



**Simulasi Optimasi Sistem *Photovoltaic* (PV) *Stand-alone* dan *Battery*
Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy**

SKRIPSI

Oleh

**Libryant Kharisma Wisakti
NIM. 061910201148**

**PROGRAM STUDI STRATA-1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**Simulasi Optimasi Sistem *Photovoltaic* (PV) *Stand-alone* dan *Battery*
Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy**

SKRIPSI

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

Oleh

**Libryant Kharisma Wisakti
NIM. 061910201148**

**PROGRAM STUDI STRATA -1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

MOTTO

Keragaman duri, potongan hujam berhenti sejenak dengan semua pendarahan,

Kemudian habis,

Tidak jika membuang diri,

Berdiri tegak dan dongakkan kepala, ini aku.

(Libryant K.W)

Berlarilah selagi mampu dan ada waktu.

Ikhtiar dan doa, selain itu bonus.



PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Libryant Kharisma Wisakti

NIM : 061910201148

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul: *“Simulasi Optimasi Sistem Photovoltaic (PV) Stand-alone dan Battery Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy”* 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 bertanggungjawab 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 di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2013
Yang menyatakan,

Libryant Kharisma Wisakti
NIM 061910201148

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Simulasi Optimasi Sistem *Photovoltaic (PV) Stand-alone dan Battery Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy***” telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Jum’at

Tanggal : 31 Mei 2013

Tempat : R. Ujian 1 Lt III Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama
(Ketua Penguji)

Dosen Pembimbing Anggota
(Sekretaris)

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T
NIP 19800610 200501 1 003

Dr Azmi Saleh, ST., MT
NIP 19710614 199702 1 001

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Ir. Widyono Hadi, MT
NIP 19610414 198902 1 001

Bambang Supeno, S.T., M.T.
NIP 19690630 199512 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, MT
NIP 19610414 198902 1 001

SKRIPSI

SIMULASI OPTIMASI SISTEM *PHOTOVOLTAIC (PV) STAND-ALONE* DAN *BATTERY* MENGGUNAKAN PENGENDALI LOGIKA FUZZY

Oleh

Libryant Kharisma Wisakti
NIM 061910201148

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dedy Kurnia Setiawan, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.

Simulasi Optimasi Sistem Photovoltaic (PV) Stand-alone dan Battery Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy

Libryant Kharisma Wisakti

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Penelitian ini mensimulasikan sistem hybrid antara *photovoltaic* (PV) dan baterai dengan tidak terhubung jaringan listrik lokal (*Stand-alone*). Sistem ini terhubung secara paralel antara PV dan baterai yang bekerja secara bergantian ataupun bersamaan sebagai sumber energi untuk menyuplai beban. Sistem pensaklaran dikontrol menggunakan pengendali logika fuzzy. Terdapat 2 pengendali fuzzy dalam sistem ini, yaitu FLC1 dan FLC2. Input dari FLC1 yaitu daya PV, daya baterai, dan daya beban, FLC1 berfungsi mengendalikan 3 saklar yaitu S1 yang ditempatkan diantara PV dan beban, S2 diantara PV dan Baterai, dan S3 diantara baterai dan beban. Jika daya PV lebih besar dari jumlah daya baterai dan daya beban, maka PV bekerja menyuplai beban dan sekaligus *charging* baterai. Namun jika daya PV tidak lebih besar dari jumlah daya baterai dan daya beban, maka PV hanya menyuplai beban. PV berhenti bekerja ketika tidak mendapatkan intensitas cahaya dari matahari, sehingga hanya baterai yang bekerja menyuplai beban. PV dan baterai bekerja secara bersamaan menyuplai beban ketika daya dari masing-masing sumber energi tersebut tidak lebih besar dari daya beban.

FLC2 berfungsi untuk mengendalikan baterai1 dan baterai2 agar berkerja secara bergantian ataupun bersamaan sebagai backup pada system. State-of-charge (SOC) menjadi input dari FLC2, Baterai1 lebih dahulu digunakan jika kedua SOC baterai sama-sama 100%. Baterai2 akan menggantikan baterai1 jika SOC baterai1 <19%, dan jika SOC kedua baterai <19% maka baterai1 dan baterai2 bekerja secara bersamaan. *Photovoltaic* mulai menyuplai beban pada saat intensitas cahaya $\pm 263,86\text{W/m}^2$. Pada malam hari PV berhenti total dan dengan dua buah baterai yang digunakan dengan kapasitas 23,125Ah mampu menyuplai beban baterai bekerja selama 11 jam sampai matahari terbit dengan sisa kapasitas (SOC) baterai sebesar 1%. Simulasi dilakukan berdasarkan parameter-parameter *datasheet* SunPower® 300 *Solar Panel* tipe E18 dan Baterai GS® PYL12V180FT.

Kata Kunci: *Stand-alone system, photovoltaic, battery, fuzzy logic controller.*

Simulation Of Optimization Stand-Alone PV System and Battery Using Fuzzy Logic Controller

Libryant Kharisma Wisakti

Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

This paper simulated hybrid system photovoltaic (PV) and battery with unconnected grid local power system. This system connect in parallel between PV and battery working by shifting alone or both of them as the source to supplying load. Switching system controlled using fuzzy logic controller, in controlling based of fuzzy input, there are two fuzzy logic controller in this system, FLC1 and FLC2. Input of FLC1 contained PV power, battery power, and load power. Fuzzy controlled 3 switch, S1 is placed between PV and load, S2 between PV and battery, S3 between battery and load. If PV power higher than equal about battery power and load power, then PV PV working to load supply with charging battery. However, if PV power is not bigger than equal about power battery and power load, then PV only working to load supply. PV has stop worked to supplying load when do not get the sun light intensity, so that just only one condition is the battery work alone to load supply. PV and battery has worked together when each source power is not higher from load power.

The function of FLC2 is controlled battery1 and battery2 to possibility working by shifting or together to load supply as backup system. Input of FLC2 is each State-Of-Charge (SOC) of battery. Battery1 first used if the both of battery SOC is 100%. Battery2 has substituted if SOC of battery1 <19%. And if the both of battery SOC <19% then battery1 and battery2 worked together. Photovoltaic start to load supplied while the light intensity about 263,86W/m². At night PV stop completely and with two battery 23,125Ah works what used for 11 hours until sunrise the remaining battery capacity of 1%. Simulation based by SunPower[®] 300 Solar Panel type E18 and Battery GS[®] PYL12V180FT datasheet parameters.

Keywords: *Stand-alone system, photovoltaic, battery, fuzzy logic controller.*

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul *Simulasi Optimasi Sistem PV Stand-alone dan Battery Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy* dapat terselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
2. Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Bapak Ir. Kuntjoro dan Ibu Herlina yang memberikan doa, pengorbanan, perhatian dan kasih sayang selama penulis dilahirkan sampai saat ini;
4. Rima Ayu Noviani yang telah memberi semangat dan motivasi penuh dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Andi Hikmawan yang telah memberikan banyak masukan untuk menyelesaikan skripsi ini;
6. Seluruh angkatan 2006 dan angkatan-angkatan lainnya yang telah berjuang bersama selama beberapa tahun ini;
7. Semua pihak yang telah membantu dalam terselesaikannya skripsi ini, terima kasih.

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, Juni 2013

Penyusun



DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
MOTTO	ii
PERNYATAAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Photovoltaic	4
2.2 DC-DC Converter	6
2.3 Battery	7
2.4 Logika Fuzzy	8
2.5 Luxmeter	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Tahap Penelitian	14
3.2 Model Sistem	14
3.2.1 Data Intensitas Cahaya Matahari dan Data Pembebanan	16

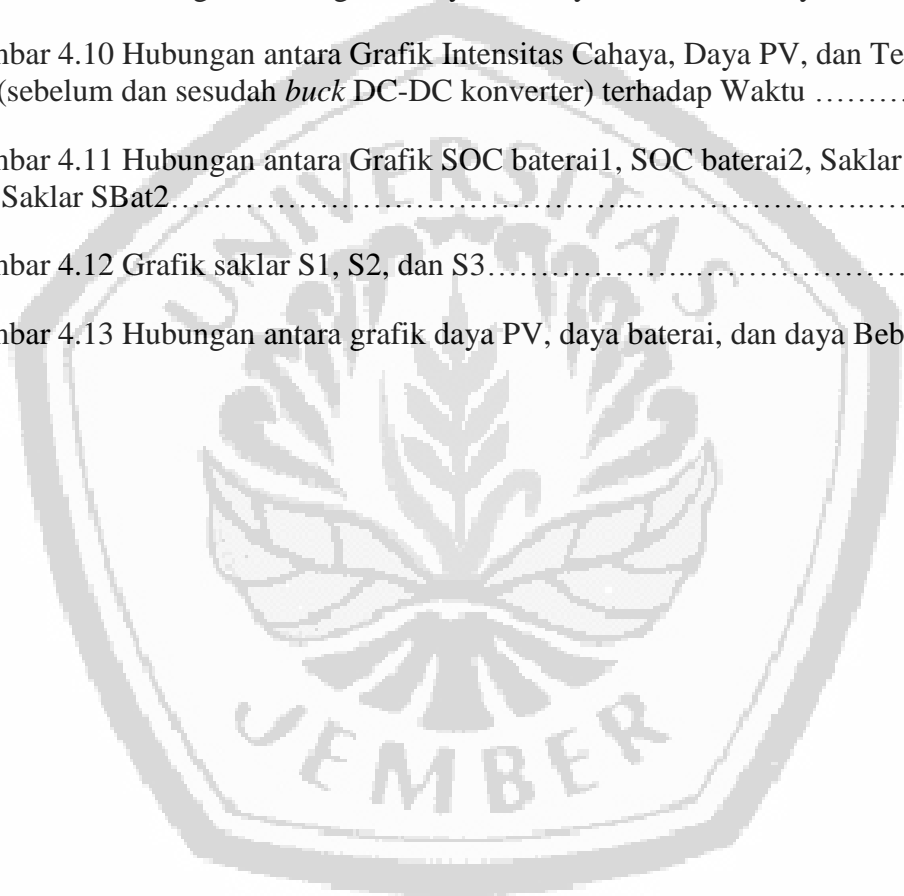
3.2.2	Modul <i>Photovoltaic</i>	19
3.2.3	Blok Baterai	20
3.2.4	<i>Buck DC-DC Converter</i>	25
3.2.5	<i>Fuzzy Logic Controller</i>	26
3.2.6	Pemodelan Pensaklaran	38
3.2.7	Flowchart Cara Kerja Sistem Panel Surya dan Baterai	40
BAB 4 ANALISIS DATA dan PEMBAHASAN		41
4.1	Simulasi selama 4 jam (15:00 – 19:00)	41
4.1.1	Sumber Konstan dengan beban konstan dan beban fluktuatif	41
4.1.2	Sumber Fluktuatif dengan beban konstan	47
4.2	Simulasi selama 24 jam	51
4.2.1	Sumber fluktuatif dengan beban fluktuatif menggunakan FLC	51
BAB 5 PENUTUP		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kurva hubungan antara tegangan dan arus pada <i>photovoltaic</i> dengan intensitas cahaya matahari yang berbeda-beda.....	4
Gambar 2.2 Kurva I-V.....	5
Gambar 2.3 Rangkaian konverter DC-DC tipe <i>buck</i>	7
Gambar 2.4 Sistem logika Fuzzy	8
Gambar 2.5 Contoh fuzzyfikasi pada sistem penyiraman tanaman	9
Gambar 2.6 Bentuk fungsi keanggotaan	9
Gambar 2.7 Kurva Segitiga	10
Gambar 2.8 Kurva Trapesium	11
Gambar 2.9 Alat ukur Luxmeter	13
Gambar 3.1 Skema sistem PV <i>Stand-alone</i> menggunakan FLC	15
Gambar 3.2 Grafik Intensitas cahaya matahari selama 24 jam terhadap waktu	16
Gambar 3.3 Grafik Intensitas cahaya matahari selama 4 jam terhadap waktu	17
Gambar 3.4 Blok <i>photovoltaic</i>	19
Gambar 3.5 (a) <i>Datasheet</i> SunPower® 300 Solar Panel tipe E18	20
(b) Blok parameter <i>photovoltaic</i>	20
Gambar 3.6 Blok baterai	21
Gambar 3.7 (a) Fungsi Keanggotaan <i>Input</i> SOC1.....	22
(b) Fungsi Keanggotaan <i>Input</i> SOC2.....	22
Gambar 3.8 (a) Fungsi Keanggotaan <i>Output</i> Sbat1	23
(b) Fungsi Keanggotaan <i>Output</i> Sbat2.....	23
Gambar 3.9 Blok parameter baterai	24

Gambar 3.10	Pemodelan <i>Buck DC-DC Converter</i>	26
Gambar 3.11 (a)	Fungsi Keanggotaan <i>Input Pbat</i>	28
	(b) Fungsi Keanggotaan <i>Input Ppv</i>	28
	(c) Fungsi Keanggotaan <i>Input Pload</i>	28
Gambar 3.12 (a)	Fungsi Keanggotaan <i>Output S1</i>	29
	(b) Fungsi Keanggotaan <i>Output S2</i>	29
	(c) Fungsi Keanggotaan <i>Output S3</i>	29
Gambar 3.13	Hasil percobaan kendali fuzzy	33
Gambar 3.14	Fungsi keanggotaan 1 pada <i>Pbat</i>	34
Gambar 3.15	Fungsi keanggotaan 4 pada <i>Ppv</i>	35
Gambar 3.16	Fungsi keanggotaan 4 pada <i>Pbeban</i>	35
Gambar 3.17	<i>Rule Based</i> pada <i>FLC1</i>	36
Gambar 3.18	<i>Rule Based</i> untuk <i>S1, S2, dan S3</i>	37
Gambar 3.19	Hasil Percobaan <i>FLC1</i> pada <i>output S1, S2, dan S3</i>	37
Gambar 3.20	Pemodelan <i>Fuzzy Logic Controller</i>	38
Gambar 3.21	Pemodelan pensaklaran	39
Gambar 4.1	Hubungan antara Grafik <i>Daya PV, dan Tegangan PV</i> (sebelum dan sesudah <i>buck DC-DC konverter</i>) terhadap Waktu.....	42
Gambar 4.2	Hubungan antara Grafik <i>SOC baterai1, SOC baterai2, Saklar SBat1, dan Saklar SBat2</i>	43
Gambar 4.3	Grafik saklar <i>S1, S2 dan S3</i>	44
Gambar 4.4	Hubungan antara grafik <i>daya PV, daya baterai, dan daya Beban</i>	45
Gambar 4.5	Grafik saklar <i>S1, S2 dan S3</i>	46

Gambar 4.6 Hubungan antara Grafik Daya PV, dan Tegangan PV (sebelum dan sesudah <i>buck</i> DC-DC konverter) terhadap Waktu	47
Gambar 4.7 Hubungan antara Grafik SOC baterai1, SOC baterai2, Saklar SBat1, dan Saklar SBat2.....	48
Gambar 4.8 Grafik status saklar S1, S2, dan S3	49
Gambar 4.9 Hubungan antara grafik daya PV, daya baterai, dan daya Beban	50
Gambar 4.10 Hubungan antara Grafik Intensitas Cahaya, Daya PV, dan Tegangan PV (sebelum dan sesudah <i>buck</i> DC-DC konverter) terhadap Waktu	52
Gambar 4.11 Hubungan antara Grafik SOC baterai1, SOC baterai2, Saklar SBat1, dan Saklar SBat2.....	55
Gambar 4.12 Grafik saklar S1, S2, dan S3.....	56
Gambar 4.13 Hubungan antara grafik daya PV, daya baterai, dan daya Beban	58



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Contoh Rule base dari variabel kelembaban dan temperatur	11
Tabel 3.1 Data resistansi masing-masing beban	17
Tabel 3.2 Data Intensitas Cahaya Matahari selama 24 jam	18
Tabel 3.3 Data Intensitas Cahaya Matahari dari pukul 15:00 – 19:00 (4 jam).....	19
Tabel 3.4 <i>Rule Based</i> pada FLC2.....	24
Tabel 3.5 <i>Datasheet</i> baterai GS [®] PYL12V180FT	24
Tabel 3.6 <i>Rule based</i> pada <i>Ppv</i> fungsi keanggotaan 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6.....	30
Tabel 3.7 Nilai masing-masing range dari setiap fungsi keanggotaan <i>Pbeban</i> dan <i>Pbat</i>	31
Tabel 4.1 Nilai daya PV, daya baterai, dan daya beban dengan perlakuan sumber konstan dan beban konstan	45
Tabel 4.2 Nilai daya PV, daya baterai, dan daya beban dengan perlakuan sumber konstan dan beban konstan	46
Tabel 4.3 Nilai daya PV, daya baterai, dan daya beban dengan perlakuan sumber fluktuatif dan beban konstan	50
Tabel 4.4 Data hasil masukan dan keluaran dari buck DC-DC konverter	54
Tabel 4.5 Nilai daya PV, daya baterai, dan daya beban dengan perlakuan sumber fluktuatif dan beban fluktuatif selama 24 jam	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Spesifikasi SunPower® <i>Solar Panel</i> tipe E18/300	63
Spesifikasi Baterai GS® PYL12V180FT	66



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa teknologi ini sudah terlalu banyak kebutuhan akan listrik yang harus dipenuhi. Persentase kenaikan konsumsi listrik yang signifikan pertahunnya menjadikan bahan utama pada pembangkit listrik semakin berkurang. Belum lagi emisi gas buang yang mencemari udara. Bersih, ekonomis, dan aman merupakan sumber energi alternatif dari alam yang paling dicari, yaitu air, angin dan matahari. Secara umum sumber energi alternatif angin dan matahari beroperasi menggunakan konfigurasi mode *stand-alone* (mandiri) atau mode *grid-connected*.

Grid-connected terhubung secara paralel dengan listrik lokal, dapat juga digunakan dengan atau tanpa *battery*, dimana antara sumber energi alternatif dengan listrik lokal dapat secara bergantian menyuplai beban. Akan tetapi sistem kontrol pada *grid-connected* lebih kompleks daripada *stand-alone*. *Grid-connected* dapat dilakukan dengan mengendalikan arus atau tegangannya. Akan tetapi kesalahan kecil pada sinkronisasi akan berbahaya jika menggunakan pengontrol tegangan inverter (Sefa, N. Altin, 2008).

Stand-alone merupakan konfigurasi antara sumber alternatif dengan beban AC ataupun beban DC. Mode ini biasa digunakan dalam skala kecil atau rumahan. Seperti yang kita tahu bahwa radiasi sinar matahari ataupun kecepatan angin tidak terus-menerus stabil, jika dalam keadaan mendung dan juga tidak berangin maka energi listrik menurun atau bisa saja *off*.

Mode *stand-alone* tidak dihubungkan paralel pada sumber listrik lokal, jadi hal ini dapat digantikan dengan *battery* sebagai *backup storage energy system*. Sama halnya dengan *grid-connected*, *stand-alone* juga dapat didesain untuk menyuplai secara bergantian antara sumber energi alternatif dengan *battery* (Sefa, N. Altin, 2008).