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RANCANG BANGUN KOMPOR DENGAN GENERATOR GAS HHO TIPE DRY CELL BERBASIS ELEKTROLISIS AIR SEBAGAI PENGHASIL BAHAN BAKAR KOMPOR

Nama	:	**Muhammad Rizqi Mubarok**
NRP	:	**01111640000049**
Departemen	:	**Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, ITS**
Dosen Pembimbing	:	**1. Drs. Bachtera Indarto, M.Si** **2. Dr. rer. nat. Nasori, M.Si.**

Abstrak.

Telah dibuat kompor yang berdesain generator HHO tipe *dry cell* yang dapat memproduksi gas HHO serta memanfaatkannya untuk bahan bakar kompor. Produksi gas HHO menggunakan konsep elektrolisis air. Konsep elektrolisis air menggunakan generator HHO, dimana elektroda – elektroda penyusun generator tersebut akan dialiri listrik sebesar 24V 20A yang membuat molekul air akan terpecah. Pada elektroda katoda menghasilkan gas hidrogen sementara elektroda anoda menghasilkan gas Oksigen dan air kembali. Proses pemecahan air yang kembali membentuk air lagi, menghasilkan suatu gas yaitu gas HHO. Tugas Akhir ini menggunakan variasi konsentrasi molaritas larutan sebesar 0,5 M, 1,0 M, dan 1,5 M. Data yang diperoleh berupa tekanan *output* gas, temperatur api, serta ketinggian api. Berdasarkan penelitian ini, konsentrasi larutan 1,5 M yang paling optimal untuk dijadikan bahan penghasil gas HHO sebagai bahan bakar kompor dengan menghasilkan temperatur api sebesar (219,00±0,01)^{o}C dengan ketinggian sebesar (3,0±0,5) cm.

Kata Kunci: *Burner, HHO, Kompor, Molaritas.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGN A STOVE WITH HHO GENERATOR DRY CELL TYPE BASED IN WATER ELECTROLYSIS AS A STOVE FUEL PRODUCER

Name	:	**Muhammad Rizqi Mubarok**
NRP	:	**01111640000049**
Department	:	**Physics, Faculty of Science and Data Analitics, ITS**
Advisor	:	**1. Drs. Bachtera Indarto, M.Si** **2. Dr. rer. nat. Nasori, M.Si.**

Abstact.

Research on the manufacture of stoves that are designed for dry cell HHO generators that can produce HHO gas and use it as a fuel. HHO gas production uses the concept of water electrolysis. The concept is using HHO generators, where the electrodes of generator will be charged at 24V 20A, which makes the water molecules split. At the cathode electrodes produce hydrogen gas and the anode electrodes produce oxygen gas and water again. From the process of separating water which remake water again, produces gas which is a HHO gas. These research use variety molarity concentration are 0.5 M, 1,0 M, and 1.5 M. Data obtained such as gas pressure, flame temperature, and flame height. Based on the research has been done, the concentration of 1.5 M is the most optimal to be used as an ingredient of HHO gas as a fuel stove that produce flame temperature of (219,00±0,01)^{o}C with the height of (3,0±0,5) cm.

Keyword: *Burner, HHO, Stove, Molarity.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis hanturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, serta tak lupa ucapan sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dengan judul "**Rancang Bangun Kompor Dengan Generator Gas HHO Tipe Dry Cell Berbasis Elektrolisis Air Sebagai Penghasil Bahan Bakar Kompor"**.

Penyusunan proposal ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Bachtera Indarto, M.Si. dan Dr. rer. Nat. Nasori, M.Si., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Dr. Gatut Yudoyono, M.T., selaku Kepala Departemen Fisika ITS.
3. Bapak dan Ibu Dosen tercinta, serta segenap keluarga yang telah memberi semua hal terbaik bagi penulis.
4. Mas Yama yang telah berbagi ilmu dan pengalaman dalam uji coba penelitian ini.
5. Teman-teman saya yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun penulis harapkan demi perbaikan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir (TA) ini dapat bermanfaat serta dapat memberikan informasi bagi semua pihak.

Surabaya, 30 Juli 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
TITLE PAGE iii
LEMBAR PENGESAHAN v
Abstrak vii
Abstract ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR LAMPIRAN xix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Larutan Elektrolit 5
2.2 Generator Gas HHO 7
2.3 Elektrolisis Air 10
2.4 Gas HHO (*Brown Gas*) 12

2.5 Daya dan Efisiensi Generator HHO 14
BAB III METODOLOGI..... 17
3.1 Alat dan Bahan 17
3.2 Pembuatan Alat 23
3.3 Pengambilan Data..... 25
3.4 Diagram Alir Penelitian..... 28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 31
4.1 Hasil Penelitian..... 31
4.2 Analisa Hasil 31
4.3 Pembahasan 35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 39
5.1 Kesimpulan..... 39
5.2 Saran..... 39
DAFTAR PUSTAKA 41
LAMPIRAN 45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik hubungan antara reaksi kimia terhadap energi yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi 6
Gambar 2.2 Generator gas HHO tipe *dry cell* 9
Gambar 2.3 Generator gas HHO tipe *wet cell* 10
Gambar 2.4 Skema elektrolisis air..... 11
Gambar 3.1 Generator gas HHO tipe *dry cell* 17
Gambar 3.2 Tabung *reservoir* 18
Gambar 3.3 Tabung *bubbler*..... 19
Gambar 3.4 Kalium Hidroksida..... 20
Gambar 3.5 Rangkaian elektronik 20
Gambar 3.6 *Power supply* 22
Gambar 3.7 Kompor gas..... 22
Gambar 3.8 Rangkaian kompor gas HHO 23
Gambar 3.9 Kompor dengan Saluran gas dan *burner* yang terpisah..... 24
Gambar 3.10 Perekatan *burner* dengan saluran gas 25
Gambar 3.11 Skema pengambilan data tekanan..... 26
Gambar 3.12 Skema pengambilan data temperatur..... 27
Gambar 3.13 Skema pengambilan data ketinggian api 28
Gambar 3.14 Diagram alir penelitian 29
Gambar 4.1 Rancang bangun kompor gas HHO 31
Gambar 4.2 Tekanan *output* tiap detik pada setiap molaritas..... 33

Gambar 4.3 Perubahan temperatur api pada setiap konsentrasi larutan 35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Kalium Hidroksida (KOH) 7
Tabel 4.1 Pembentukkan api tiap konsentrasi larutan 34
Tabel 4.2 Data pengaruh konsentrasi larutan terhadap
ketinggian api 34

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Percobaan 45
Lampiran 2. Coding Pemrograman Sensor Tekanan
dan Temperatur 46
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian 47
Lampiran 4. Biodata Penulis 51

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan Sumber Daya Alam (SDA) terutama minyak dan gas bumi. Menurut Faisal Basri sebagai pakar ekonom senior dari Institute for Development of Economics and Finance (INDEF), produksi minyak di Indonesia terus jatuh dan tidak menutup pula produksi gas di Indonesia juga akan mengalami hal tersebut. Menurutnya, produksi minyak bumi di Indonesia akan habis pada tahun 2026 dan produksi gas akan habis pada tahun 2054 (Anggraeni R, 2019). Sementara itu, memproduksi gas alam ini memerlukan pengeboran yang berdampak pada penurunan permukaan tanah. Produksi gas alam juga memerlukan pembakaran yang menghasilkan karbon dioksida, karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen oksida, dan senyawa lain yang dapat menimbulkan polusi. Polusi yang dihasilkan dari pembakaran ini 400 metrik ton lebih besar dari polusi yang ditimbulkan oleh karbon dioksida yang setara dengan 77 juta polusi kendaraan bermotor tiap tahunnya (General Electric, 2011).

Salah satu alat yang menggunakan SDA ini adalah kompor. Kompor adalah suatu alat yang digunakan untuk memasak. Kompor menggunakan bahan bakar yaitu minyak tanah atau gas *Liquified Petroleum Gas* (LPG). Saat ini, kompor berbahan bakar minyak tanah sudah jarang digunakan. Menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Ignasius Jonan, Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) lebih mahal dari Bahan Bakar Gas (BBG). Selain mahal, Pemerintah Indonesia juga menggencarkan penggunaan BBG karena emisi gas buang yang dihasilkan sedikit (Rachman FF, 2017).

Pada tugas akhir ini akan dibahas berdasarkan eksperimen hasil inovasi pembuatan gas dari bahan baku air sebagai bahan bakar

kompor yang disebut sebagai gas Oxy-hydrogen (HHO). Gas HHO merupakan gas hasil dari reaksi elektrolisis air. Konsep elektrolisis air menjelaskan air dengan katalisatornya diberi arus listrik sehingga memisahkan molekul air 2H2O menjadi gas 2H2 dan O2. Hasil pemisahan reaksi tersebut menghasilkan gas HHO, dimana gas tersebut akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Kompor dengan bahan bakar gas HHO dapat digunakan sebagai kompor yang ramah lingkungan dengan sedikit daya yang dibutuhkan, murah untuk digunakan sehari – hari sehingga kompor ini pada masa mendatang dapat mereduksi kelemahan dari kedua jenis kompor tersebut yaitu kompor minyak tanah dan gas LPG.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang ditemukan penulis dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun kompor dengan bahan bakar gas HHO?
2. Berapa nilai tekanan *output* minimal dalam pembentukan nyala api?
3. Berapa temperatur api yang dihasilkan oleh kompor?
4. Berapa konsentrasi KOH yang dibutuhkan untuk hasil nyala api yang optimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat rancang bangun kompor dengan bahan bakar gas HHO
2. Mengetahui nilai tekanan *output* minimal yang dibutuhkan untuk menghasilkan nyala api
3. Mengetahui temperatur api yang dihasilkan pada kompor

4. Mengetahui konsentrasi KOH yang dibutuhkan untuk nyala api yang optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah mampu merancang sebuah kompor generator HHO tipe *dry cell* yang berbasis elektrolisis air. Selain itu dapat menjadi referensi penelitian mengenai kompor generator gas HHO.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Generator yang digunakan adalah tipe *dry cell*
2. Katalisator yang digunakan yaitu KOH
3. Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah +-
4. *Power supply* yang digunakan berdaya 24V 20A

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika yang digunakan penulis dalam penulisan laporan Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan

Bab Pendahuluan dalam laporan tugas akhir yaitu latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan laporan

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab tinjauan pustaka berisi tentang teori penunjang penelitian kompor generator HHO beserta dengan persamaan dan parameter yang digunakan

BAB III : Metodologi

Bab metodologi berisi tentang skema alat dan langkah-langkah pengambilan data

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Bab hasil dan pembahasan merupakan inti dari penulisan laporan Tugas Akhir yang berisi pengolahan data serta analisa tentang hasil dari penelitian.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Bab kesimpulan dan saran yaitu berisi kesimpulan umum dari analisa yang berdasarkan pada tujuan penelitian dan disertai saran yang berlaku bagi penelitian selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka merupakan sumber referensi atau literatur dalam penulisan laporan Tugas Akhir.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Larutan Elekrolit

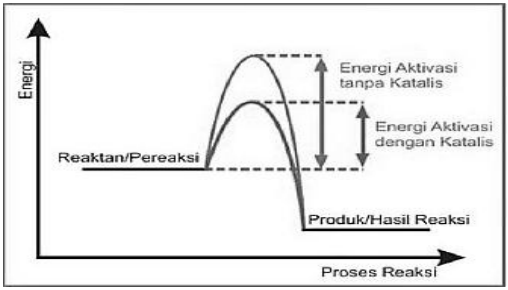
Larutan adalah suatu campuran zat homogen yang terdiri lebih dari dua zat. Zat yang ada dalam jumlah yang lebih kecil disebut zat terlarut atau solute, sedangkan zat yang ada dalam jumlah yang lebih banyak disebut pelarut atau solven. Solute-solven yang ada dalam larutan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu elektrolit dan non elektrolit. Elektrolit adalah suatu zat yang apabila dilarutkan dalam air menghasilkan suatu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Sedangkan non elektrolit adalah suatu zat yang bila dilarutkan dalam air menghasilkan larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik (Alberty. 1992).

Larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik karena zat elektrolit dapat terurai menjadi ion-ion karena pengaruh arus listrik. Pada larutan elektrolit gaya tarik menarik antar molekul-molekul air dengan partikel-partikel zat cukup kuat untuk memutuskan ikatan antar partikel zat sehingga partikel-partikel zat dapat lepas sebagai ion-ion bebas. Sifat daya hantar listrik menurut *Svante August Arrhenius* dari Swedia pada tahun 1884, bahwa elektrolit dalam pelarut air akan terurai menjadi ion-ion sedangkan non elektrolit dalam pelarut air tidak terurai menjadi ion-ion. Pada larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik karena adanya ion-ion yang dapat bergerak bebas. Ion-ion inilah yang dapat menghantarkan arus listrik melalui larutan. Sedangkan pada larutan non elektrolit tidak terurai menjadi ion-ion tetapi berupa molekul netral sehingga tidak bisa menghantarkan arus listrik (Chang, 2004).

Dalam proses elektrolisis akan menurunkan energi yang dibutuhkan, sehingga laju reaksi pemecahan molekul air menjadi lebih cepat. Dan apabila jumlah elektrolit yang dilarutkan ke air

semakin banyak maka konduktivitas listrik dari air akan semakin tinggi, maka laju produksi gas HHO yang dihasilkan dengan proses elektrolisis air juga akan semakin meningkat. Banyak jenis katalis yang digunakan pada proses elektrolisis diantaranya yang sering digunakan yaitu sodium bikarbonat (NaHCO3), natrium hidroksida (NaOH), dan kalium hidroksida (KOH) (Saputra, 2012).

Hubungan antara reaksi kimia terhadap energi yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi seperti ditunjukkan Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik hubungan energi terhadap proses reaksi akibat penambahan katalis (Sumber: McMurry, J., dkk, 2001)

Gambar 2.1 menunjukkan grafik hubungan energi terhadap proses reaksi akibat penambahan katalis. Penggunaan katalis memberikan alternatif mekanisme lain yang membuat energi aktivasi reaksi menjadi lebih rendah sehingga reaksi dapat berjalan dengan lebih cepat. Penggunaan katalis ini mempercepat laju reaksi namun tidak masuk dalam proses reaksinya sehingga tidak muncul dalam stokiometri reaksi. Energi total reaksi tidak berpengaruh dalam penambahan katalis, sehingga katalis ini hanya berpengaruh dalam energi aktivasinya saja. Pada Tugas Akhir ini menggunakan larutan elektrolit dengan katalisator Kalium Hidroksida (KOH). Karakteristik dari KOH seperti yang ditunjukan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Kalium Hidroksida (KOH)

No	Karakteristik	Nilai
1	Berat Molekul (gr/mol)	56,1
2	Titik Lebur (^oC)	360
3	Titik Didih (^oC)	1320
4	Densitas (gr/cm^3)	2,04
5	Sifat	Sangat Korosif

Tabel 2.1 menjelaskan bahwa karakteristik dari katalisator KOH memiliki berat molekul 56,1 gr/mol, titik lebur pada 360 ^oC, titik didih pada 1320 ^oC, dan bersifat sangat korosif (McMurry, J., dkk, 2001).

2.2 Generator Gas HHO

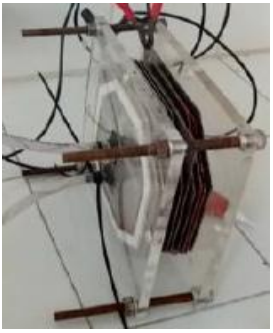
Generator gas HHO adalah sistem elektrolisis air yang ditambah dengan katalisator dapat menghasilkan hidrogen dan oksigen murni yang memiliki kalor yang tinggi. Generator gas HHO tersusun atas 2 komponen dasar, yaitu tabung generator yang terdiri atas tabung, sepasang elektroda, dan elektrolit. Sumber tegangannya berupa aki/baterai. Generator gas HHO diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu tipe basah (*wet cell*) dan tipe kering (*dry cell*). Perbedaan paling mencolok dari kedua tipe tersebut adalah konstruksi atau penempatan larutan elektrolit dan elektroda (Ghiffari, 2013).

Reaksi elektrolisis dapat terjadi pada generator gas HHO akibat adanya arus listrik yang mengalir diantara plat besi yang dicelupkan

dalam larutan elektrolit. Reaksi elektrolisis tersebut menghasilkan gelembung-gelembung gas yakni berupa gas hidrogen dan oksigen. Generator gas HHO secara umum terdiri dari dua komponen dasar yaitu generator HHO dan sumber daya (*power supply*). Pada proses pembuatan gas HHO akan dapat menimbulkan korosi pada plat elektroda yang digunakan terutama pada plat anoda. Produksi gas oksigen terjadi pada plat anoda sehingga oksigen tersebut akan bereaksi dengan plat besi yang digunakan. Hal tersebut dapat dihindari dengan cara menggunakan plat *stainless steel* yang berkualitas. (Fanani, 2019).

Rangkaian elektroda dalam pembuatan generator gas HHO terdiri dari plat elektroda katoda, anoda, serta netral. Plat elektroda katoda adalah plat yang diberi sumber kutub negatif sedangkan plat elektroda anoda diberi sumber kutub positif. Sementara plat elektroda netral merupakan elektroda yang tidak dialiri oleh listrik. Plat netral berada di antara elektroda katoda dan anoda. Ketika plat netral ditambahkan, maka kolom air diantara plat juga akan bertambah sesuai dengan jumlah plat netral yang ditambahkan. Ketika plat netral ditambahkan di antara elektroda katoda maupun anoda maka besar arus listrik yang melalui plat netral juga akan sama. Jika diukur besar tegangan antara satu *cell* kutub positif dan negatif ialah 12 volt namun bila diukur besar tegangan pada salah satu kutub elektroda dengan plat netral maka terjadi penurunan tegangan sesuai dengan penambahan plat netralnya. Disebabkan penambahan plat netral menaikkan nilai resistansi atau hambatan pada arus listrik yang bekerja pada elektroda, sehingga penambahan plat netral dapat menurunkan tegangan listrik pada plat elektroda. Semakin rendah tegangannya, maka semakin rendah pula panas yang dihasilkan, sehingga laju produksi gas HHO pada generator juga akan semakin meningkat (Silaen C., 2014).

Generator gas HHO tipe kering (*dry cell*) seperti ditunjukan Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Generator gas HHO tipe *dry cell*

Gambar 2.2 menunjukkan Generator gas HHO tipe *dry cell* yang tersusun dari plat elektroda sebagai penghatar arus listrik dan Polivinil Klorida (PVC) untuk menciptakan celah/kolom antar elektroda pada generator.

Generator ini sebagian elektrodanya terendam elektrolit dan elektrolit hanya mengisi celah-celah antara elektroda itu sendiri. Keuntungan generator ini adalah air yang digunakan pada proses elektrolisa bergantung pada volume celah antar elektroda, yaitu hanya air yang terjebak diantara lempengan *cell*. Efek lain dari proses ini adalah panas. Namun intensitasnya relatif kecil, karena selalu terjadi sirkulasi antara air panas dan dingin di *reservoir*. Arus listrik yang digunakan relatif lebih kecil, karena daya yang terkonvensi menjadi panas semakin sedikit (Ghiffari, 2013).

Generator gas HHO tipe basah (*wet cell*) seperti yang ditunjukkan Gambar 2.3.

Gambar 2.3 Generator gas HHO tipe *wet cell*
(Sumber: Chandra S, 2014)

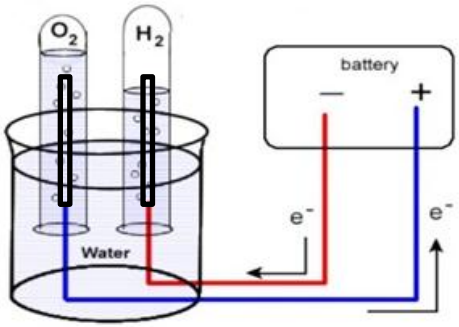
Gambar 2.3 menunjukkan generator tipe *wet cell* yang semua elektrodanya terendam cairan elektrolit didalam sebuah bejana larutan air. Keuntungan generator ini adalah produksi gas HHO yang dihasilkan lebih banyak dikarenakan luasan elektroda yang sepenuhnya terendam larutan elektrolit, perawatan generator yang lebih ringkas, serta pembuatannya lebih mudah dan cepat. (Chandra S, 2014).

2.3 Elektrolisis Air

Elektrolisis terjadi ketika aliran arus listrik melalui senyawa ionik dan mengalami reaksi kimia. Larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik karena mengandung ion-ion yang dapat bergerak bebas. Dan ion tersebut menghantarkan arus listrik melalui larutan. Hantaran listrik melalui larutan elektrolit terjadi ketika sumber arus searah memberi muatan yang berbeda pada kedua elektroda. Katoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif) bermuatan negatif, didalam anoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif) bermuatan positif. Spesi (ion, molekul, atau atom) tertentu dalam larutan akan mengambil elektron dari katoda, sementara spesi lainnya melepas elektron ke anoda.

Selanjutnya elektron akan dialirkan ke katoda melalui sumber arus searah (Fouda, 2009).

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian molekul air (H_2O) menjadi gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Skema elektrolisis air ditunjukkan Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skema Elektrolisis Air
(Sumber: Wahyono dkk., 2017)

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa dalam proses elektrolisis air, pada elektroda katoda menghasilkan gas hidrogen sementara pada elektroda anoda menghasilkan gas oksigen (Wahyono dkk., 2017).

Berikut adalah reaksi yang terjadi pada elektrolisis air:

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

Reaksi yang terjadi pada kutub negatif (katoda) adalah reaksi reduksi. Untuk pH air basa atau netral reaksinya sebagai berikut

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_2(g)$$

Reaksi yang terjadi pada kutub positif (anoda) adalah reaksi oksidasi. Untuk pH air basa atau netral reaksinya sebagai berikut

$$2OH^-_{(aq)} \rightarrow \frac{1}{2} O_{2(g)} + H_2O_{(l)} + 2e^-$$

Bila pada anoda menggunakan logam tak inert misalnya aluminium, aluminium akan dioksidasi diubah menjadi ionnya dengan reaksi berikut

$$Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$$

Jika larutan mengandung ion-ion positif (kation), maka kation logam ini akan direduksi menjadi masing-masing logamnya dan logam yang terbentuk itu diendapkan pada permukaan batang katoda.

$$K^+_{(aq)} + e^- \rightarrow K_{(s)}$$

$$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$$

$$Ca^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ca_{(s)}$$

Faktor yang memengaruhi elektrolisis air adalah kualitas elektrolit, konsentrasi elektrolit, dan material dari elektroda. Elektrolit kuat lebih mempercepat reaksi elektrolisis air daripada elektrolit lemah. Konsentrasi semakin besar akan semakin mempercepat reaksi elektrolisis air. Logam yang reaktif akan mempercepat reaksi elektrolisis air (Wahyono dkk., 2017).

2.4 Gas HHO (*Brown's Gas*)

Gas Brown adalah gas hasil dari proses pemecahan air murni (H_2O) dengan proses elektrolisis. Gas HHO (*Brown's Gas*) terdiri dari gas hidrogen dan oksigen, dengan perbandingan komposisi mol 2:1. Perbandingan ini adalah perbandingan yang sthoikiometri untuk terjadinya reaksi pembakaran (oksidasi) gas hidrogen oleh gas oksigen. Reaksi pembakaran pada gas HHO pada dasarnya adalah reaksi terikatnya kembali hidrogen pada oksigen untuk membentuk molekul air (Bhardwaj dkk., 2014). Terdapat dua metode yang berbeda dalam pembentukkan gas HHO adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan Hukum Faradays, energi listrik diberikan kepada dua elektroda atau plat yang terbuat dari bahan yang sama misalnya stainless steel, hal itu menyebabkan disosiasi air menjadi ion hidrogen dan oksigen. Hidrogen muncul pada katoda yang merupakan elektroda bermuatan negatif sementara oksigen muncul pada anoda yang merupakan elektroda bermuatan positif. Dengan pertimbangan efisiensi Faraday yang

ideal, pembentukkan molekul hidrogen adalah dua kali oksigen (Jambukiya B.K, dkk, 2016).

2. Penggunaan pulsa DC (terutama gelombang persegi). Dengan menggunakan pulsa DC ini, getaran dibuat dalam air untuk mencapai kondisi resonansi. Variasi dalam frekuensi air mengarah dalam pembentukan energi listrik besar yang digunakan untuk memecahkan ikatan antara hidrogen dan oksigen yang mengakibatkan terbebasnya molekul gas yang secara magnetis digabungkan satu sama lain. Dan kemudian digunakan untuk aplikasi lebih lanjut. Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena desainnya yang kompleks, struktur besar dan luas ruang yang diperlukan untuk instalasi (Premkartikkumar S.R, dkk, 2014).

Besarnya energi pembentukkan H_2O dapat dihitung dengan perhitungan termokimia yaitu satu mol H_2O membutuhkan 286 kJ. Sebagaimana dapat dilihat pada persamaan reaksi kimia berikut ini:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$$

Persamaan reaksi kimia tersebut merupakan kebalikan dari persamaan kimia pada elektrolisis air. Jika pada proses elektrolisis untuk memecah molekul air membutuhkan energi, maka sebaliknya pada reaksi oksidasi hidrogen dihasilkan sejumlah energi. Gas hidrogen mempunyai beberapa karakteristik yaitu tidak berwarna, mudah terbakar, sangat ringan, dan sangat mudah bereaksi dengan zat kimia lainnya. Gas HHO pada kondisi normal tidak akan terbakar dengan sendirinya tanpa ada sulutan api, jika kandungannya 4% dari volume ruang dengan temperatur ruangan gas hidrogen akan terbakar sendiri (Bhardwaj dkk., 2014).

.

2.5 Daya dan Efisiensi Generator HHO

Untuk menghasilkan gas HHO dengan menggunakan proses elektrolisis air dibutuhkan energi listrik. Jika generator HHO dipasang pada kendaraan bermotor, dengan sumber energi listrik diambil dari alternator sepeda motor yang bisa memberikan arus bolak- balik. Semakin besar ukuran mesin kendaraan, energi listrik yang dihasilkan dari alternator engine akan semakin besar, sehingga arus yang dialirkan ke generator juga semakin besar (Sebastian, 2013).

Energi listrik dari alternator dipergunakan untuk sistem kelistrikan dan pengapian di kendaraan (seperti lampu, pengisian baterai, dan api pada busi). Namun sebagian energi listrik tersebut dapat dipergunakan sebagai sumber tegangan dan arus untuk generator HHO. Energi listrik tersebut jumlahnya terbatas, sehingga generator HHO yang dipasang pada kendaraan dayanya harus dibatasi. Begitu pula ketika generator HHO digunakan pada mesin penggerak generator, listrik yang dihasilkan oleh generator semaksimal mungkin agar dapat digunakan untuk menyalakan beban. Oleh karena itu harus diketahui seberapa besar daya yang dibutuhkan oleh generator HHO. Perumusan untuk mencari daya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut

$$P = V \times I \tag{2.1}$$

P adalah daya yang dibutuhkan generator HHO (watt), dan V adalah tegangan/voltase (volt), serta I adalah arus listrik (ampere). Beda potensial didapat dengan menggunakan voltmeter yang dipasang paralel dengan rangkaian dan arus listrik dapat diukur menggunakan amperemeter yang dipasang secara seri dengan rangkaian selama pengujian berlangsung (Sebastian, 2013).

Efisiensi pada generator HHO dapat dicari dengan perbandingan antara energi masukkan dengan energi keluaran yang

digunakan untuk elektrolisis. Persamaannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\Delta h f \text{ x } \dot{n}}{P \, x \, t} \, x \, 100\% \tag{2.2}$$

Persamaan ini menjelaskan η adalah efisiensi generator HHO, $\Delta h f$ adalah energi elektrolisis air dengan nilai sebesar 286 kJ/mol, ṅ adalah jumlah molekul HHO (mol), dan P adalah daya listrik yang digunakan (watt) dan t adalah waktu (sekon). Efisiensi sangat bergantung pada jumlah molekul HHO yang dihasilkan. Jumlah molekul HHO dapat diperoleh dengan baik jika laju dari elektrolisisnya juga baik dengan mempertimbangkan kualitas dari generator HHO. Untuk mendapatkan hasil produlsi molekul gas HHO dijelaskan dengan Persamaan 2.3 berikut:

$$\dot{n} = \frac{\text{p} \, x \, \text{Q}}{R \, x \, T} \tag{2.3}$$

p adalah *Pressure* (tekanan) gas ideal (1 atm), Q adalah debit gas HHO yang terproduksi, R adalah konstanta gas ideal (0,0820574587 l.atm/K.mol), T adalah temperatur gas yang terproduksi dalam tabung (300 ^{o}K) (Fanani, 2019).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

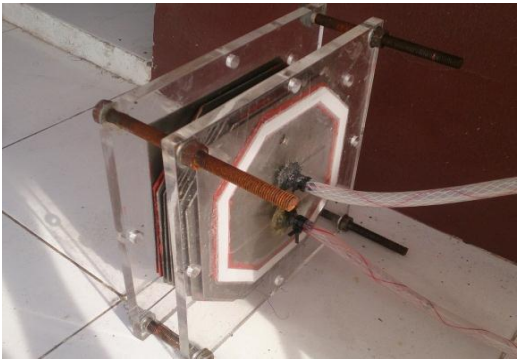
BAB III
METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Pada Tugas Akhir ini, alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Generator Gas HHO tipe *Dry Cell*

   Generator Gas HHO seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Gnerator Gas HHO tipe *Dry Cell*

Gambar 3.1 menunjukkan generator gas HHO tipe *dry cell* yang tersusun dari plat *stainless steel 304* yang bersifat sebagai penghantar listrik serta tahan korosi. Plat ini digunakan sebagai elektroda dalam generator gas HHO. Sementara itu, terdapat Polivinil Klorida (PVC) yang merupakan polimer termoplastik yang bersifat tahan panas. Pada penyusunannya, plat disusun secara paralel dimana diantara plat tersebut diisi PVC. Hal ini digunakan sebagai rongga masuknya larutan kedalam celah antar plat untuk proses elektrolisis. Untuk memperbesar volume larutan yang terelektrolisis, diperlukan celah antar plat yang lebih banyak yang membuat jumlah gas HHO yang dihasilkan semakin besar. Pada pembuatan generator gas tersebut tidak boleh ada celah antara plat dengan PVC sehingga diberi lem

perekat. Hal ini digunakan agar dalam proses elektrolisis tidak ada kebocoran yang terjadi dalam generator.

2. Tabung *Reservoir*

   Tabung *reservoir* seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2 Tabung *reservoir*

Gambar 3.2 menunjukkan tabung *reservoir* yang berfungsi sebagai tempat/wadah larutan elektrolit. Tabung ini didesain memiliki 3 lubang yang berada di sisi samping dekat generator gas HHO 2 lubang serta di sisi lainnya 1 lubang. Pada sisi dekat generator gas HHO, terdapat 1 lubang bawah yang digunakan untuk mengalirkan larutan ke generator (tempat elektrolisis) serta lubang yang atas digunakan untuk mengalirkan gas keluar. Pada sisi lainnya, terdapat 1 lubang yang digunakan untuk mengalirkan gas dari generator menuju tabung *bubbler*.

3. Tabung *Bubbler*

   Tabung *bubbler* seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3 Tabung *bubbler*

Gambar 3.3 menunjukkan tabung *bubbler* yang berfungsi sebagai tempat/wadah gas HHO yang telah dhasilkan dari generator. Tabung ini didesain memiliki 2 lubang yang berada di sisi-sisi tabung. Pada sisi yang pertama dekat dengan tabung *reservoir* terdapat 1 lubang serta pada sisi lainnya dekat dengan kompor yang digunakan untuk mengalirkan gas dari tabung *bubbler* ke kompor.

4. Kalium Hidroksida (KOH)

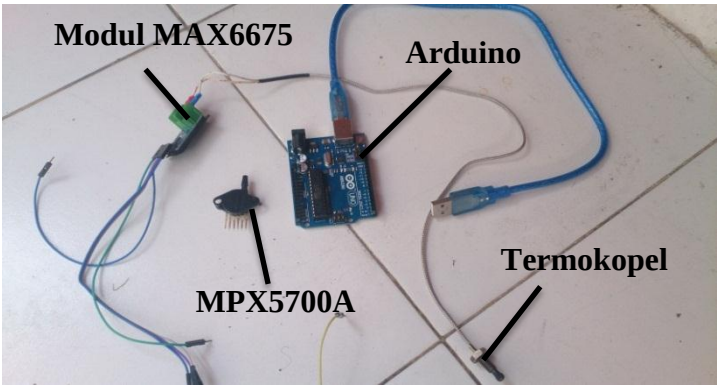
Kalium hidroksida atau bisa disebut potassium hidroksida seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.4.

Gambar 3.4 Kalium Hidroksida

Gambar 3.4 menunjukkan kalium hidroksida sebagai bahan katalisator pada larutan elektrolit untuk mempercepat laju reaksi dalam proses elektrolisis air pada generator gas HHO.

5. Rangkaian Elektronik

Rangkaian elektronik digunakan untuk pengukuran fisika dalam ketercapaian/keberhasilan penelitian ini. Rangkaian elektronik ini ditunjukan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian elektronik

Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian elektronik yang terdiri dari komponen:

a. Arduino UNO
   Arduino UNO merupakan perangkat elektronik yang digunakan sebagai mikrokontroler. Perangkat ini bertugas menjalankan intruksi/arahan (*coding*) peniliti untuk mendapatkan data-data yang diinginkan.
b. Modul MAX6675
   Modul MAX6675 digunakan sebagai pembaca tegangan dari termokopel/sensor temperatur yang akan disalurkan ke arduino agar dapat terbaca nilainya.
c. Termokopel Tipe K
   Termokopel Tipe K digunakan sebagai sensor temperatur untuk membaca temperatur api yang dihasilkan oleh kompor.
d. MPX5700AP
   MPX5700AP digunakan sebagai sensor tekanan gas yang dihasilkan oleh generator gas HHO. Sensor ini dapat membaca nilai tekanan dari 0 – 700 bar dengan nilai toleransi ±0.76 bar.

6. Power Supply

Power Supply digunakan sebagai sumber tegangan yang mengalirkan arus DC kedalam generator gas HHO untuk memuculkan proses elektrolisis. seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.6.

Gambar 3.6 *Power supply*

Gambar 3.6 menunjukkan *Power supply* yang digunakan memiliki spesifikasi tegangan 24 V dengan arus 20A.

7. Kompor Gas

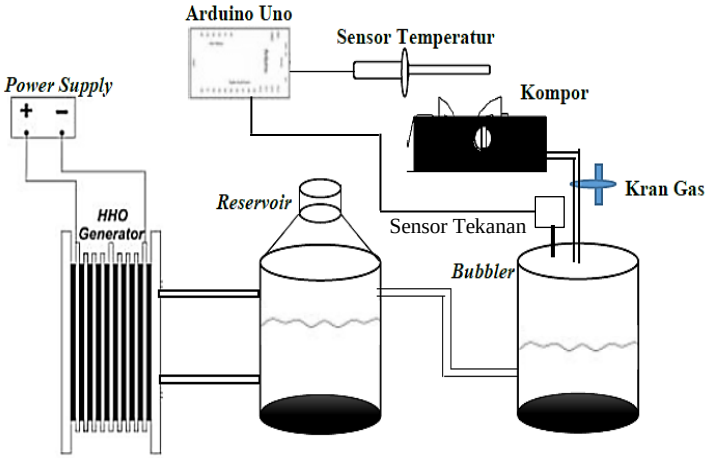
Kompor gas adalah alat untuk mengubah gas HHO yang dihasilkan menjadi api. Bentuk kompor yang digunakan seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.7.

Gambar 3.7 Kompor gas

Gambar 3.7 menunjukkan kompor konvensional gas yang terdiri dari saluran gas dan *burner*. *Burner* dalam kompor tersebut memiliki 4 lubang dalam pembentukan api.

3.2 Pembuatan Alat

Setelah semua komponen didapatkan maka semua komponen dirangkai seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian kompor gas HHO

Gambar 3.8 menunjukkan rangkaian kompor gas HHO yang tersusun dari *power supply* dihubungkan ke generator serta pada generator gas juga dihubungkan dengan dua selang menuju ke tabung *reservoir*. Larutan elektrolit dari tabung *reservoir* dialirkan ke generator gas melalui selang bawah sedangkan gas HHO yang dihasilkan akan keluar melalui selang atas yang meuju ke tabung *reservoir*. Setelah itu gas HHO akan mengalir menuju ke tabung *bubbler* melalui selang yang tersambung diantara tabung *reservoir* dan tabung *bubbler*. Dari tabung *bubbler*, gas akan mengalir ke 2 selang. Selang yang pertama akan menuju ke sensor tekanan MPX5700AP. Nilai tekanan akan muncul ke layar serial monitor melalui aplikasi Arduino Genuino. Selang kedua akan mengalirkan gas menuju saluran kompor gas yang melewati saluran kran. Gas dari saluran gas

kompor akan menuju ke *burner*. Setelah semua komponen sudah terhubung, maka *power supply* dihidupkan. Kompor harus dalam keadaan *off* dan ditunggu sekitar 3 menit. Setelah itu, kompor dinyalakan dan Gas HHO akan keluar melalui *burner*. Gas HHO tersebut dibakar dengan pemantik api. Api yang keluar di ukur suhunya dengan termokopel dan modul MAX6675.

Pada Tugas Akhir ini memerlukan modifikasi dalam pembentukan kompor yang terletak di *burner* gas. Untuk dapat membuat gas HHO menjadi api diperlukan tekanan yang besar. Maka dari itu, desain *burner* yang awalnya terpisah dari kompor seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.9.

Gambar 3.9 Kompor dengan Saluran gas dan *burner* yang terpisah

Gambar 3.9 menunjukkan desain awal kompor, sehingga diperlukan perekatan karena jika *burner* tidak direkatkan maka lubang/celah antara *burner* dengan saluran gas semakin besar yang membuat tekanan gas keluaran menjadi kecil sehingga api tidak dapat dihasilkan.

Maka dari itu perlu untuk merekatkan *burner* dengan saluran gas untuk memperkecil celah dalam penghasilan api dengan menggunakan lem *epoxy* yang tahan panas serta kuat untuk merekatkan *burner* dengan saluran gas seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.10.

Gambar 3.10 Perekatan *burner* dengan saluran gas

Gambar 3.10 menunjukkan perekatan burner dengan saluran gas untuk memperkecil celah sehingga dapat menghasilkan tekanan *output* yang besar.

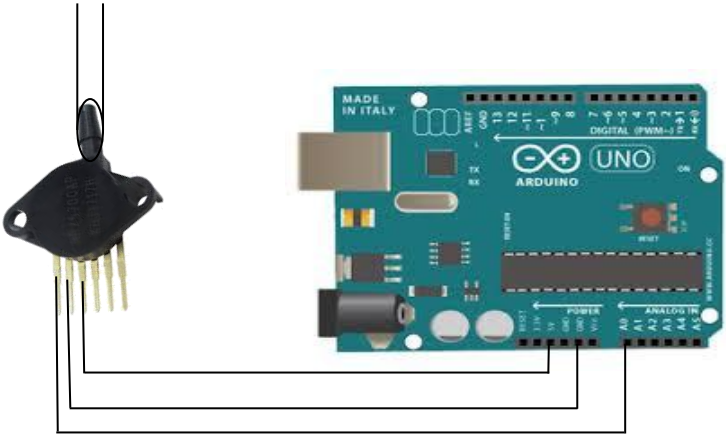
3.3 Pengambilan Data

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengambilan data berupa data tekanan gas HHO, temperatur api yang dihasilkan, serta ketinggian api yang dikeluarkan melalui *burner*. Berikut adalah skema serta tata cara dalam pengambilan data tersebut.

a. Data Tekanan

Data tekanan gas ini diperoleh dari sensor yang terhubung melalui tabung *bubbler*. Sensor yang digunakan adalah MPX5700AP. Skema perangkaiannya seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.11.

'

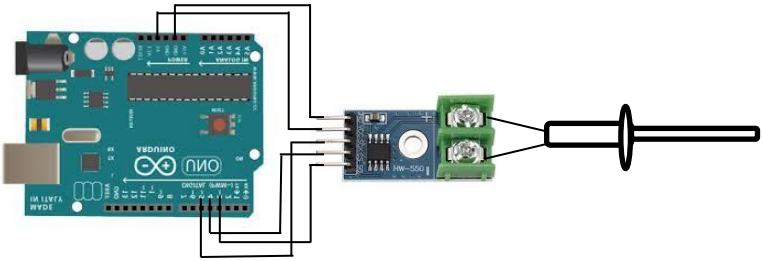


Gambar 3.11 Skema pengambilan data tekanan

Gambar 3.11 menunjukkan skema pengambilan data tekanan yang terdiri dari sensor MPX5700AP yang memiliki 6 pin yang dihubungkan ke pin arduino uno. Hanya digunakan 3 pin dari MPX5700AP yang digunakan. Pin 1 dihubungkan ke pin A0, pin 2 dihubungkan ke pin gnd, dan pin 3 dihubungkan ke pin 5V. Setelah data tekanan mucul di layar monitor maka data dicatat.

b. Data Temperatur

Data temperatur diperoleh dari termokopel yang tersambung dengan modul MAX6675 yang ditaruh tepat diatas *burner*. Skema perangkaiannya seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.12.

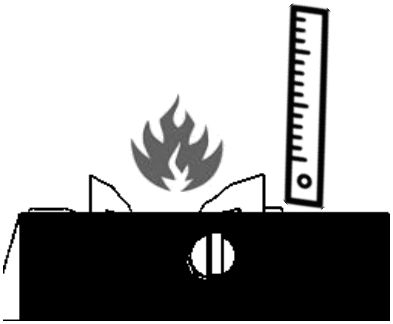


Gambar 3.12 Skema pengambilan data temperatur

Gambar 3.12 menunjukkan skema pengambilan data temperatur yang terdiri dari modul MAX6675 beserta termokopel yang disambungkan pada arduino uno. Terdapat 5 pin pada modul MAX6675. Dari atas, Pin 1 dihubungkan ke pin gnd, pin 2 dihubungkan ke pin 5V, pin 3 dihubungkan ke pin 5, pin 4 dihubungkan ke pin 4, serta pin 5 dihubungkan ke pin 3. Setelah data temperatur mucul di layar monitor maka data dicatat.

c. Data Ketinggian Api

Data ketinggian api diperoleh ketika kompor dinyalakan lalu api yang keluar diukur menggunakan penggaris. Skema perangkaiannya seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.13.

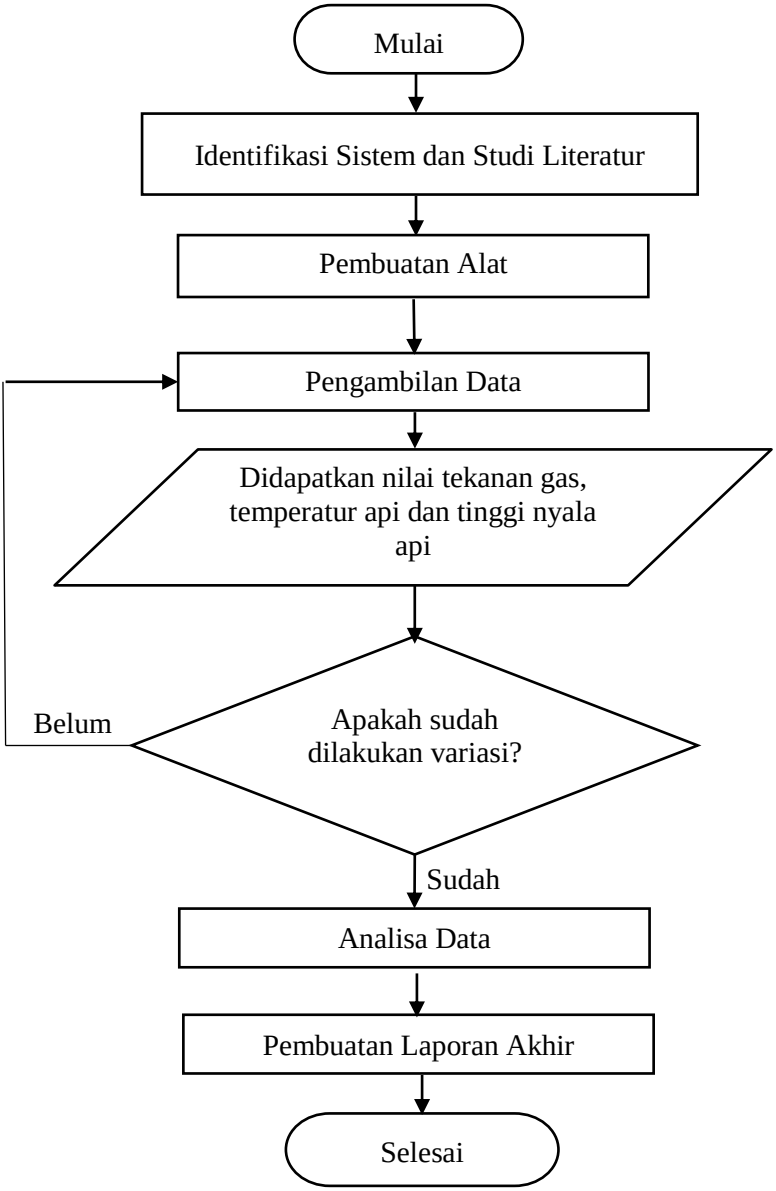


Gambar 3.13 Skema pengambilan data ketinggian api

Gambar 3.13 menunjukkan skema pengambilan data ketinggian api yang terdiri dari penggaris yang diletakkan didekat *burner* api. Setelah api keluar, dicatat ketinggian api dari kompor.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini yang ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Diagram alir penelitian

Gambar 3.14 menunjukkan diagram alir atau langkah – langkah peneliti dalam menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir ini.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada Tugas Akhir ini rancang bangun kompor ditunjukan pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Rancang bangun kompor gas HHO

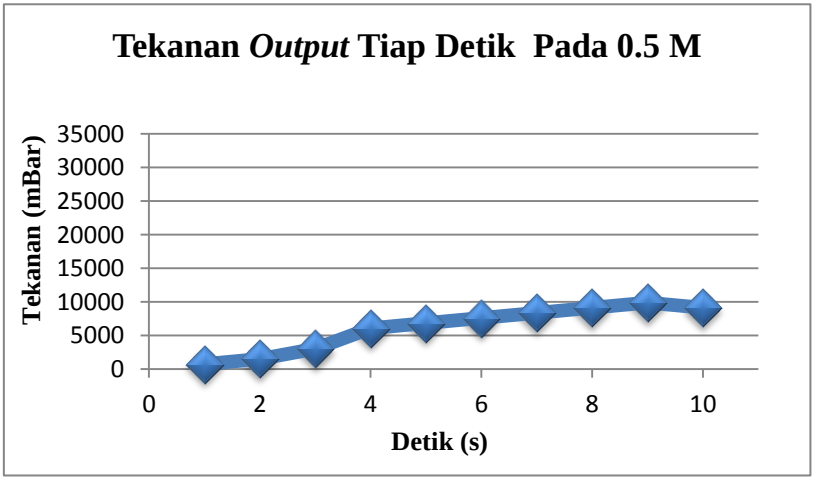
Gambar 4.1 menunjukkan rancang bangun kompor gas HHO. Tugas Akhir ini mengambil data uji coba berupa nilai tekanan *output*, temperatur api, serta ketinggian nyala api yang dihasilkan dengan variasi molaritas larutan elektrolit (KOH + air) sebesar 0,5 M, 1,0 M, dan 1,5 M. Hasil data ini dapat dilihat di Lampiran 1.

4.2 Analisa Hasil

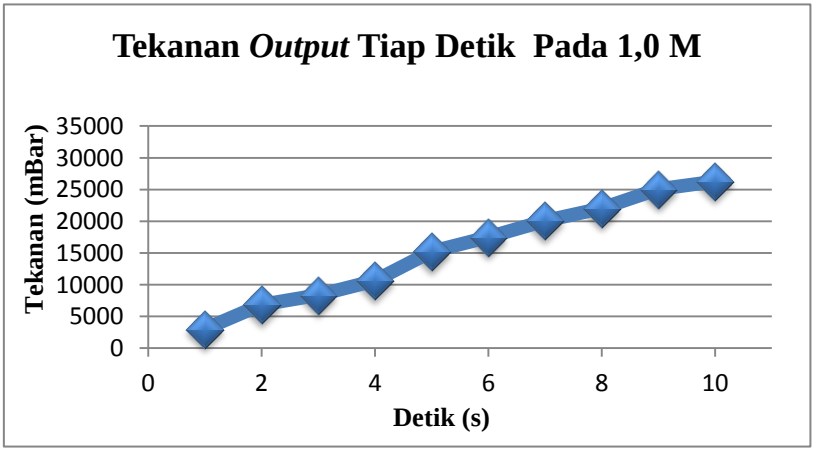
Dari hasil data yang telah didapat kemudian dianalisa untuk mendapatkan hubungan antara tekanan output terhadap pembentukkan api, nyala tinggi api tiap molaritas larutan, serta perubahan suhu tiap detiknya pada tiap molaritas larutan.

4.2.1 Hubungan Tekanan Output Gas Terhadap Pembentukkan Api

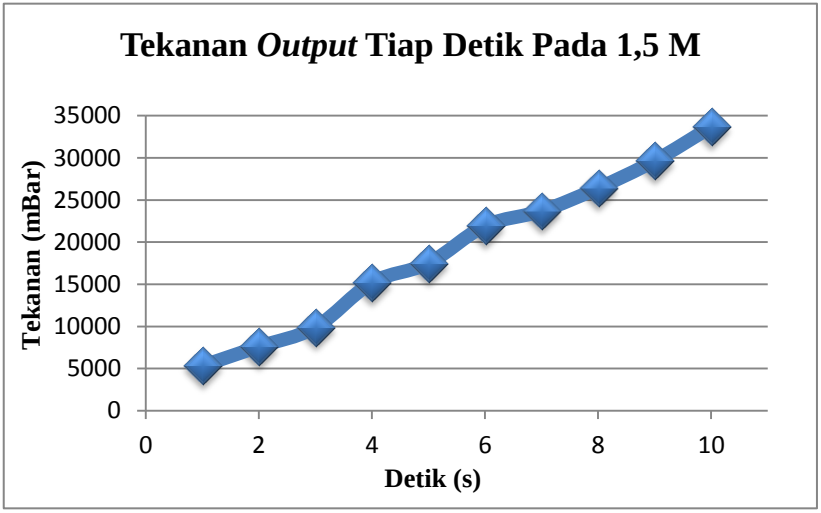
Hubungan antara data tekanan *output* gas terhadap pembentukkan api dikaitkan dengan data tekanan *output* tiap detiknya yang dapat dilihat seperti pada Gambar 4.2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.2 Tekanan *output* tiap detik (a) pada 0,5 M (b) pada 1,0 M dan (c) pada 1,5 M

Gambar 4.2 menunjukkan grafik tekanan *output* tiap detik pada setiap konsentrasi yang diuji cobakan. Pada Gambar 4.2(a) menunjukan grafik data tekanan *output* tiap detik pada konsentrasi 0,5 Molaritas, Gambar 4.2(b) pada konsentrasi 1 Molaritas, dan Gambar 4.2(c) pada konsentrasi 1,5 Molaritas. Data diambil dengan memproduksi gas HHO dengan kondisi sistem terisolasi.

Dari data tekanan tersebut dihubungkan dengan pembentukkan api pada kompor dengan menyulut gas dengan pemantik sehingga didapatkan data pembentukkan api tiap konsentrasi larutan seperti yang ditunjukan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pembentukkan api tiap konsentrasi larutan

No	Molaritas (M)	Pembentukkan Api
1	0,5	Percikan Api
2	1,0	Api Kecil
3	1,5	Api Sedang

Tabel 4.1 menunjukkan pembentukkan api tiap konsentrasi larutan yang dapat dihubungkan dengan gambar 4.2 bahwa tekanan *output* gas berdampak pada pembentukkan api pada kompor, pada Tugas Akhir ini api akan menyala pada tekanan *output* sebesar (8362,64±0,01) mbar.

4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Ketinggian Api

Data pengaruh konsentrasi larutan terhadap ketinggian api yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

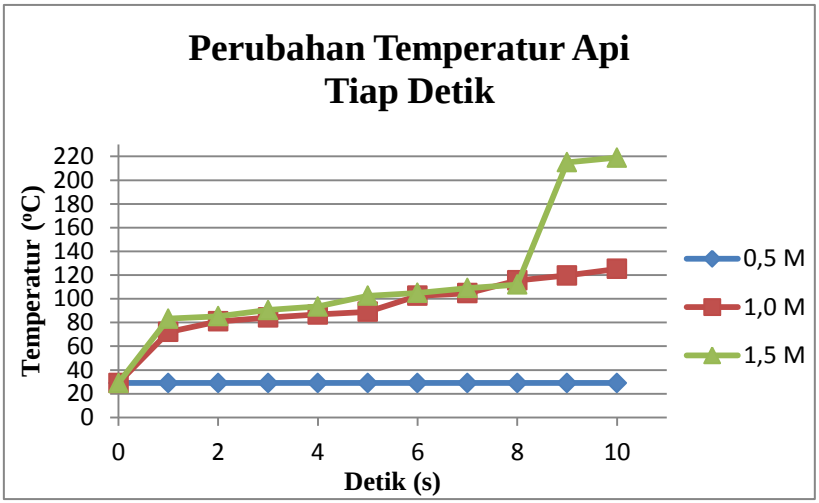
Tabel 4.2 Data pengaruh konsentrasi larutan terhadap ketinggian api

No	Molaritas (M)	Tinggi Api (Cm)
1	0,5	0
2	1,0	1,5±0,5
3	1,5	3,0±0,5

Pada Tabel 4.2 menunjukkan data pengaruh konsentrasi larutan terhadap ketinggian api bahwa pada larutan 1,5 Molaritas menghasilkan tinggi api yang paling tinggi yaitu sebesar (3,0±0,5) cm sehingga semakin besar molaritas larutan yang digunakan mengakibatkan tinggi api yang dihasilkan akan semakin tinggi.

4.2.3 Perubahan Temperatur Api Pada Setiap Konsentrasi Larutan

Perubahan temperatur api kompor pada setiap konsentrasi larutan dapat dilihat dengan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Perubahan temperatur api pada setiap konsentrasi larutan

Gambar 4.3 menunjukkan grafik perubahan temperatur pada setiap konsentrasi larutan dimana garis berwarna biru merupakan data pada larutan 0,5 Molaritas, garis berwarna merah merupakan data larutan 1,0 Molaritas, dan garis berwarna hijau merupakan data larutan 1,5 Molaritas.

4.3 Pembahasan

Tugas Akhir ini menggunakan alat dan bahan yang sama dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh saudara Yama Fanani dengan judul "Optimasi Produksi Gas HHO dengan Menggunakan Katalisator Potasium Hidroksida (KOH) pada Generator HHO Tipe *Dry Cell* Sebagai Bahan Bakar Mesin Las". Perbedaan penilitian ini adalah terletak pada penggunaan gas HHO dimana gas yang dihasilkan digunakan sebagai bahan bakar kompor serta rancang bangun kompor yang dibuat menggunakan generator gas HHO

dimana pada Tugas Akhir ini, kompor dapat menghasilkan gas HHO serta memanfaatkannya sebagai bahan bakar dari kompor tersebut.

Tugas Akhir ini menggunakan variasi konsentrasi larutan berupa 0,5 M, 1,0 M, serta 1,5 M. Penggunaan variasi konsentrasi ini untuk melihat perbedaan energi aktivasi dan laju reaksi pada proses elektrolisis air untuk menadi gas HHO. Dari hasil yang telah didapat kemudian dianalisa untuk mendapatkan hubungan antara tekanan *output* terhadap pembentukkan api, nyala tinggi api tiap molaritas larutan, serta perubahan temperatur api tiap detiknya pada tiap molaritas larutan. Hasil ini digunakan sebagai ketercapaian keberhasilan Tugas Akhir yang dilakukan.

Pada Tugas Akhir ini, api dapat tercipta ketika gas HHO yang dihasilkan memiliki nilai tekanan minimum sebesar (8362,64±0,01) mBar. Untuk menghasilkan nilai tekanan *output* tersebut diperlukan waktu untuk generator gas HHO pada menghasilkan gas terus menerus dengan syarat kompor pada keadaan *off* serta tidak ada celah/lubang untuk gas keluar dari sistem tersebut dengan maksud tidak ada pengaruh udara dari luar. Alasan dilakukannya hal ini karena ketika generator gas HHO menghasilkan gas terus menerus sementara sistem pada keadaan terisolasi maka *flow rate* (aliran fluida tiap detiknya) akan bertambah terus menerus yang membuat tekanan gas pada tabung akan meningkat. Hal ini dilakukan hingga nilai tekanan *output* mencapai nilai minimum agar gas dapat dirubah menjadi api pada kompor. Seperti yang ditunjukan pada Gambar 4.2 serta Tabel 4.1 tentang hubungan tekanan output terhadap pembentukkan api, pada variasi larutan 0,5 M tidak terbentuk api dikarenakan memerlukan waktu yang cukup lama agar tekanan mencapai tekanan minimum pada pembentukkan api. Pada variasi ini hanya muncul percikan api yang kemudian langsung mati sehingga peneliti tidak bisa mengukur kualitas api yang dihasilkan berupa ketinggian api serta temperatur api. Pada variasi larutas 1,0 M terbentuk api kecil. Pada variasi ini, terjadi kebocoran kecil pada

tabung *bubbler* serta kompor sehingga mempengaruhi pada api yang dihasilkan. Pada variasi larutan 1,5 M terbentuk api sedang. Pada variasi ini, terjadi kebocoran besar pada tabung *bubbler*, kompor, serta generator gas HHO. Hal tersebut menjelaskan bahwa hasil tekanan gas *output* yang dihasilkan berdampak pada pembentukkan api pada kompor.

Salah satu cara untuk mengetahui kualitas api yang optimal adalah dengan cara mengukur ketinggian api yang cocok untuk digunakan sebagai kompor. Pengaruh ketinggian api disebabkan oleh tekanan *output* yang dihasilkan oleh generator gas. Tekanan *output* ini bergantung pada kosentrasi larutan yang digunakan. Semakin besar konsentrasi larutan maka tekanan *output* gas juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan konsentrasi larutan sangat berdampak pada *flow rate* gas pada generator gas. Semakin besar konsentrasi larutan maka semakin cepat produksi gas HHO yang dihasilkan. Pada Tabel 4.2 menjelaskan bahwa pada konsentrasi larutan 0,5 M hanya menghasilkan percikan api sehingga tidak bisa diukur oleh peneliti. Pada konsentrasi larutan 1 M menghasilkan api kecil dengan ketinggian (1,5±0,5) cm. Pada proses pengukuran api terjadi kebocoran kecil pada *burner* yang membuat api semakin lama akan semakin mengecil hingga mati. Pada konsentrasi larutan 1,5 M menghasilkan api sedang dengan ketinggian (3,0±0,5) cm. Pada proses pengukuran, terjadi kebocoran yang cukup besar yang membuat ledakan pada kompor terjadi.

Kompor dengan bahan bakar gas HHO menghasilkan temperatur api yang cukup tinggi. Pada Tugas Akhir ini, pengukuran temperatur api tidak bisa dilakukan cukup lama karena menghindari ledakan atau kejadian yang tidak diinginkan akibat kebocoran pada *burner* kompor. Pada Gambar 4.3 menjelaskan bahwa pada konsentrasi 0,5 M temperatur api pada kompor tidak bisa diukur sehingga temperatur yang terukur adalah temperatur ruang pada Tugas Akhir ini. Pada

konsentrasi 1,0 M temperatur api yang dihasilkan mampu mencapai (125,25±0,01) ^{o}C. Pada larutan 1,5 M menghasilkan temperatur yang mencapai (219,00±0,01)^{o}C. Dilihat pada grafik untuk variasi 1,5 M, pada detik ke 1 – 8, terjadi kesalahan pada pengukuran karena sensor temokopel yang digunakan tidak sensitif sehingga data yang didapat kurang signifikan. Pengukuran temeperatur ini dapat terus meningkat tiap pertambahan detiknya namun peniliti tidak bisa melanjutkan pengukurannya dikarenakan terjadi kebocoran gas.

Pada Tugas Akhir ini, dari ketiga variasi yang dilakukan, konsentrasi larutan 1,5 M menjadi variasi yang paling efektif jika digunakan sebagai bahan bakar kompor. Pada variasi ini, larutan memiliki sifat konduktivitas listrik yang cukup baik sehingga sangat mudah terelektrolisis yang menyebabkan sangat cepat pada memproduksi gas HHO serta *flow rate* yang cukup optimal sehingga dapat mencapai nilai tekanan 8 bar dengan cepat yang membuat gas HHO memiliki tekanan *output* yang bagus pada pembentukkan api. Pada variasi ini juga menghasilkan api dengan ketinggian yang paling optimal yaitu (3,0±0,5) cm dengan temperatur api (219,00±0,01)^{o}C.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data yang diperoleh pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dibuat kompor yang berdesain generator HHO tipe *dry cell* dimana dapat memproduksi gas HHO serta memanfaatkannya sebagai bahan bakar dari kompor tersebut,
2. Tekanan *output* gas berdampak pada pembentukkan api pada kompor dengan nilai tekanan *output* yang dibutuhkan kompor dalam menghasilkan api adalah (8362,64±0,01) mbar,
3. Pada konsentrasi larutan 0,5 M menghasilkan percikan api, konsentrasi 1 M menghasilkan temperatur api (125,25±0,01) ^{o}C serta temperatur api yang paling tinggi pada konsentrasi larutan 1,5 M dengan temperatur (219±0,01) ^{o}C,
4. Nyala api yang optimal terjadi pada konsentrasi larutan 1,5 M dengan ketinggian api yang dihasilkan (3,0±0,5) cm serta temperatur api (219,00±0,01) ^{o}C.

5.2 Saran

Dari Tugas Akhir ini, saran yang dapat diberikan oleh peneliti berupa:

1. Diperlukan pengelasan pada *burner* dengan saluran kompor supaya tidak terjadi kebocoran,
2. Diperlukan *hydrogen cooler* untuk menstabilkan tekanan gas, menjaga temperatur generator, dan dapat menjaga temperatur api kompor dalam kondsi yang optimal,

3. Diperlukan tabung *reservoir*, tabung *bubbler*, serta *seal* antar plat yang lebih kuat dalam tekanan tinggi,
4. Diperlukan alat ukur tekanan pada ujung *burner* untuk memastikan nilai minimum yang diperlukan dalam menghasilkan api pada kompor,
5. Diperlukan alat ukur yang *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

Alberty, Robert, 1992. “Kimia Fisika Jilid 1 Edisi Kelima”. Erlangga : Jakarta

Anggraeni R, 2019. *https://ekbis.sindonews.com/read/1378831/34/faisal-basri-sebut-cadangan-minyak-indonesia-akan-habis-tahun-2026-1550161361,* dilihat 25 Februari 2020

Astuti dan Juliani, 2018. “Tinjauan Hukum Tentang Penataan Pendistribusian Gas Elpiji 3 Kilogram Pada Pangkalan Gas Elpiji di Kabupaten Cianjur”. Vol 2 (1) hlm. 43-56

Bhardwaj, Shrikant dkk. 2014. “Effect Of Brown Gas On The Performance Of A Four Stroke Gasoline Engine”. Vol 4(1) hlm. 300-308

Chandra S dan Kawano DS, 2014. “Optimalisasi Generator Gas HHO Tipe Wet Cell Dimensi 160x160 mm Dan 120x120 mm Dengan Penambahan Digital Pulse Width Modulation Dan Netral Plat”. Surabaya : ITS Library

Chang, Raymond. 2004. “Kimia Dasar Konsep-Konsep Int Jilid 1”, Edisi ketiga, Jakarta: Erlangga, hlm 90.

Desnelli, D. 1998. “Pengaruh Lumpur Bekas Pemboran Sumur Minyak Terhadap Pencemaran Lingkungan”. Nomer 3 hlm. 25-30.

Fanani, Yama, 2019. “Optimasi Produksi Gas Hho Dengan Menggunakan Katalisator Potasium Hidroksida (KOH) Pada Generator Hho Tipe Dry Cell Sebagai Bahan Bakar Mesin Las”. Surabaya : ITS

Fouda, A.S. dan Ellithy, A.S. 2009. “Inhibition Effect of 4 Phenyltiazole derivatives on corrosion of 304L Stainless Steel in HCl Solution”. Vol (85) hlm. 868-875.

General Electric, 2011. *https://nationalgeographic.grid.id/read/13279825/solusi-menguntungkan-dari-pembakaran-gas-alam*, dilihat 26 Juli 2020

Ghiffari, Y. A. 2013. “Studi Karakteristik Generator Gas HHO Tipe Dry Cell dan Wet Cell berdimensi 80 x 80 mm dengan Penambahan PWM E-3 FF (1 kHz)”. Vol 1(1) hlm. 1-6

Jambukiya B.K, Patel K.B, Rathod G and Patel TM. 2016. “Effect of HHO gas on fuel consumption and brake thermal efficiency of four stroke spark ignition engine with variable compression ratio”. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. 13(2) hlm. 74-80

McMurry J., dkk, 2001. “Chemistry. United States of America” : Pearson Education Inc..

Premkartikkumar S.R, Annamalai K and Pradeepkumar A.R 2014 “Effectiveness of oxygen enriched hydrogen-HHO gas addition on DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics”. Thermal Science 18(1) hlm. 259-68

Rachman FF, 2017. *https://finance.detik.com/energi/d-3446237/kenapa-ri-harus-beralih-dari-bbm-ke-bbg-ini-kata-jonan*, dilihat 24 Februari 2020

Saputra, Ari, 2012. “Studi Eksperimen Penambahan Gas HHO dengan Bahan Bakar Kerosene Terhadap Distribusi

Temperatur Nyala Api Tekan (Blowtorch) dengan Generator HHO Tipe Kering". Surabaya : ITS Library

Sebastian, Otto. 2013. "Analisa Efisiensi Elektrolisis Air dari Hydrofill Pada Sel Bahan Bakar". Vol 2(12)

Silaen C, Kawano S., 2014. "Optimalisasi Generator Gas HHO Tipe Wet Cell Dimensi 160x160 mm & 120x120mm Dengan Penambahan Digital Pulse Width Modulation Dan Netral Plat". JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, Hal 1-9.

Sudarmo. 2007. "Kimia Jilid 2". Jakarta : Phibeta

Suryadi, L. 2012. "Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Pendistribusian Gas LPG Bersubsidi dengan Metodologi Object Oriented Studi Kasus PT. XYZ". Vol 1(5).

Wahyono, Yoyon dkk. 2017. "Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Metode Elektrolisis dari Elektrolit Air dan Air Laut dengan Penambahan Katalis NaOH". Vol 6(4) hlm. 353- 359.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Percobaan

Tabel 1. Data tekanan output (Bar) pada tiap variasi konsentrasi larutan

No	Molaritas		
	0,5 M	1 M	1,5 M
1	0,760	3,041	5,322
2	1,521	6,842	7,600
3	3,041	8,363	9,883
4	6,082	10,643	15,205
5	6,842	15,205	17,486
6	7,602	17,486	21,930
7	8,363	20,527	23,690
8	9,123	22,047	26,410
9	9,883	25,088	29,649
10	9,123	26,253	33,670

Tabel 2. Data kenaikan temperatur api (^{o}C) kompor pada tiap variasi konsentrasi larutan

No	Molaritas		
	0,5 M	1 M	1,5 M
1	29,00	72,00	83.25
2	29,00	81,00	85,25
3	29,00	84,25	90,25
4	29,00	86,75	93,50
5	29,00	89,00	102,50
6	29,00	102,50	105,00

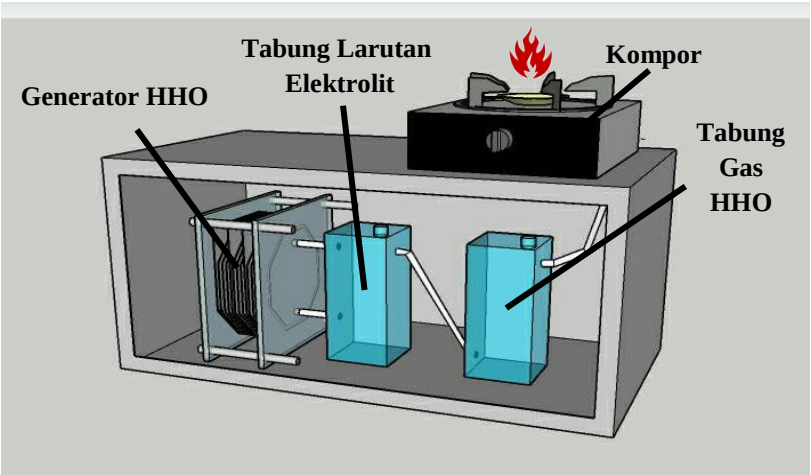
7	29,00	104,75	109,00
8	29,00	115,50	112,00
9	29,00	119,75	215,00
10	29,00	125,25	219,00

Lampiran 2. Coding Pemrograman Sensor Tekanan dan Temperatur

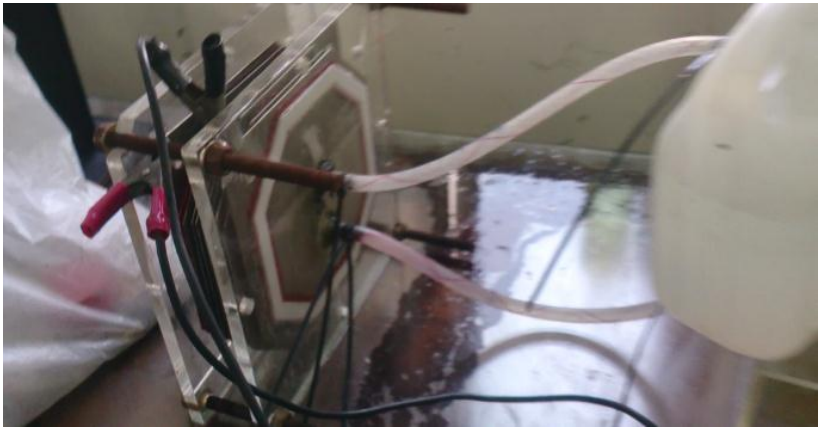
```
#include "max6675.h"
#include "Wire.h"

int ktcSO = 3;
int ktcCS = 4;
int ktcSCK = 5;

int x;
float v;
float Pressure;

MAX6675 ktc(ktcSCK, ktcCS, ktcSO);
unsigned long int milli_time;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARSHHET");
  Serial.println("Temperatur C, Pressure");
  delay (500);
}

void loop() {
  milli_time = millis();
```

```
  x = analogRead(A0);
  v = x*(5.0/1023.0);
  Pressure = ((((v/5.0)-0.04)/0.0012858) - 96.61135); //Satuan
Bar

  Serial.print("Deg C = ");
  Serial.print(ktc.readCelsius());
  Serial.print("Deg F = ");
  Serial.println(ktc.readFahrenheit());

  Serial.print(ktc.readCelsius());
  Serial.print(",");
  Serial.println(Pressure);
  delay(1000);
}
```

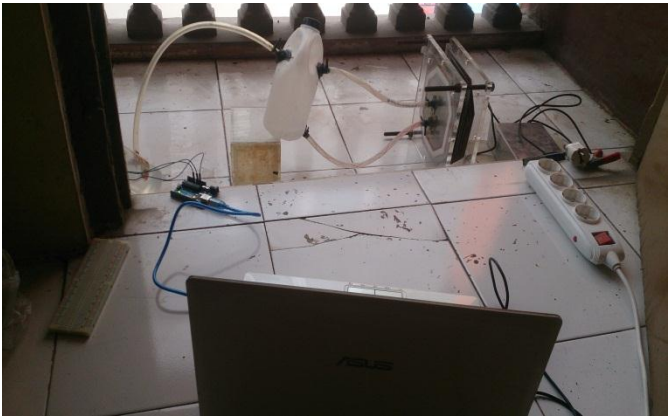
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Desain 3D rancangan alat



Gambar 2. Generator bekerja menghasilkan gas HHO



Gambar 3. Pengujian alat

Gambar 4. Hasil api pada molaritas 1,0 M

Gambar 5. Hasil api pada molaritas 1,5 M

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 4. Biodata Penulis

Nama lengkap saya Muhammad Rizqi Mubarok. Saya biasa dipanggil dengan panggilan Barok. Saya lahir di Gresik pada tanggal 18 November 1997. Saya memiliki orang tua yang bernama ayah Alm. H. Chafid Salam dan ibu Hj. Latifatul Hanim. Riwayat pendidikan saya adalah SDNU 1 Trate Gresik lulus tahun 2010, SMPN 3 Gresik lulus tahun 2013, SMAN 1 Kebomas lulus tahun 2016, dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Fisika lulus pada tahun 2020. Pengalaman yang saya dapatkan selama kuliah cukup banyak, mulai dari saya menjadi Kepala Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMASIKA ITS, menjadi Koordinator Sie Perlengkapan Physics Summit 7th, menjadi Asisten Laboratorium dan Asisten Dosen Fisika Dasar, serta pernah ikut serta membawa nama baik ITS dalam ajang PIMNAS ke 32 di UDAYA Bali. Motto hidup yang sampai saat ini saya pegang adalah “Do what you think is good despite the risk” artinya lakukan apa yang menurutmu baik untuk anda maupun orang lain dan mengesampingkan resikonya karena hal itu pasti akan berbalik baik pada anda.

mrizqimubarok20@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”