

**PERANCANGAN DAN ANALISIS TORSI OPTIMAL PENJEPITAN
STACKING PADA *PROTON EXCHANGE MEMBRANE*
FUEL CELL**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

SIDIK KURNIA
NIM: 41316010023

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2020

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERANCANGAN DAN ANALISIS TORSI OPTIMAL PENJEPITAN *STACKING*
PADA *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL*



Disusun Oleh:

Nama : Sidik Kurnia
NIM : 41316010023
Program Studi : Teknik Mesin

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

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN DAN ANALISIS TORSI OPTIMAL PENJEPITAN *STACKING*
PADA *PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL*



Disusun Oleh:
Nama : Sidik Kurnia
NIM : 41316010023
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing
Pada tanggal: 6 Agustus 2020

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Dr.Eng. Deni Shidqi Khaerudini

Koordinator Tugas Akhir

Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sidik Kurnia
NIM : 41316010023
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Perancangan Dan Analisis Torsi Optimal Penjepitan *Stacking*
Pada *Proton Exchange Membrane Fuel Cell*

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.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 6 Agustus 2020



Sidik Kurnia

PENGHARGAAN

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala kemudahan dan kebahagiaan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai gelar sarjana S-1.

Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapat bantuan, arahan dan dorongan dari banyak pihak, terutama dosen pembimbing, rekan sejawat dan keluarga. Pada kesempatan ini saya sampaikan banyak terima kasih kepada:

- Bapak Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Meru Buana.
- Bapak Hadi Pranoto, ST., MT sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Meru Buana.
- Bapak Dr. Nanang Ruhyat, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Meru Buana.
- Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST, M. Eng selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Meru Buana.
- Teman-teman satu tim dalam pembuatan alat *Proton Exchange Membrane Fuel Cell Stack*.
- Kedua orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan laporan ini.
- Affifah Kemuning yang telah membantu memberikan masukan dan menyemangati dalam setiap menulis laporan Tugas Akhir ini.
- Teman-teman Teknik Mesin Universitas Meru Buana angkatan 2016 yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat kepada pengembangan Iptek di Indonesia.

ABSTRAK

Sel bahan bakar *Polymer Exchange Membrane* (PEM) merupakan alat yang bisa menghasilkan listrik dengan reaksi hidrogen dan oksigen tanpa pembakaran. Sel bahan bakar PEM atau PEM *Fuel Cell* (PEMFC) memiliki komponen *bipolar plate*, gasket, MEA (*Membrane Electrode Assembly*), pengumpul arus dan *end plate* (*stacking*). Penelitian ini bertujuan pada desain dan analisis torsi optimal penjepitan pada *stacking* (tumpukan) PEMFC. Desain yang menyesuaikan luas aktif area dapat meningkatkan tumpukan yang lebih baik. Tumpukan sel bahan bakar dilengkapi dengan poros baut penjepit untuk mencegah kebocoran gas reaktan dan meminimalkan resistensi kontak antara MEA dengan *bipolar plate*. Struktur berpori dari MEA dan permeabilitas dari gas, secara langsung dipengaruhi oleh tekanan tumpukan. Akibatnya kinerja sel bahan bakar dapat berubah. Berbagai upaya dilakukan untuk mendapatkan tekanan tumpukan yang optimal melalui simulasi dan eksperimen. Tekanan yang lebih rendah dapat meningkatkan resistensi kontak dan juga kemungkinan kebocoran. Sedangkan tekanan yang lebih tinggi dapat mengurangi resistensi kontak dan kemungkinan dapat menghancurkan MEA. Keduanya dapat menurunkan kinerja sel bahan bakar. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk menentukan nilai torsi optimal agar menghasilkan kinerja sel bahan bakar yang optimal. Metode perhitungan dan simulasi MATLAB digunakan dalam menentukan nilai torsi optimal penjepitan dan perancangan untuk membuat *stacking* yang menyesuaikan sel tunggal dengan aktif area 98 dan 100 cm². Hasil perhitungan analisis dan simulasi telah mendapatkan torsi optimal penjepitan *stacking* dengan nilai gaya sebesar 16,38 N/mm² untuk luas aktif area 98 cm² dan nilai gaya sebesar 15,42 N/mm² untuk luas aktif area 100 cm². Keduanya adalah nilai torsi optimal penjepitan untuk delapan sel.

Kata Kunci: PEMFC, torsi, kontak resistensi, tekanan tumpukan

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DESIGN AND ANALYSIS OF OPTIMAL CLAMPING TORQUE STACKING ON PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL

ABSTRACT

Polymer Exchange Membrane (PEM) fuel cells are devices that can generate electricity by the reaction of hydrogen and oxygen without combustion. PEM fuel cells or PEM Fuel Cells (PEMFC) have bipolar plate components, gaskets, MEA (Membrane Electrode Assembly), current collector and end plate (stacking). This study intended on the design and analysis of optimal clamping torque in PEMFC stacking. A design that adjusts the active area can increase stack better. The fuel cell stack is equipped with a pincer bolt shaft to prevent reactant gas leakage and minimize contact resistance between the MEA and the bipolar plate. The porous structure of the MEA and the permeability of the gas, are directly affected by stack pressure. As a result, the performance of the fuel cell can change. Various attempts were made to obtain optimal stack pressure through simulations and experiments. Lower pressure can increase contact resistance and also the possibility of leakage. Whereas higher pressure can reduce contact resistance and possibly destroy MEA. Both can reduce the performance of fuel cells. Therefore, this research needs to be done to determine the optimal torque value in order to produce optimal fuel cell performance. The MATLAB calculation and calculation methods are used in determining the optimal clamping torque value and design to make stacks that adjust the active cells in the 98 and 100 cm² area. The results of the analysis and simulation calculations have obtained the optimal torque of stacking clamping with a force value of 16.38 N/mm² for the active area of 98 cm² and a force value of 15.42 N/mm² for the active area of 100 cm². Explain the optimal clamping value for eight cells.

Keywords: PEMFC, torque, contact resistance, stack pressure

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>FUEL CELL</i>	5
2.2. JENIS <i>FUEL CELL</i>	6
2.2.1. <i>Solid Oxide Fuel Cell</i>	6
2.2.2. <i>Molten Carbonate Fuel Cell</i>	6
2.2.3. <i>Alkaline Fuel Cell</i>	7
2.2.4. <i>Phosphoric Acid Fuel Cell</i>	7
2.2.5. <i>Proton Exchange Membrane Fuel Cell</i>	7
2.3. PRINSIP KERJA PEMFC	8
2.4. KOMPONEN PEMFC	10
2.4.1. <i>Bipolar Plate</i>	10
2.4.2. <i>Monoplar Plate</i>	11
2.4.3. <i>Membrane Electrode Assembly</i>	12
2.4.4. Gasket	12
2.4.5. <i>Current Collector</i>	13
2.4.6. <i>End Plate</i>	14
2.4.7. <i>Bolt Joints</i>	14

2.5.	<i>STACKING END PLATE</i>	15
	2.5.1. Akrilik	17
2.6.	PEMFC <i>STACK</i> DESAIN	18
2.7.	UKURAN PEMFC <i>STACK</i>	18
2.8.	JUMLAH SEL PEM <i>STACK</i>	19
2.9.	KONFIGURASI <i>STACK</i>	20
2.10.	PENJEPITAN TUMPUKAN	21
	2.10.1. Penjepitan Menggunakan Baut	22
	2.10.2. Kekuatan Pada <i>Stack</i> Untuk Kompresi Optimal GDL	23
	2.10.3. Kekakuan Lapisan Baut	25
	2.10.4. Menghitung Torsi Pengetatan	28
	2.10.5. Menghubungkan Torsi Dengan Tekanan Penjepitan Total	30
2.11.	MENYATUKAN TUMPUKAN SEL BAHAN BAKAR	30
2.12.	AUTOCAD	31
	2.12.1. Fungsi AutoCAD	32
2.13.	MATLAB	33
BAB III METODOLOGI		34
3.1.	DIAGRAM ALIR	34
	3.1.1. Pembuatan Desain Model <i>Stacking</i>	35
	3.1.2. Pembuatan Program <i>M-File</i>	37
3.2.	ALAT DAN BAHAN	39
	3.2.1. Alat	39
	3.2.2. Bahan	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1.	PROSES <i>DESIGN STACKING</i> PEMFC	42
	4.1.1. <i>Design Stacking</i> Untuk Luas Aktif Area 98 cm ²	42
	4.1.2. <i>Design Stacking</i> Untuk Luas Aktif Area 100 cm ²	44
4.2.	PERHITUNGAN UMUM PEMFC	47
4.3.	PERHITUNGAN TORSI PENJEPITAN TUMPUKAN	48
	4.3.1. Kekakuan Lapisan Baut	48
	4.3.2. Menghubungkan Torsi Dengan Tekanan Penjepitan Total	49
4.4.	GRAFIK TORSI PENJEPITAN	50
BAB V PENUTUP		53

5.1.	KESIMPULAN	53
5.2.	SARAN	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skematik PEMFC	10
Gambar 2.2. <i>Bipolar Plate</i>	11
Gambar 2.3. <i>Monopolar Plate</i>	11
Gambar 2.4. <i>Membrane Electrode Assembly</i>	12
Gambar 2.5. Gasket	13
Gambar 2.6. <i>Current Collector</i>	13
Gambar 2.7. <i>End Plate</i>	14
Gambar 2.8. <i>Bolt Joints</i>	14
Gambar 2.9. Dua Buah <i>Cell</i> dengan <i>End Plate</i> , <i>Clamping Bolt</i> dan <i>Bipolar Plate</i>	16
Gambar 2.10. <i>End</i> dan <i>Bipolar Plate</i> , Gasket, Pengumpul Arus dan MEA untuk satu <i>cell</i> PEMFC <i>Stack</i>	16
Gambar 2.11. Konfigurasi PEMFC <i>Stack</i>	21
Gambar 2.12. Kekuatan yang diberikan oleh bahan yang dijepit (lapisan sel bahan bakar) pada baut dan mur	23
Gambar 2.13. Kekuatan yang diberikan oleh bahan dan baut yang dijepit	24
Gambar 2.14. Dimensi yang digunakan dalam perhitungan kekakuan kepala, poros baut dan mur	25
Gambar 2.15. <i>Part</i> Satu <i>Cell</i> PEM <i>Stack</i>	30
Gambar 2.16. AutoCAD 2018	31
Gambar 2.17. MATLAB 2019	33
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2. Model Desain Menggunakan AutoCAD 2018	36
Gambar 3.3. Tahapan Desain <i>Stacking</i> PEMFC	37
Gambar 3.4. <i>M-File Editor</i> MATLAB	38
Gambar 3.5. Pelat Akrilik	40
Gambar 3.6. Aluminium <i>As Drat</i>	40
Gambar 3.7. Pelat Aluminium	40
Gambar 4.1. <i>Layout design stacking</i> dimensi 425 cm ²	42
Gambar 4.2. <i>Design Stacking</i> 98 cm ² untuk 1 <i>Cell</i>	43
Gambar 4.3. <i>Design Stacking</i> 98 cm ² dengan 8 <i>Cell</i>	44
Gambar 4.4. <i>Layout design stacking</i> dimensi 400 cm ²	45

Gambar 4.5. <i>Design Stacking</i> 100 cm ² untuk 1 <i>Cell</i>	45
Gambar 4.6. <i>Design Stacking</i> 100 cm ² dengan 8 <i>Cell</i>	46
Gambar 4.7. Kurva Polarisasi dengan Torsi 14 hingga 18 Nm untuk Luas Aktif Area 98 cm ²	51
Gambar 4.8. Kurva Polarisasi dengan Torsi 13 hingga 17 Nm untuk Luas Aktif Area 100 cm ²	51



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan dari beberapa jenis <i>fuel cell</i>	9
Tabel 2.2. <i>Modulus Young</i> dan Rasio <i>Poisson</i> dari berbagai jenis bahan	27
Tabel 3.1. Sifat material yang digunakan	41
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Umum PEMFC	47
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Torsi Penjepitan	48
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Kekakuan pada <i>Bolt Joints</i>	49
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Kekakuan pada Tumpukan Sel	49
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Torsi Rakitan Penjepitan	49

