

**ANALISIS KINERJA MATERIAL *SOLID OXIDE FUEL CELL* (SOFC) PADA  
*TEMPERATURE* (500-1000 °C) MENGGUNAKAN METODE ELEMEN  
HINGGA**



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

ANGGI SEPTIAWAN PUTRA  
41319110013

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

*ANALISIS PERFORMA MATERIAL SOLID OXIDE FUEL CELL (SOFC) PADA TEMPERATURE (500-1000 °C) MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA*



Disusun Oleh:

Nama : Anggi Septiawan Putra  
NIM : 41319110013  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
SEPTEMBER 2020

## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERFORMA MATERIAL *SOLID OXIDE FUEL CELL* (SOFC) PADA  
*TEMPERATURE* (500-1000 °C) MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA



Disusun Oleh:

Nama : Anggi Septiawan Putra

NIM : 41319110013

Program Studi : Teknik Mesin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal: 31 Oktober 2020

Dosen Pembimbing




Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini  
NIP: 216890126

Mengetahui



Koordinator Kerja Praktek

  
Arief Avicena ST., M.Eng  
NIP: 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Anggi Septiawan Putra

NIM : 41319110013

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Performa Material *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC) Pada *Temperature* (500-1000 °C) Menggunakan Metode Elemen Hingga

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.



Jakarta, 15 Februari 2021

(Anggi Septiawan Putra)

## PENGHARGAAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang, dengan segala limpahan rahmat dan kasih sayang, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis selesaikan dengan mendapat banyak bantuan serta dukungan baik moral atau materi, bimbingan serta arahan dari semua pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Ngadino Surip, MS selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Ir. Yenon Orsa, MT selaku Direktur Kelas Reguler 2.
3. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, MT. selaku Kaprodi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng selaku koordinator tugas akhir teknik mesin Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini selaku dosen pembimbing tugas akhir teknik mesin Universitas Mercu Buana.
6. Ayah dan Ibu, yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penyusun sehingga dapat menyelesaikan laporan ini.
7. Teman – teman kelas karyawan Teknik mesin Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan laporan tugas akhir.

Melalui lembar penghargaan ini penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 15 Februari 2021



(Anggi Septiawan Putra)

## ABSTRAK

Saat ini perkembangan teknologi di dunia sangat berkembang pesat begitu juga dengan pertumbuhan penduduknya. Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat tidak bisa kita hindari. Sedangkan bahan bakar yang tersedia di alam bebas ini semakin menipis. Maka manusia harus semakin jeli untuk menghindari hal tersebut dengan cara menggunakan energi alternatif termasuk *fuel cell*. *Fuel Cell* merupakan sebuah alat konversi elektrokimia yang menghasilkan listrik dari hasil reaksi antara hidrogen dan oksigen. *Solid oxide fuel cell* (SOFC) ini menggunakan material dari keramik LSM dan Ni-YSZ. Temperatur adalah hal yang sangat berpengaruh terhadap performa volume, massa, dan densitas *fuel cell*. Dimensi yang telah ditentukan dan variasi temperatur akan dianalisis menggunakan metode elemen hingga pada *software* solidworks sehingga dapat diketahui dampak dari temperatur fluida yang diberikan terhadap performa material keramik. Pada hasil penelitian didapatkan bahwa massa dan volume pada material keramik cenderung mengalami penurunan. Dimana massa awal dari katoda 0,010817 kg menjadi 0,01 kg dan massa awal dari anoda 0,015797 menjadi 0,15 kg, begitu juga dengan volume anoda dan katodanya yang awalnya 0,000002041 menjadi 0,0000019603 m<sup>3</sup>.

Kata kunci: Solid Oxide Fuel Cell, Oksigen, Hidrogen, Volume, Massa, Densitas Temperatur, Solidworks



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**ANALYSIS PERFORMANCE OF SOLID OXIDE FUEL CELL (SOFC)  
ON TEMPERATUR (500-1000 °C) USING FINITE ELEMEN METHOD**

**ABSTRACT**

Currently, technology development in the world are growing rapidly as well as population growth. We cannot avoid the increasing need for electrical energy. Meanwhile, the fuel available in the wild is running low. So humans must be more observant to avoid this by using alternative energy including fuel cells. Fuel cell is an electrochemical conversion device that produces electricity from the reaction between hydrogen and oxygen. This solid oxide fuel cell (SOFC) use a hard ceramic material of LSM and Ni-YSZl. Temperatur is a very influential factor of a fuel cell volume, mass, and density of the fuel cell. The predethermined dimensions and temperatur variations will be analyzed using finite element method on solidworks software so that it can be seen the impact of the fluid temperatur given on performance of ceramic material. The result showed that the mass and volume of ceramic materials tended to decrease where initial massof cathode is 0,0108017 to 0,01 kg, and the initial mass of the anode is 0,015797 to 0,015 kg, as well as the volume anode and cathode from 0,000002041 to 0,0000019603 m<sup>3</sup>.

*Keywords: Solid Oxide Fuel Cell, Hydrogen, Oxygen, Volume, Mass, Density, Temperatur, Solidworks*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. BATASAN MASALAH	3
1.4. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. <i>FUEL CELL</i>	5
2.1.1. Pengertian	7
2.1.2. Prinsip Kerja	7
2.1.3. Klasifikasi	8
2.1.4. Kelebihan <i>Fuel Cell</i>	11
2.2. <i>SOLID OXIDE FUEL CELL</i>	12



2.2.1. Pengertian	12
2.2.2. Komponen Material SOFC	13
2.2.3. Kelebihan SOFC	14
2.3. KERAMIK	15
2.1.1. Pengertian	15
2.1.1. <i>Sintering</i>	15
2.4. POROSITAS KERAMIK	17
2.5. SOLIDWORKS	17
<b>BAB III METODOLOGI</b>	<b>19</b>
3.1. DIAGRAM ALIR	19
3.2. ALAT DAN BAHAN	22
3.3. DIAGRAM ALIR SIMULASI	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>26</b>
4.1. ANALISIS ANODA	26
4.1.1. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 500°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik Ni-YSZ	26
4.1.2. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 600°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik Ni-YSZ	27
4.1.3. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 700°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik Ni-YSZ	28
4.1.4. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 800°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik Ni-YSZ	28
4.1.5. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 900°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik Ni-YSZ	29
4.1.6. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 1000°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik Ni-YSZ	30

4.2. ANALISIS KATODA	31
4.2.1. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 500°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik LSM	31
4.2.2. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 600°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik LSM	31
4.2.3. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 700°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik LSM	32
4.2.4. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 800°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik LSM	33
4.2.5. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 900°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik LSM	33
4.2.6. Hasil Simulasi Temperatur Aliran Fluida 1000°C terhadap Perubahan Densitas Porositas dan Volume Pada Material Keramik LSM	34
4.3. ANALISIS VOLUME DENSITAS DAN MASSA SEBELUM DAN SESUDAH DISIMULASIKAN	35
4.3.1. Pembahasan Densitas pada Katoda dan Anoda Setelah Disimulasikan	35
4.3.2. Pembahasan Massa pada Katoda dan Anoda Setelah Disimulasikan	36
4.3.3. Pembahasan Volume pada Katoda dan Anoda Setelah Disimulasikan	36
4.4. PERBANDINGAN SIMULASI	37
4.5. PEMBAHASAN	38
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>40</b>
5.1. KESIMPULAN	40
5.2. SARAN	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>44</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip Kerja <i>Fuel Cell</i>	6
Gambar 2.2. Skema Kerja	11
Gambar 2.3. Sistem Tubular dan Planar	11
Gambar 2.4. Densifikasi dan Coarsening	14
Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Tugas Akhir	19
Gambar 3.2. Tampilan <i>flow simulation solidworks</i>	22
Gambar 3.3. Dimensi Material Keramik	23
Gambar 3.4. Diagram Alir Simulasi	24
Gambar 4.1. Anoda pada Temperatur 500°C	25
Gambar 4.2. Anoda pada Temperatur 600°C	26
Gambar 4.3. Anoda pada Temperatur 700°C	27
Gambar 4.4. Anoda pada Temperatur 800°C	28
Gambar 4.5. Anoda pada Temperatur 900°C	28
Gambar 4.6. Anoda pada Temperatur 1000°C	29
Gambar 4.7. Katoda pada temperatur 500°C	30
Gambar 4.8. Katoda pada temperatur 600°C	31
Gambar 4.9. Katoda pada temperatur 700°C	31
Gambar 4.10. Katoda pada temperatur 800°C	32
Gambar 4.11. Katoda pada Temperatur 900°C	33
Gambar 4.12. Katoda pada Temperatur 1000°C	33
Gambar 4.13. Perbandingan Densitas Setelah Simulasi	34
Gambar 4.14. Perbandingan Massa Setelah Simulasi	35
Gambar 4.15. Perbandingan Volume Setelah Simulasi	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Review Jurnal Terkait	5
Tabel 2.2. Karakteristik jenis-jenis <i>Fuel Cell</i>	10
Tabel 2.3. Efisiensi <i>Fuel Cell</i>	11
Tabel 3.1. Karakteristik Katoda dan Anoda	21
Tabel 3.1. Karakteristik Fluida Gas	21
Tabel 4.1. Hasil Data Simulasi	37



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$m$	Massa
$^{\circ}\text{C}$	Celcius
$v$	Volume
$\rho$	Massa Jenis
$\pi$	Pi



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR SINGKATAN

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
AFC	<i>Alkaline Fuel Cell</i>
PEM	<i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i>
PAFC	<i>Phosporic Acid Fuel Cell</i>
MCFC	<i>Molten Carbonate Fuel Cell</i>
SOFC	<i>Solid Oxide Fuel Cell</i>
DMFC	<i>Direct Methanol Fuel Cell</i>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA