

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Keterbatasan bahan bakar fosil yang dijadikan sebagai salah satu sumber energi utama dalam kegiatan sehari – hari menjadi tantangan yang harus diperhatikan saat ini. Hal ini akan berdampak ke harga energi global yang akan melonjak, dan juga penghasilan emisi gas rumah kaca yang disebabkan bahan bakar fosil itu sendiri. Pada tahun 2020, pemerintah di seluruh dunia menerapkan karantina wilayah nasional untuk menghentikan penyebaran COVID-19, yang berdampak pada krisis kesehatan global dan menyebabkan perlambatan ekonomi yang turut menurunkan konsumsi serta permintaan energi[1]. Perkembangan teknologi energi terbarukan sudah berkembang dengan cukup pesat dan mulai melakukan transisi dari energi fosil menjadi energi yang lebih bersih. *Fuel cell* menjadi salah satu teknologi yang menjanjikan dalam mengatasi permasalahan bahan bakar fosil, karena *Fuel cell* dapat menghasilkan listrik dengan emisi yang lebih rendah melalui reaksi elektrokimia antara hidrogen dan oksigen.

Indonesia sendiri menjadi salah satu negara dengan penyumbang emisi CO<sub>2</sub> terbesar di dunia. Pada dokumen *Enhanced Nationally Determined Contribution* (E-NDC), pemerintah akan mengurangi emisi sebanyak 32% atau 358 juta ton CO<sub>2</sub> dengan usaha sendiri. Selain itu, emisi sebesar 41% atau sebanyak 446 juta ton CO<sub>2</sub> akan dikurangi dengan bantuan internasional pada tahun 2030[2]. Dengan hal tersebut, *Fuel cell* memiliki potensi besar untuk diimplementasikan lebih luas lagi, terutama melalui ketersediaan bahan bakar bersih dapat diintegrasikan dengan infrastruktur energi yang terbarukan.

Sistem kontrol *flow rate* pada *Fuel cell* menjadi salah satu pengembangan yang cukup krusial dikarenakan akan mempengaruhi efisiensi dan kinerja dari *Fuel cell* tersebut. Kinerja energi *Fuel cell* sangat bergantung pada kondisi operasi seperti suhu, kelembapan relatif gas, stoikiometri gas, tekanan, dan tingkat penuaan, sehingga diperlukan teknik khusus untuk mencapai performa terbaiknya[3]. Dari beberapa penelitian terdahulu, sistem kontrol untuk aliran gas reaktan sudah

diterapkan, khususnya untuk aliran hidrogen dan oksigen[4]. Studi tersebut menunjukkan bahwa diperlukan kontrol yang akurat untuk mencegah kerusakan pada *Fuel cell* yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan gas yang dialirinya. Ketidakseimbangan gas dapat menyebabkan penurunan efisiensi reaksi elektrokimia, karena pasokan gas yang tidak tepat menghambat proses oksidasi dan reduksi dalam *fuel cell*. Sudah ada beberapa pengembangan yang diterapkan pada *Fuel cell*, salah satunya yaitu sistem kontrol *flow rate* pada bagian hidrogen dan oksigen. Salah satu pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini yang belum ditingkatkan pada penelitian sebelumnya yaitu terdapat pada bagian kontrol *flow rate* pada hidrogen dan oksigen sekaligus, serta kurangnya keakuratan dalam model kontrol yang diterapkan[5]. Dalam kondisi normal, sistem kontrol *flow rate* perlu mengatur aliran hidrogen dan oksigen secara optimal sesuai beban yang dibutuhkan pada proses tersebut.

Salah satu pengembangan yang belum banyak dilakukan pada *Fuel cell* ini sendiri yaitu sistem kontrol otomatis pada *flow rate* sesuai dengan perubahan beban yang dibutuhkan. Hal ini bertujuan ketika beban yang digunakan bertambah, sensor tegangan yang berada pada *fuel cell* akan mengukur dan mendeteksi terjadinya *dropset voltage* pada tegangan bebannya. Dari hal tersebut, *valve* pada aliran hidrogen dan oksigen akan terbuka melalui sistem kontrol yang bekerja dikarenakan terjadi *dropset voltage* pada beban. Selain itu akan dilakukan pengembangan pada model kontrol yang digunakan agar model tersebut menjadi lebih akurat dan adaptif, yang dimana hal tersebut akan mempengaruhi terhadap cepatnya waktu respons pada sistem kontrol. Fungsi optimasi pada sistem kontrol ini diwujudkan dengan cara menyesuaikan laju aliran gas hidrogen dan oksigen secara dinamis dan presisi. Sistem akan memastikan pasokan gas cukup untuk memenuhi kebutuhan beban listrik tanpa adanya pemborosan berlebih, sehingga efisiensi energi terjaga dan stabilitas tegangan keluaran *fuel cell* dapat dipertahankan. Menyadari betapa pentingnya fungsi sistem kontrol *flow rate* dalam *Fuel cell*, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem kontrol yang dapat mengoptimalkan aliran hidrogen dan oksigen sesuai dengan beban listrik yang diterima.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dikaji adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana bentuk sistem kontrol *flow rate* yang optimal untuk menyesuaikan *flow rate* hidrogen dan oksigen dengan perubahan beban listrik pada *fuel cell* ?
2. Bagaimana bentuk metode yang diterapkan pada sistem kontrol *flow rate* untuk meningkatkan waktu respons sistem terhadap perubahan beban listrik ?

## 1.3. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai adalah :

1. Merancang sistem kontrol optimasi yang mampu secara dinamis menyesuaikan *flow rate* hidrogen dan oksigen untuk menjaga stabilitas tegangan *fuel cell* saat terjadi *dropset voltage* sesuai perubahan beban listrik.
2. Mengimplementasikan metode yang efektif untuk meningkatkan waktu respons sistem kontrol *flow rate* terhadap perubahan beban listrik.

## 1.4. Manfaat Hasil Penelitiannya

Manfaat yang didapat dari hasil penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan efisiensi energi untuk *fuel cell* dengan menyesuaikan *flow rate* dengan optimal sesuai kebutuhan beban.
2. Mengurangi tingkat emisi karbon dengan adanya pengaplikasian *fuel cell*.
3. Kinerja *fuel cell* yang terkontrol secara stabil melalui sistem kontrol yang responsif.
4. Dapat diterapkan untuk sektor yang memanfaatkan energi yang didapat melalui *fuel cell*.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem kontrol ini hanya dapat digunakan untuk satu *stack fuel cell*, bukan untuk penggunaan *multi-stack fuel cell*.

2. Beban listrik yang akan dijadikan sebagai acuan untuk sistem kontrol *flow rate* disini akan menggunakan potensiometer untuk menghindari *dropset voltage* yang terlalu jauh.
3. Penelitian ini dibatasi pada pengujian sistem kontrol pada skala laboratorium, bukan untuk aplikasi komersial atau industri besar.
4. Penelitian ini hanya membahas sistem kontrol untuk PEMFC, tanpa mencakup jenis *fuel cell* lainnya seperti Solid Oxide *Fuel cells* (SOFC) atau Alkaline *Fuel cells* (AFC).

### 1.6. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Metode studi pustaka yang dimana dilakukan pengumpulan informasi dan data dari berbagai literatur yang sesuai.
2. Simulasi pemodelan *fuel cell* dan *electrolyzer* pada aplikasi *matlab*.
3. Merancang sistem sesuai dengan simulasi yang telah dilakukan.
4. Implementasi sistem dan pengambilan data.
5. Analisis data melalui perancangan sistem yang telah dibuat untuk mengukur beberapa parameter tertentu.
6. Merancang ulang sistem sesuai dengan hasil analisis yang didapat untuk memenuhi parameter tertentu.

### 1.7. Proyeksi Pengguna

Proyeksi pengguna untuk penelitian ini adalah :

1. Industri – industri yang berfokus pada energi terbarukan, dikarenakan penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi dalam konversi energi dan juga meminimalisir emisi. Selain itu, penelitian ini tentunya dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memenuhi regulasi emisi yang cukup ketat.
2. Para peneliti yang mendalami energi terbarukan, dikarenakan para peneliti dapat mempelajari terkait dinamika operasional sel bahan bakar. Selain itu, peneliti juga dapat mengembangkan sistem sel bahan bakar kedepannya melalui penelitian ini.

3. Masyarakat yang menerapkan ataupun menggunakan teknologi *fuel cell* agar dapat merasakan manfaat dari sel bahan bakar yang lebih aman terhadap lingkungan.