

PEMODELAN SISTEM SOFC (*SOLID OXIDE FUEL CELL*) BERBAHAN BAKAR AMONIA UNTUK PESAWAT TERBANG

oleh

Pandhu Picahyo
12/333657/TK/40001

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 1 Juli 2020
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
Sarjana S-1 Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mengandalkan transportasi laut dan udara untuk saling terhubung antara satu pulau dengan pulau yang lainnya. Kapal dipilih sebagai moda transportasi laut dan pesawat terbang dipilih untuk moda transportasi udara. Pesawat terbang memiliki tiga tipe *power source*, yaitu *hydraulic*, *pneumatic* dan *electrical*. *Hydraulic* salah satunya berperan dalam *landing gear*, *pneumatic* salah satunya berperan dalam *de-icing*, dan *electrical* salah satunya berperan dalam penerangan. Sejak era industri penerbangan dimulai, bahan bakar sebagai penggerak pesawat terbang menggunakan bahan bakar berbasis hidrokarbon. Namun, bahan bakar berbasis hidrokarbon semakin berkurang persediaannya dan gas buang hasil pembakaran bahan bakar berbasis hidrokarbon mengakibatkan efek rumah kaca. Oleh karena itu, perkembangan manufaktur pesawat terbang di masa mendatang lebih mengarah kepada More Electric Aircraft (MEA). Selanjutnya setelah More Electric Aircraft tercapai, maka perkembangan pesawat terbang mendatang diharapkan dapat mencapai *All Electric Aircraft* (AEA). *Fuel cell* merupakan salah satu alat yang mampu menghasilkan energi listrik dimana diharapkan dapat menjadi salah satu *power source* untuk dapat mencapai *More Electric Aircraft*. *Fuel cell* dipilih karena menjanjikan efisiensi yang tinggi serta emisi SO_x , NO_x , dan CO_2 yang rendah apabila dibandingkan dengan alat pembangkit daya konvensional lainnya. *Solid oxide fuel cell* dipilih karena kemampuannya untuk menerima beragam jenis bahan bakar pada *temperature* operasi $500^\circ C$ hingga $1000^\circ C$. Pemodelan sistem *solid oxide fuel cell* berbahan bakar amonia untuk pesawat terbang ATR 72 600 telah dilakukan dan rancangan desain konseptual kedua adalah rancangan yang paling optimal dibandingkan dengan desain konseptual pertama. Efisiensi total *gas turbine* dalam penelitian ini adalah sebesar 54,5261 %, efisiensi *solid oxide fuel cell* pada kondisi *temperature* masuk sebesar 1273 Kelvin, densitas arus 1000 A/m² dan tekanan gas hidrogen sebesar 1 atm adalah 70,8175 % dan efisiensi *overall sistem* didapatkan sebesar 86,7296 %. Jumlah sel *solid oxide fuel cell* dalam memenuhi besarnya efisiensi *overall sistem* sebesar 86,7296 % adalah 66558 buah untuk memenuhi daya yang dibutuhkan pesawat terbang ATR 72 600 sebesar 3687750 Watt. Banyaknya waktu maksimal yang dapat terpenuhi untuk pesawat ATR 72 600 terbang dengan pengoperasian desain sistem *Solid Oxide Fuel Cell* berjumlah 66558 buah sel adalah selama 6,11797 Jam. Aliran amonia yang dibutuhkan setiap detik untuk mencukupinya adalah sebesar 0,227018 kg/s dan aliran oksigen yang dibutuhkan adalah sebesar 0,253858 kg/s yang diambil dari aliran udara yang masuk melalui kompresor sebesar 1,094385 kg/s.

Kata kunci— *Solid Oxide Fuel Cell, Gas Turbine, Amonia, ATR 72 600, More Electric Aircraft*

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Andang Widiharto, MT.

Pembimbing Pendamping : Ferdiansjah, ST., M.Eng.Sc.

MODELING OF SOFC (SOLID OXIDE FUEL CELL) SYSTEM USING AMMONIA FUEL FOR AIRCRAFT

by

Pandhu Picahyo
12/333657/TK/40001

Submitted to the Departement of Nuclear Engineering and Engineering Physics
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on 1 July 2020
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of
Bachelor of Engineering in Nuclear Engineering

ABSTRACT

Indonesia is an archipelago that relies on sea and air transportation to connect with one island to another. The ship was chosen as a means of sea transportation and the aircraft was chosen as a means of air transportation. Airplanes have three types of power source, namely hydraulic, pneumatic and electrical. Hydraulic as one of which plays a role in landing gear, pneumatic as one of which plays a role in de-icing, and electrical as one of which plays a role in lighting. Since the era of the aviation industry began, fuel as an aircraft propeller uses hydrocarbon-based fuels. However, hydrocarbon-based fuels are increasingly depleted and exhaust gases from hydrocarbon-based fuels result in a greenhouse effect. Therefore, the development of aircraft manufacturing in the future is more directed to More Electric Aircraft (MEA). Furthermore, after More Electric Aircraft is achieved, the development of future aircraft is expected to reach All Electric Aircraft (AEA). Fuel cell is one tool that is able to produce electrical energy which is expected to be one of the power sources to be able to achieve More Electric Aircraft. Fuel cells were chosen because they promise high efficiency and low SO_x , NO_x , and CO_2 emissions when compared to other conventional power generation devices. Solid oxide fuel cell was chosen because of its ability to accept various types of fuel at operating temperatures of 500°C to 1000°C . Ammonia fuel cell solid system fuel modeling for the ATR 72 600 aircraft has been carried out and the second conceptual design is the most optimal design compared to the first conceptual design. The total efficiency of turbine gas in this study was 54.5261%, the efficiency of a solid oxide fuel cell at an incoming temperature condition of 1273 Kelvin, a current density of $1000 \text{ A} / \text{m}^2$ and a hydrogen gas pressure of 1 atm was 70.8175% and overall system efficiency was obtained amounted to 86.7296%. The number of solid oxide fuel cells in meeting the overall system efficiency amounted to 86.7296% was 66558 units to meet the power needed by ATR 72 600 aircraft at 3687750 Watt. The maximum amount of time that can be fulfilled for ATR 72 600 aircraft flying with the operation of the Solid Oxide Fuel Cell system design of 66558 cells is 6.11797 Hours. Ammonia flow that is needed every second to fulfill it is $0.227018 \text{ kg} / \text{s}$ and oxygen flow needed is $0.253858 \text{ kg} / \text{s}$ taken from the air flow entering through the compressor at $1.094385 \text{ kg} / \text{s}$.

Keywords— *Solid Oxide Fuel Cell, Gas Turbine, Ammonia, ATR 72 600, More Electric Aircraft*

Supervisor : Dr. Ir. Andang Widiarto, MT.

Co-supervisor : Ferdiansjah, ST., M.Eng.Sc.