



**PENGENDALI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA
TENAGA ANGIN – PMSG DENGAN *FUEL CELL*
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER***

SKRIPSI

oleh
Destiany Prawidyasari
NIM 101910201100

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



**PENGENDALI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA
TENAGA ANGIN – PMSG DENGAN *FUEL CELL*
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER***

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

SKRIPSI

oleh

Destiany Prawidyasari

NIM 101910201100

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah proses untuk menggapai kesuksesan awal sebelum menghadapi kesuksesan pada tahap selanjutnya. Hari demi hari, bulan demi bulan tenaga dan pikiran saya telah tercurahkan untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karenanya, skripsi ini saya persembahkan kepada

Ibunda Widya Sugiarti dan Ayahanda Tedi Karyadi yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil, doa serta kasih sayang yang tidak terhingga dan dibalas dengan apapun juga;

Adik kandung saya, Chika, yang menjadi salah satu semangat saya untuk bisa lulus tepat waktu, terima kasih atas doa yang telah kau berikan Dek;

Dosen Pembimbing Skripsi Bapak Dedy Kurnia Setiawan dan Bapak Triwahju Hardianto, terima kasih atas bimbingan dan nasehat Bapak untuk saya dalam menyelesaikan skripsi ini;

Keluarga besar Teknik Elektro Angkatan 2010. Terima kasih atas semangat dan dukungan teman-teman. Saya bangga bisa ada di antara kalian;

Andes Pradesa dan Novitasari, teman-teman satu perjuangan saya yang luar biasa;

Project D dan Laboratorium Konversi Energi Listrik, terima kasih atas kisah dan kenangan yang terukir dalam kisah hidup saya selama ini;

Guru-guru tercinta TK Hikmat II Bandung, SD N Soka 34/IV Bandung, SMP N 7 Bandung, dan SMA N 14 Bandung, beserta seluruh dosen dan staf karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember, terima kasih atas ilmu dan pengalaman tak terlupakan yang diberikan kepada saya;

Almamater saya Fakultas Teknik Universitas Jember, terima kasih telah mengantarku menuju masa depan.

MOTTO

*MaKa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya
bersama kesulitan ada kemudahan.
(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)*

*Jika kau berlaku keras pada dirimu, maka dunia akan berlaku lembut
padamu.
(Andrie Wongso)*

*Do the best, do the best, to be the best.
(Arief Achdiar)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Destiany Prawidyasari

NIM : 101910201100

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul : **Pengendali Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin-PMSG dengan *Fuel Cell Menggunakan Fuzzy Logic Controller*** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi 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, 26 Mei 2014

Yang menyatakan,

Destiany Prawidyasari

NIM. 101910201100

SKRIPSI

**PENGENDALI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA
TENAGA ANGIN – PMSG DENGAN *FUEL CELL*
MENGUNAKAN *FUZZY LOGIC CONTROLLER***

Oleh

Destiany Prawidyasari

NIM. 101910201100

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul **Pengendali Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin-PMSG dengan *Fuel Cell* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller*** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Senin

Tanggal : 26 Mei 2014

Tempat : Ruang Ujian II Lantai 3 Gedung Dekanat Fakultas Teknik

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.

NIP. 19800610 200501 1 003

Penguji I,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP. 19700826 199702 1 001

Penguji II,

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

NIP. 19631201 199402 1 002

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.

NIP. 19710402 200312 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

Pengendali Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin-PMSG dengan Fuel Cell Menggunakan Fuzzy Logic Controller

Destiany Prawidyasari

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember

ABSTRAK

Permintaan energi di seluruh dunia yang meningkat mengakibatkan sumber daya energi terutama energi konvensional menjadi langka. Berbagai inovasi para ahli pun muncul dalam memanfaatkan energi alternatif sebagai sumber energi untuk menggantikan energi konvensional. Namun untuk menghasilkan daya bergantung dari sumber energi yang diterimanya, seperti PLT Angin dapat menghasilkan daya hanya jika ada kecepatan angin yang diterima oleh turbin dan *fuel cell* yang menghasilkan daya jika ada bahan bakar hidrogen. Sistem hibrida menggabungkan kedua sumber energi untuk meningkatkan daya dan keandalan sistem. Penelitian ini mensimulasikan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) dengan *fuel cell* dalam sistem hibrida. Simulasi ini menggunakan pemodelan sistem dengan aplikasi Simulink MATLAB[®] R2010b. Sistem ini terdiri dari *wind power system* yang bekerja paralel dengan *fuel cell*, *electrolyzer*, tabung penyimpanan dan katup hidrogen yang mengatur laju aliran hidrogen, serta sistem pensaklaran. Dalam sistem hibrida ini, jika *wind power system* menghasilkan daya listrik melebihi daya permintaan beban, maka beban akan disuplai oleh *wind power system* dan daya yang berlebih disuplai ke *electrolyzer* untuk diubah menjadi hidrogen. Sebaliknya, jika *wind power system* tidak mampu memenuhi permintaan beban, maka *fuel cell* akan bekerja menghasilkan listrik untuk mengurangi kekurangan daya pada sistem. Kinerja sistem kontrol sistem hibrida antara tenaga angin-PMSG dengan *fuel cell* menggunakan *fuzzy logic controller* cukup baik sehingga kestabilan dan kontinuitas energi tetap terjaga dengan presentase 12,5% terjadi kondisi transien akibat adanya peralihan sumber antara *wind power system* dengan *fuel cell* dan tegangan tetap konstan 48V.

Kata kunci : sistem hibrida, *wind power system*, *fuel cell*, *fuzzy logic controller*, *electrolyzer*.

Control of Hybrid Power System Wind Power-PMSG and Fuel Cell Using Fuzzy Logic Controller

Destiany Prawidyasari

Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

The increasing of the world energy demand affects energy source, especially in conventional energy will be scarce. Various of expert innovations emerge to exploit alternative energy as an energy source changing conventional energy. However, to produces electric power depend on energy source which is received, such as wind power system can produces electric power if there is only wind velocity and fuel cell produces electric power if there is hydrogen gas fuels. Hybrid system integrates both of energy sources to increase the system power and reliability. This research simulates wind power system with fuel cell in the hybrid system. This simulation uses system modelling wiht the application of Simulink MATLAB[®] R2010b. The system consists of wind power system that works parallel with fuel cell, electrolyzer, storage tube and hydrogen valve controlling the hydrogen flowing system, and also switching system. In this hybrid system, if the wind power system produces electric power exceeding the load of power demands, load will be supplied by wind power system and power that is excessive will be supplied to electrolyzer to be changed into hydrogen. Conversely, if the wind power system can not supply the load demands, fuel cell will produce electricity to minimize the lack of power in the system. Hybrid power system between wind power-PMSG and fuel cell using fuzzy logic controller works good enough so that the stability and continuity of energy is maintained with a percentage 12,5% occured due to transient conditions intermediate between the wind power system and fuel cell and voltage keep constant 48V.

Kata kunci : *hybrid power system, wind power system, fuel cell, fuzzy logic controller, electrolyzer.*

RINGKASAN

Pengendali Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin-PMSG dengan Fuel Cell Menggunakan Fuzzy Logic Controller; Destiany Prawidyasari; 101910201100; 2014; 83 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember

Semakin bertambahnya penduduk maka akan semakin bertambah pula konsumsi energi listrik. Energi konvensional yang hingga saat ini digunakan sebagai sumber energi utama semakin langka dengan penggunaan secara terus-menerus. Untuk mencegah krisis energi tersebut, diperlukan energi alternatif sebagai sumber energi yang digunakan untuk menggantikan energi konvensional. Namun, beberapa pembangkit energi alternatif bergantung pada keadaan alam dan bahan bakar tertentu saja, contohnya energi angin dan *fuel cell*. Sistem hibrida diterapkan untuk meningkatkan daya dan keandalan sistem.

Apabila *wind power system* menghasilkan daya melebihi daya permintaan beban, maka *wind power system* akan menyuplai daya pada beban dan kelebihan daya akan disuplai pada *electrolyzer* untuk diubah menjadi hidrogen melalui proses elektrolisis. Sebaliknya, apabila daya yang dihasilkan *wind power system* tidak mampu memenuhi permintaan beban, maka *fuel cell* akan membangkitkan energi listrik yang kemudian disuplai untuk memenuhi kekurangan daya tersebut. Untuk menjaga keandalan sistem, *fuzzy logic controller* diterapkan pada sistem guna mengendalikan laju aliran hidrogen menuju *fuel cell* agar sesuai dengan permintaan konsumsi hidrogen (*stack consumption*) pada *fuel cell*.

Kinerja sistem kontrol sistem hibrida antara tenaga angin-PMSG dengan *fuel cell* menggunakan *fuzzy logic controller* cukup baik sehingga kestabilan dan kontinuitas energi tetap terjaga dengan presentase 12,5% terjadi kondisi transien akibat adanya peralihan sumber antara *wind power system* dengan *fuel cell* dan tegangan tetap konstan 48V. Dengan demikian, sistem pembangkit listrik hibrida pembangkit listrik tenaga angin dengan *fuel cell* layak untuk digunakan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik bagi manusia.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Swt. atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul **Pengendali Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Angin-PMSG dengan *Fuel Cell* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller*** dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada

1. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Sumardi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan, arahan, serta nasehat demi terselesainya penulisan skripsi ini;
4. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. dan Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Tim Penguji Skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan pengarahan dan masukan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
5. Ibunda Widya Sugiarti dan Ayahanda Tedi Karyadi tercinta, yang telah memberikan dorongan baik moril dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberikan kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini;
6. Saudara kandung saya, Cantika, dan seluruh keluarga besar, terima kasih atas doa dan dukungan telah diberikan selama ini;

7. Venessa, Rajiv, Andhini, dan Andhika, sahabat terbaik saya. Terima kasih atas persahabatan indah yang terjalin selama ini dan dukungan serta semangat kalian agar saya bisa menyelesaikan studi ini;
8. Novitasari, Zheni Akhbar, Riki Setian, Budi Setiawan, dan teman-teman seperjuangan di Teknik Elektro Universitas Jember yang telah membantu meluangkan pikiran dan menuangkan ide demi terselesaikannya skripsi ini;
9. Mas Andik Hikmawan, terima kasih atas ilmu dan bimbingan yang diberikan pada saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
10. Andes Pradesa, yang telah banyak memberikan dorongan serta motivasi sehingga saya kuat bertahan kuliah selama 4 tahun ini, terima kasih atas cinta dan kasih sayang yang telah diberikan kepada saya selama ini;
11. Om dan tante saya, Lugiana dan Triwahju Hardianto, terima kasih atas tempat tinggal yang nyaman serta perhatian yang luar biasa selama saya tinggal di Jember;
12. Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2010, Patek UJ, saya bangga menjadi salah satu di antara kalian. Terima kasih atas doa, dukungan dan motivasi yang kalian berikan.
13. Teman-teman Elektro Angkatan 2013, 2012, 2011, 2009, Project D, Laboratorium Konversi Energi Listrik, RISTEK, dan pengurus Himpunan Mahasiswa Elektro Periode 2013-2014, bersama kalian semua merupakan kenangan dan pengalaman yang tidak akan pernah terlupakan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, Mei 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Sistematika Pembahasan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Angin dan Energi Angin	6
2.2 Turbin Angin	8

2.2.1	Sub Sistem Turbin Angin.....	9
2.2.2	Jenis Turbin Angin.....	10
2.3	Pembangkit Listrik Tenaga Angin.....	15
2.4	<i>Permanent Magnet Synchronous Generator</i> (PMSG)	15
2.5	<i>Rectifier dan DC-DC Converter</i>	17
2.5.1	<i>Three Phase Diode Bridge Rectifier</i>	17
2.5.2	<i>Buck Converter</i>	18
2.5.3	<i>Buck-boost Converter</i>	20
2.6	<i>Solid Oxide Fuel Cell</i>.....	23
2.7	<i>Electrolyzer</i>.....	25
2.8	Elektrolisis.....	26
2.9	Tabung Penyimpanan Hidrogen	26
2.10	Stabilitas Sistem Tenaga Listrik.....	27
2.11	Logika <i>Fuzzy</i>.....	28
2.12	Perangkat Lunak Pendukung.....	32
2.12.1	MATLAB R2010b	32
2.12.2	<i>Fuzzy Logic Toolbox</i>	32
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	38
3.1.1	Tempat Penelitian	38
3.1.2	Waktu Penelitian.....	38
3.2	Alat dan Bahan	38
3.3	Tahap Penelitian	39
3.4	Algoritma Simulasi Sistem Hibrida PLT Angin Dengan <i>Fuel Cell</i>.....	41
3.5	Rancang Bangun dan Konfigurasi Sistem.....	43
3.6	Pemodelan Sistem	45
3.6.1	Gambaran Realisasi Simulasi	45

3.6.2	Data Pembebanan.....	46
3.6.3	Pemodelan <i>Wind Turbine System</i>	46
3.6.4	Pemodelan <i>Wind Turbine</i>	48
3.6.5	Pemodelan <i>Permanent Magnet Synchronous Generator</i>	50
3.6.6	Pemodelan <i>Buck-boost Converter</i>	51
3.6.7	Pemodelan <i>Buck Converter</i>	51
3.6.8	Pemodelan <i>Electrolyzer</i>	52
3.6.9	Pemodelan Tabung Penyimpanan Hidrogen...	53
3.6.10	Pemodelan <i>Fuel Cell</i>	54
3.6.11	Pemodelan Kontrol Katup Hidrogen.....	56
3.6.12	Pemodelan Optimasi Daya.....	57
3.7	Prosedur <i>Fuzzy Logic Controller</i>	58
BAB 4.	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	65
4.1	Karakteristik Kecepatan Angin di Pantai Watu Ulo	65
4.2	Karakteristik <i>Wind Power System</i>	67
4.3	Karakteristik Kebutuhan Daya	68
4.4	<i>Balance Hidrogen</i>	70
4.5	Kontrol Optimasi Daya	74
4.6	Pengujian Efisiensi <i>Fuel Cell</i>	76
4.7	Analisis Kestabilan Tegangan dan Daya	78
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	82
5.1	Kesimpulan	82
5.2	Saran	83
	DAFTAR PUSTAKA	84
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	
	A. SPESIFIKASI ALAT (<i>DATASHEET</i>)	
	B. DATA PENGUKURAN KECEPATAN ANGIN	

C. *RULE FUZZY*

D. DOKUMENTASI PENELITIAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Energi angin	6
2.2 Turbin angin sumbu horizontal	11
2.3 Turbin angin sumbu vertikal tipe darius	13
2.4 Bentuk fisik rotor dan stator magnet permanen	16
2.5 Rangkaian <i>rectifier</i> 3 fasa	17
2.6 Bentuk gelombang <i>rectifier</i>	18
2.7 Rangkaian dasar <i>buck converter</i>	19
2.8 Bentuk gelombang <i>buck converter</i>	20
2.9 Rangkaian <i>buck converter</i>	21
2.10 Bentuk gelombang <i>buck-boost converter</i>	23
2.11 Gambaran skematik operasi dasar SOFC.....	24
2.12 Desain SOFC tabung.....	24
2.13 Desain SOFC planar.....	25
2.14 Proses <i>electrolyzer</i> mengubah arus menjadi gas hidrogen.....	25
2.15 Tabung penyimpanan hidrogen.....	26
2.16 Sistem logika <i>fuzzy</i>	29
2.17 Kurva segitiga	30
2.18 Kurva trapesium.....	30
2.19 Tampilan FIS <i>editor</i>	33
2.20 Tampilan <i>membership function editor</i>	34
2.21 Tampilan <i>rule editor</i>	35
2.22 Tampilan <i>rule viewer</i>	36
2.23 Tampilan <i>surface viewer</i>	36
3.1 <i>Flowchart</i> tahap penelitian.....	40

3.2	<i>Flowchart</i> prinsip kerja penganli sistem pembangkit listrik tenaga Angin-PMSG dengan <i>fuel cell</i>	42
3.3	Blok diagram sistem pembangkit listrik hibrida tenaga angin dengan <i>fuel cell</i>	44
3.4	Denah rumah tipe 68	45
3.5	Model <i>wind power system</i>	47
3.6	Model <i>wind turbine</i>	48
3.7	Karakteristik turbin angin	48
3.8	Parameter blok turbin angin.....	49
3.9	Model PMSG	50
3.10	Model <i>rectifier</i> dan <i>buck-boost converter</i>	51
3.11	Model <i>buck converter</i>	52
3.12	Model <i>electrolyzer</i>	53
3.13	Model tabung penyimpanan hidrogen.....	54
3.14	Model <i>fuel cell</i>	55
3.15	Karakteristik arus, daya, dan tegangan <i>fuel cell</i>	56
3.16	Model kontrol katup hidrogen.....	57
3.17	Rangkaian kontrol sistem optimasi daya.....	58
3.18	Kontrol logika <i>fuzzy</i> pada sistem pembangkit listrik hibrida.....	59
3.19	<i>Membership function input</i> kekurangan daya	59
3.20	<i>Membership function input</i> volume hidrogen	60
3.21	<i>Membership function output</i> kecepatan aliran hidrogen	61
3.22	<i>Crisp</i> kekurangan daya.....	62
3.23	<i>Crisp</i> volume hidrogen.....	63
3.24	Lokasi letak COA.....	64
3.25	<i>Defuzzyfikasi</i> pada <i>input</i> dan <i>output</i> logika <i>fuzzy</i>	64
4.1	Kecepatan angin pada tanggal 18-19 Maret 2014.....	65
4.2	Kecepatan angin pada musim hujan.....	66
4.3	Tegangan <i>output</i> rata-rata <i>wind power system</i>	67

4.4	Daya <i>output wind power system</i>	68
4.5	Daya lebih dan kekurangan daya pada sistem hibrida	69
4.6	Produksi mol hidrogen	70
4.7	Produksi volume hidrogen	71
4.8	Konsumsi hidrogen menggunakan kontrol logika <i>fuzzy</i>	72
4.9	Volume hidrogen yang tersimpan menggunakan logika <i>fuzzy</i>	72
4.10	Konsumsi hidrogen tanpa menggunakan kontrol logika <i>fuzzy</i>	73
4.11	Volume hidrogen yang tersimpan tanpa menggunakan logika <i>fuzzy</i> ...	74
4.12	Pensaklaran antara <i>wind power system</i> , <i>electrolyzer</i> , dan <i>fuel cell</i>	75
4.13	Efisiensi <i>stack</i> menggunakan <i>fuzzy logic controller</i>	77
4.14	Efisiensi <i>stack</i> tanpa menggunakan <i>fuzzy logic controller</i>	77
4.15	Tegangan <i>wind power system</i> sebelum dan sesudah masuk <i>buck-boost converter</i>	78
4.15	Tegangan <i>fuel cell</i> sebelum dan sesudah masuk <i>buck converter</i>	79
4.16	Daya beban aktual dan referensi	80
4.17	Tegangan pada beban.....	81

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1	Contoh <i>rule base</i> dari variabel kelembaban dan temperatur..... 31
3.1	Data pembebanan 46
3.2	Parameter PMSG..... 50
3.3	<i>Membership function input</i> kekurangan daya 59
3.4	<i>Membership function input</i> volume hidrogen 60
3.5	<i>Membership function output</i> kecepatan aliran hidrogen 61
3.5	<i>Rule fuzzy</i> 62
4.1	Data kecepatan angin selama 24 jam 65

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Spesifikasi Alat (<i>Datasheet</i>)	85
A.1 DS Fronius Energy Cell 2kW	86
A.2 Kingspan Wind 6.1kW	88
B. Data Pengukuran Kecepatan Angin	94
C. <i>Rule Fuzzy</i>	95
D. Dokumentasi Penelitian	101
D.1 Lokasi Penelitian	101
D.2 Dokumentasi Pengambilan Data	102
D.3 Peralatan yang Digunakan Saat Pengambilan Data	103