

**PENGARUH MEKANIK MEDAN LISTRIK SEARAH
TERHADAP TRANSFORMASI FASA AIR DEMINERALISASI
DAN AIR KONDENSASI UNTUK LAJU PRODUKSI GAS H₂**

Skripsi



Diusulkan Oleh:

Naza Irsyad

3331200104

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN**

2024

**PENGARUH MEKANIK MEDAN LISTRIK SEARAH
TERHADAP TRANSFORMASI FASA AIR DEMINERALISASI
DAN AIR KONDENSASI UNTUK LAJU PRODUKSI GAS H₂**

Skripsi

**Untuk Memenuhi Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S1
Pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Diusulkan Oleh:

Naza Irsyad

3331200104

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN**

2024

TUGAS AKHIR

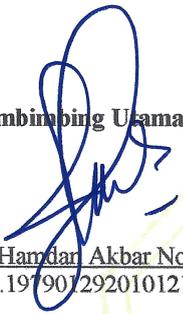
Pengaruh Mekanik Medan Listrik Searah Terhadap Transformasi Fasa Air Demineralisasi dan Air Kondensasi Untuk Laju Produksi Gas H₂

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

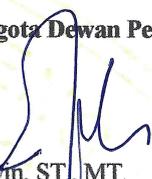
Naza Irsyad
3331200104

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 26 Juni 2023

Pembimbing Utama

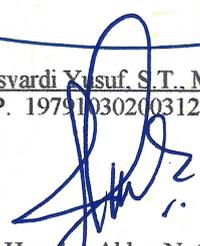

Dr. Hamdar Akbar Notonegoro, S.Si., M.Si.
NIP.197901292010121002

Anggota Dewan Penguji


Dr. Erwin, ST., MT.
NIP.197310062009121001


Prof. Dr. Eng. Ir. Hendra, S.T., M.T.
NIP.197311182003121000


Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.
NIP. 197910302003121001


Dr. Hamdar Akbar Notonegoro, S.Si., M.Si.
NIP.197901292010121002


Prof. Dr. Eng. Ir. Hendra, S.T., M.T.
NIP.197311182003121000

**Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal, 17 Juli 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP. 198305102012121006



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda-tangan dibawah ini,

Nama : Naza Irsyad

NPM : 3331200104

Judul : Pengaruh Mekanik Medan Listrik Searah Terhadap Transformasi Fasa
Air Demineralisasi Dan Air Kondensasi Untuk Laju Produksi Gas H₂

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Juni 2024



Naza Irsyad

NPM. 3331200104

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat, nikmat dan hidayahnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Proposal ini berisi tentang “Pengaruh Mekanik Medan Listrik Searah Terhadap Transformasi Fasa Air Demineralisasi Dan Air Kondensasi Untuk Laju Produksi Gas H₂”. skripsi ini penulis susun secara cepat dengan bantuan dan dukungan berbagai pihak diantaranya;

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Dr. Hamdan Akbar Notonegoro, S.Si., M.Si Selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing penulis.
3. Dr.Eng Hendra, S.T., M.T Selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing penulis.
4. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Seluruh staff dan jajaran dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Orang tua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
7. Teman-teman dari Teknik Mesin Universitas Sultan AgengTirtayasa.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir

Oleh karena itu penulis sampaikan terima kasih atas waktu, tenaga dan pikirannya yang telah diberikan. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Sehingga penulis selaku penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk penulis khususnya, dan masyarakat Indonesia umumnya.

Cilegon, Juni 2024

Naza Irsyad

ABSTRAK

PENGARUH MEKANIK MEDAN LISTRIK SEARAH TERHADAP TRANSFORMASI FASA AIR DEMINERALISASI DAN AIR KONDENSASI UNTUK LAJU PRODUKSI GAS H₂

NAZA IRSYAD

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Hidrogen merupakan bahan bakar ramah lingkungan, oleh karena itu jangkauan penerapannya berkembang pesat. Salah satu metode paling efektif untuk memproduksi gas hidrogen dengan tingkat kemurnian tinggi adalah polarisasi plat sejajar. Penelitian mengenai pemecahan molekul air ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya, dimana ditemukan kerusakan pada elektroda. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi transformasi fasa air demineralisasi dan air kondensasi akibat pengaruh mekanik gaya listrik. Mengidentifikasi transformasi fasa air demineralisasi dan air kondensasi pada medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C. Mengidentifikasi dampak terendah akibat proses transformasi fasa pada air demineralisasi dan air kondensasi. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan air demineralisasi dan air kondensasi dengan rentang medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C, dengan pencatatan volume gas per 1 menit pada masing-masing medan listrik. Hasil yang didapatkan menunjukkan pemisahan senyawa air berhasil menghasilkan gas H₂/O₂, dengan air demineralisasi menghasilkan sekitar 5,5 mL/menit pada medan listrik 9.000 N/C, dan air kondensasi menghasilkan sekitar 3,2 mL/menit pada medan listrik 8.000 N/C. Pada air demineralisasi memiliki nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) yang tidak stabil, sedangkan pada air kondensasi memiliki nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) yang cenderung stabil.

Kata Kunci: *Air Demineralisasi, Air Kondensasi, Transformasi Fasa, Volume, TDS.*

ABSTRACT

THE MECHANICAL INFLUENCE OF UNIDIRECTIONAL ELECTRIC FIELDS ON THE PHASE TRANSFORMATION OF DEMINERALISED WATER AND CONDENSATED WATER FOR H₂ GAS PRODUCTION RATES

NAZA IRSYAD

Department of Mechanical Engineering, Sultan Ageng Tirtayasa University

Hydrogen is an environmentally friendly fuel, which is why its scope of application is expanding rapidly. One of the most effective methods for producing hydrogen gas with a high degree of purity is the polarization of parallel plates. The research on the disintegration of water molecules is an extension of previous research, which found damage to the electrode. The objective of this study is to identify the phase transformation of demineralization water and condensation water due to mechanical influences of electrical power. It identifies the transformation phase of de-mineralisation water and of condensed water in the fields of 6000 N/C, 7000 N / C, 8000 N/ C, 9000 N / c and 10,000 N /C. Identifies the lowest impact of the process of phase conversion on demineralization water and condensation water. The results showed that separation of water compounds produced H₂/O₂ gases, with demineralized water producing about 5.5 mL/min at 9.000 N/C field, and condensed water generating about 3.2 mL / min at 8.000 N / C field. On demineralized water has an unstable Total Dissolved Solids (TDS) value, whereas on condensated water has a Total Dissolved Solid (TDS) value that tends to be stable.

Keywords: *Water Demineralization, Water Condensation, Phase Transformation, Volume, TDS*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jenis Air	4
2.2.1 Air Tanah	4
2.2.2 Air Demineralisasi	4
2.2.3 Air Kondensasi	4
2.2 Metode Pemisahan Molekul Air	5
2.3.1 Elektrolisis	5
2.3.2 Polarisasi Plat Sejajar	6
2.3 Interaksi Mekanik Antara Molekul Polar dan Medan Listrik	7
2.4 Transformasi Fasa Liquid Menjadi Gas Pada Air	8
2.5 Sensor MQ-8	9
2.6 <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS)	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	12

3.2 Metode Penelitian	14
3.3 Persiapan Penelitian	15
3.3.1 Alat yang Digunakan	15
3.3.2 Bahan yang Digunakan	18
3.3.3 Instalasi Peralatan Penelitian	19
3.4 Prosedur Penelitian	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mengetahui Transformasi Fasa Air Menjadi Gas H ₂ /O ₂	22
4.1.1 Kandungan Gas H ₂ /O ₂ Air Demineralisasi	22
4.1.2 Kandungan Gas H ₂ /O ₂ Air Kondensasi	23
4.1.3 Perbandingan Kandungan Gas H ₂ /O ₂	23
4.2 Membandingkan Volume Gas H ₂ /O ₂ Yang Dihasilkan.....	24
4.2.1 Volume Produksi Gas H ₂ /O ₂ Pada Air Demineralisasi	26
4.2.2 Volume Produksi Gas H ₂ /O ₂ Pada Air Kondensasi.....	27
4.2.3 Perbandingan Volume Produksi Gas H ₂ /O ₂	29
4.3 Membandingkan Kerusakan Melalui Nilai TDS	30
4.3.1 Nilai TDS Hasil Pengujian Air Demineralisasi.....	30
4.3.2 Nilai TDS Hasil Pengujian Air Kondensasi	31
4.3.3 Nilai TDS Hasil Pengujian Air Tanah.....	32
4.3.4 Perbandingan Nilai TDS Hasil Pengujian	33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Elektrolisis.....	5
Gambar 2.2 Polarisasi Plat Sejajar	6
Gambar 2.4 Vibrasi Molekul Air Akibat Medan Listrik	8
Gambar 2.5 Gambar Bagian-bagian Sensor MQ-8	9
Gambar 2.6 Bagian Komponen Sensor MQ-8	10
Gambar 2.7 Sensor Utama MQ-8.....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	12
Gambar 3.2 <i>Power Supply</i>	15
Gambar 3.3 Multitester.....	16
Gambar 3.4 Gelas Ukur dan Tabung Ekspansi Gas	16
Gambar 3.5 TDS & EC Meter	17
Gambar 3.6 <i>Stopwatch</i>	17
Gambar 3.7 Sensor MQ-8.....	18
Gambar 3.8 Air Demineralisasi	18
Gambar 3.9 Air Kondensasi	19
Gambar 3.10 <i>Setup Experiment</i>	19
Gambar 3.11 Proses Penelitian.....	21
Gambar 4.1 Grafik Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Demineralisasi	22
Gambar 4.2 Grafik Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Kondensasi.....	23
Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Gas H ₂ Hasil Produksi	23
Gambar 4.4 Volume Produksi Gas Hidrogen.....	27
Gambar 4.5 Grafik Volume Produksi Gas H ₂ Dari Air Kondensasi	28
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Volume Produksi Gas.....	29
Gambar 4.7 Grafik Nilai TDS Air Demineralisasi	30
Gambar 4.8 Grafik Nilai TDS Air Kondensasi	31
Gambar 4.9 Nilai TDS Air Tanah	32
Gambar 4.10 Pengaruh Perbandingan Nilai TDS.....	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data Waktu dan Arus Dari Pengujian Air Demineralisasi.....	26
Tabel 4.2 Volume Produksi Gas H ₂ /O ₂ Dari Air Demineralisasi.....	26
Tabel 4.3 Data Waktu dan Arus Dari Pengujian Air Kondensasi	27
Tabel 4.4 Volume Produksi Gas H ₂ /O ₂ Dari Air Kondensasi	28
Tabel 4.5 Nilai TDS Air Demineralisasi	30
Tabel 4.6 Nilai TDS Air Kondensasi	31
Tabel 4.7 Nilai TDS Air Tanah	32

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Data Volume Terhadap Konsentrasi Gas Pada Penelitian Sebelumnya	39
Lampiran B Data Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Kondensasi.....	39
Lampiran C Data Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Demineralisasi	41
Lampiran D Data Perbandingan Volume Air Demineralisasi dan Air Kondensasi	43
Lampiran E Coding Sensor MQ-8	43

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama		Pemakaian Pertama Kali Pada Halaman
TDS	<i>Total Dissolved Solids</i>		3
a.u.	Arbitrary Unit		34

Lambang	Nama	Satuan	Pemakaian Pertama Kali Pada Halaman
E	kuat medan listrik	[N/C]	7
k	Coulomb	[Nm ² /C ²]	7
Q	muatan listrik	[C]	7
r	jarak antara muatan	[m]	7
n _e	muatan elektron	[e]	25
e	elektron	[1.6 * 10 ⁻¹⁹]	26
ΣV	Volume hasil perhitungan	[Liter]	27
V	Volume hasil pengujian	[Liter]	27
ΔV	Selisih Volume	[Liter]	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan berkurangnya sumber energi tradisional secara bertahap dan pengembangan bahan bakar ramah lingkungan. Bahan bakar bersih memainkan peran penting di banyak bidang. Hidrogen adalah bahan bakar ramah lingkungan, oleh karena itu jangkauan penerapannya berkembang pesat. Ini banyak digunakan dalam ilmu meteorologi, teknologi dirgantara, industri metalurgi, industri elektronik, pertahanan negara, industri kimia, dan sebagainya, serta penggunaannya juga meningkat pesat (Sun et al., 2021a).

Gas hidrogen dapat diperoleh dari air dengan cara dipisahkan. Air adalah sumber daya alam yang sangat melimpah dan penting bagi kehidupan. Proses penguraian molekul air (H_2O) menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) memerlukan energi listrik sebagai pemicu reaksi. Proses ini terjadi ketika dua elektroda ditempatkan dalam air dan arus listrik dialirkan di antara keduanya. Hidrogen terbentuk di katoda, sementara oksigen terbentuk di anoda. Polarisasi pelat sejajar dikenal sebagai metode produksi hidrogen yang paling efektif dibandingkan dengan elektrolisis air dengan tingkat kemurnian tinggi, namun metode ini terbatas pada skala kecil (Irtas et al., 2021). Proses pemisahannya dilakukan dengan bantuan potensial listrik untuk menghasilkan medan listrik yang akan menarik ion hidrogen dan oksigen sesuai dengan orientasi polaritasnya (Hamdan Akbar Notonegoro, 2008).

Penelitian mengenai pemecahan molekul air ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nikmatul Zuhro pada tahun 2023. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai pemecahan molekul air tanah menjadi hidrogen dan oksigen dengan metode polarisasi sejajar. Transformasi fasa yang terjadi pada metode sebelumnya harus membutuhkan daya yang besar agar molekul air tanah dapat terpecah menjadi fasa gas. Namun dari proses tersebut tidak sepenuhnya menghasilkan gas hidrogen dan gas oksigen melainkan masih terdapat komposisi H_2O dalam fasa gas, selain itu kandungan mineral yang ikut proses transformasi fasa sehingga menghasilkan

kerusakan pada elektroda. Gas yang diperoleh pada penelitian sebelumnya menghasilkan volume 493,31 ml/menit pada medan listrik 8.000 N/C dan terjadi penurunan pada medan listrik 18.000 N/C. Oleh karena itu penelitian ini berusaha untuk mencari solusi alternatif air yang secara ekonomis rendah dan dapat terjadi transformasi fasa gas hidrogen lebih baik dengan medan listrik rendah. Untuk meminimalisir kerusakan elektroda dengan mencoba menggunakan air murni.(Zuhro, 2023).

Alat H₂/O₂ generator terdiri dari dua elektroda logam yang direndam dengan air demineralisasi dan air kondensasi. Jenis air yang digunakan dapat mempengaruhi transformasi fasa liquid menjadi gas, sehingga dapat mempengaruhi laju pemecahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen. Oleh karena itu perlu dipelajari secara mendalam mengenai perbandingan pengaruh air yang digunakan dan tegangan pada Alat H₂/O₂ generator. Terutama untuk mengetahui transformasi fasa yang terjadi dan pengaruh kenaikan medan listrik perbedaan dan volume yang membandingkan hasil tranformasi fasa gas hidrogen yang dihasilkan dari metode sebelumnya dengan metode jenis air murni.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana transformasi fasa H₂ yang terbentuk dari hasil transformasi fasa air demineralisasi dan air kondensasi akibat pengaruh mekanik gaya listrik?
2. Bagaimana transformasi fasa air demineralisasi dan air kondensasi pada medan listrik 6000 N/C, 7000 N/C, 8000 N/C, 9000 N/C dan 10.000 N/C?
3. Bagaimana dampak terendah akibat transformasi fasa antara air demineralisasi dan air kondensasi terhadap elektroda pembangkit medan listrik listriknya?

1.3 Tujuan

Berikut ini merupakan tujuan dari penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi transformasi fasa H_2 yang terbentuk dari hasil transformasi fasa air demineralisasi dan air kondensasi akibat pengaruh mekanik gaya listrik.
2. Mengidentifikasi transformasi fasa air demineralisasi dan air kondensasi pada medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C.
3. Mengidentifikasi dampak terendah akibat transformasi fasa antara air demineralisasi dan air kondensasi terhadap elektroda pembangkit medan listriknya.

1.4 Batasan Masalah

Berikut ini merupakan batasan masalah dari penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini berfokus pada volume H_2/O_2 , arus, waktu dan nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) yang dihasilkan dari alat H_2/O_2 generator.
2. Variasi medan listrik yang digunakan pada proses transformasi fasa yaitu 6000 N/C, 7000 N/C, 8000 N/C, 9000 N/C dan 10.000 N/C.
3. Sumber air yang digunakan untuk proses transformasi fasa ini yaitu; air demineralisasi dan air kondensasi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis Air

2.2.1 Air Tanah

Air tanah merupakan air yang tersimpan di bawah permukaan bumi dalam lapisan tanah atau batuan yang dapat menyimpan air (*akuifer*). Air ini sering dijumpai sebagai sumber air minum setelah dipompa dari sumur. Kandungan air tanah dapat bervariasi tergantung pada lokasi, kedalaman, dan jenis tanah atau batuan yang mengandung air. Air tanah memiliki karakteristik yang berbeda dengan air permukaan (Nugraha et al., 2023).

Biasanya air tanah bersifat jernih, tetapi sering mengandung mineral atau garam yang tinggi karena pengaruh batuan di bawah tanah. Unsur-unsur yang terkandung atau *Total Dissolved Solids* (TDS) pada air tanah biasanya lebih rendah jika dibandingkan daerah atas, perbedaan nilai TDS antara suatu daerah dengan daerah lain cukup tinggi namun biasanya nilai TDS pada air tanah berkisar antara 50-2000 ppm. Unsur dominan yang terkandung yaitu; Na, Ca, Mg, HCO₃, CO₃ dan SO₄ dan Cl (Robert J. Kodoatie, 2021)

2.2.2 Air Demineralisasi

Air demineralisasi merupakan air yang terbuat dari proses pemurnian air sehingga terbebas dari mineral-mineral yang terlarut dalam air. Air demineral tidak dapat diperoleh secara alami pada alam. Air demineralisasi dihasilkan melalui proses deionisasi atau pertukaran ion. Air ini biasanya digunakan dalam aplikasi industri dan laboratorium yang memerlukan air dengan kandungan mineral yang rendah. Air yang mengandung mineral biasanya akan di hilangkan dulu mineralnya sebelum masuk dalam kegiatan proses industri karena air yang mengandung mineral dapat merusak alat yang ada di industri tersebut (Nugraha et al., 2023).

2.2.3 Air Kondensasi

Air kondensasi merupakan air yang terbentuk dari proses kondensasi, di mana uap air mengalami transformasi fasa menjadi cairan. Termasuk pada air yang terkumpul dari proses kondensasi AC atau sistem pendingin lainnya. Air ini memiliki kandungan mineral yang rendah karena berasal dari uap air yang

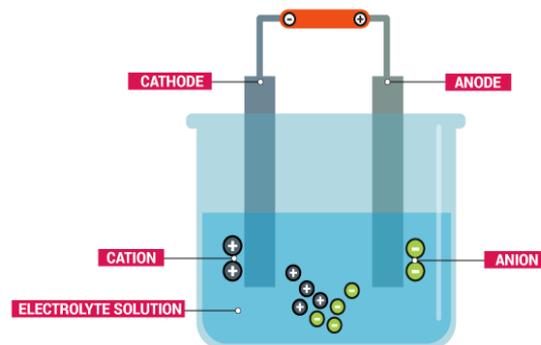
mengembun, tetapi tetap perlu diuji atau diolah jika akan digunakan untuk keperluan tertentu. Kondensasi merupakan proses transformasi fisik, dari fasa gas menjadi fasa cair, ini terjadi ketika uap didinginkan akan berubah menjadi cair, kondensasi uap dimulai dengan pembentukan kelompok atom atau molekul yang lembab dalam volume udara antara fasa gas dan permukaan cairan atau padatan(Rohma Dhani et al., 2022).

2.2 Metode Pemisahan Molekul Air

Metode polarisasi sejajar dan metode elektrolisis adalah dua konsep berbeda yang digunakan dalam memanipulasi materi pada tingkat molekular. Berikut adalah penjelasannya:

2.3.1 Elektrolisis

Elektrolisis merupakan proses pemisahan molekul menjadi senyawa dengan menggunakan arus listrik. Proses ini memerlukan dua elektroda sebagai anoda dan katoda yang ditempatkan dalam larutan elektrolit. Pada anoda, terjadi reaksi oksidasi dimana ion atau molekul kehilangan elektron. Pada katoda, terjadi reaksi reduksi dimana ion atau molekul menerima elektron (Kurnia Ilahi et al., 2022), seperti gambar berikut:



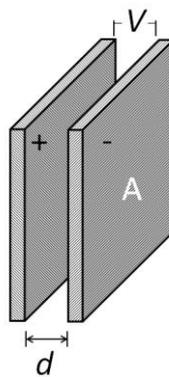
Gambar 2.1 Proses Elektrolisis

Pada metode elektrolisis umumnya menggunakan larutan elektrolit, seperti larutan asam, basa, atau garam yang meningkatkan konduktivitas listrik. Sumber daya listrik yang digunakan adalah arus konstan (DC) yang memberikan arus searah pada reaksi elektrolisis. Selain itu pada proses ini harus memperhatikan deret volta, dimana deret ini menunjukkan kecenderungan relatif dari logam-logam untuk

mengalami oksidasi atau reduksi. Aplikasi elektrolisis biasanya digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen dan oksigen dari air, digunakan untuk memurnikan logam seperti tembaga dan aluminium dan digunakan dalam produksi bahan kimia seperti klorin, natrium hidroksida, dan berbagai senyawa organik (Kurnia Ilahi et al., 2022).

2.3.2 Polarisasi Plat Sejajar

Penggunaan pelat sejajar untuk memutus ikatan senyawa air dianggap lebih efektif. Ketika kedua pelat sejajar tersebut diberikan beda potensial, medan listrik terbentuk di antara mereka, menghasilkan kutub positif dan negatif. Medan listrik menghasilkan gaya pada muatan dalam molekul, menyebabkan molekul sejajar dengan medan listrik. Ujung senyawa yang bermuatan positif mengarah ke medan listrik negatif dan sebaliknya, (Notonegoro, 2008) seperti gambar dibawah;



Gambar 2.2 Polarisasi Plat Sejajar

Medan listrik tersebut akan menghasilkan gaya tarik dan gaya dorong terhadap muatan yang dimiliki atom H dan atom O secara simultan. Sehingga diharapkan produksi gas H₂ bisa lebih banyak. Dalam penelitian ini kami ingin melihat pengaruh kenaikan medan listrik terhadap pemutusan ikatan senyawa H₂O menjadi molekul gas H₂ dan O₂ (Halliday & Resnick, 2010).

Diantara kedua pelat sejajar didalam H₂/O₂ generator, masing-masing unsur pada senyawa air akan mengalami gaya tarik dan gaya tolak akibat adanya medan listrik yang tercipta, sesuai dengan persamaan berikut:

$$F_{H^+} = E \cdot 2q_{H^+} \text{ (repulsive)} \quad (2.1)$$

$$F_{O^-} = E \cdot q_{O^-} \text{ (attractive force)} \quad (2.2)$$

Dengan adanya gaya keseimbangan di antara mereka, terbentuklah ikatan antara satu molekul oksigen dan dua molekul hidrogen. Sudut ikatan H-O-H bisa mencapai $104,5^\circ$, yang menyebabkan terjadinya polarisasi. Di bawah pengaruh medan listrik, orientasi polarisasi air akan mengikuti arah medan listrik tersebut. Seperti yang ditunjukkan oleh persamaan berikut ini:

$$F_{H_2O} = k \frac{q_{H^+} \cdot q_{O^-}}{r_{O-H}^2} \quad (2.3)$$

Ketika gaya tarik menarik antar atom hidrogen dan atom oksigen lebih lemah dibandingkan dengan gaya tarik atom oksigen terhadap medan listrik yang menarik oksigen, akan terjadi proses pemisahan ikatan H_2O . Seperti pada persamaan berikut ini:

$$F_O \rightarrow F_{H_2O} \quad (2.4)$$

Kenaikan medan listrik yang dilakukan di antara pelat yang disusun secara sejajar akan meningkatkan medan listrik yang terbentuk di antara pelat sejajar tersebut. Akibatnya gaya tarik terhadap molekul oksigen di dalam senyawa air akan mengalami penambahan. Terjadinya aliran listrik disebabkan terputusnya ikatan H_2O yang bergerakanya ion O^- menuju katoda dan ion H^+ menuju anoda

2.3 Interaksi Mekanik Antara Molekul Polar dan Medan Listrik

Pada metode polarisasi plat sejajar melibatkan momen dipol yang membuat medan listrik mempengaruhi distribusi muatan dalam molekul polar. Medan listrik adalah medan yang mengelilingi muatan listrik dan mempengaruhi muatan lain yang berada dalam medan tersebut. Medan listrik menggambarkan gaya yang akan dialami oleh muatan lain ketika berada dalam medan tersebut (Rahmat & Dewi, 2020). Besarnya medan listrik yang terbentuk ini secara matematis dirumuskan:

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad (2.5)$$

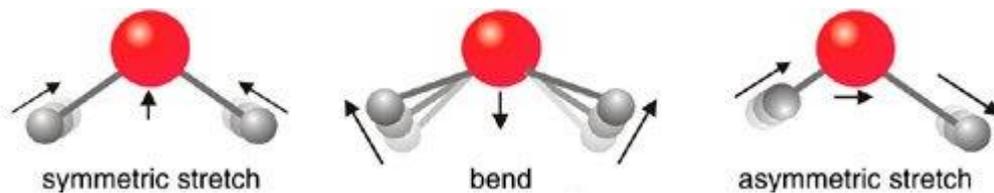
Dimana: E = kuat medan listrik (N/C)

k = tetapan Coulomb yang nilainya $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Q = nilai muatan sumber (C)

r = jarak antara muatan sumber dan muatan uji (m)

Ketika molekul polar ditempatkan dalam medan listrik, medan listrik eksternal mempengaruhi distribusi muatan dalam molekul. Medan listrik cenderung mengarahkan molekul polar sehingga mereka sejajar dengan arah medan listrik. Ujung positif dari dipol molekul akan mengarah ke arah medan listrik yang negatif, dan ujung negatif akan mengarah ke arah medan listrik yang positif. Contoh molekul polar adalah air (H_2O), di mana senyawa oksigen lebih elektronegatif dari pada senyawa hidrogen, sehingga menarik elektron lebih kuat dan menghasilkan kutub negatif di dekat oksigen dan kutub positif di dekat hidrogen. Sehingga molekul air (H_2O) mengalami vibrasi antar senyawa (Yu et al., 2020), seperti pada gambar berikut (Stomp et al., 2007):



Gambar 2.3 Vibrasi Molekul Air Akibat Medan Listrik

2.4 Transformasi Fasa Liquid Menjadi Gas Pada Air

Transformasi fasa merupakan proses suatu material berubah dari satu fasa ke fasa lain sebagai respons terhadap pengaruh lingkungan. Fasa adalah bentuk atau struktur fisik tertentu dari materi, dan setiap fasa memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda (Djayanti, 2019). Transformasi fasa dari H_2O liquid menjadi gas adalah proses yang melibatkan pemecahan molekul air menjadi gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2). Proses mengubah air (H_2O) menjadi gas hidrogen (H_2) adalah reaksi yang memerlukan input energi untuk memecah ikatan kimia dalam molekul air. Salah satu metode yang digunakan pada penelitian ini adalah melalui polarisasi plat sejajar. proses ini memanfaatkan medan listrik untuk memisahkan molekul air

(H₂O) menjadi gas hidrogen (H₂) dan gas oksigen (O₂)(Kusumaningsih et al., 2022). Sehingga menghasilkan persamaan reaksi sebagai berikut:



Pada katoda (elektroda negatif), ion hidrogen (H⁺) dari air atau larutan elektrolit menerima elektron (e⁻) dan membentuk fasa gas hidrogen (H₂).



Pada anoda (elektroda positif), molekul air kehilangan elektron dan menghasilkan fasa gas oksigen (O₂) serta ion hidrogen (H⁺).



2.5 Sensor MQ-8

Sensor gas MQ-8 merupakan jenis sensor yang mampu mendeteksi keluaran terhadap jenis gas hidrogen. Sensor ini merupakan sensor semikonduktor yang peka terhadap gas hidrogen dengan cepat (Ade Setiawan, 2018). Berikut ini merupakan bagian-bagian sensor MQ-8 menurut (Beni Satria et al., 2023) yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.4 Gambar Bagian-bagian Sensor MQ-8

(Sumber : Beni Satria et al., 2023)

Dimana:

Pin 1 = Analog Out

Pin 2 = Digital Out

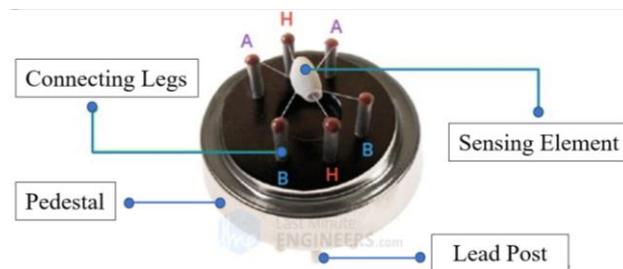
Pin 3 = GND

Pin 4 = VCC (+5 Volt)

Sensitivity Adjust = pengatur sensitif digital pin untuk mendeteksi gas H₂

Sensing element = komponen sensor yang berfungsi untuk mendeteksi gas H₂

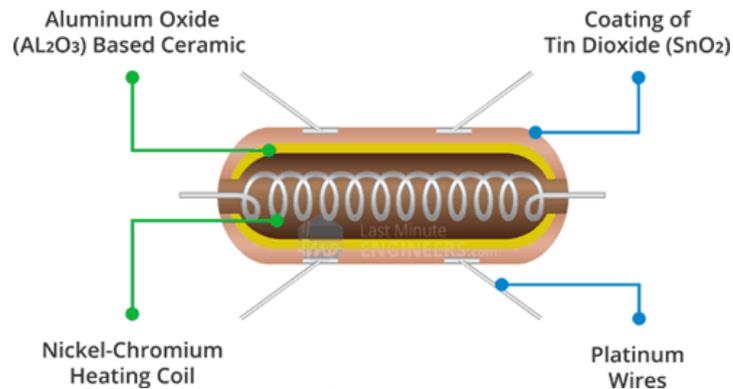
Voltage Comparator IC = untuk membandingkan dua sinyal analog pada masukan dan menghasilkan keluaran tinggi atau rendah.



Gambar 2.5 Bagian Komponen Sensor MQ-8

(Sumber : Sun et al., 2021)

Bagian dalam sensor MQ-8 terdapat elemen penginderaan dan enam kaki penghubung. Dari enam *Leads*, dua *Leads* (H) untuk memanaskan elemen penginderaan dan dihubungkan melalui kumparan Nikel-Kromium. Empat *lead* yang tersisa (A & B) untuk sinyal keluaran dihubungkan menggunakan kabel platinum. Kabel ini terhubung ke badan elemen penginderaan dan menyampaikan perubahan kecil pada arus yang melewati elemen penginderaan. Elemen tabung atau elemen sensor berbentuk tabung terbuat dari keramik berbahan dasar Aluminium Oksida (AL₂O₃) dan memiliki lapisan Timah Dioksida (SnO₂). Timah Dioksida adalah bahan terpenting yang sensitif terhadap gas yang mudah terbakar. Namun, substrat keramik hanya meningkatkan efisiensi pemanasan dan memastikan area sensor dipanaskan hingga suhu kerja secara konstan. Jadi, kumparan nikel-kromium dan keramik berbasis aluminium oksida (AL₂O₃) membentuk sistem pemanas, sedangkan kabel platinum dan lapisan Timah Dioksida (SnO₂) membentuk sistem penginderaan (Suryana, 2021).



Gambar 2.6 Sensor Utama MQ-8

(Sumber : Sun et al., 2021)

Ketika timah dioksida (SnO_2) dalam kondisi suhu kerja maka akan mudah bereaksi dengan hidrogen (H_2), Dari reaksi tersebut menghasilkan perbedaan potensial dengan menghasilkan perbedaan potensial dengan mengubah resistansi elemen penginderaan, yang kemudian dapat diukur sebagai tegangan keluaran. Data yang dihasilkan sensor MQ-8 dapat berupa tegangan dengan jangkauan 0 -5 V yang keluar pada pin analog (Savitri Puspaningrum et al., 2020).

2.6 Total Dissolved Solids (TDS)

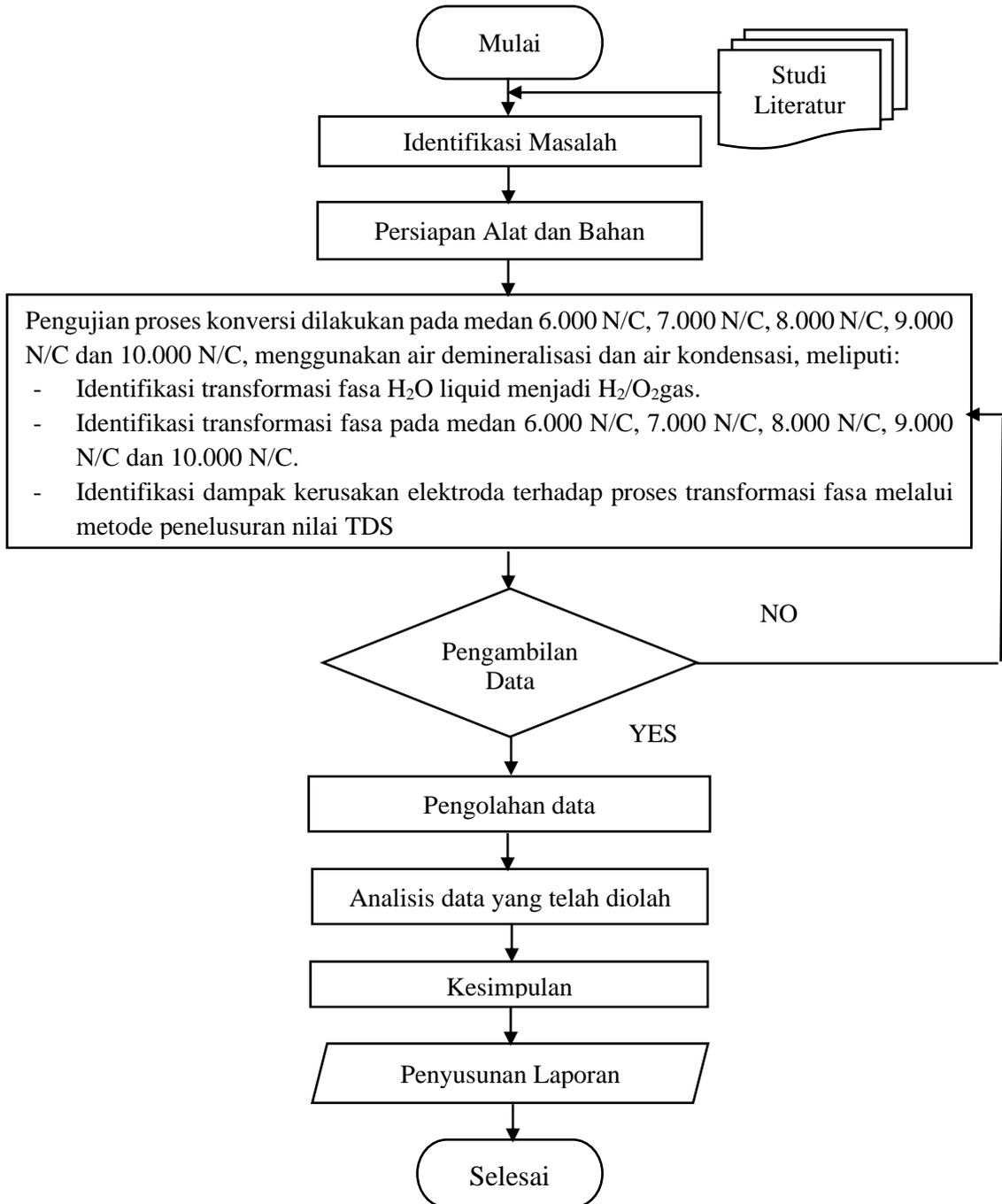
Total Dissolved Solids (TDS) merupakan parameter penting dalam menentukan kandungan air, mengacu pada jumlah total zat padat terlarut dalam air, yang meliputi mineral, garam, dan ion organik yang terdisosiasi dalam larutan. Metode yang paling cepat dan mudah yaitu dengan mengukur konduktivitas listrik dan mengkonversinya menjadi nilai TDS. Metode ini menggunakan prinsip bahwa ion-ion terlarut meningkatkan konduktivitas listrik air. Tingkat TDS yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan skala pada pipa dan peralatan serta meningkatkan korosi, yang merusak infrastruktur. Dalam industri seperti pembangkit listrik dan manufaktur, air dengan TDS rendah sering diperlukan untuk mencegah kerusakan peralatan dan memastikan proses yang efisien (Ahiaba & Igomu, 2019).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.1 terdapat penjelasan mengenai prosedur penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Penulisan ini mengidentifikasi suatu permasalahan pada penelitian sebelumnya dimana terjadi kerusakan elektroda pada H₂/O₂ generator dengan menggunakan air tanah. Atas dasar itu dalam penulisan ini mencari solusi bahan yang murah dengan menggunakan air demineralisasi dan air kondensasi.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan memahami dan mempelajari konsep sistem yang sesuai dengan identifikasi masalah penelitian, tahapan ini diperoleh dengan cara mencari semua referensi yang bersumber dari jurnal-jurnal, buku-buku, dan sumber lainnya.

3. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan dilakukan untuk mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang menunjang penelitian. Hal ini bertujuan agar penelitian berjalan dengan lancar. Berdasarkan hasil tahapan sebelumnya, pada tahap ini dilakukan proses mempersiapkan kebutuhan alat dan bahan dalam membangun alat.

4. Pengujian

Pengujian dilakukan pada alat H₂/O₂ generator dengan menggunakan air demineralisasi dan air kondensasi. Dengan menggunakan medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C.

5. Pengambilan Data

Pengambilan data yang dilakukan yaitu nilai arus, waktu, TDS dan konsentrasi gas hidrogen (H₂) pada H₂/O₂ generator.

6. Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengambilan data, hasil pengumpulan data percobaan akan dieksplorasi menggunakan teknik statistik dan visualisasi data.

7. Analisis Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengolahan data, selanjutnya data dipahami karakteristik dan polanya, sehingga menghasilkan informasi yang mendukung pengambilan kesimpulan.

8. Kesimpulan

Dari analisa data yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian yang dilakukan.

9. Penyusunan laporan

Setelah semuanya telah terpenuhi maka untuk menyampaikan hasil analisis dilakukan penyusunan laporan.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental untuk menganalisis hubungan sebab-akibat dalam proses yang diamati secara langsung. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi transformasi fasa yang terjadi pada air demineralisasi dengan air kondensasi, mengidentifikasi transformasi fasa yang terjadi pada medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C, yang digunakan pada H₂/O₂ generator, serta untuk mengidentifikasi dampak terendah pada transformasi fasa antara air demineralisasi dan air kondensasi. Pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup tiga jenis variabel pengamatan, yaitu:

1. Variabel bebas: Medan listrik (E) dan air.
2. Variabel terikat: arus (Ampere), *Total Dissolved Solid* (TDS) dan waktu dalam satuan menit (Menit).
3. Variabel terkontrol: volume gas hasil pemisahan (ml).

Arus yang digunakan adalah arus konstan dengan rentang medan listrik yang digunakan adalah medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C. Setiap pengujian dilakukan untuk memenuhi volume 90 ml dan menghasilkan waktu yang berbeda. Pada setiap kenaikan medan listrik, waktu yang dihasilkan, nilai TDS dan arus listrik yang terukur dicatat.

Parameter yang diuji dalam penelitian ini merujuk pada temuan dari penelitian sebelumnya yang dibahas dalam kesimpulan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi transformasi fasa yang terjadi dan mengidentifikasi transformasi fasa yang terjadi pada tiap medan listrik. Serta mengidentifikasi dampak terendah pada transformasi fasa antara air demineralisasi dan air

kondensasi, dengan harapan dapat mencari solusi air yang dapat mengurangi kerusakan elektroda.

3.3 Persiapan Penelitian

Sebelum memulai pengujian, perlu dipersiapkan terlebih dahulu alat dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan pengujian. Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

3.3.1 Alat yang Digunakan

Berikut adalah beberapa alat yang digunakan dalam proses penelitian yaitu:

1. H₂/O₂ Generator

H₂/O₂ Generator Alat ini berfungsi untuk memecah molekul Air menjadi H₂/O₂ dengan dialiri tegangan listrik sehingga menghasilkan medan listrik pada elektroda yang dapat mengganggu molekul air.

2. *Power Supply*

Power Supply berfungsi untuk menyediakan daya listrik yang konstan dan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 3.2 *Power Supply*

Spesifikasi:

- Merk : MDB DC *Digital Power Supply* 305D
- Daya Maksimum : 150 Watt
- Arus : 0.1A – 5A
- *Input* : 220 V
- *Output* : 0.1 V- 30 V

3. Multitester

Multitester berfungsi untuk pengukuran listrik dan elektronik, seperti pengukuran tegangan (Volt), arus (Ampere), resistansi (Ohm) dan frekuensi (Hz).



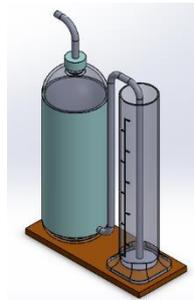
Gambar 3.3 Multitester

Spesifikasi:

- Merk : SANWA tipe 800a
- Ukuran : 176mm x 104 mm x 46mm
- DCV : 400mV – 600V
- ACV : 4 – 600V
- DCA : 40mA – 400mA
- ACA : 40mA – 400mA
- Ω : 400 Ω - 40M Ω

4. Gelas Ukur dan Tabung Ekspansi gas

Tabung ekspansi gas berfungsi untuk menyimpan gas dan mengalirkan air yang terdorong oleh tekanan gas yang tersimpan. Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air, dengan kapasitas gelas ukur yang digunakan sebesar 100 ml.



Gambar 3.4 Gelas Ukur dan Tabung Ekspansi Gas

5. TDS & EC Meter

TDS (*Total Dissolved Solids*) dan EC (*Electrical Conductivity*) meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kualitas air dengan cara menentukan jumlah padatan terlarut dan konduktivitas listriknya.



Gambar 3.5 TDS & EC Meter

Spesifikasi:

- TDS: 0-5000 PPM
- EC: 0-9990 uS/cm
- Temperature: 0.1 - 80.0 C / 32.0 - 176.0 F
- Akurasi: +/- 2 %
- Baterai: 1 x 3V *Lithium Cell Battery*
- Ukuran: 154 x 30 x 14 mm
- Berat: 55 g

6. Stopwatch

Stopwatch berfungsi untuk mengukur waktu yang diperoleh pada saat pengambilan data.



Gambar 3.6 Stopwatch

7. Sensor MQ-8

Sensor MQ-8 merupakan khusus sensor yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas Hidrogen (H_2), sensor ini sangat sensitif terhadap gas Hidrogen.



Gambar 3.7 Sensor MQ-8

Spesifikasi:

- Sumber tegangan : $5V \pm 0.1$ AC atau DC
- *Heating voltage* : $5V \pm 0.1$ AC atau DC
- Resistansi beban : $10K \Omega$
- Suhu kelembapan : $20^\circ C$
- *Heater resistance* : $31 \pm 5 \%$

3.3.2 Bahan yang Digunakan

Berikut ini adalah beberapa bahan yang digunakan dalam proses penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Air Demineralisasi

Air demineralisasi merupakan air yang telah melewati proses pemurnian, sehingga memiliki sedikit atau tidak ada sama sekali kandungan mineral di dalamnya. Air demineralisasi yang digunakan merupakan air komersial yang memiliki standar SNI 6241:2015.



Gambar 3.8 Air Demineralisasi

2. Air Kondensasi

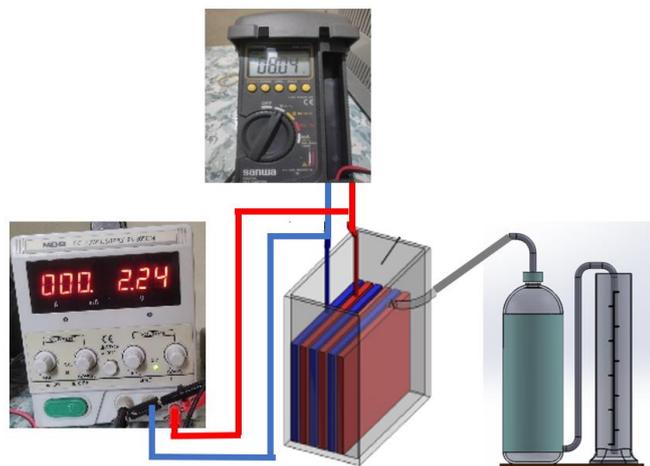
Air kondensasi merupakan air yang telah melewati proses transformasi fasa dari gas menjadi cair. Air kondensasi yang digunakan merupakan air yang dihasilkan dari *Air Conditioning* atau air AC.



Gambar 3.9 Air Kondensasi

3.3.3 Instalasi Peralatan Penelitian

Penelitian ini membutuhkan beberapa peralatan untuk membuat instalasi penelitian, perlu memahami konsep pemasangan peralatan yang akan digunakan selama pengambilan data. Alat H_2/O_2 Generator akan diintegrasikan dengan berbagai alat penunjang lainnya seperti *power supply*, multimeter, gelas ukur dan tabung ekspansi gas, adapun rangkaiannya dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3.10 *Setup Experiment*

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari satu prosedur komprehensif yang mencakup pengambilan data, pengujian gas hidrogen secara kualitatif, dan pengukuran nilai

TDS. Berikut adalah langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam prosedur penelitian ini:

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, seperti rangkaian pengujian, sensor MQ-8, laptop, TDS & EC Meter.
2. Melakukan instalasi alat H₂/O₂ Generator dan konfigurasi sensor MQ-8 yang dihubungkan pada *microcontroller* Arduino dan laptop.
3. Mengukur nilai TDS pada air tanah, air demineralisasi dan air kondensasi, sebelum dimasukkan ke dalam H₂/O₂ Generator untuk mengetahui nilai awal TDS tanpa pengaruh medan listrik.
4. Mengisi air demineralisasi ke dalam H₂/O Generator. Menyambungkan *power supply* dengan arus konstan dan multimeter pada kabel yang menyambung pada alat H₂/O₂ Generator.
5. Menyambungkan selang dari alat H₂/O₂ Generator yang menyalurkan gas H₂/O₂ hasil transformasi fasa air menuju sensor MQ-8 dan tabung ekspansi yang tersambung dengan gelas ukur.
6. Menghidupkan *power supply* dan multimeter. Mengatur tegangan pada *power supply* dimulai dari medan listrik 6.000 N/C.
7. Setelah gas hidrogen mengisi volume sebanyak 10 ml, *stopwatch* mulai dinyalakan.
8. Mencatat nilai rata-rata arus pada multimeter, mencatat waktu lama pengisian volume gas H₂/O₂ pada *stopwatch* dan menyalin identifikasi ppm yang dihasilkan oleh sensor MQ-8 pada laptop.
9. Mengeluarkan air pada H₂/O₂ Generator untuk mengukur nilai TDS yang dihasilkan oleh TDS & EC Meter.
10. Ulangi pengujian dengan variasi medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C, dan 10.000 N/C. Lakukan 3x pengujian pada masing-masing variasi medan listrik untuk menghasilkan nilai yang stabil.
11. Setelah selesai pengujian, matikan *power supply* untuk menghentikan pemberian tegangan pada alat H₂/O₂ Generator.
12. Membuang air sisa proses pemecahan senyawa air, bersihkan alat H₂/O₂ Generator dengan melepaskannya dari sambungan peralatan yang lain.

13. Ulangi langkah 4 sampai langkah 12 dengan mengganti air demineralisasi dengan air kondensasi, dan untuk air tanah hanya mengambil nilai TDS saja.
14. Melakukan analisis dan pengolahan data terhadap hasil yang didapatkan dari proses pemecahan senyawa air pada alat H₂/O₂ Generator, termasuk data yang diperoleh dari sensor MQ-8 dan TDS & EC Meter.



Gambar 3.11 Proses Penelitian

BAB IV

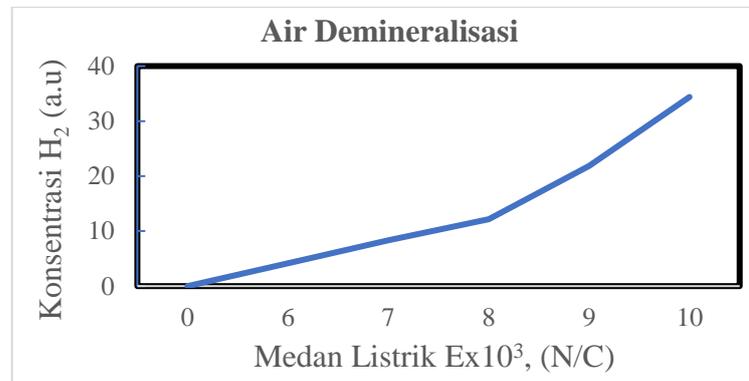
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Mengetahui Transformasi Fasa Air Menjadi Gas H₂/O₂

Pada penelitian ini, untuk mengetahui kandungan gas hidrogen yang dihasilkan dari proses transformasi fasa air menjadi gas H₂/O₂, dilakukan pengujian dengan metode kualitatif, yaitu pengujian yang hanya menampilkan peningkatan volume hidrogen yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sensor MQ-8 yang dihubungkan dengan *microcontroller* arduino uno. Dimana dengan menggunakan sensor tersebut dapat mengetahui kadar gas hidrogen hasil dari pemisahan molekul air yang dilakukan, hasil dari pengukuran akan ditampilkan pada laptop. Pengambilan data dilakukan dengan variasi medan listrik (N/C). Dari hasil pengujian kualitatif, didapatkan hasil kandungan gas hidrogen dari air demineralisasi dan air kondensasi, yaitu:

4.1.1 Kandungan Gas H₂/O₂ Air Demineralisasi

Berikut ini merupakan grafik hasil identifikasi gas hidrogen pada proses transformasi fasa air demineralisasi menjadi gas, yaitu:

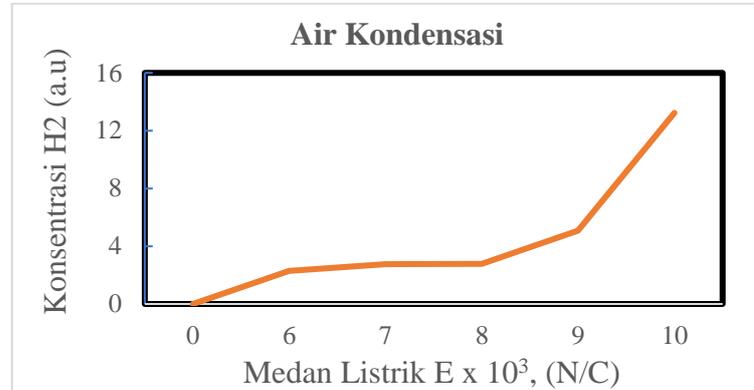


Gambar 4.1 Grafik Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Demineralisasi

Pada gambar 4.1 grafik terlihat seiring meningkatnya medan listrik, konsentrasi hidrogen yang dihasilkan dari proses transformasi fasa air demineralisasi juga meningkat secara signifikan. Setiap kenaikan pada medan listrik menyebabkan kenaikan konsentrasi gas hidrogen.

4.1.2 Kandungan Gas H₂/O₂ Air Kondensasi

Berikut ini merupakan grafik hasil identifikasi gas hidrogen pada proses transformasi fasa air kondensasi menjadi gas, yaitu:

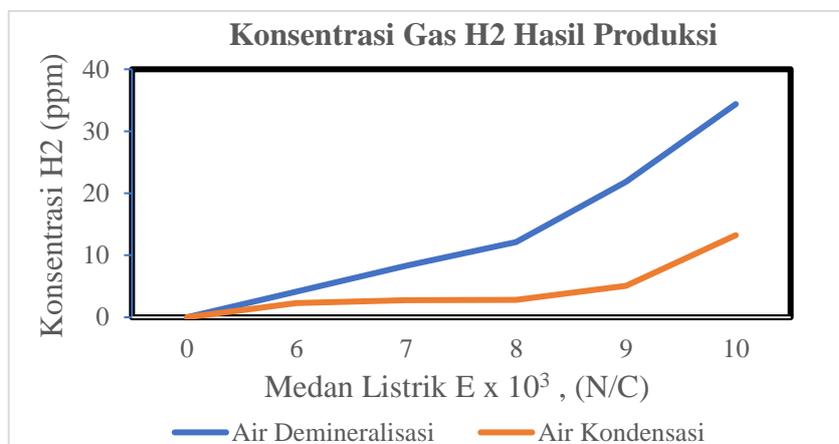


Gambar 4.2 Grafik Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Kondensasi

Pada gambar grafik di atas konsentrasi hidrogen hasil transformasi fasa air kondensasi menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya medan listrik. Pada awalnya, konsentrasi H₂ meningkat secara perlahan hingga pada medan listrik 8.000 N/C konsentrasi gas hidrogen meningkat secara signifikan.

4.1.3 Perbandingan Kandungan Gas H₂/O₂

Berikut ini merupakan grafik perbandingan hasil identifikasi gas hidrogen pada proses transformasi fasa air demineralisasi dengan air kondensasi menjadi gas, yaitu:



Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Gas H₂ Hasil Produksi

Dari gambar 4.3 dapat diketahui grafik konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan meningkat seiring dengan peningkatan medan listrik. Air demineralisasi menghasilkan konsentrasi hidrogen yang lebih tinggi dibandingkan air kondensasi pada setiap titik medan listrik yang diuji. Pada medan listrik tertinggi 10.000 N/C, air demineralisasi menghasilkan konsentrasi hidrogen yang lebih dari dua kali lipat dibandingkan air kondensasi. Dengan demikian, dapat membuktikan bahwa pada air demineralisasi maupun pada air kondensasi telah terjadi proses transformasi fasa air (H_2O) menjadi gas hidrogen dan oksigen (H_2/O_2) melalui identifikasi kenaikan konsentrasi gas hidrogen.

4.2 Membandingkan Volume Gas H_2/O_2 Yang Dihasilkan

Dalam penggunaan H_2/O_2 generator, elektroda yang terendam dalam air berfungsi sebagai anoda dan katoda yang menghantarkan arus listrik. Arus listrik yang melewati elektroda akan menghasilkan medan listrik antar elektroda yang menimbulkan pergerakan ion dan menghasilkan volume gas. Lamanya pengisian volume gas yang dihasilkan akan dihitung dengan setiap peningkatan medan listrik yang digunakan. Pada Tabel pengujian air demineralisasi dan air kondensasi menampilkan arus yang digunakan saat proses pemisahan molekul air berlangsung. Perhitungan volume gas dengan arus dilakukan dengan persamaan avogadro, perhitungan dimulai dengan mencari nilai muatan listrik (*coulumb*) yaitu dengan menggunakan rumus:

$$Q = I \times t \quad (4.1)$$

Dimana:

Q : muatan listrik (C)

I : arus listrik (A)

t : waktu yang digunakan

Mencari jumlah elemen muatan dengan menggunakan rumus:

$$n_e = \frac{q}{e} \quad (4.2)$$

Dimana:

n_e : muatan elektron (e)

Q : muatan listrik (c)

e : elektron ($1.6 * 10^{-19}$)

selanjutnya mencari mol dengan menggunakan rumus berikut:

$$\mathbf{mol} = \frac{n_e}{L} \quad (4.3)$$

Dimana:

mol : jumlah zat (mol)

n_e : muatan elektron (e)

L : bilangan avogadro ($6.02 * 10^{23}$)

Setelah mendapatkan nilai mol, volume gas bisa didapat dengan menggunakan rumus berikut:

$$\mathbf{Vol H_2 = mol \times v_{stp}} \quad (4.4)$$

Dimana:

Vol gas : jumlah volume gas (l)

mol : arus listrik (A)

V_{stp} : volume standar gas

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan H₂/O₂ generator. H₂/O₂ generator menggunakan bahan air demineralisasi dan air kondensasi. Kedua pelat sejajar pada H₂/O₂ generator diberi beda potensial untuk membangkitkan medan listrik diantara kedua pelat, dengan medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C. Pengukuran dilakukan secara teratur untuk mengisi 90 ml gas H₂/O₂. Pada setiap medan listrik, pengujian dilakukan sebanyak 3x untuk mendapatkan nilai arus listrik (ampere) yang stabil, dan mendapatkan rata-rata waktu yang dihasilkan. Berikut ini merupakan hasil yang menunjukkan volume produksi gas dari transformasi fasa air menjadi gas H₂/O₂ pada air demineralisasi dan air kondensasi.

4.2.1 Volume Produksi Gas H₂/O₂ Pada Air Demineralisasi

Berikut ini merupakan tabel data waktu dan arus hasil pengujian yang telah dilakukan pada proses transformasi fasa air demineralisasi, yaitu:

Tabel 4.1 Data Waktu dan Arus Dari Pengujian Air Demineralisasi

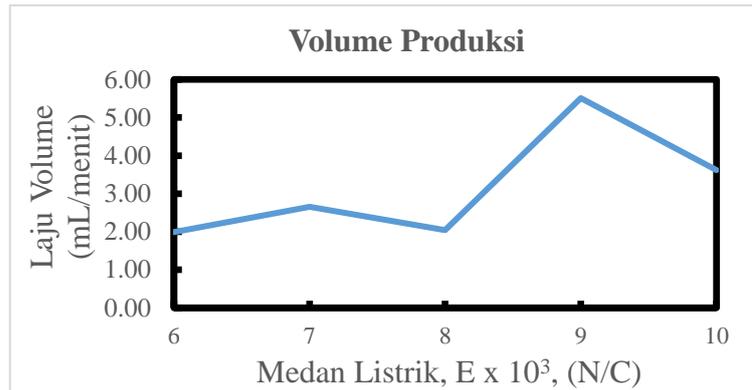
No	E x 10 ³	Waktu (Detik)				Arus (I)			
		t1	t2	t3	AVG t	i1	i2	i3	AVG Arus (A)
1	6	2549	2959	2633	2714	0.272	0.221	0.199	0.231
2	7	2228	2004	1870	2034	0.225	0.227	0.260	0.237
3	8	2629	2728	2577	2645	0.240	0.250	0.220	0.237
4	9	1042	923	975	980	0.475	0.507	0.490	0.491
5	10	1521	1514	1442	1492	0.334	0.350	0.331	0.338

Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan volume produksi gas hidrogen pada proses transformasi fasa menggunakan air demineralisasi, yaitu:

Tabel 4.2 Volume Produksi Gas H₂/O₂ Dari Air Demineralisasi

No	E x 10 ³ (N/C)	V/t (ml/menit)	Q (C)	n _e	ΣV (Liter) H ₂ +O ₂	V (Liter) data	ΔV (Liter) H ₂
1	6	1,99	530,07	1,66.10 ⁺²¹	0,09	0,09	0,00
2	7	2,65	486,13	1,52.10 ⁺²¹	0,09	0,09	0,00
3	8	2,04	820,73	2,56.10 ⁺²¹	0,13	0,09	0,04
4	9	5,51	228,99	7,16.10 ⁺²¹	0,06	0,09	-0,03
5	10	3,62	240,27	7,51.10 ⁺²¹	0,06	0,09	-0,03

Dari data yang dihasilkan, dilakukan perhitungan untuk memperoleh volume produksi gas hidrogen dan oksigen menggunakan air demineralisasi. Berikut ini merupakan gambar grafik dari volume produksi gas hidrogen dan oksigen menggunakan air demineralisasi, yaitu:



Gambar 4.4 Volume Produksi Gas Hidrogen

Dari gambar 4.4 grafik menunjukkan laju volume produksi tidak konsisten pada setiap medan listrik. Terdapat fluktuasi dengan penurunan kecil pada medan listrik 8.000 N/C dan peningkatan yang signifikan pada 9.000 N/C, sebelum kembali menurun pada medan listrik 10.000 N/C. Hal ini menunjukkan adanya medan listrik optimal pada 9.000 N/C yang memaksimalkan laju volume produksi gas. Dengan demikian, medan listrik memiliki pengaruh yang bervariasi terhadap laju volume produksi, dengan medan listrik 9.000 N/C memberikan laju produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan medan listrik lainnya dalam rentang yang diuji.

4.2.2 Volume Produksi Gas H₂/O₂ Pada Air Kondensasi

Berikut ini merupakan tabel data waktu dan arus hasil pengujian yang telah dilakukan pada proses transformasi fasa air kondensasi, yaitu:

Tabel 4.3 Data Waktu dan Arus Dari Pengujian Air Kondensasi

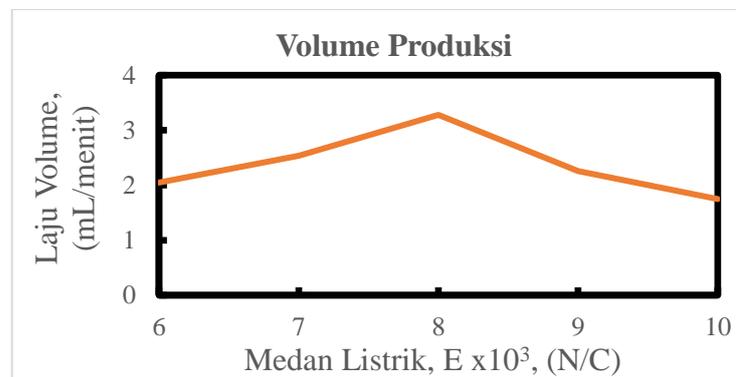
No	E x 10 ³	Waktu (Detik)				Arus (I)			
		t1	t2	t3	AVG t	i1	i2	i3	AVG Arus (A)
1	6	2522	2754	2840	2638	0.220	0.189	0.177	0.195
2	7	2123	2140	2080	2132	0.241	0.237	0.239	0.239
3	8	1568	1726	1615	1647	0.327	0.295	0.309	0.310
4	9	2594	2188	2154	2391	0.213	0.235	0.253	0.234
5	10	3309	2868	2490	3089	0.165	0.188	0.130	0.161

Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan volume produksi gas hidrogen pada proses transformasi fasa menggunakan air kondensasi, yaitu:

Tabel 4.4 Volume Produksi Gas H₂/O₂ Dari Air Kondensasi

No	E x 10 ³ (N/C)	V/t (ml/menit)	Q (C)	n _e	ΣV (Liter) H ₂ +O ₂	V (Liter) data	ΔV (Liter) H ₂
1	6	2,05	515,29	1,61.10 ⁺²¹	0,09	0,09	0,00
2	7	2,53	509,43	1,59.10 ⁺²¹	0,09	0,09	0,00
3	8	3,28	511,12	1,60.10 ⁺²¹	0,09	0,09	0,00
4	9	2,26	558,70	1,75.10 ⁺²¹	0,10	0,09	0,01
5	10	1,75	497,25	1,55.10 ⁺²¹	0,09	0,09	0,00

Dari data yang dihasilkan, dilakukan perhitungan untuk memperoleh volume produksi gas hidrogen dan oksigen menggunakan air kondensasi. Berikut ini merupakan gambar grafik dari volume produksi gas hidrogen dan oksigen menggunakan air kondensasi, yaitu:

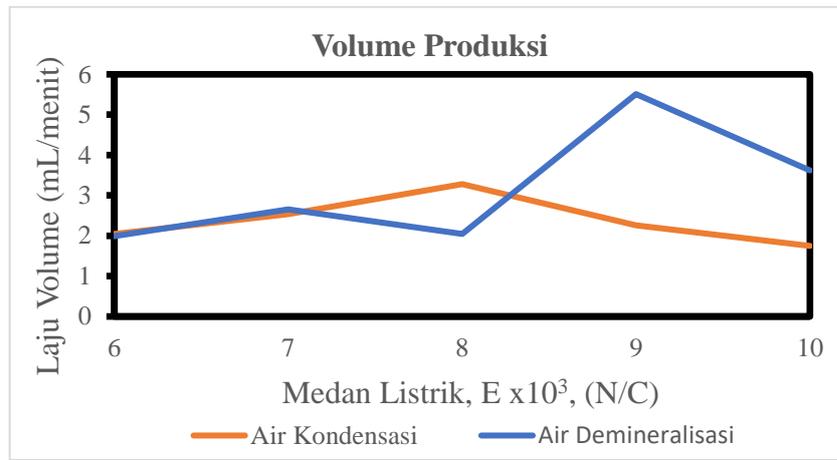


Gambar 4.5 Grafik Volume Produksi Gas H₂ Dari Air Kondensasi

Dari gambar 4.5 grafik menunjukkan laju volume produksi meningkat seiring dengan peningkatan medan listrik hingga mencapai puncaknya pada medan listrik 8.000 N/C. Setelah mencapai puncaknya, laju volume produksi mulai menurun dengan peningkatan medan listrik lebih lanjut. Hal ini menunjukkan adanya medan listrik optimal sekitar 8.000 N/C yang memaksimalkan laju volume produksi. Dengan demikian, medan listrik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju volume produksi, dengan peningkatan awal yang diikuti oleh penurunan setelah mencapai medan listrik optimal.

4.2.3 Perbandingan Volume Produksi Gas H₂/O₂

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan H₂/O₂ generator akan menghasilkan gas hidrogen dan oksigen yang bercampur dalam tabung generator. didapatkan molekul H₂O yang terkonversi menjadi senyawa gas H₂/O₂ mengalami kenaikan laju pemisahan molekul H₂O pada tiap medan listrik yang diberikan. Pada gambar grafik berikut menunjukkan perbandingan volume produksi gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari air demineralisasi dan air kondensasi.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Volume Produksi Gas

Gambar 4.6 grafik menunjukkan bahwa medan listrik memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap volume produksi menggunakan air demineralisasi dibandingkan dengan air kondensasi. Volume produksi dengan air demineralisasi menunjukkan variasi yang lebih signifikan, dengan peningkatan dan penurunan yang lebih tajam pada medan listrik yang berbeda. Laju produksi tertinggi dicapai pada medan listrik 9.000 N/C dengan nilai sekitar 5,5 mL/menit. Sedangkan pada volume produksi dengan air kondensasi cenderung lebih stabil dibandingkan dengan air demineralisasi, meskipun menunjukkan sedikit variasi. Laju produksi tertinggi dicapai pada medan listrik 8.000 N/C dengan nilai sekitar 3,2 mL/menit. Dengan demikian dapat diketahui bahwa air demineralisasi menghasilkan volume produksi gas hidrogen lebih banyak dibandingkan air kondensasi

4.3 Membandingkan Kerusakan Melalui Nilai TDS

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur konsentrasi semua unsur mineral yang terlarut dalam air dengan menggunakan alat TDS & EC meter pada air demineralisasi, air kondensasi dan air tanah. Sebelum air digunakan untuk merendam elektroda pada H₂/O₂ generator, terlebih dahulu air diukur dengan TDS & EC meter untuk mengetahui nilai awal TDS. Selanjutnya tiap masing-masing jenis air diuji dengan medan listrik 6.000 N/C, 7.000 N/C, 8.000 N/C, 9.000 N/C dan 10.000 N/C, pada H₂/O₂ generator secara bergantian. Pengujian dimulai dari medan listrik 6.000 N/C. Setiap kenaikan medan listrik, air dikeluarkan pada H₂/O₂ generator untuk diukur nilai TDS. Berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat TDS & EC meter

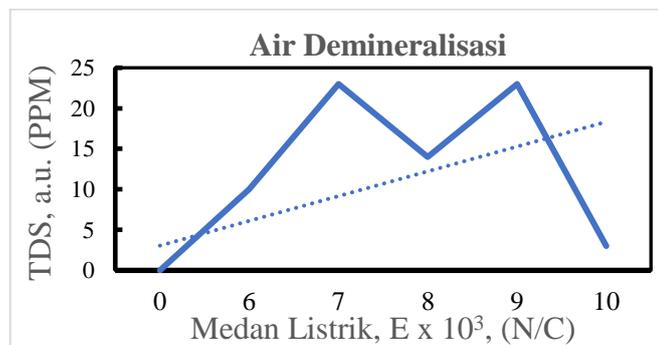
4.3.1 Nilai TDS Hasil Pengujian Air Demineralisasi

Berikut ini merupakan tabel dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai TDS pada proses transformasi fasa air demineralisasi, yaitu:

Tabel 4.5 Nilai TDS Air Demineralisasi

No.	Volt	Δ TDS
1	0	0
2	6	10
3	7	23
4	8	14
5	9	23
6	10	3

Dari tabel diatas kemudian dibuat grafik untuk mempermudah melihat kenaikan dan penurunan nilai TDS yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik Nilai TDS Air Demineralisasi

Gambar 4.7 grafik di atas diketahui bahwa nilai TDS dalam air demineralisasi tidak meningkat secara linier dengan peningkatan medan listrik. Pada medan listrik 0 hingga 7.000 N/C terlihat kenaikan nilai TDS yang stabil. Pada medan listrik 8.000 N/C mengalami penurunan. Pada medan listrik 9.000 N/C terjadi kenaikan nilai TDS. Ada dua puncak signifikan yaitu; pada 7.000 N/C dan 9.000 N/C. Pada medan listrik 10.000 N/C, nilai TDS menurun drastis. Dengan demikian, air demineralisasi menunjukkan bahwa kandungan tidak stabil akibat bereaksi dengan elektroda, dengan kenaikan dan penurunan nilai TDS yang drastis.

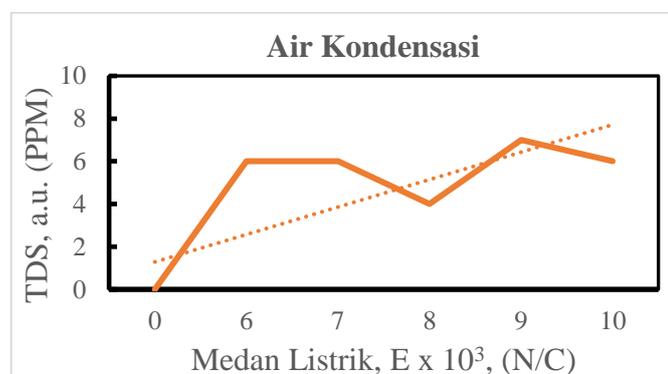
4.3.2 Nilai TDS Hasil Pengujian Air Kondensasi

Berikut ini merupakan tabel dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai TDS pada proses transformasi fasa air Kondensasi, yaitu:

Tabel 4.6 Nilai TDS Air Kondensasi

No.	Volt	Δ TDS
1	0	0
2	6	6
3	7	6
4	8	4
5	9	7
5	10	6

Dari tabel diatas kemudian dibuat grafik untuk mempermudah melihat kenaikan dan penurunan nilai TDS yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik Nilai TDS Air Kondensasi

Pada gambar 4.8 grafik di atas diketahui bahwa medan listrik yang rendah 0 hingga sekitar 6.000 N/C, TDS meningkat. Dari medan listrik 6.000 N/C ke 7.000 N/C, TDS tetap konstan. Selanjutnya dari medan listrik 7.000 N/C hingga 8.000 N/C, TDS sedikit menurun. Setelah itu, TDS kembali meningkat hingga mencapai puncaknya pada sekitar 9.000 N/C dan kemudian menurun lagi sedikit saat medan listrik mencapai 10.000 N/C. Garis tren menunjukkan bahwa meskipun terdapat fluktuasi, secara umum ada kecenderungan peningkatan nilai TDS. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan zat padat pada air kondensasi meningkat seiring dengan meningkatnya medan listrik, dengan kenaikan nilai TDS yang sangat kecil.

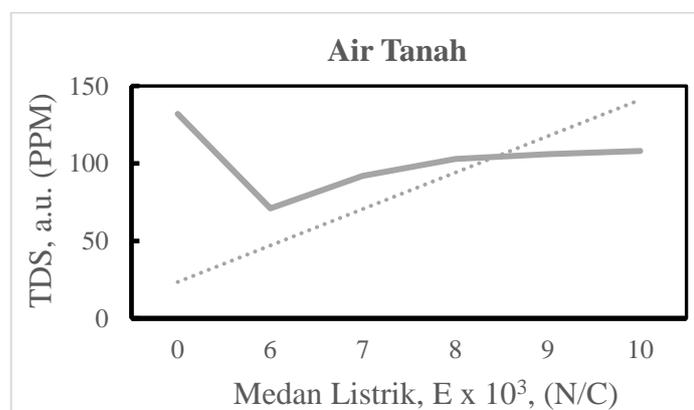
4.3.3 Nilai TDS Hasil Pengujian Air Tanah

Berikut ini merupakan tabel dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai TDS pada proses transformasi fasa air tanah, yaitu:

Tabel 4.7 Nilai TDS Air Tanah

No.	Volt	Δ TDS
1	0	132
2	6	71
3	7	92
4	8	103
5	9	106
6	10	108

Dari tabel diatas kemudian dibuat grafik untuk mempermudah melihat kenaikan dan penurunan nilai TDS yaitu sebagai berikut:

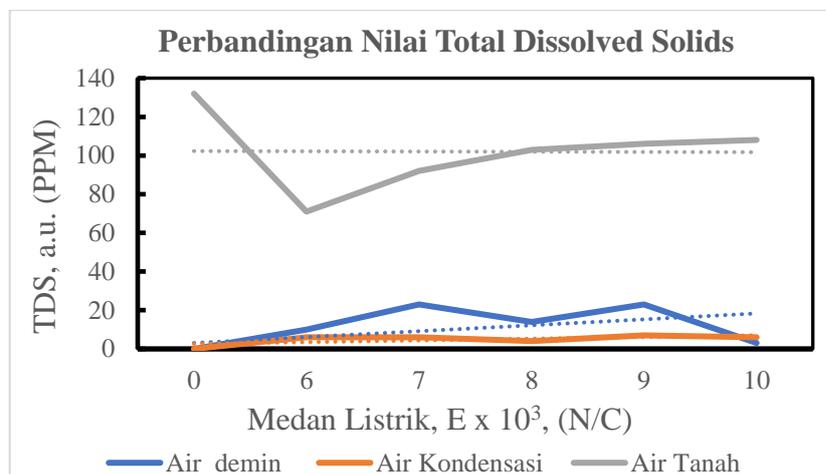


Gambar 4.9 Nilai TDS Air Tanah

Pada gambar 4.9 grafik di atas dapat dilihat tanpa medan listrik, air tanah memiliki nilai TDS 132 PPM yang kemudian menurun drastis ketika diberikan medan listrik 6.000 N/C, dari 132 PPM menjadi 71 PPM. Pada medan listrik 6.000 N/C sampai 10.000 N/C, TDS mulai meningkat. Hal ini menunjukkan sebagian besar kandungan zat padat pada air tanah akan menempel pada elektroda ketika diberikan medan listrik dan secara perlahan zat padat yang menempel pada elektroda akan terlepas seiring dengan kenaikan medan listrik.

4.3.4 Perbandingan Nilai TDS Hasil Pengujian

Berikut ini merupakan tabel perbandingan pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui nilai TDS pada proses transformasi fasa air, yaitu:



Gambar 4.10 Pengaruh Perbandingan Nilai TDS

Pada gambar 4.10 grafik menunjukkan pengaruh kenaikan medan listrik terhadap nilai TDS pada air demineralisasi, air kondensasi dan air tanah. Pada air tanah mengalami penurunan yang drastis pada medan listrik 6.000 N/C, hal ini menunjukkan berkurangnya kandungan zat padat pada air tanah, sebagian besar menempel pada elektroda karna pengaruh dari medan listrik. Seiring dengan kenaikan medan listrik nilai TDS perlahan meningkat, dimana mengartikan kandungan zat padat pada air tanah perlahan terlepas pada elektroda. Dimana dapat mengakibatkan kerusakan pada elektroda, hal ini telah dibuktikan pada penelitian sebelumnya, telah terjadi kerusakan pada elektroda dengan menggunakan air tanah pada proses polarisasi plat sejajar (Zuhro, 2023).

Pada air demineralisasi memiliki nilai TDS yang tidak stabil, terjadi kenaikan hingga medan listrik 7.000 N/C, kemudin mengalami penurunan pada medan listrik 8.000 N/C, lalu naik kembali pada medan listrik 9.000 N/C dan turun kembali pada medan listrik 10.000 N/C. Hal ini menunjukkan kandungan zat padat pada air demineralisasi meningkat akibat pelepasan zat padat pada elektroda. Penurunan kandungan zat padat pada air demineralisasi diakibatkan menempelnya kandungan zat padat pada elektroda. Dengan kenaikan dan penurunan nilai TDS yang drastis membuat air demineralisasi masih kurang tepat jika digunakan dalam proses tranformasi fasa polarisasi plat sejajar.

Pada air kondensasi mengalami kenaikan dan penurunan nilai TDS yang diakibatkan pelepasan dan penempelan kandungan zat padat pada elektroda. Namun air kondensasi cenderung memiliki nilai TDS yang stabil dengan mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak signifikan. tetapi pelepasan dan penempelan zat padat pada elektroda memiliki nilai TDS yang sangat kecil sehingga berlangsung sangat lambat. Dengan demikian air kondensasi lebih baik digunakan dalam proses transformasi fasa metode polarisasi plat sejajar, karna memiliki dampak yang rendah terhadap reaksi medan listrik elektroda dan jauh lebih baik jika dibandingkan dengan air demineralisasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal mengacu pada tujuan, yaitu sebagai berikut:

1. Dari hasil identifikasi konsentrasi gas hidrogen memperlihatkan bahwa metode ini telah menghasilkan transformasi fasa H₂O liquid menjadi H₂/O₂ gas.
2. Laju transformasi fasa jauh lebih besar pada air demineralisasi jika dibandingkan dengan air kondensasi.
3. Pada air kondensasi nilai TDS cenderung stabil, yg menandakan zat padat terlarut tidak terlalu bereaksi dengan elektroda. Sedangkan pada air demineralisasi memiliki nilai TDS yang tidak stabil.

5.2 Saran

Berikut ini merupakan saran dari penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini diketahui tiap jenis air mempengaruhi volume produksi dan kerusakan elektroda maka untuk penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan jenis air yang digunakan.

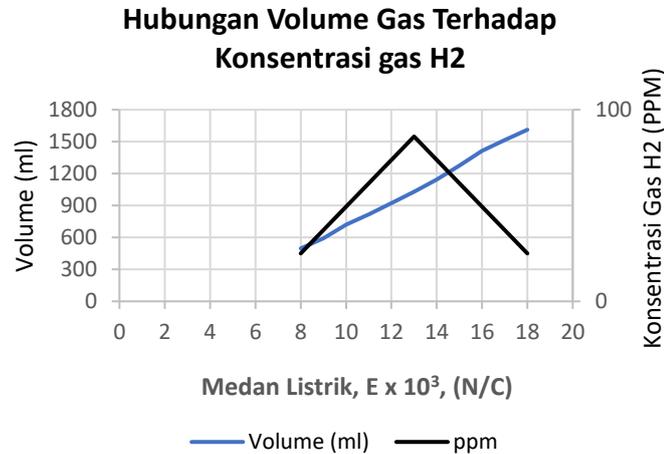
DAFTAR PUSTAKA

- Ahiaba, U. V., & Igomu, B. E. (2019). Total Dissolved Solids in Water in Makurdi along Benue Valley-Nigeria: Effects on Potability and Compressive Strengths of Solid Concrete. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 7(2), 47–51. <https://doi.org/10.12691/ajcea-7-2-1>
- Beni Satria, Hermansyah Alam, & Rahmaniari. (2023). Desain Alat Ukur Pencemaran Udara Portabel Berbasis Sensor MQ-135 dan MQ-7. *Elektro*, 2, 1278–1285.
- Djayanti, S. (2019). *Optimization of Reducing SO2 Emission Concentrations Using NAOH Solution in the Absorber Tower*.
- Halliday, D., & Resnick, R. (2010). *Fundamentals Of Physics*. Wiley Publishing Inc.
- Irtas, D., Bow, Y., & Rusdianasari. (2021). The Effect of Electric Current on the Production of Brown's Gas using Hydrogen Fuel Generator with Seawater Electrolytes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 709(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/709/1/012001>
- Kurnia Ilahi, A., Zenab Subarkah, C., & Yulia, S. (2022). Application of Virtual Laboratory Learning Media to Improve Chemical Representation Capabilities in Electrolysis Cell Material. *Gunung Djati Conference Series*, 7, 25–35.
- Kusumaningsih, H., Madani, M. R. A., Alfath, M. F., Ritonga, A. F., Deendarlianto, D., & Indarto, I. (2022). Characteristics of Non-Newtonian Gas-Liquid Two-Phase Flow Patterns Inside Square-Section Microchannels. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(2), 563–576. <https://doi.org/10.21776/jrm.v13i2.1293>
- Notonegoro, H. A. (2008). *Membuat Alat Pengaruh Air Menjadi Bahan Bakar*.
- Nugraha, I., Arif, M. A., & Setyawati, H. (2023). *Optimization Of Ion Exchange Resin In Groundwater Demineralization Process*.
- Rahmat, S., & Dewi, R. P. (2020). Electric Field Distribution IN Gas Insulated Switchgear (GIS) Busbar Compartment Using Charge Simulation Method (CSM). *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal of Innovation Technology)*, 01(2).

- Robert J. Kodoatie. (2021). *Tata Ruang Air Tanah* (Benedicta Rini W, Rendrasta Duta A, Bowo, & Suci Nurasih, Eds.; 1st ed.). C.V Andi.
- Rohma Dhani, M., Amelia Novitrie, N., Aulia Rachmat, N., Novrita Devi, Y., Nuraini, A., & Rizal, M. R. (2022). *Analysis of Industrial Wastewater Treatment Condensation Units Using the Hazops Method*.
- Savitri Puspaningrum, A., Firdaus, F., Ahmad, I., & Anggono, H. (2020). Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor MQ-2. In *Universitas Teknokrat Indonesia Jl. ZA. Pagar Alam* (Vol. 01, Issue 1).
- Stomp, M., Huisman, J., Stal, L. J., & Matthijs, H. C. P. (2007). Colorful niches of phototrophic microorganisms shaped by vibrations of the water molecule. In *ISME Journal* (Vol. 1, Issue 4, pp. 271–282). <https://doi.org/10.1038/ismej.2007.59>
- Sun, Y., Liu, S., Zhao, T., Zou, Z., Shen, B., Yu, Y., Zhang, S., & Zhang, H. (2021a). A New Hydrogen Sensor Fault Diagnosis Method Based on Transfer Learning With LeNet-5. *Frontiers in Neurorobotics*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.664135>
- Sun, Y., Liu, S., Zhao, T., Zou, Z., Shen, B., Yu, Y., Zhang, S., & Zhang, H. (2021b). A New Hydrogen Sensor Fault Diagnosis Method Based on Transfer Learning With LeNet-5. *Frontiers in Neurorobotics*, 15. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2021.664135>
- Suryana, T. (2021). Implementasi Modul Sensor MQ2 Untuk Mendeteksi Adanya Polutan Gas di Udara. In *Komputer*. <http://iot.ciwaruga.com>
- Yu, C. C., Chiang, K. Y., Okuno, M., Seki, T., Ohto, T., Yu, X., Korepanov, V., Hamaguchi, H. o., Bonn, M., Hunger, J., & Nagata, Y. (2020). Vibrational couplings and energy transfer pathways of water's bending mode. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19759-w>
- Zuhro, N. (2023). *Pengaruh Variasi Tegangan Pada Elektroda Logam Ss 201 Terhadap Konversi Air Menjadi H₂/O₂ Sebagai Bahan Bakar Alternatif*.

LAMPIRAN

Lampiran A Data Volume Terhadap Konsentrasi Gas Pada Penelitian Sebelumnya



Gambar Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Volume Gas H₂/O₂

Pada penelitian sebelumnya pada medan 8.000 N/C menghasilkan volume gas sebesar 497 ml dalam 1 menitnya, dan mulai meningkat hingga mencapai titik tertinggi peningkatannya pada variasi medan 18.000 N/C yang menghasilkan volume gas 1.612 ml dalam 1 menit. Namun konsentrasi gas hidrogen yang teridentifikasi menurun secara drastis, hal ini mengartikan bahwa volume gas yang dihasilkan pada 18.000 N/C bukan murni gas hidrogen, melainkan molekul air yang mengalami transformasi fasa tanpa mengalami pemutusan senyawa hidrogen dan oksigen.

Lampiran B Data Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Kondensasi

Air Kondensasi						
No	0 N/C	6.000 N/C	7.000 N/C	8.000 N/C	9.000 N/C	10.000 N/C
	0.06 mA	110 mA	110mA	131 mA	420 mA	600 mA
1	14	16	16	16	14	25
2	14	16	17	16	15	25
3	14	16	17	17	16	25
4	14	16	17	17	16	26
5	14	17	16	17	17	26
6	14	16	17	17	16	26
7	14	16	16	16	16	26

8	14	17	16	17	16	26
9	14	16	17	17	16	26
10	14	16	17	17	19	26
11	14	16	17	16	26	26
12	14	16	16	17	14	26
13	14	16	17	16	16	26
14	14	17	16	17	17	26
15	14	16	17	17	17	26
16	14	16	17	17	17	26
17	14	16	17	16	17	27
18	14	16	16	17	17	26
19	14	16	17	17	17	26
20	14	16	17	17	18	27
21	14	17	17	17	18	27
22	14	17	17	16	17	27
23	14	16	16	17	17	27
24	14	16	16	17	18	27
25	14	16	17	17	18	27
26	14	16	17	17	18	27
27	14	16	17	17	18	27
28	14	16	16	17	18	27
29	14	16	17	17	18	27
30	14	17	16	17	18	27
31	14	16	17	17	18	28
32	14	16	17	17	19	27
33	14	16	17	17	19	28
34	14	16	17	17	19	27
35	14	17	16	16	19	28
36	14	16	17	17	20	28
37	14	16	17	16	19	28
38	14	17	17	17	20	28
39	14	17	17	17	20	28
40	14	16	17	17	20	28
41	14	17	17	17	20	28
42	14	16	16	16	20	28
43	14	16	17	16	21	28
44	14	17	17	17	21	28
45	14	16	17	17	21	28
46	14	16	17	16	21	28
47	14	16	16	17	21	28
48	14	17	17	16	21	28
49	14	16	17	16	22	28
50	13	16	17	17	22	28

51	14	16	17	17	22	29
52	14	17	17	17	22	28
53	14	16	17	17	22	28
54	14	16	17	17	22	28
55	14	17	17	17	23	28
56	14	16	17	17	23	29
57	14	16	16	17	23	29
58	14	16	17	17	23	29
59	14	17	16	17	23	29
60	14	17	17	17	23	29
Avr	13.98	16.27	16.73	16.77	19.07	27.22

Lampiran C Data Identifikasi Gas Hidrogen Pada Air Demineralisasi

Air Demineralisasi						
No	0 N/C 0.06 mA	6.000 N/C 365 mA	7.000 N/C 560 mA	8.000 N/C 785 mA	9.000 N/C 875 mA	10.000 N/C 1050 mA
1	14	16	21	24	33	40
2	14	17	21	24	34	40
3	14	16	21	25	34	40
4	14	17	21	25	34	40
5	14	17	21	25	34	40
6	14	17	21	24	34	41
7	13	17	21	25	34	41
8	14	17	21	25	34	41
9	13	17	21	25	34	42
10	14	17	21	25	34	42
11	14	17	21	25	34	42
12	13	17	21	24	34	43
13	14	17	22	25	34	44
14	14	17	21	25	34	44
15	14	18	22	24	34	45
16	14	18	21	25	34	45
17	14	18	22	25	34	45
18	14	18	22	25	34	46
19	13	18	22	25	34	46
20	14	18	22	25	34	46
21	14	18	22	25	34	47
22	14	18	22	25	35	47
23	14	18	22	25	35	47
24	14	18	22	25	35	47
25	14	18	22	25	35	48
26	14	18	22	25	36	48

27	14	18	22	25	36	48
28	14	18	22	25	36	48
29	14	18	22	26	36	49
30	14	18	22	25	36	49
31	13	18	22	26	36	49
32	14	18	22	26	36	49
33	14	18	22	26	36	49
34	14	18	22	26	36	50
35	14	18	22	26	36	50
36	14	18	22	26	36	50
37	14	19	22	26	36	50
38	14	18	22	26	37	50
39	14	18	23	26	37	51
40	14	18	22	26	37	51
41	14	18	23	27	37	51
42	14	18	22	27	37	51
43	14	19	23	27	37	52
44	13	18	23	27	37	52
45	14	18	23	27	37	52
46	13	19	23	27	37	52
47	14	18	23	27	37	52
48	14	18	23	27	37	52
49	13	19	23	27	37	52
50	14	18	23	27	37	53
51	13	18	23	28	37	53
52	14	19	23	28	37	53
53	14	19	23	28	37	53
54	14	19	23	28	37	54
55	13	19	23	28	37	54
56	13	19	23	28	37	54
57	13	18	23	28	37	54
58	13	19	23	28	38	55
59	14	19	23	28	38	55
60	14	19	23	28	38	56
Avr	13.78333	17.93333	22.1	25.93333	35.65	48.16667

Lampiran D Data Perbandingan Volume Air Demineralisasi dan Air Kondensasi

Air Kondensasi									
No	E x 10 ³ (N/C)	V/t (ml/menit)	Q (C)	n _e	V (Liter) kalkulasi H ₂	V (Liter) kalkulasi O ₂	ΣV (Liter) H ₂ +O ₂	V (Liter) data	ΔV (Liter) H ₂
1	6	1.99	530.07	1,66.10 ⁺²¹	0.06	0.03	0.09	0.09	0.00
2	7	2.65	486.13	1,52.10 ⁺²¹	0.06	0.03	0.09	0.09	0.00
3	8	2.04	820.73	2,56.10 ⁺²¹	0.10	0.03	0.13	0.09	0.04
4	9	5.51	228.99	7,16.10 ⁺²¹	0.03	0.03	0.06	0.09	-0.03
5	10	3.62	240.27	7,51.10 ⁺²¹	0.03	0.03	0.06	0.09	-0.03

Air Kondensasi									
No	E x 10 ³ (N/C)	V/t (ml/menit)	Q (C)	n _e	V (Liter) kalkulasi H ₂	V (Liter) kalkulasi O ₂	ΣV (Liter) H ₂ +O ₂	V (Liter) data	ΔV (Liter) H ₂
1	6	2,05	515,29	1,61.10 ⁺²¹	0.06	0.03	0.09	0.09	0.00
2	7	2,53	509,43	1,59.10 ⁺²¹	0.06	0.03	0.09	0.09	0.00
3	8	3,28	511,12	1,60.10 ⁺²¹	0.06	0.03	0.09	0.09	0.00
4	9	2,26	558,70	1,75.10 ⁺²¹	0.06	0.03	0.10	0.09	0.01
5	10	1,75	497,25	1,55.10 ⁺²¹	0.06	0.03	0.09	0.09	0.00

Lampiran E Coding Sensor MQ-8

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("H2 Identifikasi:");
    Serial.println("CLEARDATA");
    Serial.println("LABEL,Date,Time,Millis,nilai");
}
void loop() {
    int nilai = analogRead (0);
    Serial.println( (String) "DATA,DATE,TIME," + millis() + "," +
nilai );
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("H2 Identifikasi:");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(nilai);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" ppm");
    delay(1000);
}
```