



**MANAJEMEN ENERGI MOBIL LISTRIK ANTARA *FUEL CELL*,
PHOTOVOLTAIC, DAN BATERAI MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

**Robby Nurdiansyah
NIM 091910201023**

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



**MANAJEMEN ENERGI MOBIL LISTRIK ANTARA *FUEL CELL*,
PHOTOVOLTAIC, DAN BATERAI MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

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

**Robby Nurdiansyah
NIM 091910201023**

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

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, karunia dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang merupakan langkah awal dalam meniti karir kesuksesan di masa depan. Untuk itu skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Moch Munawar dan alm Ibunda tercinta Kuswanti, kuhaturkan terima kasih yang tak terhingga atas doa, dukungan, pengorbanan dan kasih sayang yang tiada henti kepadaku;
2. Kakakku Ani, Indri, Idam dan adikku Iqbal kasih sayang, mendukung dan menyemangati untuk terus berjuang dalam segera menyelesaikan studi ini;
3. Bapak Bambang Sri Kaloko S.T., M.T. dan R. B. Moch. Gozali S.T., M.T., terimakasih telah memberikan bantuan serta bimbingan dengan segala perhatian sehingga penelitian ini dapat terselesaikan
4. Sahabat terkasihku, Shabrina Auliya Rachman S.Farm., terimakasih atas kasih sayang, perhatian, kesabaran dan dukungannya selama ini;
5. Teman-teman seperjuangan Jazuly, Heru, Agung mike, serta Gigih terimakasih atas bantuan dan dorongan serta semangat dalam melakukan penelitian;
6. Teman-temanku Teknik Elektro angkatan 2009 (SLTD), terima kasih atas dukungan, nasehat, semangat serta bantuannya;
7. 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)

Harga kebaikan manusia adalah diukur menurut apa yang dilaksanakan / diperbuatnya.

(Ali bin Abi Tholib)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Robby Nurdiansyah

NIM : 0919102011023

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul :
“Manajemen Energi Mobil Listrik Antara *Fuel Cell Photovoltaic* Dan Baterai
Menggunakan *Fuzzy Logic* ” 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,

Robby Nurdiansyah

091910201023

SKRIPSI

MANAJEMEN ENERGI MOBIL LISTRIK ANTARA *FUEL CELL* , *PHOTOVOLTAIC*, DAN BATERAI MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*

Oleh

Robby Nurdiansyah

NIM 091910201023

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : H.R.B. Moch. Ghozali S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ” Manajemen Energi Mobil Listrik Antara *Fuel Cell* ,
Photovoltaic, Dan Baterai Menggunakan *Fuzzy Logic* ” 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

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

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

Anggota I

Anggota II

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

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

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik,

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

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji Syukur Ke Hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya Sehingga penulisan laporan skripsi dengan judul “Manajemen Energi Mobil Listrik Antara *Fuel Cell* , *Photovoltaic*, Dan Baterai Menggunakan *Fuzzy Logic*” dapat diselesaikan. Karya tulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata 1 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. Ayahanda Moch Munawar dan alm Ibunda tercinta Kuswanti, kuhaturkan terima kasih yang tak terhingga atas doa, dukungan, pengorbanan dan kasih sayang yang tiada henti kepadaku;
2. Kakakku Ani, Indri, Idam dan adikku Iqbal kasih sayang, mendukung dan menyemangati untuk terus berjuang dalam segera menyelesaikan studi ini;
3. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Sumardi ST., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Universitas Jember.
5. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama juga membantu memberikan bimbingan.
6. Bapak H.R.B. Moch. Ghozali, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping juga membantu memberikan bimbingan.
7. Bapak Andi Setiawan, S.T.,M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT. selaku dosen penguji II.
8. Para Dosen beserta seluruh karyawan Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.
9. 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.

10. 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

Manajemen Energi Mobil Listrik Antara *Fuel Cell* , *Photovoltaic* , Dan Baterai Menggunakan *Fuzzy Logic*

Robby Nurdiansyah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Mobil listrik adalah kendaraan yang digerakkan dengan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya. Baterai adalah komponen yang dapat menyimpan serta menghasilkan energi listrik dari proses elektrolisis. *Photovoltaic* atau PV merupakan suatu alat yang dapat mengkonversi energi dalam bentuk cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. *Fuel cell* merupakan perangkat elektrokimia yang dapat menghasilkan listrik dari reaksi kimia. Daya pada blok mobil listrik dibagi dengan tegangan kontrol (V_{kon}) sehingga sebagai inputan *Fuzzy logic*. Sehingga arus konsumsi (I_{bat}) dan (I_{fc}) dapat di atur sesuai kebutuhan. Dan pada saat puncak arus referensi (I_{ref}) bernilai 386 amper, dan arus puncak pada arus fuel cell (I_{fc}) 350 ampere pada saat waktu 25 sampai 30 detik. Pada hasil proses fuzzyfikasi terdapat dua arus dengan nilai yang berbeda saat selang waktu 15 sampai 20 detik yaitu arus baterai (I_{bat}) bernilai 140 amper dan arus *fuel cell* (I_{fc}) bernilai 230 amper. Nilai error persen yang sangat kecil terjadi pada saat akhir simulasi yaitu saat waktu 40 sampai 43 detik dengan nilai error persen adalah 9.1 %. Nilai error persen yang sangat besar terjadi pada saat awal simulasi yaitu saat waktu 5 sampai 10 detik dengan nilai error persen adalah 57.1 %

Kata Kunci: mobil listrik, daya konsumsi, arus beban, *fuzzy logic*

Energy Management Electric Vehicle Between Fuel Cell, Photovoltaic And Battery Using Fuzzy Logic

Robby Nurdiansyah

Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology, University of Jember

ABSTRACT

The electric car is a vehicle that is driven by an electric motor, using electrical energy stored in batteries or other energy storage places. The battery is a component that can generate electricity from the electrolysis process. Photovoltaic or PV technology is the conversion of solar radiation into electrical energy directly. Fuel cell is an electrochemical device that can produce electricity from a chemical reaction. The power of the electric car blocks divided by voltage control (V_{kon}) as Fuzzy logic input. The current consumption (I_{bat}) and (I_{fc}) can be set as needed. And at the peak of the reference current (i_{ref}) worth 386 amperes, and the peak current in the fuel cell current (I_{fc}) 350 amperes at a time when 25 to 30 seconds. In the process results fuzzyfication there are two currents with different values when the interval 15 to 20 seconds. That is the battery current (I_{bat}) worth 140 ampere and the fuel cell current (I_{fc}) worth 230 amperes. Values are very small percent error occurs at the end of the current simulation time is 40 to 43 seconds wih percent value error is 9.1%. Value that is too large percent error occurs at the beginning of the simulation is the time period of 5 to 10 seconds with the error percent value is 57.1%

Key words: *electric vehicle, power consumption, current load, fuzzy logic*

RINGKASAN

Manajemen Energi Mobil Listrik Antara *Fuel Cell Photovoltaic* Dan Baterai Menggunakan *Fuzzy Logic*; Robby Nurdiansyah; 091910201023; 2014; 33 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik; Jurusan Teknik Elektro; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Bahan bakar fosil selama ini telah menjadi komponen penting dalam sistem transportasi baik kendaraan umum atau pribadi. Semakin banyak pengguna kendaraan bermotor maka semakin banyak juga konsumsi bahan bakar yang mempercepat terjadinya masalah krisis energi. Dengan berdasar pemikiran tersebut, maka diperlukan alternatif – alternatif lain untuk mengurangi masalah krisis energi yang ada, yaitu dengan mobil listrik.

Baterai adalah komponen yang dapat menghasilkan listrik dari proses elektrolisis. *Photovoltaic* atau PV merupakan teknologi konversi dari radiasi matahari menjadi energy listrik secara langsung. Operasi sistem PV dapat diwujudkan secara ekonomis terutama untuk sistem suplai daya rendah sampai dengan beberapa kilowatt pada daerah yang tidak terjangkau jaringan listrik. PV biasanya ditemukan sebagai panel datar, dan panel tersebut kini menjadi pemandangan yang cukup umum, pada rumah atau gedung yang mendapat banyak cahaya matahari. *Fuel cell* merupakan perangkat elektrokimia yang dapat menghasilkan listrik dari reaksi kimia (Husain 2005). Prinsip dasar dari *fuel cell* adalah menggunakan bahan hidrogen untuk menghasilkan listrik seperti baterai. Reaksi kimia adalah gas hidrogen ditambah dengan gas oksigen, dan menghasilkan air dan energi.

Untuk meningkatkan keandalan pada baterai, *photovoltaic* dan *fuel cell* maka dilakukan manajemen energi dengan menggunakan *Fuzzy logic controller*. Diharapkan dengan pengujian tersebut dapat mengetahui efisiensi dari pengendalian manajemen energi yang dihubungkan dengan beban mobil listrik.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
PENGESAHAN	vi
PRAKATA	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Baterai	5
2.1.1 Elektroda Positif	6
2.1.2 Elektroda Negatif.....	6
2.1.3 Elektrolit	6
2.1.4 Pemisah.....	7
2.2 Photovoltaic	7
2.1.1 Efek <i>Photovoltaic</i>	7
2.2.2 Sel <i>Photovoltaic</i>	8

2.2.3	Mekanisme Konversi Energi.....	8
2.2.4	Material Semikonduktor.....	10
2.2.5	Struktur Umum Sel Surya	11
2.2.6	Klasifikasi Sel Surya	13
2.3	Fuel cell	15
2.3.1	Nafion (PEM-FC Membrane)	16
2.3.2	Elektroda PEMFC	19
2.3.3	Anoda PEMFC	21
2.3.4	Katoda PEMFC	21
2.4	Gaya Pada Mobil	24
2.5	Fuzzy Logic	25
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2	Diagram Sistem	28
3.3	Konfigurasi Simulasi	29
3.3.1	Pemodelan Photovoltaic	30
3.3.2	Pemodelan Baterai.....	32
3.3.3	Pemodelan <i>Fuel Cell</i>	33
3.3.4	Pemodelan <i>Boost DC – DC Converter</i>	34
3.3.5	Pemodelan mobil listrik.....	35
3.5	Prosedur Logika Fuzzy	36
3.6	Diagram Flowchart	38
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Pembangkitan Pada Sumbet Tenaga	39
4.2	Daya Mobil Listrik dan Arus Referensi	40
4.3	Arus Baterai dan Arus Fuel Cell	42
4.4	Error Persen Arus Referensi (I_{ref}) Terhadap Arus Baterai (I_{bat}) dan Arus Fuel Cell (I_{fc})	43
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran	44

DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.2 Data Intensitas Cahaya Dalam Waktu Simulasi	29
Tabel 3.3 Input Kecepatan (v).....	29
Tabel 3.4 Karakteristik gaya mobil listrik	35
Tabel 4.1 Data error persen pada tiap – tiap waktu.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Komponen Baterai	6
Gambar 2.2 Skema sederhana sistem sel PV	8
Gambar 2.3 Mekanisme terbentuknya elektron bebas pada material semikonduktor.....	9
Gambar 2.4 Struktur dari material semikonduktor	10
Gambar 2.5 Perbedaan band gap mempengaruhi besarnya energi yang diserap oleh sel surya	11
Gambar 2.6 Ilustrasi Struktur Sel Surya	12
Gambar 2.7 Susunan Lapisan Sel Surya Secara Umum	12
Gambar 2.8 Kurva Karakteristik Tegangan <i>Output</i> Terhadap Arus Pada <i>Photovoltaic</i> Dengan Intensitas Cahaya Yang Berbeda.....	14
Gambar 2.9 Kurva Karakteristik <i>Voltage</i> terhadap <i>Power</i> Pada <i>Photovoltaic</i> dengan Intensitas Cahaya yang Berbeda – beda.....	15
Gambar 2.10 Sistem Fuel Cell.....	15
Gambar 2.11 Nafion (asam poliperfluoro sulfonat ionomer).....	16
Gambar 2.12 Modulus Hambatan Dan Tahapan Gambar dari Elektrolit Nafion dengan nilai kelembaban.....	18
Gambar 2.13 Susunan Plat PEMFC	20
Gambar 2.14 Pembagian daerah pembangkitan fuel cell dan Kurva Tegangan terhadap Arus <i>Fuel Cell</i>	23
Gambar 2.15 Diagram Bagan Alur Input-Output	26
Gambar 2.16 Struktur Dasar Logika Fuzzy	26
Gambar 2.17 Aplikasi <i>fuzzy logic</i>	27
Gambar 3.1 Desain Manajemen Energi Antara <i>Fuel Cell</i> , <i>Photovoltaic</i> , dan Baterai Menggunakan <i>Fuzzy Logic</i>	29
Gambar 3.2 Grafik Kecepatan Pemodelan Mobil Listrik	30
Gambar 3.3 Pemodelan <i>Module Photovoltaic</i>	31
Gambar 3.4 Pemodelan Module Baterai	32

Gambar 3.5 PEM- <i>Fuel Cell</i>	34
Gambar 3.6 Pemodelan <i>Boost DC – DC Converter</i>	35
Gambar 3.7 Pemodelan Mobil Listrik Dengan Berat 1200 kg.....	35
Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Arus Referensi.....	36
Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Arus Baterai.....	36
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Arus Fuel Cell	37
Gambar 3.11 Flowchart Kerja Sistem Manajemen Energi Mobil Listrik	38
Gambar 4.1 Pembangkitan Sumber.....	40
Gambar 4.2 Daya Pembebanan Model Blok Mobil Listrik	41
Gambar 4.3 Arus Pembebanan Model Blok Mobil Listrik	41
Gambar 4.4 Perbandingan Arus Referensi (I_{ref}) dan Arus Baterai (I_{batt}) dan Arus Fuel Cell (I_{fc})	42