

**ANALISIS DESAIN *FLOW FIELD PLATE* ANODA TIPE SERPENTIN
UNTUK KINERJA PADA *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL*
BERBASIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
ANGGI SAPUTRA
NIM:41316010033

PROGAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2020

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS DESAIN *FLOW FIELD PLATE* ANODA TIPE SERPENTIN UNTUK
KINERJA PADA *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* BERBASIS
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS



Disusun Oleh:

Nama : Anggi Saputra

NIM : 41316010033

Program Studi : Teknik Mesin

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

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DESAIN *FLOW FIELD PLATE* ANODA TIPE SERPENTIN UNTUK
KINERJA PADA *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL* BERBASIS
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS



Disusun Oleh:

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Nama : Anggi Saputra
NIM : 41316010033
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing pada tanggal 7 Agustus 2020

Mengetahui

Nama Pembimbing



Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini

Koordinator Tugas Akhir



Alief Avicenna Luthfie, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Anggi Saputra
NIM : 41316010033
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : ANALISIS DESAIN *FLOW FIELD PLATE* ANODA TIPE
SERPENTIN UNTUK KINERJA PADA *PROTON*
EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL BERBASIS
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan hasil 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 tidak ada paksaan.

Jakarta, 6 Agustus 2020

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Anggi Saputra

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat dukungan dan bimbingan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memudahkan penulis untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr., Nanang Ruhyat, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
3. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST, M. Eng selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini selaku Dosen Pembimbing yang telah mengarahkan dan memberikan bimbingan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Kedua orang tua dan saudara-saudara yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman satu tim dalam penelitian pada PEMFC yaitu deni ardianto, sidik kurnia, enno majid, dan affanudin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik dan saran akan sangat bermanfaat bagi penulis. Penulis berharap laporan tugas akhir ini semoga bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 6 Agustus 2020

Anggi Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. BATASAN RUANG LINGKUP PENELITIAN	3
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKAN	5
2.1. PENDAHULUAN	5
2.2. PENELITIAN RELEVAN	6
2.3. PRINSIP KERJA <i>FUEL CELL</i>	8
2.4. KARAKTERISTIK <i>FUEL CELL</i>	10
2.5. JENIS-JENIS <i>FUEL CELL</i>	12
2.6. PROTON MEMBRANE <i>FUEL CELL</i>	14
2.6.1. Prinsip Kerja PEMFC	14
2.6.2. Komponen PEMFC	15
2.7. <i>FLOW FIELD PLATE</i> (FFP)	17

2.7.1.	Material FFP	18
2.7.2.	Desain FFP	19
2.7.3.	Bentuk Kanal, Dimensi, dan Jarak Saluran	22
2.8.	PENURUNAN TEKANAN (<i>PRESSURE DROP</i>)	22
2.9.	LAJU ALIRAN MASSA	25
2.10.	MEKANIKA FLUIDA	26
2.11.	KLASIFIKASI TEKANAN	28
2.12.	MODELING DARI SOLIDWORK	30
2.13.	<i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)</i>	31
2.13.1	Manfaat dari CFD	33
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1.	DIAGRAM ALIR	34
3.1.1.	Studi Literatur	35
3.1.2.	Perhitungan Analitik	35
3.1.3.	Konsep Desain	35
3.1.4.	Tahap Simulasi	39
3.1.5.	Pengolahan Data	39
3.2.	ALAT BANTU PENELITIAN	39
3.3.	FLOWCHART SIMULASI	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1.	PERHITUNGAN ANALITIK	42
4.1.1.	Perhitungan Desain Pertama 70 x 140 mm	44
4.1.2.	Perhitungan Desain Kedua 70 x 140 mm	44
4.1.3.	Perhitungan Desain Ketiga 100 x 100 mm	47

4.1.4.	Perhitungan Desain Keempat 100 x 100 mm	49
4.2.	SIMULASI MENGGUNAKAN SOFTWARE CFD	51
4.2.1.	Proses <i>Geometri</i>	52
4.2.2.	Proses <i>Meshing</i>	53
4.2.3.	Tahap <i>Setup</i>	58
4.2.4.	Tahap <i>Solution</i>	59
4.2.5.	Tahap <i>Result</i>	59
4.3.	HASIL SIMULASI KONTUR KECEPATAN	59
4.3.1.	Kontur Kecepatan Desain Pertama 70 x 140 mm	59
4.3.2.	Kontur Kecepatan Desain Kedua 70 x 140 mm	60
4.3.3.	Kontur Kecepatan Desain Ketiga 100 x 100 mm	61
4.3.4.	Kontur Kecepatan Desain Keempat 70 x 140 mm	62
4.3.5.	Desain Pertama Kontur Tekanan 70 x 140 mm	64
4.3.6.	Desain Kedua Kontur Tekanan 70 x 140 mm	66
4.3.7.	Desain Ketiga Kontur Tekanan 100 x 100 mm	67
4.3.8.	Desain Keempat Kontur Tekanan 100 x 100 mm	68
BAB IV	PENUTUP	72
5.1.	KESIMPULAN	72
5.2.	SARAN	73
	DAFTAR PUSTAKA	74
	LAMPIRAN - LAMPIRAN	77

ABSTRAK

Kebutuhan energi yang terus meningkat seiring perkembangan teknologi dan jumlah populasi penduduk berdampak pada masalah global untuk penyediaan bahan bakar. Hampir diseluru dunia memanfaatkan energi fosil, di dalam bahan bakar fosil terdapat zat karbon dioksida yang dapat mengakibatkan efek gas rumah kaca dan terjadinya pemanasan global di bumi. Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja dari *proton exchange membrane fuel cell* (PEMFC) diperlukan desain *flow field plate* (FFP) yang optimal pada anoda dengan model serpentin. Pada penelitian ini dilakukan variasi perbedaan geometri pada FFP dengan total luas aktif area sekitar 100 cm^2 , yaitu dengan dimension $70 \times 140 \text{ mm}$ dan $100 \times 100 \text{ mm}$ dengan debit $0,18 \text{ L/min}$ dan $0,36 \text{ L/min}$. Untuk mengetahui pengaruh desain *flow field plate* terhadap kecepatan aliran dan distribusi tekanan dilakukan dengan analisis *computational fluid dynamics* (CFD). Hasil simulasi menunjukkan pada debit $0,18 \text{ L/min}$ terhadap kontur kecepatan, pada desain pertama menunjukkan nilai kecepatan terbesar adalah $0,667 \text{ m/s}$. Desain kedua menunjukkan nilai kecepatan terbesar adalah $0,752 \text{ m/s}$. Desain ketiga menunjukkan nilai kecepatan terbesar adalah $0,714 \text{ m/s}$. Desain keempat nilai kecepatan terbesar adalah $0,879 \text{ m/s}$. Hasil simulasi menunjukkan pada debit $0,18 \text{ L/min}$ terhadap kontur tekanan, pada desain pertama menunjukkan nilai tekanan terbesar adalah $7,341 \text{ Pa}$. pada desain kedua menunjukkan nilai tekanan terbesar $19,183 \text{ Pa}$. Pada desain ketiga menunjukkan nilai tekanan terbesar $12,845$. Pada desain keempat menunjukkan nilai tekanan terbesar $33,864 \text{ Pa}$. Berdasarkan hasil simulasi dari setiap desain FFP meskipun mempunyai luas total aktif yang sama sekitar 100 cm^2 dengan dua perbedaan geometri mengalami hubungan antara tekanan dan kecepatan yang saling berbeda, meskipun debit yang digunakan itu sama. Jika Semakin sedikit jumlah saluran yang dibuat, potensi dari tekanan dan kecepatan akan meningkat. Kemudian jika semakin banyak jumlah saluran yang dibuat potensi tekanan dan kecepatan akan cenderung akan mengalami penurunan. Dalam hal ini desain pertama mengalami penurunan kecepatan dan tekanan paling kecil dan untuk yang mengalami penurunan tekanan dan kecepatan tertinggi di dapat pada desain keempat.

Kata kunci: PEMFC, *Flow field plate*, Serpentin, 3D, CFD.

ANALISIS DESAIN FLOW FIELD PLATE ANODA TIPE SERPENTIN PADA PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL BERBASIS COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

ABSTRACT

The need for energy continues to increase with the development of technology and increasing population on the global problem for fuel supply. Nearly all over the world uses fossil fuels, in fossil fuels Required carbon dioxide which can cause greenhouse gas effects and spend global savings on earth. In this study aims to improve the performance of proton exchange membrane fuel cells (PEMFC) required an optimal flow field plate (FFP) design on the anode with the serpentine model. In this study variations in the geometry differences in FFP with a total active area of about 100 cm². That is with dimensions of 70 x 140 mm and 100 x 100 mm with a debit of 0,18 L/min and 0,36 L/min. To determine the effect of flow field plate design on flow velocity and pressure distribution, a computational fluid dynamics (CFD) analysis was performed. The simulation results show the discharge of 0,18 L/min to the speed contour, the first design shows the greatest speed value is 0,667 m/s. The second design shows the greatest speed value is 0,752 m/s. The third design shows the greatest speed value is 0,714 m/s. The fourth design with the greatest speed value is 0,879 m/s. The simulation results show the discharge of 0,18 L/min against the pressure contour, the first design shows the greatest pressure value is 7,341 Pa. the second design shows the greatest pressure value of 19,183 Pa. In the third design shows the greatest pressure value of 12,845 Pa. The fourth design shows the greatest pressure value of 33,864 Pa. Based on the simulation results of each FFP design despite having the same total active area of about 100 cm² with two different geometries having a different relationship between pressure and velocity, even though the discharges used are the same. If fewer channels are made, the potential for pressure and speed will increase. Then if more channels are made the potential pressure and speed will tend to decrease. In this case the first design experienced the lowest speed and pressure drop and for those who experienced the highest pressure and speed drop it was found in the fourth design.

Keyword: PEMFC, Flow field plate, Serpentin, 3D, CFD.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh Produk <i>Fuel Cell Stack</i>	6
Gambar 2.2. Prinsip Kerja <i>Fuel Cell</i>	10
Gambar 2.3. Kurva Polarisasi	12
Gambar 2.4. Representasi skematis PEMFC	14
Gambar 2.5. Komponen PEMFC	15
Gambar 2.6. <i>Flow Field Plate</i>	17
Gambar 2.7. Model <i>Serpentin</i>	19
Gambar 2.8. Model <i>Paralel</i>	20
Gambar 2.9. Model <i>Interdigitated</i>	21
Gambar 2.10. Model <i>Pin</i>	21
Gambar 2.11. Kerugian Tekanan Minor	24
Gambar 2.12. <i>Absolute, gage, and vacuum pressures</i>	29
Gambar 2.13. Template Solidwork	30
Gambar 3.1. Diagram Alir	34
Gambar 3.2. Desain pertama 70 x 140 mm	35
Gambar 3.3. Desain kedua 70 x 140 mm	36
Gambar 3.4. Desain Ketiga 100 x 100 mm	37
Gambar 3.5. Desain Keempat 100 x 100 mm	37
Gambar 3.6. Tahapan Simulasi	39
Gambar 3.7. Proses Simulasi	40
Gambar 4.1. <i>Geometri</i> Desain Pertama	52
Gambar 4.2. <i>Geometri</i> Desain Kedua	52
Gambar 4.3. <i>Geometri</i> Desain Ketiga	52
Gambar 4.4. <i>Geometri</i> Desain Keempat	53
Gambar 4.5. <i>Name Selection</i> Desain Pertama	53
Gambar 4.6. <i>Name Selection</i> Desain Kedua	54
Gambar 4.7. <i>Name Selection</i> Desain Ketiga	54
Gambar 4.8. <i>Name Selection</i> Desain Keempat	54
Gambar 4.9. Hasil <i>Mesh</i> Desain Pertama	55
Gambar 4.10. Hasil <i>Mesh</i> Desain Kedua	55

Gambar 4.11. Hasil <i>Mesh</i> Desain Ketiga	56
Gambar 4.12. Hasil <i>Mesh</i> Desain Keempat	56
Gambar 4.13. <i>Mesh Quality</i>	57
Gambar 4.14. Tahap <i>Setup</i>	58
Gambar 4.15. Kontur Kecepatan Debit 0.18 L/min	59
Gambar 4.16. Kontur Kecepatan Debit 0.36 L/min	60
Gambar 4.17. Kontur Kecepatan Debit 0.18 L/min	60
Gambar 4.18. Kontur Kecepatan Debit 0.36 L/min	61
Gambar 4.19. Kontur Kecepatan Debit 0.18 L/min	61
Gambar 4.20. Kontur Kecepatan Debit 0.36 L/min	62
Gambar 4.21. Kontur Kecepatan Debit 0.18 L/min	62
Gambar 4.22. Kontur Kecepatan Debit 0.36 L/min	63
Gambar 4.23. Grafik Perbandingan Kecepatan Dari Setiap Desain	65
Gambar 4.24. Kontur Tekanan Pada Debit 0,18 L/min	65
Gambar 4.25. Kontur Tekanan Pada Debit 0,36 L/min	65
Gambar 4.26. Kontur Tekanan Pada Debit 0,18 L/min	66
Gambar 4.27. Kontur Tekanan Pada Debit 0,36 L/min	66
Gambar 4.28. Kontur Tekanan Pada Debit 0,18 L/min	67
Gambar 4.29. Kontur Tekanan Pada Debit 0,36 L/min	68
Gambar 4.30. Kontur Tekanan Pada Debit 0,18 L/min	69
Gambar 4.31. Kontur Tekanan Pada Debit 0,36 L/min	69
Gambar 4.32. Perbandingan Penurunan Tekanan Pada Setiap Desain	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis-jenis pada <i>fuel cell</i>	13
Tabel 2.2. Komponen Utama PEMFC	16
Tabel 2.3. Keuntungan dan kerugian material FFP	18
Tabel 3.1. Parameter Desain FFP 70 x 140 mm	38
Tabel 3.2. Parameter Desain FFP 100 x 100 mm	38
Tabel 3.3. Parameter Simulasi	40
Tabel 4.1. Hasil <i>Meshing</i>	57
Tabel 4.3. Tabel Kondisi Batas	58
Tabel 4.4. Nilai Kecepatan Dari Setiap Desain	63
Tabel 4.5. Kontur Tekanan Desain Pertama	66
Tabel 4.6. Kontur Tekanan Desain Kedua	67
Tabel 4.7. Kontur Tekanan Desain Ketiga	68
Tabel 4.8. Kontur Tekanan Desain Keempat	69
Tabel 4.9. Penurunan Tekanan Pada Setiap Desain	70

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
f	Koefisien gesek
L_{chan}	Panjang saluran (m)
D_H	Diameter hidrolis (m)
ρ	Densitas fluida (kg/m^3)
\bar{v}	Kecepatan rata-rata (m/s)
W_C	Lebar saluran (m)
d_c	Kedalaman saluran (m)
K_L	Koefisien hambatan
ΔP	Kerugian total
ΔP mayor	Kerugian mayor
ΔP minor	Kerugian minor
D	Diameter saluran
μ	viskositas cairan (kg/m.s)
m	laju aliran massa (kg/s)
A	Luas penampang (m^2)
v	kecepatan rata-rata fluida (m/s)
Q	debit fluida (m^3/s)
ρ	massa jenis fluida (kg/m^3)