

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sumber energi bahan bakar minyak yang berasal dari fosil saat ini diprediksi sudah tidak mampu memenuhi seluruh kebutuhan konsumsi hidup penduduk dunia di masa datang yang kian meningkat seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi yang terus bertambah dan perkembangan teknologi. Kondisi ini memaksa dikembangkannya teknologi pengembangan energi alternatif lain guna mencukupi laju kebutuhan energi, terutama yang bersumber pada energi baru terbarukan di antaranya dengan pemanfaatan sumber energi surya, panas bumi, biomassa, angin, gelombang laut, maupun yang bersumber dari hidrogen yang dapat berasal dari minyak bumi, batu bara maupun air. Di samping itu berbagai teknologi konversi energi menuntut peningkatan efisiensi dan ramah terhadap lingkungan, sumber energi terbarukan juga dapat diperoleh melalui teknologi pemanfaatan energi potensial kimia untuk diubah menjadi sumber energi listrik melalui proses reaksi elektrokimia.

Pemerintah juga telah melakukan program diversifikasi energi melalui pengembangan energi alternatif untuk mengurangi beban subsidi anggaran bahan bakar minyak terutama terhadap konsumsi untuk transportasi maupun operasional pembangkit listrik. Penggunaan sumber energi alternatif tersebut selain diperuntukkan sebagai usaha substitusi energi fosil juga bertujuan untuk menjaga lingkungan agar tidak makin tercemar oleh gas emisi hasil pembakaran yang telah membawa dampak terhadap kerusakan iklim. Penerapan teknologi sel tunam (fuel cell) sebagai piranti untuk mengubah energi potensial kimia menjadi energi listrik, telah memberikan sebuah

harapan baru di dalam bidang transportasi maupun power generation. Teknologi ini dapat memberikan efisiensi sistem yang lebih baik dengan bentuk yang lebih kompak serta proses konversi yang lebih optimal dibandingkan teknologi pembangkit daya yang mengkonversi dari energi termal hasil reaksi pembakaran^[1]. Sehingga keadaan ini mendasari dilakukannya sebuah studi modelisasi sel tunam membran pertukaran proton melalui pengembangan model matematis dan kegiatan ini dilandasi pula oleh pertimbangan pemikiran sebagai berikut :

- a. Meningkatnya pengembangan teknologi bahan bakar alternatif pengganti energi fosil sebagai sumber pembangkit energi listrik yang efisien dan ramah lingkungan mendorong dikembangkannya metode analisis berbasis numerik untuk membantu analisa dan optimasi desain.
- b. Sistem pembangkit listrik sel tunam merupakan model yang kompak, tersusun dari beberapa unit cell elektrokimia dalam sebuah modul, sehingga membatasi pengamatan secara langsung karakteristik medan aliran maupun transport massa dan muatan listrik sebagai variabel penting yang menentukan performance sel tunam.
- c. Metode pemodelan numerik relatif lebih efisien (waktu, biaya, tenaga) dibandingkan metode eksperimen serta improvisasi/optimasi sebuah desain dapat dilakukan secara lebih cepat.
- d. Proses elektrokimia di dalam sebuah sistem sel tunam berlangsung pada kondisi tekanan dan konsentrasi relatif konstan, sehingga idealisasi fenomena transport yang terjadi menyederhanakan dalam pendekatan secara numerik^[6,7].
- e. Kemajuan teknologi *computerized* memberikan sebuah potensi pengembangan dalam bidang numerical guna membantu proses desain dan analisis sebuah produk.

- f. Perkembangan di Indonesia sebagai salah satu program untuk meningkatkan ketahanan energi nasional.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam melakukan pengembangan energi alternatif dengan teknologi sel tunam guna diperolehnya energi masa depan yang lebih efisien dan ramah lingkungan, ditemukan adanya keterbatasan kemampuan fasilitas peralatan uji, akibat faktor bentuk sel tunam yang kompak, untuk dapat mempelajari faktor kinetika reaksi sebagai faktor penting dalam desain dan analisis.

Kinetika reaksi berkaitan erat dengan sifat distribusi gas reaktan di dalam elektroda tempat terjadinya reaksi dasar oksidasi dan reduksi dengan bantuan sebuah katalis. Terdapat beberapa bentuk pengembangan model kanal distribusi gas dan teknologi pelapisan permukaan catalyst layer dan difusi layer yang bertujuan untuk meningkatkan proses reaksi elektrokimia agar dapat menghasilkan energi listrik yang optimum.

Dalam studi ini dipilih bentuk kanal paralel dan serpentine sebagai pokok kajian mengingat bentuk tersebut sudah banyak diaplikasikan dalam beberapa kebutuhan. Dari hasil pendekatan pemodelan transport momentum dan massa, diharapkan dapat diprediksi besarnya arus yang dihasilkan dan diperolehnya karakteristik utama distribusi gas reaktan yang terjadi.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Kegiatan studi modelisasi sel tunam membran pertukaran proton melalui pengembangan model matematis memiliki tujuan utama adalah untuk membantu proses desain dan analisis sel tunam guna memperoleh performance yang optimum. Sehingga pengembangan teknologi sel tunam ini dapat mendukung program pemerintah dalam pembangunan ketahanan sumber energi nasional. Di samping itu terdapat tambahan bahwa melalui kegiatan ini juga diharapkan dapat memberikan hasil manfaat sebagai berikut :

Universitas Indonesia

- a. Untuk memudahkan dan meningkatkan proses desain dan analisis sebuah sistem sel tunam dengan mengembangkan studi fenomena transport aliran, massa dan muatan yang memiliki peranan penting dalam proses elektrokimia.
- b. Memperoleh karakteristik performance sel tunam membran pertukaran proton pada kanal tipe sejajar/Serpentine melalui analisa pemodelan matematis konservasi yang mengatur perilaku sebuah proses elektrokimia.
- c. Mengetahui pengaruh utama tipe kanal serpentine pada sebuah sistem sel tunam membran pertukaran proton terhadap gradient polarisasi potensial elektrokimia.
- d. Mendapatkan pemodelan matematis yang handal guna membantu dalam design dan analisis sistem sel tunam membran pertukaran proton yang terkait dengan peningkatan efisiensi dan optimasi sistem fuel cell sebagai konverter energi elektrokimia.

1.4. Batasan Masalah (Ruang Lingkup)

Guna memperoleh hasil studi yang efektif, dalam melakukan kegiatan studi pemodelan matematis sel tunam membran pertukaran proton ini dipilih beberapa batasan atau lingkup studi sebagai berikut ^[6,7]:

- a. Proses transport massa dan muatan melalui lapisan difusi gas (*Gas Diffusion Layer*) dan *Membrane Electrolyte Assembly* (MEA) berlangsung secara 1 dimensi yang diatur oleh relasi persamaan Butler-Volmer.
- b. Distribusi aliran fluida yang melalui sistem kanal aliran pada plat bipolar (*Bipolar Plate*) memenuhi persamaan konservasi massa dan momentum Navier-Stokes secara 2 dimensi.

- c. Fluida gas dalam reaksi elektrokimia memenuhi persamaan gas ideal, dengan kondisi aliran laminar dan steady.
- d. Model kanal aliran yang dianalisis merupakan tipe aliran sejajar dan aliran kanalisasi terpisah (*serpentine*).
- e. Fluida yang mengalir melewati sebuah media porositas (*porous medium*) merupakan fluida yang mengalami hambatan aliran yang memenuhi persamaan kerugian aliran relasi persamaan Darcy.

