



**PEMODELAN PEMFC SEBAGAI SUMBER ENERGI MOBIL LISTRIK
BERBASIS NEURAL NETWORK**

SKRIPSI

**Agung Dwi Saputra
NIM 091910201059**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**PEMODELAN PEMFC SEBAGAI SUMBER ENERGI MOBIL LISTRIK
BERBASIS NEURAL NETWORK**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

**Agung Dwi Saputra
NIM 091910201059**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang Maha segala-segalanya;
2. Ayahanda Suwito dan Ibunda tercinta Kusnah Sifati, kuhaturkan terima kasih yang tak terhingga atas doa, dukungan, pengorbanan dan kasih sayang yang tiada henti kepadaku;
3. Kakakku Tino, dan saudara saudaraku, terimakasih sudah memberi dukungan dan menyemangati untuk terus berjuang dalam segera menyelesaikan studi ini;
4. Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT., dan Bapak Dr. Bambang Srikaloko S.T., M.T., terimakasih telah memberikan bantuan serta bimbingan dengan segala perhatian sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
5. Sahabat hatiku, Intan Yolanda S.pd., terimakasih atas kasih sayang, perhatian, kesabaran dan dukungannya selama ini;
6. Teman-teman kost Mangga 2 deki, latif, akbar, belong (arif), alfa, dan cak edo, cak bogang (hari setiawan) terimakasih atas bantuan semangat dan dorongannya untuk menyelesaikan tugas akhir ini;
7. Teman-teman seperjuangan Jazuly, Heru, Roby terimakasih atas bantuan dan dorongan serta semangat dalam melakukan penelitian;
8. Teman-temanku Teknik Elektro angkatan 2009, terima kasih atas dukungan, nasehat, semangat serta bantuannya;
9. Almamater Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro.

MOTO

Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibu kamu dengan keadaan tidak mengetahui sesuatu apapun dan Ia mengkaruniakan kepada kamu pendengaran dan penglihatan serta hati (akal fikiran) supaya kamu bersyukur.

(Q.S An-Nahl [16] : 11)

“Dunia ini hanya terdiri atas tiga hari: Kemarin, ia telah pergi bersama dengan semua yang menyertainya. Besok, engkau mungkin tak akan pernah menemuinya.

Hari ini, itulah yang kau punya, jadi beramallah di sana.”

(Hasan al Bashri)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agung Dwi Saputra

NIM : 0919102011059

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul :
“PEMODELAN PEMFC SEBAGAI SUMBER ENERGI MOBIL LISTRIK
BERBASIS NEURAL NETWORK” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali
jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun,
serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan
kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya
tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi
akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Juli 2014

Yang menyatakan,

Agung Dwi Saputra

091910201059

SKRIPSI

**PEMODELAN PEMFC SEBAGAI SUMBER ENERGI MOBIL LISTRIK
BERBASIS NEURAL NETWORK**

Oleh

Agung Dwi Saputra

NIM 091910201059

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.

Dosen Pembimbing Anggota :Dr. Bambang Srikaloko S.T., M.T.,

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Pemodelan Pemfc Sebagai Sumber Energi Mobil Listrik Berbasis Neural Network" Telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari,tanggal : Senin, 30 Juni 2014

Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.
NIP. 19640317 199802 1 001

Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T.
NIP. 19710402 200312 1 001

Anggota I

Anggota II

Andi Setiawan, S.T, M.T.
NIP. 19691010 199702 1 001

H. R. B Moch. Ghozali S.T., M.T.
NIP. 19690608 199903 1 002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah Ke Hadirat Allah SWT, Yang Telah Memberikan Rahmat, Hidayah, Dan Karunia-Nya Sehingga Penulisan Laporan Skripsi Dengan Judul “Pemodelan Pemfc Sebagai Sumber Energi Mobil Listrik Berbasis Neural Network” dapat diselesaikan. Karya tulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata satu pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan kali ini disampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Sumardi ST., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Universitas Jember.
3. Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT. selaku Pembimbing Utama juga membantu memberikan bimbingan dan Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping juga membantu memberikan bimbingan dengan sabar dan perhatian.
4. Bapak Andi Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak H. R.B. Moch. Ghozali, S.T., M.T. selaku dosen penguji II terimakasih telah membimbing saya selama proses mengerjakan revisi.
5. Para Dosen beserta seluruh karyawan Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.
6. Ibu Kusnah Sifati, Bapak Suwito, dan kakakku Martino eko terimakasih atas kasih sayang, kesabaran, do'a, ketulusan, pengorbanan, dan dukungan kalian.
7. Teman-teman S 1 Teknik Elektro 2009, perjuangan masa kuliah bersama kalian suatu kebanggaan yang dapat saya ceritakan dengan bangga kepada orang lain. Suatu pendewasaan dari hidup-ku untuk lebih mengerti kebersamaan, arti kekompakan, dan menghadapi hidup.

8. Teman – teman Kos M. Edoward R. S.T.,M.T. (cak edo), Latif, Deki, Akbar, Bayu, Alfa dan Arif (Belong) perjuangan masa kuliah dan hari – hari sebagai anak kos bersama kalian suatu kebanggan yang dapat saya ceritakan dengan bangga kepada orang lain.

9. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini

Demi kesempurnaan penulisan laporan proyek akhir ini, selalu diharapkan segala kritik dan saran dari semua pihak. Akhirnya, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 11 Juli 2014

Penulis

Pemodelan Pemfc Sebagai Sumber Energi Mobil Listrik Berbasis Neural Network

Agung Dwi Saputra

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Fuel cell (FC) merupakan suatu pembangkit listrik yang mengubah energi kimia langsung menjadi listrik dengan menggunakan hidrogen sebagai bahan bakarnya dan oksigen sebagai oksidannya. Dipilihnya hidrogen sebagai bahan bakar FC karena dianggap memenuhi dua alasan utama yaitu ramah lingkungan dan secara alamiah hidrogen tersedia dalam jumlah besar hingga bisa dimanfaatkan dari generasi ke generasi . Pemodelan fuel cell ini menggunakan neural network basis radial secara offline. Model neural network yang digunakan penelitian ini yaitu Radial Basis Function (RBF). RBF merupakan salah satu bentuk layer multi perceptron yang unsupervised. Aritektur dari RBF terdiri dari fungsi basis sebagai fungsi aktivasi pada hidden layer dan linier pada output layer. Fungsi ini biasanya membutuhkan banyak neuron jika dibandingkan dengan jaringan feedforward. Jaringan ini akan bekerja dengan baik, jika diberikan input cukup banyak. Nilai error persen terendah sebesar 0 %. Dan nilai error persen tertinggi terdapat pada saat nilai arus sebesar 14,44 Ampere dengan nilai error sebesar 6,48% untuk model rangkaian ekivalen sedangkan untuk model neural network nilai error persen tertinggi yaitu sebesar 6,24 % dengan kondisi arus target 14,44. Kesalahan rata-rata yang terjadi pada rangkaian ekivalen sebesar 0,22 % sedangkan pada model neural network sebesar 0,00 %.

Kata kunci : *fuel cell, neural network, efisiensi,error persen*

Pemfc Modeling As A Source Of Energy Based Neural Network Electric Cars

Agung Dwi Saputra

Major of Electrical Engineering ,Jember University

ABSTRACT

Fuel cell (FC) is a power plant that converts chemical energy directly into electricity using hydrogen as fuel and oxygen as oksidan. Hydrogen as a fuel chosen FC because it is considered two main reasons is environmentally friendly and naturally hydrogen available in a large number to be used from generation to generation. The fuel cell modeling using radial basis neural network offline. Neural network models that use this research that the Radial Basis Function (RBF). RBF is a form of multi-layer perceptron is unsupervised. Arituktur of RBF consists of basis functions as activation functions in the hidden layer and linear output layer. This function usually requires many neurons when compared with feedforward network. This network will work well, if given enough input. Lowest percent error value of 0%. And the percent error value is highest when the current value with the value of 14.44 Ampere error of 6.48% for the equivalent circuit model of neural network models, while for the highest percent error value that is equal to 6.24% with a target flow condition 14.44. Average error that occurred in the equivalent circuit of 0.22%, while the neural network models of 0.00%.

Keyword: *fuel cell, neural network, efficiency, error percent.*

RINGKASAN

Pemodelan Pemfc Sebagai Sumber Energi Mobil Listrik Berbasis Neural Network, Agung Dwi Saputra, 091910201059, 2014, 53 halaman.

Pada zaman modern saat ini, transportasi merupakan sarana yang sangat penting untuk meningkatkan pelayanan mobilitas penduduk dalam rangka menunjang keberhasilan pembangunan. Salah satu alat transportasi yang digunakan baik di kota maupun di desa adalah mobil. Mobil yang pada umumnya menggunakan bahan bakar fosil yang lama kelamaan akan habis dan tidak bisa diperbarui dan dapat menimbulkan polusi udara. Bahan bakar yang efisien pada saat ini adalah Fuel cell.

Fuel cell (FC) merupakan suatu pembangkit listrik yang mengubah energi kimia langsung menjadi listrik dengan menggunakan hidrogen sebagai bahan bakarnya dan oksigen sebagai oksidannya. Dipilihnya hidrogen sebagai bahan bakar FC karena dianggap memenuhi dua alasan utama yaitu ramah lingkungan dan secara alamiah hidrogen tersedia dalam jumlah besar hingga bisa dimanfaatkan dari generasi ke generasi. Jenis sumber energi ini keluarannya hanya berupa air. Energi listrik yang dihasilkan oleh FC akan berlangsung terus menerus selama suplai hidrogen tidak putus. Hidrogen dapat disimpan dalam tabung. Dengan menggunakan tabung cadangan, pengisian bahan bakar cepat teratasi sehingga kendaraan FC dapat melaju dalam waktu yang lama. Oleh karena itu mobil listrik dengan menggunakan sumber tenaga fuel cell dapat mengurangi konsumsi bahan bakar minyak.

Fuel cell dimodelkan dengan menggunakan Neural Network berbasis radial. Dimana setelah memodelkan tersebut, dilakukan pengujian dengan simulasi untuk mengetahui efisiensi kinerja fuel cell tersebut.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
PENGESAHAN	vi
PRAKATA	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Fuel Cell	5
2.2 Elektrolisa Air	6
2.3 Prinsip Kerja Fuel Cell	7
2.4 Pengembangan Fuel Cell	8
2.5 Unit Fuel Cell	10
2.6 Jenis-Jenis Fuel Cell	11
2.6.1 Alkaline Fuel Cell (AFC).....	11
2.6.2 Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC).....	12

2.6.3	Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)	13
2.6.4	Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)	14
2.6.5	Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	16
2.6.6	Direct methanol fuel cell (DMFC).....	19
2.6.7	Regenerative Fuel Cells (RFC).....	20
2.6.8	Zinc-Air Fuel Cell (ZAFC).....	21
2.7	Kelebihan Dan Kekurangan Fuel Cell.....	21
2.8	Jaringan Basis Radial.....	22
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1	Metode Penelitian	25
1.	Studi pustaka.....	25
2.	Pengujian di laboratorium.....	25
3.2	Pengambilan data	25
3.3	Pemodelan Fuel cell	25
3.3.1	Rangkaian Ekuivalen	25
3.3.2	Pemodelan Fuel cell stady state	26
3.3.3	Pemodelan Transien.....	34
3.3.4	Pemodelan tegangan steady state dan transien	35
3.4	Alur penelitian	37
3.5	Flowchart penelitian	38
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Grafik Tegangan stack fuel cell.....	39
4.1.1	Model Matematik Tegangan Stack	38
4.1.2	Model Simulink dengan Menggunakan NN	44
4.2	Error persen model matematik dengan model simulink	53
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		60

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel Lapisan Pada PEMFC	18
Tabel 4.1 Hasil tegangan stack rangkaian ekivalen	40
Tabel 4.2 Hasil interpolasi tegangan stack.....	42
Tabel 4.3 Hasil pengujian menggunakan NN	44
Tabel 4.4 Hasil pengujian terhadap data checking.....	50
Tabel 4.5 Hasil keluaran Model Fuel cell	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses elektrolisis air.....	6
Gambar 2.2 Susunan stack fuel cell	10
Gambar 2.3 Alkaline Fuel Cell (AFC).....	12
Gambar 2.4 Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC).....	13
Gambar 2.5 Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)	14
Gambar 2.6 Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)	15
Gambar 2.7 Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	18
Gambar 2.8 Direct Metanol Fuel Cell (DMFC).....	20
Gambar 2.9 Arsitektur jaringan basis radial	23
Gambar 3.1 Rangkaian ekivalen fuel cell	25
Gambar 3.2 Model tegangan beban kosong ideal	29
Gambar 3.3 Model tegangan stack berbeban	32
Gambar 3.4 Model rugi tegangan activation, concentration dan rugi tegangan ohm	33
Gambar 3.5 Rangkaian ekivalen transien.....	34
Gambar 3.6 Blok diagram PEMFC	35
Gambar 3.7 Model tegangan steady state dan transien	36
Gambar 3.9 Blok diagram penelitian	37
Gambar 4.1 Regresi Linear target dan output jaringan data training	47
Gambar 4.2 Perbandingan target dan output jaringan data training.....	48
Gambar 4.3 Regresi linear target dan output jaringan data checking	49
Gambar 4.4 Perbandingan target dan output jaringan data training.....	50
Gambar 4.5 Perbandingan hasil tegangan stack.....	43