

SKRIPSI

**ANALISIS PEMANFAATAN GAS HIDROGEN
HASIL ELEKTROLISIS AIR UNTUK
MEMANASKAN AIR**



R. FINLANKA SANDRO AMANDO

03051281924039

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

SKRIPSI

**ANALISIS PEMANFAATAN GAS HIDROGEN
HASIL ELEKTROLISIS AIR UNTUK
MEMANASKAN AIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



OLEH

R. FINLANKA SANDRO AMANDO

03051281924039

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PEMANFAATAN GAS HIDROGEN HASIL ELEKTROLISIS AIR UNTUK MEMANASKAN AIR

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

R. FINLANKA SANDRO AMANDO

03051281924039

Palembang, Juni 2023

**Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi**




Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D.
NIP.197112251997021001

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the supervisor, Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.
Diterima Tanggal
Paraf

: 030/TM/AR/2023
: 27-7-2023
: 

SKRIPSI

NAMA : R. FINLANKA SANDRO AMANDO
NIM : 03051281924039
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS PEMANFAATAN GAS
HIDROGEN HASIL ELEKTROLISIS AIR
UNTUK MEMANASKAN AIR
DIBUAT TANGGAL : 18 JUNI 2022
SELESAI TANGGAL : 7 JUNI 2023

Mengetahui,

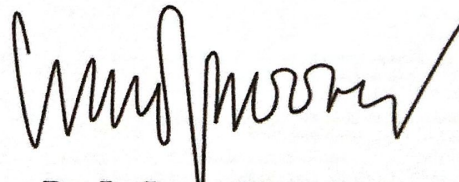
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S. T, M.Eng, Ph.D.
NIP.197112251997021001

Palembang, Juni 2023

Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi



Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "Analisis Pemanfaatan Gas Hidrogen (H_2) Hasil Elektrolisis Air (H_2O) untuk Memanaskan Air" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Juni 2023.

Palembang, Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

(.....)

Sekretaris :

2. Akbar Teguh Prakoso, S.T., M.T.
NIP. 199204122022031009

(.....)

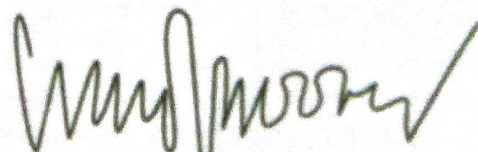
Anggota :

3. Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198105102005011005

(.....)

Palembang, Juli 2023


Diperiksa dan disetujui oleh,
Pembimbing Skripsi



Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng, Ph.D., IPM.
NIP. 197112251997021001

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir yang dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Pemanfaatan Gas Hidrogen Hasil Elektrolisis Air Untuk Memanaskan Air”.

Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak bekerja sendirian, namun penulis mendapat bantuan dan dukungan dari banyak orang baik secara langsung ataupun tidak langsung. Melalui kesempatan ini, dengan rasa hormat dan setulus hati penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

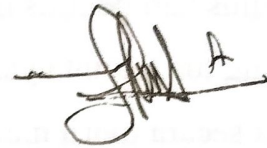
1. Orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dorongan baik secara moril maupun material demi keberhasilan penulis.
2. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan wawasan, motivasi serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M. Eng, Ph.D., IPM. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPP. selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. H. Darmawi Bayin, M.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Andri Hasra Pratama, S.T. selaku mentor penelitian penulis yang telah memberikan arahan dalam proses pembuatan skripsi ini.
7. Seluruh dosen dan staf administrasi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
8. Keluarga, kerabat dan saudara penulis yang selalu memberikan motivasi dan doa kepada penulis.
9. Sahabat OMK St Petrus yang telah menjadi tempat bernaung dan berbagi keluh kesah.

10. Teman satu bimbingan, Muhammad Khoiri dan Muhammad Firdaus yang telah memberi bantuan dan menguatkan penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Keluarga besar mahasiswa Teknik Mesin, terutama teman seperjuangan angkatan 2019 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan, kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Penulis juga berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, Juni 2023

Penulis,



R. Finlanka Sandro Amendo

NIM. 03051281924039

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : R. Finlanka Sandro Amando

NIM : 03051281924039

Judul : Analisis Pemanfaatan Gas Hidrogen Hasil Elektrolisis Air
untuk Memanaskan Air

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Juli 2023



R. Finlanka Sandro Amando

NIM. 03051281924039

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : R. Finlanka Sandro Amando

NIM : 03051281924039

Judul : Analisis Pemanfaatan Gas Hidrogen Hasil Elektrolisis Air untuk
Memanaskan Air

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Juli 2023



R. Finlanka Sandro Amando

NIM. 03051281924039

RINGKASAN

ANALISIS PEMANFAATAN GAS HIDROGEN HASIL ELEKTROLISIS AIR UNTUK MEMANASKAN AIR

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, 7 Juni 2023

R. Finlanka Sandro Amando, dibimbing oleh Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxvii + 65 halaman, 10 tabel, 28 gambar, 5 lampiran

RINGKASAN

Emisi atau jejak karbon merupakan permasalahan dunia dewasa ini. Jejak karbon terbagi atas jejak karbon primer yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan jejak karbon sekunder yang dihasilkan oleh peralatan dalam rumah tangga. Hidrogen merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi dan dapat dimanfaatkan dalam peralatan rumah tangga seperti pemanas air. Untuk mendapatkan gas hidrogen yang hijau, dilakukan proses elektrolisis air menggunakan air demineralisasi dan natrium hidroksida sebagai katalis untuk mempercepat proses elektrolisis air. Ada beberapa jenis pemanas air, seperti pemanas air dengan tangki, pemanas air tanpa tangki, pemanas air listrik, dan sebagainya. Berbeda dengan jenis pemanas air dengan tangki yang membutuhkan waktu tunggu, pemanas air tanpa tangki memungkinkan pemanasan air lebih cepat karena air dipanaskan dan terus menerus mengalir menuju ke keran air. Analisis pemanas air berbahan bakar gas hidrogen disajikan dengan cara dibandingkan dengan pemanas air berbahan bakar gas LPG. Ada beberapa variabel yang disajikan yakni temperatur air keluar terhadap laju aliran massa gas, kalor yang diterima air terhadap laju aliran massa gas, debit aliran gas terhadap laju aliran massa gas, dan temperatur air keluar terhadap waktu. Temperatur air panas yang direkomendasikan untuk mandi adalah 40 °C. Pemanas air dengan berbahan bakar hidrogen dapat memanaskan air mandi 40 °C lebih cepat dibandingkan pemanas air berbahan bakar LPG. Dengan laju aliran massa 0,00003368 kg/s, pemanas air berbahan hidrogen dapat memperoleh panas air mandi 40 °C dalam waktu 10 menit, sedangkan pemanas

air berbahan bakar LPG memerlukan waktu 30,5 menit. Dengan laju aliran massa 0,0001028 kg/s, pemanas air berbahan bakar LPG dapat mencapai temperatur air mandi 40 °C dalam waktu 10 menit sedangkan pemanas air berbahan bakar hidrogen hanya membutuhkan waktu selama 3,3 menit. Dalam pemanasan temperatur panas air mandi 40 °C dalam waktu 10 menit, pemanas air berbahan bakar hidrogen membutuhkan massa tabung bahan bakar minimal lebih ringan yakni sebesar 0,02021 kg, sedangkan pemanas air berbahan bakar LPG membutuhkan massa tabung minimal sebesar 0,06168 kg.

Kata Kunci : elektrolisis air, hidrogen, LPG, pemanas air

Kepustakaan : 27 (2003-2022)

SUMMARY

ANALYSIS OF THE UTILIZATION OF HYDROGEN GAS FROM ELECTROLYZED WATER TO HEAT WATER

Scientific paper in the form of a thesis, June 7, 2023

R. Finlanka Sandro Amando, supervised by Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.

xxvii + 65 pages, 10 tables, 28 figures, 5 appendix

SUMMARY

Emission or carbon footprint is a world problem today. Carbon footprint is divided into primary carbon footprint generated by motor vehicles and secondary carbon footprint generated by household appliances. Hydrogen is a renewable energy that is environmentally friendly because it does not produce emissions and can be utilized in household appliances such as water heaters. To obtain green hydrogen gas, a water electrolysis process is carried out using demineralized water and sodium hydroxide as a catalyst to accelerate the water electrolysis process. There are several types of water heaters, such as water heaters with tanks, tankless water heaters, electric water heaters, and so on. Unlike tankless water heaters that require waiting time, tankless water heaters allow faster water heating because the water is heated and continuously flows to the water tap. Analysis of the hydrogen gas-fired water heater is presented by comparing it to an LPG-fired water heater. There are several variables presented, namely the exit water temperature against the gas mass flow rate, the heat received by water against the gas mass flow rate, the gas flow rate against the gas mass flow rate, and the exit water temperature against time. The recommended hot water temperature for bathing is 40°C. Hydrogen-fueled water heaters can heat bath water 40°C faster than LPG-fueled water heaters. With a mass flow rate of 0.00003368 kg/s, the hydrogen-fired water heater can heat up 40°C bathing water in 10 minutes, while the LPG-fired water heater takes 30.5 minutes. With a mass flow rate of 0.0001028 kg/s, the LPG-fired water heater

can reach a bath water temperature of 40°C within 10 minutes while the hydrogen-fired water heater only takes 3.3 minutes. In heating the hot temperature of 40°C bath water within 10 minutes, the hydrogen-fired water heater requires a lighter minimum fuel cylinder mass of 0.02021 kg, while the LPG-fired water heater requires a minimum cylinder mass of 0.06168 kg.

Keywords : hydrogen, LPG, water electrolysis, water heater

Citation : 27 (2003-2022)

DAFTAR ISI

SKRIPSI	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
SKRIPSI	vii
HALAMAN PERSETUJUAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR TABEL	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sifat Hidrogen	5
2.1.1 Unsur Kimia Hidrogen	7
2.1.2 Nilai Kalor	8
2.2 Produksi Hidrogen	9
2.3 Elektrolisis Air	11
2.3.1 Hukum Faraday	13
2.3.2 Katalis.....	14
2.4 Pemanas Air di Pasaran.....	14
2.4.1 Model Pemanas Air	16

2.4.2	Standarisasi Produk Pemanas Air.....	19
2.5	<i>Check Valve</i>	21
2.6	Laju Aliran Kalor	22
2.6.1	Laju Aliran Kalor Zat Cair	22
2.6.2	Laju Aliran Kalor Zat Gas	23
2.7	Efisiensi Pemanas Air	23
2.8	Neraca Energi.....	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	Diagram Alir Penelitian	25
3.2	Skema Pengujian	26
3.3	Cara Memperoleh Gas Hidrogen.....	27
3.4	Cara Memperoleh Data	27
3.5	Pengolahan Data.....	28
3.5.1	Spesifikasi Pemanas Air	28
3.5.2	Variabel Penelitian	28
3.5.3	Cara Pengolahan Data	29
3.6	Alat dan Bahan	29
3.6.1	Pemanas Air (<i>Water Heater</i>).....	29
3.6.2	Pompa Air.....	30
3.6.3	Alat Ukur Tingkat Tekanan Fluida.....	31
3.6.4	Alat Ukur Debit Gas	32
3.6.5	Alat Ukur Debit Air.....	32
3.6.6	Alat Ukur Temperatur Air	33
3.7	Matriks Penelitian	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Proses Memperoleh Gas Hidrogen.....	37
4.2	Pengisian Tabung Gas Hidrogen.....	39
4.2.1	Volume Tabung Gas	39
4.2.2	Jumlah Air Yang Dibutuhkan Elektrolisis Air	40
4.2.3	Jumlah Massa Gas Hidrogen	41
4.2.4	Debit Gas Hidrogen Yang Dihasilkan Elektrolisis Air	42
4.2.5	Tekanan Tabung Gas	42
4.2.6	Daya Listrik Yang Dibutuhkan Dalam Elektrolisis Air	43
4.3	Evaluasi Kemampuan Pemanas Air	44

4.3.1	Luas Penampang Pipa	44
4.3.2	Kecepatan Air Rata-rata	45
4.3.3	Laju Aliran Massa Air	45
4.3.4	Efisiensi <i>Tankless Water Heater</i>	45
4.3.5	Pemanas Air Gas Hidrogen	46
4.3.6	Pemanas Air Gas LPG	48
4.4	Kurva-Kurva Hasil Analisis Data	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hidrogen dalam tabel periodik	7
Gambar 2.2	Bahan baku dalam produksi hidrogen global	10
Gambar 2.3	Metode produksi hidrogen (H ₂)	11
Gambar 2.4	Rangkaian sistem elektrolisis	12
Gambar 2.5	Pemanas air tipe 1	16
Gambar 2.6	Pemanas air tipe 2	17
Gambar 2.7	Pemanas air tipe 3	18
Gambar 2.8	Pemanas air tipe 4	19
Gambar 2.9	Mekanisme kerja <i>check valve</i>	21
Gambar 2.10	Neraca energi pemanas air	24
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2	Skema pengujian pemanas air berbahan bakar hidrogen	26
Gambar 3.3	<i>Gas tankless water heater</i>	30
Gambar 3.4	Pompa air	30
Gambar 3.5	<i>Pressure gauge</i>	31
Gambar 3.6	<i>Flowmeter</i>	32
Gambar 3.7	<i>Water meter</i>	33
Gambar 3.8	<i>Temperature indicator</i>	33
Gambar 4.1	Proses elektrolisis air	37
Gambar 4.2	Soda api (NaOH)	38
Gambar 4.3	Air destilasi	38
Gambar 4.4	Proses pengisian tabung	39
Gambar 4.5	Hubungan laju aliran massa gas dan temperatur air ke luar	50
Gambar 4.6	Hubungan kalor yang diterima air terhadap laju aliran massa gas	51
Gambar 4.7	Hubungan debit aliran gas terhadap laju aliran massa gas	52
Gambar 4.8	Hubungan temperatur air ke luar terhadap waktu pada laju aliran massa 0,00003368 kg/s	53

Gambar 4.9	Hubungan temperatur air ke luar terhadap waktu pada laju aliran massa 0,0001028 kg/s	53
Gambar 4.10	Hubungan temperatur pembakaran dibawah rasio pencampuran hidrogen yang berbeda	54
Gambar 4.11	Hubungan emisi polutan dengan rasio pencampuran hidrogen yang berbeda	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika Hidrogen	6
Tabel 2.2 <i>Hydrogen Heat Content</i>	9
Tabel 2.3 Stokimetri Elektrolisis Air dengan Katalis NaOH	14
Tabel 2.4 Standar temperatur air panas sesuai pemakaiannya.	20
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Gas Tankless Water Heater</i>	28
Tabel 3.2 Variabel Penelitian	28
Tabel 3.3 Tabel <i>Water Heater</i> Gas Hidrogen.....	34
Tabel 3.4 Tabel <i>Water Heater</i> Gas LPG	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Properties of Saturated Water</i>	61
Lampiran 2 Kalor Jenis Zat	62
Lampiran 3 Tabel Temperatur Air ke Luar terhadap Waktu dengan laju aliran massa 0,0001028 kg/s.....	62
Lampiran 4 Tabel Temperatur Air ke Luar terhadap Waktu dengan laju aliran massa 0,00003368 kg/s.....	63
Lampiran 5 Perbandingan Daya Listrik untuk Memproduksi Gas H ₂ dan Daya Listrik untuk Pemanas Air.....	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jejak karbon atau emisi dapat dihasilkan oleh kegiatan atau aktifitas rumah tangga yang menggunakan bahan bakar. Jumlah jejak karbon yang dihasilkan bervariasi tergantung pada lamanya penggunaan bahan bakar, seperti penggunaan LPG (*Liquid Petroleum Gas*), minyak tanah, dan sebagainya. Jejak karbon terbagi menjadi dua yakni jejak karbon primer dan jejak karbon sekunder. Jejak karbon primer didapat dari hasil pembakaran bahan bakar seperti kendaraan bermotor dan memasak. Jejak karbon sekunder didapat melalui peralatan elektronik dalam rumah tangga yang menggunakan energi listrik (Wulandari, Hermawan dan Purwanto, 2013). Oleh karena itu, diperlukannya bahan bakar dari energi terbarukan pada aktivitas dalam rumah tangga.

Hidrogen adalah salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan baik dalam dunia industri maupun rumah tangga. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dapat digunakan tanpa batas waktu dan tidak akan pernah habis karena dapat dipulihkan dalam waktu relatif singkat (Azhar dan Adam Satriawan, 2018).

Energi hidrogen dapat diperoleh dari berbagai sumber, diantaranya adalah air (H_2O). Salah satu metode untuk memproduksi hidrogen ialah elektrolisis air. Elektrolisis air adalah proses penguraian senyawa air (H_2O) menjadi gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2). Oleh karena prosesnya yang lambat, katalis dibutuhkan untuk mempercepat proses reaksi dan meningkatkan jumlah produksi hidrogen yang dihasilkan. Gas hidrogen (H_2) merupakan energi yang sangat potensial karena sifatnya yang ramah lingkungan (Wahyono, Sutanto dan Hidayanto, 2017), termasuk berpotensi untuk aktivitas dalam rumah tangga dalam memenuhi kebutuhan energi ramah lingkungan.

Pemanas Air (*Water Heater*) merupakan salah satu peralatan rumah tangga yang menghasilkan jejak karbon atau emisi. Bahan bakar pemanas air yang beredar di pasaran terutama di Indonesia umumnya bersumber dari energi gas alam dan energi listrik. Emisi yang berasal dari penggunaan pemanas air dapat dikurangi dengan penggunaan pemanas air yang berbahan bakar gas hidrogen. Hidrogen yang didapatkan dari hasil elektrolisis dapat menjadi energi alternatif pada pemanas air untuk mengurangi emisi yang dibuang.

1.2 Rumusan Masalah

Pemanas air yang beredar di pasaran terutama di Indonesia menggunakan gas LPG (*liquid petroleum gas*) sebagai bahan bakar menghasilkan emisi dalam penggunaannya sehingga diperlukan hidrogen sebagai sumber energi terbarukan. Oleh karena sifat dari hidrogen yang tidak berbau, tidak berwarna, dan mudah terbakar, diperlukan *safety system* pada pemanas air berbahan bakar hidrogen. Selain itu, diperlukan analisis performansi pada pemanfaatan hidrogen sebagai pengganti LPG untuk memanaskan air.

1.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian ini agar lebih terarah untuk dalam mencapai tujuan yang diinginkan, perlu pembatasan penelitian sebagai berikut:

1. Sumber energi panas yang digunakan didapatkan dari hasil elektrolisis air dengan penambahan katalis NaOH.
2. Menggunakan *Gas Tankless Water Heater* yang sumber energinya dimodifikasi dengan memanfaatkan hidrogen (H_2).
3. Penelitian ini tidak mengkaji proses pembentukan hidrogen dari elektrolisis air.

4. Menggunakan *safety system* yang tersedia di pasaran.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis performansi dari pemanas air berbahan bakar hidrogen.
2. Mendesain *safety system* pemanas air berbahan bakar hidrogen.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian dilakukan dengan harapan dapat menjawab tantangan dari EBT khususnya sumber EBT dari air yang berlimpah untuk dipisahkan menjadi hidrogen. Hidrogen di sini digunakan sebagai sumber energi untuk memanaskan air. Manfaat penelitian ini adalah penggunaan peralatan rumah tangga yang mampu mengurangi emisi yang dihasilkan oleh peralatan tersebut. Diharapkan juga agar penelitian ini dapat menjadi referensi dalam mendukung laju perkembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Almu, M.A., Syahrul dan Padang, Y.A. (2014) 'Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calopyllum Inophyllum*) dan Abu Sekam Padi', *Dinamika Teknik Mesin*, 4.
- Azhar, M. dan Adam Satriawan, D. (2018) Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional, *Online Administrative Law & Governance Journal*.
- Bossel, U., Eliasson, B. dan Taylor, G. (2003) 'The Future of the Hydrogen Economy: Bright or Bleak?', *Cogeneration and Competitive Power Journal*. Fairmont Press Inc., pp. 29–70. Available at: <https://doi.org/10.1080/15453660309509023>.
- Budiarthan, I.N. (2013) Gas Production In Electrolysis Process On Construction Of Hho Gas Generator With Spiral And Sheets Shape Electrode By Using Sodium Hydroxide, Sodium Chloride And Baking Soda As Catalysts, *Maret*.
- Cast (2021) Ekonomi Hidrogen Hijau dan Tantangannya, Cast Foundation. Available at: <https://castfoundation.id/media/ekonomi-hidrogen-hijau-dan-tantangannya/> (Accessed: 19 September 2022).
- Che, D., Liu, Y. dan Gao, C. (2004) 'Evaluation of retrofitting a conventional natural gas fired boiler into a condensing boiler', *Energy Conversion and Management*, 45(20), pp. 3251–3266. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.01.004>.
- College of the Desert (2001) Hydrogen Fuel Cell Engines Module 1: Hydrogen Properties Contents.
- Cruickshank, C.A. dan Harrison, S.J. (2010) 'Heat loss characteristics for a typical solar domestic hot water storage', *Energy and Buildings*, 42(10), pp. 1703–1710. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.04.013>.
- Davis, S.C. dan Boundy, R.G. (2022) *Transportation Energy Data Book: Edition 40*.
- Der, J.P., Kostiuk, L.W. dan McDonald, A.G. (2017) 'Analysis of the performance of a tankless water heating combo system: Space heating only mode', *Energy and Buildings*, 137, pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.020>.
- Eko, S. (2018) Comparison Characteristics Of The Water Heater Series Models With Low And High Gas Pressure Final Project.
- eshandriana (2021) Metil Merkaptan berpotensi meledak, *Advanced Analytics Asia*.

- Helmenstine, A.M. (2020) *Hydrogen Facts - Element 1 or H*, ThoughtCo. Available at: <https://www.thoughtco.com/hydrogen-facts-element-1-or-h-607917> (Accessed: 10 December 2022).
- Keçebaş, A. dan Kayfeci, M. (2019) 'Hydrogen properties', in *Solar Hydrogen Production: Processes, Systems and Technologies*. Elsevier, pp. 3–29. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814853-2.00001-1>.
- Kementrian Perindustrian RI (2005) *Standar Nasional Indonesia Tata cara perencanaan sistem plambing ICS 91.140.60 Badan Standardisasi Nasional*.
- Novie Arini, R. (2012) *Pengaruh Variasi Duty Cycle Pada Pulse Width Modulation Terhadap Performa Generator Gas Hho Tipe Basah (Wet Cell) 9 PLAT SS 316L 10x10 Mm*.
- Purnami (2015) '129153-ID-pengaruh-penggunaan-katalis-terhadap-laju', *Rekayasa Mesin*, 6, pp. 54–55.
- Setiyana, B. (2020) 'Investigasi Numerik Kekuatan Struktur Check Valve ½" 9K Psi', 16.
- Setyawan, H. (2020) *Hidrogen sebagai sistem energi masa depan*.
- Sowmy, D.S. dan Prado, R.T.A. (2008) 'Assessment of energy efficiency in electric storage water heaters', *Energy and Buildings*, 40(12), pp. 2128–2132. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.06.007>.
- Suyuty, A. (2011) *Studi Eksperimen Konfigurasi Komponen Sel Elektrolisis untuk Memaksimalkan pH larutan dan Gas Hasil Elektrolisis Dalam Rangka Peningkatan Performa dan Reduksi SO_x-NO_x Motor Diesel*.
- Toja-Silva, F. (2011) 'A novel water heater using injected hydrogen combustion exhaust', *Energy and Buildings*, 43(9), pp. 2320–2328. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.05.024>.
- Uysal, S., dkk. (2021) 'Investigation of hydrogen production potential from different natural water sources in Turkey', *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(61), pp. 31097–31107. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.017>.
- Wahyono, Y., Sutanto, H. dan Hidayanto, E. (2017) *Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH*, *Youngster Physics Journal*.
- Wahyuningsih, I. (2020) *Hidrogen*.
- Wulandari, M.T., Hermawan and Purwanto (2013) *Kajian Emisi Co₂ Berdasarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga Sebagai Penyebab Pemanasan Global (Studi Kasus Perumahan Sebantengan, Gedang Asri, Susukan RW 07 Kab. Semarang)*.
- Zhan, X., Chen, Z. dan Qin, C. (2022) 'Effect of hydrogen-blended natural gas on combustion stability and emission of water heater burner', *Case Studies in Thermal Engineering*, 37.