



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Rancang Bangun Hydrogen Generator Menggunakan Pembangkit Solar Cell
Untuk Optimasi Output Fuel Cell Berbasis PID-Labview

THESIS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Mencapai Derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Kontrol Industri

Muhamad Maulana Yusuf

NIM : 1909511001

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN REKAYASA KONTROL INDUSTRI
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
AGUSTUS 2023



Hak Cipta :






1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TESIS

Laporan tesis ini diajukan oleh :

Nama : Muhamad Maulana Yusuf
NIM : 1909511001
Program Studi : Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Hydrogen Generator Menggunakan Pembangkit Solar Cell Untuk Optimasi Output Fuel Cell Berbasis PID-Labview


Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Selasa tanggal 8 Agustus Tahun 2023 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh Derajat Gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I :  (Dr.A. Tosin Alamsyah, S.T., M.T.)
Pembimbing II :  (Endang Wijaya, ST. M.Si)
Penguji I :  (Nana Sutarna S.T., M.T., Ph.D.)
Penguji II :  (Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si)
Penguji III :  (Murie Dwiyanti S.T, M.T.)

Depok, 29 Agustus 2023

Disahkan oleh

Kepala Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta


Dr. Isdawimah, S.T., M.T
NIP. 196201291988111001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhamad Maulana Yusuf

NIM : 1909511001

Tanda Tangan

Tanggal : 8 Agustus 2023

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat dan ridho Allah SWT yang telah memberikan karunia ilmu, kekuatan, kesempatan, kesehatan, dan waktu sehingga dapat menyelesaikan buku tesis ini yang berjudul “Rancang Bangun Hydrogen Generator Menggunakan Pembangkit Solar Cell Untuk Optimasi output Fuel cell Berbasis PID-Labview”.

Tesis ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Program Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta. Ucapan terimakasih tak terhingga kepada:

1. Orangtuaku Ibu **Encun Suryati**, Bapak **Soleh Hidayat** dan Sahabatku yang selalu mendukung dan mengingatkan dan memotivasi tanpa henti.
2. Bapak **Dr.Drs. Ahmad Tossin Alamsyah, ST, MT** selaku Ketua Program Studi S2 Terapan Teknik Elektro dan sebagai dosen pembimbing I.
3. Bapak **Endang Wijaya, ST, M.Si** selaku pembimbing 2 selaku dosen jurusan teknik elektro yang telah memberikan bimbingan dan memberikan ilmu tentang control mass flow control dengan myRio & Labview.
4. Segenap Dosen dan Staff Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro atas kontribusinya baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu selama penyusunan laporan tesis ini.
5. Rekan-rekan program studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta angkatan pertama
6. Untuk **Nur Widdya Damayanti** terima kasih sudah mensupport selalu tanpa henti.
7. Untuk **Pak Dr. Belyamin M.Sc.** selaku dosen teknik mesin yang pertama kalinya mengenalkan saya tentang Fuel cell.

Hasil penelitian ini saya sangat mengharapkan saran dan masukan yang dapat memperkaya khazanah keilmuan didalam laporan tesis ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis dan masyarakat, karena sebaik baiknya ilmu adalah ilmu yang bermanfaat bagi orang lain.

Bogor, 8 Agustus 2023
Muhamad Maulana Yusuf



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR & GRAFIK	xi
HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Perumusan Masalah	17
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Batas Penelitian.....	17
1.5 Manfaat Penelitian	18
1.6 Sistematika Penyajian.....	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	20
2.1 Fuel cell	20
2.2 Elektrolisis	31
2.3 NI MYRIO-1900	34
2.4 Valve Servo Control	35
2.5 Mass Flow Mater	37
2.6 NI LabVIEW MyRIO Toolkit	39
2.7 Literatur Review	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	46
3.1. Ruang Lingkup Penelitian	47
3.2 Rancangan Penelitian.....	48

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3	Perancangan.....	49
3.4	Cara Kerja.....	56
3.5	Pengujian	57
3.6	Metode dan Teknik Analisis Data	58
3.7	Metode dan Teknik Penyajian Hasil.....	58

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....63

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN7676

5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran.....	76

DAFTAR PUSTAKA77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Analisa Kebutuhan Peralatan Penelitian.....	48
Tabel 3.2	Spesifikasi Modul Surya Terpasang.....	50
Tabel 3.3	Spesifikasi <i>Inverter</i> Satu Fasa.....	51
Tabel 3.4	Spesifikasi Elektrolisis.....	55
Tabel 3.5	Spesifikasi Mass flow meter aalborg.....	55
Tabel 4.1	Nilai efisiensi generator HHO (%).....	64
Tabel 4.2	Recap auto tuning PID.....	74
Tabel 4.3	Recap manual tuning PID.....	74
Tabel 4.4	Recap auto & manual tuning PID.....	74



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR & GRAFIK

Gambar 2.1 Fuel Cell Stack.....	21
Gambar 2.2 Reaksi elektrokimia PEMFC.....	26
Gambar 2.3 Struktur rangkaian <i>fuel cell</i>	27
Gambar 2.4 Proses <i>fuel cell</i>	28
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Fuelcell PEM.....	29
Gambar 2.6 Karakteristik arus dan tegangan <i>fuel cell</i> ideal.....	31
Gambar 2.7 Proses elektrolisis.....	33
Gambar 2.8 NI MyRIO-1900.....	34
Gambar 2.9 Detail MyRIO 1900.....	34
Gambar 2.10 Block Diagram MyRIO 1900.....	35
Gambar 2.11 Pulse control derajat pada servo.....	36
Gambar 2.12 Close loop dan open loop.....	36
Gambar 2.13 Servo valve control.....	37
Gambar 2.14 Detail Pin dan fungsi mass flow meter Aalborg.....	38
Gambar 2.15 Mass flow meter Aalborg seri TD9411M.....	38
Gambar 2.16 MyRIO Palette.....	40
Gambar 3.1 Desain alat penelitian.....	46
Gambar 3.2 P&ID penelitian.....	47
Gambar 3.3 Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Penelitian.....	49
Gambar 3.4 Solar cell 400 WP.....	50
Gambar 3.5 Controller, power suply & inverter.....	51
Gambar 3.6 Cover elektrolisis.....	52
Gambar 3.7 Plat anoda.....	52
Gambar 3.8 Plat katoda.....	53
Gambar 3.9 Rubber.....	53
Gambar 3.10 Bagian dry cell sebelum assembly.....	54
Gambar 3.11 Elektrolisis dry cell setelah Assembly.....	54
Gambar 3.12 Elektrolisis Dry cell dengan 2 tabung hydrogen dan oksigen.....	54
Gambar 3.13 Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Cara Kerja Peralatan elektrolisis.....	56



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.14 Diagram block Proses alat.....	56
Gambar 3.15 Alat control gas hydrogen.....	57
Gambar 3.16 Program labview global.....	60
Gambar 3.17 Program PID menggunakan myRio.....	60
Gambar 3.18 Program data logger.....	61
Gambar 3.19 HMI tampilan depan.....	61
Gambar 4.1 Dokumentasi assembly semua komponen.....	63
Gambar 4.2 Grafik data Perbandingan Jumlah KOH dengan Supply 24Volt, 30A.....	63
Grafik 4.3 Hubungan antara Jumlah KOH dengan efisiensi generator HHO.....	64
Grafik 4.4 Setpoint 2 Liter/menit.....	65
Grafik 4.5 Setpoint 2.5 Liter/menit.....	65
Grafik 4.6 Setpoint 3 Liter/menit.....	66
Grafik 4.7 Setpoint 3.5 Liter/menit.....	66
Grafik 4.8 Setpoint 4 Liter/menit.....	67
Grafik 4.9 Setpoint 4.5 Liter/menit.....	67
Grafik 4.10 Setpoint 5 Liter/menit.....	68
Grafik 4.11 Setpoint 5.5Liter/menit.....	68
Grafik 4.12 Setpoint 6 Liter/menit.....	69
Grafik 4.13 Setpoint 6.5 Liter/menit.....	69
Grafik 4.14 Setpoint 7 Liter/menit.....	70
Grafik 4.15 Setpoint 2-7 Liter/menit VS Actual	70
Grafik 4.16 Tuning PID manual P=1, I=0.01, D=0.....	71
Grafik 4.17 Tuning PID manual P=2, I=0.01, D=0.....	71
Grafik 4.18 Tuning PID manual P=3, I=0.01, D=0.....	72
Grafik 4.19 Tuning PID manual P=4, I=0.01, D=0.....	72
Grafik 4.20 Tuning PID manual P=5, I=0.01, D=0.....	73
Grafik 4.21 Tuning PID manual P=6, I=0.01, D=0.....	73



ABSTRAK

Permasalahan pengoperasian sistem fuel cell adalah menjaga tegangan keluaran fuel cell yang cenderung menurun seiring meningkatnya arus beban. Pengaturan aliran masuk gas hidrogen memberikan reaksi yang cepat terhadap perubahan tegangan keluaran fuel cel.. Pengaturan flow yang masih menggunakan manual valve sesuai derajat varitif dinilai kurang efektif dan akan mengakibatkan membrane pada fuel cell robek. Dengan pembuatan hydrogen generator sebagai sumber gas hydrogen dengan menggunakan metode dry cell elektrolisis gas yang di hasilkan di tarik oleh compressore kemudian keluaran gas diatur oleh servo valve control sesuai dengan set point dengan menggunakan metode PID, percobaan dilakukan dengan setpoint 2 – 7 L/s didapatkan nilai study state eror rata – rata 17 detik. Efektifitas dari elektrolisis juga berpengaruh terhadap jumlah KOH (potassium hydroxide) semakin banyak maka gas hydrogen yang dihasilkan semakin optimal bisa dilihat dari hasil efesiensi sebanyak 5%. Dan pemilihan auto tuning PID lebih baik dibandingkan dengan manual tuning PID.

Kata Kunci: Fuel cell, Hidrogen Generator ,KOH (potassium hydroxide),PID, Gas hydrogen

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan listrik di dunia meningkat pesat sesuai dengan meningkatnya populasi manusia dan ekonomi dunia. Disisi lain, sumber daya bahan bakar fosil cepat habis. Selain itu, sumber bahan bakar fosil dianggap sebagai sumber pemanasan global. Oleh karena itu, segera dilakukan pencarian alternatif yang ramah lingkungan. Energi merupakan faktor terpenting bagi perekonomian perkembangan bangsa manapun. sumber energi yang ramah untuk memenuhi permintaan yang diharapkan. Banyak teknologi pembangkit listrik. telah diperkenalkan dalam beberapa dekade terakhir seperti teknologi pembangkit listrik tenaga angin, fotovoltaik (PV), Mikro Hidro (MH), biomassa, panas bumi, gelombang dan laut, dan energi bersih alternatif Fuel cell dan mikro-turbin.[1]

Fuel cell adalah perangkat energi elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi listrik, tanpa energi mekanik dengan sekali konversi energi. Fuel cell bekerja berdasarkan dengan reaksi hidrogen-oksigen, menjadi listrik, panas, dan air. Sebagai sumber energi terbarukan, *fuel cell* merupakan salah satu teknologi energi yang menjanjikan dengan efisiensi tinggi dan dampak lingkungan yang rendah. Sel bahan bakar membran pertukaran proton adalah jenis sel bahan bakar yang paling berkembang dan populer, menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar.[2]

Fuel cell yang digunakan akan di hybrid dengan solar cell, pembangkit hybrid sebuah rumah akan mendapatkan energi listrik yang tidak terputus dan green energy. Dalam penelitian ini dilakukan akuisisi dan pemantauan data fuel cell sistem dirancang, diimplementasikan dan diuji. Ini terdiri dari empat bagian utama; Sebuah pembangkit listrik fuel cell & solar cell, perangkat keras akuisisi data, dan LabVIEW Keempat bagian utama ini membuat sistem akuisisi data secara keseluruhan mampu mengukur tegangan AC / DC, Arus, Daya yang dihasilkan dan dikonsumsi secara efisiensi, dan di monitoring secara real time. Sistem energi hybrid biasanya menggunakan unit penyimpanan energi sebagai bagian yang tidak terpisahkan. Teknologi penyimpanan energi dapat dikategorikan menjadi dua kategori. Yang pertama disebut sistem yang cenderung kepada kapasitas, seperti

sistem pembangkit listrik tenaga air yang dipompa, energi udara terkompresi, dan penyimpanan hidrogen. Mereka ditandai dengan waktu respons yang cepat dan digunakan untuk penyimpanan energi jangka panjang. Yang kedua disebut sistem penyimpanan yang berorientasi akses seperti baterai, roda gila, super kapasitor, dan magnet super konduktor. penyimpanan energi. Mereka ditandai dengan waktu respons yang cepat dan digunakan untuk merespons gangguan waktu singkat, seperti masalah kualitas daya.

PEM Fuel cell akan mengalami kerusakan serius hingga tidak bisa di perbaiki kembali, karena adanya tekanan berlebih, yaitu tekanan diferensial antara anoda dan katoda, akan merusak membran proton exchange seperti menyebabkan lubang jarum dan mengurangi kinerja PEMFC. metode yang digunakan Zhu menggunakan control Proportional-Integral Control ini diharapkan tidak adanya lagi tekanan berlebih, dan tidak adanya kasus tekanan yang kurang untuk bahan bakar PEMFC. Pendahuluan bisa di pakai Masalah lingkungan yang disebabkan oleh energi fosil yang meningkat secara signifikan pembangunan yang banyak di berbagai negara di beberapa tahun terakhir, penelitian dan penerapan energi terbarukan menjadi populer. [3]

Suplai gas yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bukaan valve sebesar 300, 450 dan 900, serta menggunakan gas hasil reaksi elektrolisis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh fuel cell dengan menggunakan gas hasil reaksi elektrolisis purified water ketika dilakukan pembebanan berupa lampu sebesar 0.025 watt dengan nilai efisiensi 8.495%, sedangkan pada penambahan hidrogen dengan bukaan valve sebesar 300 sebesar 0.272 watt dengan nilai efisiensi 31.092% dan pada penambahan hidrogen dengan bukaan valve sebesar 450 sebesar 0.277 watt dengan nilai efisiensi 26.355%. Sedangkan pada penambahan hidrogen dengan bukaan valve sebesar 900 fuel cell tidak menghasilkan daya keluaran dikarenakan pada bukaan tersebut terjadi over flow gas, sehingga tidak ada reaksi yang terjadi di dalam fuel cell. [4]

Karena inverter komersial yang digunakan bekerja pada range tegangan masukan 12V – 15V, maka pemberian beban aktivasi dilakukan sampai tegangan keluaran fuel cell terkondisikan pada range tegangan tersebut, maka pemberian beban aktivasi dilakukan sampai tegangan keluaran fuel cell terkondisikan pada

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



range tegangan tersebut Hal ini diperlukan karena inverter tidak dapat berfungsi jika diluar range tersebut. Jika tegangan masukan lebih besar dari 15 Volt maka buzzer akan berbunyi kemudian inverter mati. Jika beban fuel cell terlalu besar, tegangan akan turun hingga dibawah 12 V, buzzer inverter juga berbunyi dan inverter akan mati. Fuel cell saat proses aktivasi dan saat pembebanan yang direncanakan. Sesaat setelah beban terhubung pada inverter, tegangan keluaran fuel cell akan menurun. Metode pengaturan beban keluaran fuel cell terbukti berhasil menjaga tegangan agar sesuai dengan kebutuhan tegangan masukan inverter. Pengaturan Beban dilakukan secara manual dengan menyeimbangkan beban output inverter dengan beban sebelum masuk inverter. Manajemen pengaturan beban tersebut masih dilakukan secara manual sehingga perlu ketelitian dan kewaspadaan operator terhadap beban yang akan digunakan, Perlu dirancang piranti elektronik tambahan yang mampu menjaga kestabilan tegangan masukan inverter dari fuel cell.[5]

Makalah ini mengusulkan sistem hybrid yang terdiri dari array PV, sel bahan bakar dan baterai pendukung diusulkan dengan menyediakan sistem pengendalian yang tepat. Penelitian ini menghasilkan kinerja yang lebih baik dimana aplikasi pengontrol PI berperan untuk mencegah penurunan sesaat selama respon transien yang disebabkan oleh variasi beban. Selain itu, diterapkan sistem kontrol Proportional Integral Derivatif (PID) pada MFCD (Mass flow Control Digital) untuk mengatur aliran udara gas hidrogen dan oksigen yang masuk ke PEM (Proton-exchange membrane) fuel cell, yang diharapkan daya output yang dihasilkan dapat menyesuaikan dengan perubahan beban dan memperoleh efisiensi yang tinggi, juga mencegah terjadi kerusakan membran pada fuel cell karena adanya over pressure.[2]

Untuk menghasilkan gas hydrogen melalui elektrolisis ada dua metode yaitu dengan HHO dry cell dan wet cell, Dampak dari pembangkitan panas pada kedua sel dan masalah keamanan yang relevan menjadi perhatian khusus. Produksi HHO dari kedua bahan bakar dibandingkan. Dapat disimpulkan sekarang bahwa sel kering jauh lebih baik daripada sel basah karena menghasilkan lebih banyak gas HHO dibandingkan dengan sel basah untuk kondisi input yang sama. Dari segi kerja dan perawatannya, sel kering lebih andal dan cocok daripada sel basah. Fitur

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

keamanan sel kering lebih menjanjikan daripada sel basah. [6]

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pengkajian terhadap jurnal-jurnal penelitian control input gas hydrogen dan oksigen terhadap output tegangan fuel cell yang di hasilkan.

- a) Pemodelan pembuatan dry cell untuk HHO Generator sebagai input gas hydrogen ke fuel cell.
- b) Pemodelan control valve dengan output gas hydrogen yang stabil.

Berdasarkan kajian tersebut, maka penelitian ini akan meneliti pengontrolan gas hydrogen ke fuel cell untuk memberikan kestabilan output fuel cell dan mencegah terjadi kerusakan pada membrane fuel cell, dan pembuatan HHO Generator sebagai input gas hydrogen ke fuel cell, HHO generator ini di hasilkan dari energy hybrid dengan solar cell.

1.3 Tujuan Penelitian

Selama ini penelitian mengenai pengontrolan gas hidrogen yang masuk ke fuel cell dengan menggunakan servo valve, dan kompressore mini sebagai pendorong. Penelitian yang dilakukan saat ini akan bertujuan untuk :

- a) Melakukan monitoring terhadap output gas yang di hasilkan dengan KOH yang masuk pada proses elektrolisis.
- b) Membuat model control PID untuk bisa memenuhi kebutuhan gas hydrogen fuel cell yang diminta, dan dengan beban yang variatif tetap memperoleh flow yang stabil.

1.4 Batas Penelitian

Data penelitian diambil dari percobaan untuk menjawab permasalahan penelitian, yakni peralatan dan sistem yang digunakan dalam penelitian, hanya didapatkan dari pengecekan langsung ke lapangan. Penelitian dibatasi hasil output dari fuel cell ini tidak termasuk data penelitian.

- a. Membuat control PID pada valve input gas hydrogen oksigen ke fuel cell
- b. Spesifikasi HHO Generator menggunakan metode dry cell.

- c. Sumber hydrogen berasal dari elektrolisis yang di tarik oleh compressore kecil.

1.5 Manfaat Penelitian

Seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya, bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaturan keluaran gas hydrogen dan oksigen yang stabil sebagai masukan bahan bakar untuk fuel cell, karena itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritif pada ilmu pengetahuan, maupun manfaat praktis untuk masyarakat.

1.5.1 Manfaat Teoretis

Penelitian tentang melakukan control gas hydrogen atau oksigen yang masuk ke fuel cell yang dapat Penelitian tentang pengontrolan flow hydrogen untuk memperoleh daya yang maksimal yang dikeluarkan oleh fuel cell dengan menggunakan control PID, dan output dari fuel cell itu sendiri murni air (H₂O) karna jika ada kelebihan oksigen atau hydrogen maka yang keluar akan menjadi H₂O₂ Hydrogen peroxide. Dimana kandungan Hydrogen peroxide ini sangat beracun dan berbahaya untuk manusia, dari adanya penelitian ini dapat memberikan maaf secara teori dimana inputan gas untuk fuel cell akan terus stabil walaupun beban dari fuel cell itu sendiri dinamis. Maka keluaran daya yang di hasilkan dari fuel cell juga akan stabil.

1.5.2 Manfaat Praktis

Model pengontrolan gas hydrogen atau oksigen ini di atur oleh valve servo dan di baca oleh mass flow controller yang di pakai menggunakan myRio dan metode yang dipakai menggunakan PID, dari penelitian ini akan memperoleh manfaat sangat user friendly dan ini bisa diterapkan dan kembangkan kembali untuk tenaga listrik stand alone di sebuah rumah atau residence, dimana pagi hingga sore hari bisa menggunakan solar cell dan malam menggunakan fuel cell. Dengan adanya tenaga hybrid fuel cell dan solar cell diharapkan setiap rumah yang menggunakan pembangkit ini sudah tidak lagi menggunakan listrik dari PLN, dan pembangkit hybrid ini di rancang untuk selalu menyala dalam kondisi apapun baik itu malam maupun siang.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.6 Sistematika Penyajian

Sistematika penelitian dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian yang digunakan, serta manfaat penelitian dan *outline* tesis.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dijelaskan teori-teori terkait dengan topik penelitian, dan juga *literatur review* dari penelitian yang sudah pernah dilakukan peneliti lain sebelumnya.

Bab 3 Metode Penelitian

Pada bab ini berisi metodologi penelitian, dan proses analisa kebutuhan penelitian, konstruksi alat, analisa pengolahan data dan alat dengan menggunakan perangkat lunak, serta perbandingan hasil prediksi dengan diagnosis pakar.

Bab 4 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dipaparkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan serta pembahasan dan analisa secara mendalam berdasarkan data yang diperoleh berupa grafik dan tabel.

Bab 5 Simpulan dan Saran

Berisi hasil dari penelitian berupa simpulan hasil penelitian dan beberapa saran yang diajukan untuk memajukan penelitian ini lebih lanjut.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Generator hydrogen dengan menggunakan dry cell lebih efektif bisa menghasilkan gas hydrogen sebanyak 3.7 Liter/s titik tertinggi, dan hasil dari percobaan supply 24 volt 30 A dengan KOH sebanyak 100 gram sangat optimal gas hydrogen yang di hasilkan total 112 Liter/menit. Percobaan PID untuk mengatur valve servo mendapatkan nilai study state error rata – rata 17 detik. Dengan demikian alat ini dapat berfungsi dengan baik untuk mengatur kestabilan output yang diterima oleh fuel cell mulai 2-7 Liter/menit. Pemilihan metode auto tuning PID dan manual tuning lebih baik auto tuning bisa dilihat dari respon tercepat terhadap perubahan dan study state error yang lebih kecil waktunya yaitu auto PID, dimana respon setting time 4 detik dan study state error 11 detik walaupun overshoot yang dihasilkan lebih besar 4,2%.

5.2. Saran

Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan melakukan percobaan dengan pem fuel cell dengan berbagai varian daya sesuai dengan flow hydrogen yang dibutuhkan oleh pem fuel cell.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Kassem and S. A. Zaid, "Optimal Control of a Hybrid Renewable Wind / Fuel Cell Energy in Micro Grid Application," no. December, pp. 19–21, 2017.
- [2] P. Swain and D. Jena, "PID Control Design for the Pressure Regulation of PEM Fuel Cell," pp. 286–291, 2015.
- [3] Y. Zhu, J. Zou, C. Peng, Y. Xie, and L. Li, "Modelling and fuel flow control of PEMFC considering over-pressure case," *Proc. - 2017 Chinese Autom. Congr. CAC 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 2222–2225, 2017, doi: 10.1109/CAC.2017.8243143.
- [4] I. A. Safitri, B. Rudiyanto, and A. Nursalim, "UJI KINERJA SMART GRID FUEL CELL TIPE PROTON EXCHANGE MEMBRANE (PEM) DENGAN PENAMBAHAN HIDROGEN," vol. 1, no. 1, 2016.
- [5] B. Pranoto, K. Ahadi, H. Al Rasyid, P. Ketenagalistrikan, E. Baru, and K. Energi, "MANAJEMEN PEMBEBANAN PADA KELUARAN FUEL CELL JENIS PEMFC UNTUK OPTIMALISASI INVERTER DC-AC LOADING MANAGEMENT ON THE OUTPUT OF FUEL CELL PEMFC TYPE FOR OPTIMIZATION OF DC-AC INVERTER," vol. 11, no. 2, pp. 115–122, 2012.
- [6] S. A. Q. Shah, Z. Ali, J. Larik, and A. A. Kaimkhani, "Comparative study of dry cell and wet cell for the HHO gas generation as a supplement fuel for I.C. engine," *2018 Int. Conf. Comput. Math. Eng. Technol. Inven. Innov. Integr. Socioecon. Dev. iCoMET 2018 - Proc.*, vol. 2018-Janua, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1109/ICOMET.2018.8346422.
- [7] J. H. Hirschenhofer, D. B. Stauffer, R. R. Engleman, and M. G. Klett, "Fuel cell handbook (DOE/FETC-99/1076)," p. 268, 1998.
- [8] A. Rahmawan, A. H. Budiman, K. Kurniawan, and F. Hermawan, "Disain Sistem Kontrol Dan Operasi Untuk Proton Exchange Membrane Fuel Cell," *J. Energi dan Lingkung.*, vol. 14, no. 2, pp. 75–80, 2020, doi: 10.29122/elk.v14i2.4279.
- [9] J. M. Nail, G. Anderson, C. Gerald, and H. C. J., "The Role of the U . S . National Innovation System in the Development of the PEM Stationary Fuel Cell," *Fuel Cell*, 2005.
- [10] Sudaryono, Soebagio, and M. Ashari, "Neural network model of polymer electrolyte membran fuel cell for electrical vehicle," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 49, no. 1, pp. 32–37, 2013.
- [11] S. David, "Rancang Bangun Model Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell," 2018.
- [12] G. T. Chandrasa, R. Dalimi, A. R. Hoetman, and F. T. Indonesia, "Fasilitas penunjang penelitian adalah : - Model Sistem Propulsi Kendaraan Listrik - Peralatan Pengukuran Listrik," *J. Ilm. Teknol. Energi*, vol. 1, no. 2, pp. 31–40, 2006.
- [13] K. Tomoda, R. Funakawa, N. Hoshi, J. Haruna, A. Yoshizaki, and K. Hirata, "Hydrogen pressure control scheme of hydrogen generation system using sodium borohydride for fuel cell vehicle," *2013 Int. Conf. Connect. Veh. Expo, ICCVE 2013 - Proc.*, pp. 810–811, 2013, doi:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 10.1109/ICCVE.2013.6799903.
- [14] G. Wei, S. Quan, Z. Zhu, M. Pan, and C. Qi, "Prediction and control of air supply flow in PEMFC," *2010 Int. Conf. Meas. Technol. Mechatronics Autom. ICMTMA 2010*, vol. 2, no. 1, pp. 915–918, 2010, doi: 10.1109/ICMTMA.2010.568.
 - [15] Y. D. Herlambang and A. Roihatin, "Teknologi Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan Menggunakan Proton Exchange Membrane (PEM) Fuel Cell Skala Kecil," *Eksergi*, vol. 15, no. 1, p. 27, 2019, doi: 10.32497/eksergi.v15i1.1464.
 - [16] Y. Maiket, R. Yeetsorn, and W. Kaewmanee, "Hydrogen Flow Controller Applied to Driving Behavior Observation of Hydrogen Fuel Cell Performance Test," *ACS Omega*, vol. 7, no. 43, pp. 38277–38288, 2022, doi: 10.1021/acsomega.2c02000.
 - [17] N. D. A. N. Nahco, "PEMANFAATAN ENERGI SURYA DALAM PEMBUATAN GAS HIDROGEN MELALUI PROSES ELEKTROLISIS AIR DENGAN VARIASI KATALIS," vol. 2, pp. 52–56, 2021.
 - [18] A. M. Putra, "Analisis Produktifitas Gas Hidrogen Dan Gas Oksigen Pada Elektrolisis Larutan Koh," *J. Neutrino*, vol. 2, no. 2, pp. 141–154, 2012, doi: 10.18860/neu.v0i0.1642.
 - [19] E. Marlina, "Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit Terhadap Produksi Brown's Gas," *J. Tek. Mesin Univ. Islam Malang*, vol. 17, no. 2, p. 10, 2016.
 - [20] D. Pradigdo, "Pengaruh Luasan Elektroda Stainless Steel Terhadap Produksi Gas HHO Pada Proses Elektrolisis," *Tesis Tek. Mesin Konsentrasi Konversi Energi*, 2018.
 - [21] F. Fitriyanti, "Analisis Produktivitas Gas Hidrogen Berdasarkan Arus Dan Tegangan Pada Proses Elektrolisis H₂O," *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 6, no. 2, p. 154, 2019, doi: 10.24252/jft.v6i2.11775.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA