

SKRIPSI

**PENGARUH KONFIGURASI PELAT ELEKTRODA DAN JENIS LARUTAN
ELEKTROLIT TERHADAP PRODUKTIVITAS *BROWN'S GAS* PADA
GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL***



Oleh:

NAMA : Ryan Rizaldi

NPM : 20036010013

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

JAWA TIMUR

SURABAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KONFIGURASI PELAT ELEKTRODA DAN JENIS LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP PRODUKTIVITAS BROWN'S GAS PADA GENERATOR HHO TIPE DRY CELL

Proposal Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu Dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Oleh:

Nama
NPM

Ryan Rizaldi
: 20036010013

Kosentrasi : Konversi Energi

Telah Diuji Dalam Ujian Comprehensive Skripsi

Hari Tanggal: Kamis / 04 Juli 2024

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji:

1.



Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.
NPT. 20219910114203

2.



Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NPT. 21119930120299

Dosen Pembimbing



Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NPT. 20219940311205

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NPT. 21119930120299

Dr. T.Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarayah, MP.
NIP. 19650403 199103 2 001





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:



Nama : Ryan Rizaldi
NPM : 20036010013
Program Studi : Teknik Mesin

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) SKRIPSI / TUGAS AKHIR Ujian Lisan

Periode II, TA . 2023/2024

Dengan judul : **PENGARUH KONFIGURASI PELAT ELEKTRODA DAN JENIS LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP PRODUKTIVITAS *BROWN'S GAS* PADA GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL***

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd.,MT. ()
2. Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc. ()

Surabaya, 12 Juli 2024

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

Catatan: *) coret yang tidak perlu



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya. Telp. (031) 8782179 Fax. (031) 8782257
www.upnjatim.ac.id

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ryan Rizaldi
NPM : 20036010013
Prodi / Fakultas : Teknik Mesin / Fakultas Teknik dan Sains Universitas
Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

dengan ini menyatakan bahwa judul Skripsi

**PENGARUH KONFIGURASI PELAT ELEKTRODA DAN JENIS LARUTAN
ELEKTROLIT TERHADAP PRODUKTIVITAS *BROWN'S GAS* PADA
GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL***

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 19 Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Ryan Rizaldi
NPM. 20036010013

INTISARI

Kebutuhan energi di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk. Pada tahun 2022, penggunaan bahan bakar fosil meningkat drastis mencapai 43%. Salah satu solusi untuk mengatasi krisis energi ini adalah dengan memanfaatkan hidrogen. Hidrogen dapat dihasilkan melalui elektrolisis air, di mana air diuraikan menjadi hidrogen dan oksigen dengan bantuan arus listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa generator HHO dengan variasi konfigurasi pelat elektroda dan jenis larutan elektrolit terhadap produktivitas *Brown's Gas* tipe *dry cell*. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan konfigurasi pelat elektroda 3K3A20N, 4K3A19N, 4K4A18N. Selain itu, digunakan beberapa jenis larutan elektrolit air laut Pantai Kenjeran, akuades AQUA DEST, dan accu zuur AS POWER. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas *Brown's Gas* tertinggi mencapai 0,00589 L/s pada konfigurasi pelat elektroda 4K4A18N dengan larutan elektrolit air laut. Semakin banyak pelat elektroda yang digunakan semakin banyak ion yang tertarik ke pelat elektroda. Selain itu, jarak elektroda yang lebih dekat menghasilkan produktivitas *Brown's Gas* yang lebih tinggi. Air laut memiliki produktivitas *Brown's Gas* yang lebih besar dibandingkan dengan akuades dan accu zuur. Namun, hasil efisiensi generator HHO tertinggi adalah 49,69% dengan menggunakan larutan elektrolit akuades pada konfigurasi pelat elektroda 4K4A18N. Hal ini disebabkan oleh tingginya konsumsi daya air laut. Untuk mencapai hasil efisiensi yang tinggi penggunaan daya listrik harus relatif rendah sehingga tidak menyebabkan energi terbuang dan efisiensi generator HHO menjadi tinggi.

Kata Kunci: Generator HHO, Konfigurasi Pelat Elektroda, Produktivitas *Brown's Gas*, Larutan Elektrolit

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat Rahmat dan Karunia-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Laporan penelitian ini dibuat dengan judul **Pengaruh Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Produktivitas *Brown's Gas* Pada Generator HHO Tipe *Dry Cell*** sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi Teknik Mesin di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu energi baru dan terbarukan.

Penulis ingin berbagi rasa syukur dan menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan memberikan dukungan dalam pembuatan laporan penelitian ini terutama kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Tria Puspa Sari S.T., M.S. selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu dan perhatiannya untuk membimbing penulis dalam mengerjakan laporan penelitian ini.
4. Ndaru Adyono, S.Si., M.T. selaku sebagai Dosen Wali Akademik yang telah memberi motivasi dan bimbingan akademik selama kuliah di Teknik Mesin.
5. Seluruh Dosen Pengajar Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak berbagi ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat selama pembuatan laporan penelitian ini.
6. Seluruh Staf Administrasi Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah banyak membantu dalam urusan administrasi.
7. Terima kasih kepada kedua orang tua dan adik saya yang selalu memberi motivasi, kasih sayang, doa, nasehat, dan dukungan selama ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa yang memberikan dukungan, semangat, dan motivasi dalam pembuatan laporan penelitian ini.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak kekurangan pada pembuatan laporan penelitian ini. Namun besar harapan agar laporan penelitian ini dapat diterima dan mendapatkan persetujuan dari pihak-pihak yang berwenang. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi yang berarti.

Surabaya, 04 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
INTISARI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Prinsip Dasar Elektrolisis	7
2.3 Jenis Larutan Elektrolit.....	8
2.3.1 Air Laut.....	8
2.3.2 Akuades	9
2.3.3 Accu Zuur	10
2.4 Generator HHO (<i>Hydroxy Hydrogen Oxygen</i>).....	11
2.4.1 Genetaror HHO Tipe <i>Dry Cell</i>	11
2.4.2 Komponen Generator HHO.....	12
2.5 Konfigurasi Pelat Elektroda.....	13
2.6 <i>Brown's Gas</i>	16
2.6.1 Hidrogen	16
2.6.2 Oksigen	17
2.7 Parameter Produksi.....	18
2.8 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas <i>Brown's Gas</i>	21

2.9	Hipotesa	23
BAB III METODE PENELITIAN		24
3.1	Diagram Alir	24
3.2	Instalasi Penelitian	25
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	25
3.4.1	Alat	25
3.4.2	Bahan	26
3.5	Pengukuran Kinerja Alat	27
3.6	Variabel Penelitian	27
3.6.1	Variabel Bebas.....	27
3.6.2	Variabel Terikat.....	28
3.6.3	Varabel Kontrol	29
3.7	Metode Pengambilan Data.....	29
3.8	Metode Pengolahan Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hubungan Antara Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Produktivitas <i>Brown's Gas</i>	33
4.2	Hubungan Antara Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Konsumsi Daya Generator HHO	35
4.3	Hubungan Antara Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur Larutan Elektrolit	38
4.4	Hubungan Antara Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Efisiensi Generator HHO	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN.....		48
Lampiran 1. Perhitungan Data.....		48
Lampiran 2. Hasil Pengambilan Data Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit.....		53

Lampiran 3. Hasil Pengambilan Data Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit.....	56
Lampiran 4. Hasil Pengambilan Data Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit.....	59
Lampiran 5. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Arus.....	62
Lampiran 6. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan.....	65
Lampiran 7. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Volume Gas HHO.....	66
Lampiran 8. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur ...	67
Lampiran 9. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Arus.....	68
Lampiran 10. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan.....	69
Lampiran 11. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Volume Gas HHO.....	70
Lampiran 12. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur ...	71
Lampiran 13. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Arus.....	72
Lampiran 14. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan.....	73
Lampiran 15. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Volume Gas HHO.....	74
Lampiran 16. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur ...	75
Lampiran 17. Hasil Rata-Rata Pengambilan Data.....	76

Lampiran 18. Hasil Anaslisa Data.....	78
Lampiran 19. Perlengkapan Penelitian.....	79
Lampiran 20. Hasil Analisa Laboratorium.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Indonesia <i>Primary Energy Mix</i> 2011-2022.....	1
Gambar 2.1 Proses Elektrolisis Air.....	8
Gambar 2.2 Proses Elektrolisis Air yang Mengandung NaCl	9
Gambar 2.3 (a) Area Generator HHO Tipe <i>Dry Cell</i> (b) Alat Generator HHO Tipe <i>Dry Cell</i>	12
Gambar 2.4 Konfigurasi Pelat Elektroda (a) Monopolar Paralel (b) Monopolar Seri (c) Bipolar Seri	14
Gambar 2.5 Struktur Kimia Hidrogen	17
Gambar 2.6 Struktur Kimia Oksigen	18
Gambar 3.1 Diagram Alir	24
Gambar 3.2 Instalasi Penelitian	25
Gambar 4.1 Grafik Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Produktivitas <i>Brown's Gas</i>	33
Gambar 4.2 Gelembung pada Pelat Elektroda (a) Air Laut (b) Akuades (c) Accu Zuur	35
Gambar 4.3 Grafik Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Konsumsi Daya Generator HHO	35
Gambar 4.4 Tranfer Elektron pada Konfigurasi Pelat Elektroda.....	36
Gambar 4.5 Hambatan Konfigurasi Pelat Elektroda (a) 3K3A20N (b) 4K3A19N (c) 4K4A18N.....	37
Gambar 4.6 Grafik Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur Larutan Elektrolit	38
Gambar 4.7 Hasil Proses Elektrolisis Air pada Jenis Larutan Elektrolit	39
Gambar 4.8 Grafik Konfigurasi Pelat Elektroda dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Efisiensi Generator HHO	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Chemical Composition of Austenitic Stainless Steels</i>	15
Tabel 2.2 Sifat Mekanik <i>Stainless Steel 316L</i>	16
Tabel 2.3 <i>Properties of Hydrogen</i>	17
Tabel 3.1 Spesifikasi Setiap Jenis Larutan Elektrolit	26
Tabel 3.2 Konfigurasi Pelat Elektroda.....	28
Tabel 4.1 Hasil Analisa Hambatan Setiap Konfigurasi Pelat Elektroda.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Data.....	48
Lampiran 2. Hasil Pengambilan Data Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit.....	53
Lampiran 3. Hasil Pengambilan Data Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit.....	56
Lampiran 4. Hasil Pengambilan Data Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit.....	59
Lampiran 5. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Arus.....	62
Lampiran 6. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan.....	65
Lampiran 7. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Volume Gas HHO.....	66
Lampiran 8. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 3K3A20N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur ...	67
Lampiran 9. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Arus.....	68
Lampiran 10. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan.....	69
Lampiran 11. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Volume Gas HHO.....	70
Lampiran 12. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K3A19N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur ...	71
Lampiran 13. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Arus.....	72
Lampiran 14. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Tegangan.....	73

Lampiran 15. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Volume Gas HHO.....	74
Lampiran 16. Hasil Uji Statistika ANOVA <i>Single Factor</i> Pada Konfigurasi Pelat Elektroda 4K4A18N dan Jenis Larutan Elektrolit Terhadap Temperatur ...	75
Lampiran 17. Hasil Rata-Rata Pengambilan Data.....	76
Lampiran 18. Hasil Anaslisa Data.....	78
Lampiran 19. Perlengkapan Penelitian.....	79
Lampiran 20. Hasil Analisa Laboratorium.....	83

DAFTAR NOTASI

P	= Daya yang dibutuhkan generator HHO (Watt)
V	= Beda potensial atau voltase (Volt)
I	= Arus listrik (Ampere)
R	= Resistansi (Ω)
ρ	= Resistivitas massa jenis elektroda ($\Omega \cdot \text{mm}$)
l	= Jumlah jarak antara pelat elektroda (mm)
A	= Luas permukaan elektroda (mm^2)
QHHO	= Laju produktivitas gas HHO (L/s)
\forall gas HHO	= Volume gas HHO (L)
t	= Waktu menghasilkan gas HHO (s)
η_{HHO}	= Efisiensi generator HHO (%)
ρ_{HHO}	= Massa jenis gas HHO (0,491167 g/L)
LHVHHO	= <i>Lower Heating Value</i> atau nilai pembakaran terendah (13250 J/g)