

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan manusia terhadap energi yang semakin meningkat membuat ilmunan, pengusaha, dan berbagai organisasi semakin berusaha untuk menemukan dan menciptakan energi alternatif yang diharapkan dapat menjadi cadangan energi di masa depan. Baru-baru ini gas hidrogen menjadi sumber pembuatan energi alternatif karena keberadaannya yang melimpah di alam sekitar 75% dari total masa unsur alam semesta. Namun sebenarnya pemanfaatan gas hidrogen sudah lama dikembangkan, perkembangan gas hidrogen sudah dimulai dari tahun 1766 sejak ditemukannya gas hidrogen dengan istilah udara yang terbakar (*inflammable air*) oleh ilmuwan inggris Henry Cavendish sampai tahun 1991, diikuti munculnya inovasi gas *brown* yaitu gas yang dihasilkan dari teknologi elektrolisis Oxyhidrogen oleh ilmuwan korea Kim Sang Nam dan Prof. Yul Brown [1]. Sekarang perkembangan gas hidrogen mengarah ke pemanfaatan gas hidrogen untuk bahan bakar kendaraan maupun *home industry* sejak ditemukannya Oxyhidrogen tersebut di tahun 1991. Berbeda dengan perkembangannya di Indonesia, belum banyak yang menyadari manfaat dari gas hidrogen, karena masih terjadi kontroversi dengan kuatnya ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap konsumsi bahan bakar fosil.

Disamping itu, telah dikembangkan sebuah inovasi teknologi konversi energi dengan memanfaatkan gas hidrogen sebagai sumber bahan bakar. Teknologi ini disebut *fuel cell*, salah satu jenis pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan gas hidrogen sebagai bahan bakar yang dikonversi melalui proses elektrokimia menghasilkan energi listrik sebagai keluarannya. Teknologi ini juga sudah lama ditemukan dari tahun 1839 oleh William grove. Pada tahun itu William grove mendemonstrasikan teknologi ini dengan memisahkan oksigen dan hidrogen menggunakan elektroda platina didalam asam sulfat cair sebagai larutan elektrolit yang pada prinsipnya membalik reaksi elektrolisis air atau "*reversing a water electrolysis reaction*". Sekarang teknologi ini semakin berkembang dengan ditemukannya berbagai modifikasi dari jenis elektrolit

yang digunakan pada *fuel cell*. Beberapa jenis elektrolit yang sudah ditemukan yaitu Alkalin (KOH), Membran Elektrolit, *Phosphoric Acid* ( $H_3PO_4$ ), *Solid Oxide* ( $ZrO_2$ ), dan *Direct Methanol* ( $LiAlO_2$ ). Jenis elektrolit yang digunakan menentukan jenis *fuel cell* nya. Walaupun berbeda jenis elektrolit, prinsip kerja teknologi *fuel cell* yang digunakan tetap “*reversing a water electrolysis reaction*”.

Karena energi listrik juga menjadi kebutuhan utama dunia dan Indonesia selain energi fosil. Maka dari itu teknologi *fuel cell* diyakini dapat menjadi teknologi untuk menghasilkan energi listrik cadangan di masa depan, dengan tujuan menambah cadangan energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit lain seperti PLTA, PLTS, *Microhydro* dan lainnya. Tingkat penggunaan elektronik sangat mendominasi di berbagai aspek kehidupan manusia sekarang. Rumah, perkantoran, sekolah, barang elektronik seperti *gadget*, *handphone*, komputer semua membutuhkan energi listrik, bahkan transportasi seperti mobil dan motor sudah banyak yang juga menggunakan energi listrik. Disamping itu, untuk memanfaatkan kelimpahan gas hidrogen di alam sebagai sumber bahan bakar teknologi *fuel cell* memenuhi hal tersebut. Alasan lain mengapa teknologi ini sangat layak dikembangkan karena kemudahannya dalam instalasi dimana ukurannya yang lebih kecil dari ukuran pembangkit listrik lainnya. Namun, bagaimana dengan daya yang dihasilkan pembangkit jika ukurannya kecil? Pada *fuel cell* berjenis *Polimer Exchange Membrane* dapat menghasilkan daya sebesar 1kW – 1MW untuk desain ukuran stack maksimum [2]. Pada *fuel cell* jenis lain seperti *Solid Oxide Fuel cell* daya yang dihasilkan 5kW - 3MW, *Phosphoric Acid Fuel cell* 50 kW-1MW [2]. Daya tersebut cukup besar dan bisa dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik terutama di rumah.

Selain memiliki kemudahan tersebut teknologi *fuel cell* juga memiliki ruang lingkup penelitian yang sangat menarik. Beberapa bidang dalam ruang lingkup penelitian *fuel cell* yang sampai sekarang masih aktif diteliti yaitu, mengenai bagaimana cara menaikkan toleransi karbon (CO) pada *fuel cell*, mengoptimalkan temperatur dan pengaturan air di dalam *fuel cell*, desain *membrane electrolyte assembly* (MEA), optimalisasi laju aliran *fuel cell* dan pembuatan strategi reduksi biaya komponen

penyusun *fuel cell* [2]. Adanya ruang lingkup penelitian ini ditujukan untuk menaikkan performansi *fuel cell* agar menghasilkan daya yang dapat dikonsumsi dengan baik.

Salah satu yang menarik dari usaha peningkatan performansi *fuel cell* adalah menstabilkan keluaran *fuel cell* dengan mengontrol beberapa daerah di *fuel cell*. Daerah yang dapat dikontrol dalam pada *fuel cell* yaitu temperature, laju aliran dan toleransi karbon [2]. Penulis tertarik untuk mengontrol *fuel cell* melalui laju aliran untuk menaikkan performansi *fuel cell* karena secara aktual laju aliran mempengaruhi besar rapat arus yang dihasilkan pada *fuel cell* [2]. Berdasarkan hal ini, penulis berhipotesis lebih mudah menghasilkan keluaran *fuel cell* yang lebih stabil melalui pengaturan besar masukan *fuel cell* untuk memperoleh performansi *fuel cell* yang lebih baik. Dibuktikan pula oleh Claire H. Woo dan J.B Benziger pada tahun 2007 yang sudah melakukan hal tersebut dimana mereka mengontrol masukan *fuel cell* berupa hidrogen dan oksigen untuk menstabilkan keluaran *fuel cell* berupa arus dan hal itu dilakukan dengan metode pengontrolan yang cukup sederhana yaitu PID. Dari hal ini, apakah yang perlu dikontrol hanya cukup arus *fuel cell* saja? Disamping itu, bagaimana dengan tegangan yang dihasilkan *fuel cell*? Mengapa harus kedua masukan *fuel cell* yang dikontrol? Bagaimana jika hanya salah satu saja masukan yang dikontrol?

Keluaran *fuel cell* tidak hanya arus melainkan juga tegangan. Diketahui bahwa besar tegangan yang dihasilkan *fuel cell* juga dipengaruhi oleh besar arus yang dihasilkan, dimana seiring bertambahnya arus pada *fuel cell* tegangan yang dihasilkan mengalami penurunan [3]. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan juga perlu dikontrol untuk performansi *fuel cell* yang lebih baik. Tidak hanya itu tegangan ternyata sangat dipengaruhi oleh besar utilisasi atau penggunaan hidrogen [2], semakin besar penggunaan hidrogen dari 0 – 80% maka tegangan sel yang dihasilkan semakin menurun dari  $\pm 1.2 - 0.9$  V [2]. Hal ini juga menunjukkan bahwa dengan mengontrol penggunaan hidrogen dapat mempengaruhi tegangan *fuel cell* yang dihasilkan. Adapun referensi penelitian lain beberapa tahun terakhir mengenai pengontrolan *fuel cell* seperti *PEM Fuel cell Current Regulation By Fuel Feed Kontrol* tahun 2007 yang mengontrol laju aliran oksigen dan hidrogen untuk menghasilkan kestabilan arus menggunakan PID, *Control Of PEM Using Data Driven State Space Models* tahun 2009 yang mengontrol

laju aliran hidrogen untuk menghasilkan kestabilan daya menggunakan metode *state space model*. Pengontrolan yang sama dilakukan pada penelitian *Multivariable Robust PID Kontrol For a PEM Fuel cell System* tahun 2010 namun menggunakan metode pengontrolan yang berbeda yaitu dengan *multivariable robust* PID. Selain itu ada pula desain kontroler untuk sistem distribusi pembangkit *fuel cell* pada *Design Of Improved Fuel cell Controller For Distributed Generation System* tahun 2010, dan pengontrolan laju aliran hidrogen untuk menghasilkan kestabilan daya menggunakan pengontrol gabungan Fuzzy –PI pada *Improving The Performance Of PEM And Solid Oxide Fuel cell Under Voltage Flicker Using Fuzzy-PI Controller* tahun 2012.

Hasil penelitian beserta metode pengontrolan diatas mendukung hipotesis sebelumnya bahwa laju aliran dapat dikontrol untuk menstabilkan tegangan, maka dari itu dibangunlah “**Rancang Bangun Sistem Kontrol Laju aliran Gas Hidrogen Pada Polymer Exchange Membrane Fuel cell (PEMFC) Menggunakan Metode PID**” dengan tujuan memperoleh kestabilan tegangan PEM *Fuel Cell* menggunakan metode kontrol sederhana yaitu PID melalui pengontrolan laju aliran hidrogen. Sistem pengontrolan menggunakan komponen seperti sensor tegangan HSVS, *Mass Flow Kontroller, Manual Regulator Valve*, Arduino sebagai *device* akusisi data, *fuel cell* jenis PEM dan beban. Penulis memilih *fuel cell* jenis PEM untuk dikontrol karena pertimbangan ukuran PEM *fuel cell* yang tidak terlalu besar sehingga memudahkan instalasi, disertai penggunaan suhu operasi PEM *fuel cell* yang tidak terlalu tinggi yaitu 40-80°C walaupun efisiensi yang dihasilkan hanya sebesar 34-36% [2].

## 1.2 Rumusan masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang dibahas dalam buku ini,

1. Bagaimana karakteristik dinamik PEM *fuel cell*?
2. Bagaimana analisis kestabilan karakteristik dinamik PEM *fuel cell*?
3. Bagaimana rancangan dan prinsip kerja sistem kontrol laju aliran hidrogen yang dibangun?
4. Bagaimana implementasi kontroler PID di dalam sistem?
5. Bagaimana tegangan PEM *fuel cell* setelah diberikan kontrol PID?

## 1.3 Ruang lingkup kajian

Adapun ruang lingkup kajian sebagai batasan masalah di dalam buku ini yaitu,

1. Membahas sistem kontrol laju aliran gas hydrogen untuk PEM *fuel cell* menggunakan metode PID
2. PEM *fuel cell* yang digunakan adalah PEM *fuel cell* 100 watt dengan *setpoint* tegangan 16 V, laju aliran saat operasi 1.4 slpm.

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam buku ini sesuai dengan rumusan masalah diatas yaitu,

1. Memperoleh dan menganalisis karakteristik dinamis PEM *fuel cell*
2. Menjelaskan dan menganalisis kestabilan karakteristik dinamis PEM *fuel cell*
3. Membangun dan menjelaskan prinsip kerja rancangan sistem kontrol laju aliran gas hidrogen
4. Menjelaskan dan menganalisis implementasi kontroler PID di dalam sistem
5. Menjelaskan dan menganalisis pengaruh hasil keluaran PEM *fuel cell* setelah diberikan kontrol PID

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan penulis dalam buku ini yaitu,

1. Melakukan studi referensi

Dalam metode ini penulis mencari referensi mengenai sistem kontrol pada PEMFC. Referensi tersebut digunakan sebagai bahan acuan, pertimbangan, pembelajaran serta ilmu tambahan untuk dimanfaatkan sebaik-baiknya dalam membantu penulisan buku.

2. Mengumpulkan komponen yang dibutuhkan di dalam sistem

Dalam metode ini penulis membuat daftar dan membeli komponen yang dibutuhkan untuk merancang sistem. Pengumpulan komponen ini berlangsung selama kurang lebih 3 bulan. Hal ini dilakukan sebagai penunjang kelengkapan perancangan sistem kontrol yang dibangun.

3. Melakukan rancang bangun sistem

Dalam metode ini penulis merancang bangun sistem kontrol laju aliran gas hidrogen sesuai konsep rancangannya.

4. Melakukan implementasi kontroler PID

Dalam metode ini implementasi PID sebagai kontroler dilakukan untuk mencapai tujuan penulis dalam membangun sistem kontrol laju aliran gas hidrogen.

5. Melakukan akusisi dan analisis data

Dalam metode ini penulis mengambil dan menganalisis data keluaran yang diperoleh dari sistem. Data untuk dianalisis adalah data karakteristik dinamik *fuel cell* dan data perubahan kestabilan tegangan *fuel cell* setelah diberikan kontroler PID. Setelah itu pengambilan kesimpulan dari hasil pengambilan data disertai penulisan buku.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam buku ini dibagi sebagai berikut,

### BAB I PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup kajian, tujuan, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

### BAB II DASAR TEORI,

Terdiri dari teori dasar *fuel cell*, prinsip kerja *fuel cell*, performansi *fuel cell*, PEM *fuel cell*, prinsip kerja PEM *fuel cell*, performansi PEM *fuel cell*, komponen PEM *fuel cell*, pengaruh laju aliran hidrogen terhadap *output* PEM *fuel cell*, sistem kontrol, analisis kestabilan, kontroler dan komponen.

### BAB III RANCANGAN SISTEM

Terdiri dari skematik rancangan sistem, prinsip kerja disertai *flowchart*, prinsip pengambilan data, dan prinsip pengukuran sistem.

### BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Terdiri dari pengaruh laju aliran hidrogen terhadap performansi PEM *fuel cell*, karakteristik input - output PEM *fuel cell*, karakteristik output V-I PEM *fuel cell*, sistem kontrol laju aliran hidrogen dengan metode PID, karakteristik dinamik PEM *fuel cell*, analisis kestabilan routh huwritz, rangkaian pengganti sistem, hasil pengujian PID pada sistem PEM *fuel cell*.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Terdiri dari uraian kesimpulan terhadap hasil analisis yang telah dilakukan berikut saran-saran untuk pengembangan tugas akhir.