

**MAXIMUM POWER POINT TRACKER PADA SOLAR
CELL/PHOTOVOLTAIC MODULE DENGAN MENGGUNAKAN
FUZZY LOGIC CONTROLLER**

TUGAS AKHIR



Oleh :

Ade Rinovy Dwi Rusdi

05.50.0019

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG**

2010

PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “*MAXIMUM POWER POINT TRACKER PADA SOLAR CELL/PHOTOVOLTAIC MODULE DENGAN MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROLLER*“ diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Laporan tugas akhir ini disetujui pada Juli 2010

Semarang, Juli 2010



Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Leonardus Heru P., ST., MT.

Yulianto Tejo ST., MT.

058.1.2000.234

058.1.1993.144

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Industri

Leonardus Heru P., ST. MT.

058.1.2000.234

ABSTRAK

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan, serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Sedangkan, akses ke energi yang andal dan terjangkau merupakan pra-syarat utama untuk meningkatkan standar hidup masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat tersebut, dikembangkan berbagai energi alternatif, di antaranya energi terbarukan. Potensi energi terbarukan, seperti: biomassa, panas bumi, energi surya, energi air dan energi angin, sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi energi terbarukan di Indonesia sangatlah besar.

Dengan memanfaatkan sinar matahari yang digunakan sebagai sumber tenaga bagi *solar cell/photovoltaic (PV)* sangatlah menguntungkan terutama bagi tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan. Melalui *solar cell / photovoltaic (PV)* energi sinar matahari tersebut diubah menjadi energi listrik arus searah (*Direct Current*) yang akan menjadi sumber tenaga bagi rangkaian elektronika daya. Dengan menggunakan metode *MPPT (Maximum Power Point Tracker)* sehingga diperoleh keluaran daya yang maksimal dari *solar cell / photovoltaic (PV)*.

Dalam tugas akhir ini sistem *Fuzzy Logic* digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan. Dengan menggunakan variable selisih daya dan selisih tegangan, kemudian data diproses di ADC untuk selanjutnya diolah oleh sistem *Fuzzy Logic* di mikrokontroler AT89S52. Sinyal output yang dihasilkan oleh sistem *Fuzzy Logic* melalui mikrokontroler tersebut, kemudian digunakan interupsi bagi pensaklaran rangkaian daya *buck converter*. Dari hasil pengujian sistem di laboratorium nilai efisiensi dengan menggunakan kendali *Fuzzy logic* mencapai 78% sebagai pengendali *MPPT*.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur dan terima kasih penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus karena rahmat dan anugrah-Nya yang telah memberikan kehidupan yang selalu baru, hingga akhirnya sampai hari ini dapat tersenyum karena bisa menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Laporan ini disusun berdasarkan hasil pembuatan Tugas Akhir dengan judul “*MAXIMUM POWER POINT TRACKER PADA SOLAR CELL/PHOTOVOLTAIC MODULE DENGAN MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROLLER*”.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Dekan FTI dan juga Dosen Pembimbing I, Bapak Leonardus Heru P, MT. yang telah bersedia menjadi pembimbing dan membimbing hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Dosen Pembimbing II, Bapak Yulianto Tejo, MT. yang telah bersedia membimbing, mendengar keluh kesah dari penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya.
3. Laboran, Mas Ahmad dan Mas Agung yang sudah membimbing, memberikan solusi dalam menyelesaikan *prototype*.
4. *My Beloved parents*, Mama Rita dan Papa Rusdi yang selalu mendoakan penulis tiada henti-hentinya.

5. *My Siblings*, Mas Dani dan *My lovely Agnes* yang selalu memberikan semangat.
6. *MPPT Crew*, Mas Yoko Skandinavia, mas Dedy Adi Saputra, Mas Dwi Setyo Nugroho. Terima kasih telah membantu, memberikan saran dan kritik.
7. *My Bestfriend*, Yosef Drestanto Waskito Gayutomo dan Eridanus Abdi Samudera yang sudah selalu bisa bersama-sama dalam perjalanan di masa studi.
8. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis memberikan doa dan semangat yang tiada henti.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran senantiasa penulis harapkan demi perbaikan di waktu yang akan datang.

Akhirnya, penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan mohon maaf sebesar-besarnya apabila ada kesalahan dalam penyusunan laporan ini.

Best Regards,

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Pembatasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan dan Manfaat.....	4
1.5. Metodologi Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1. Pendahuluan.....	8
2.2. <i>Solar cell/Photovoltaic</i>	9
2.3. <i>DC-DC Converter</i>	15
2.3.1. <i>Buck Converter</i>	16
2.3.2. <i>Boost Converter</i>	18
2.4. Teori Himpunan Fuzzy.....	21
2.4.1 Notasi Himpunan Fuzzy.....	21
2.4.2 <i>Fuzzy Set dan Membership Function (Fungsi Keanggotaan)</i>	22

2.4.3 Operasi Himpunan Fuzzy	26
2.4.4 <i>Fuzzyfication (Fuzzyfier)</i>	26
2.4.5 Aturan Fuzzy.....	27
2.4.6 <i>Defuzzyfication (Defuzzyfier)</i>	29
2.4.7 <i>Fuzzy Inference System (FIS)</i>	30
2.4.8 <i>Fuzzy Logic (Controller)</i>	32
2.5. Mikrokontroler AT89S51/52.....	34
2.5.1 Perangkat keras AT89S51/52.....	35
2.5.2 Arsitektur AT89S51/52.....	35
2.5.3 Konfigurasi pena-pena Mikrokontroler AT89S52.....	36
2.6. <i>ADC (Analog to Digital Converter)</i>	39

**BAB III STRUKTUR PERANCANGAN SISTEM PENGENDALI DC-DC
CONVERTER UNTUK MAXIMUM POWER POINT**

<i>TRACKER</i>	41
3.1. Untai perancangan perangkat keras (<i>Hardware</i>).....	43
3.1.1 Pembagi tegangan (sensor tegangan).....	43
3.1.2 Sensor Arus.....	44
3.1.3 Mosfet sebagai rangkaian driver.....	46
3.1.4 <i>ADC (Analog to Digital Converter)</i>	47
3.1.5 Mikrokontroler AT89S52.....	48
3.1.6 <i>Buck Converter</i> sebagai Maximum Power Point.....	48
3.2. Untai perancangan perangkat lunak (<i>Software</i>).....	51
3.2.1 Sistem kendali <i>Fuzzy Logic</i>	51

BAB IV IMPLEMENTASI MAXIMUM POWER POINT TRACKER	
PADA FUZZY LOGIC CONTROLLER UNTUK	
PENGENDALIAN BUCK CONVERTER.....	62
4.1. Pengujian <i>Solar cell/photovoltaic module</i>	63
4.2. Struktur perancangan <i>plant</i> sebagai kendali <i>Maximum Power Point</i>	67
4.3. Hasil Pengujian Sistem dengan <i>Maximum Power Point Tracker</i>	69
4.4. Analisa <i>Sugeno Toolbox Software</i> dan <i>Listing Program Analysis</i>	75
4.4.1 Analisa <i>Sugeno Toolbox Software</i>	75
4.4.2 <i>Listing Program Analysis</i>	80
4.5. Pembahasan.....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Solar Cell/Photovoltaic</i>	10
Gambar 2.2 Rangkaian model <i>solar cell/photovoltaic</i>	11
Gambar 2.3 Dimensi <i>solar cell/photovoltaic</i>	12
Gambar 2.4 Susunan <i>solar cell/photovoltaic</i>	13
Gambar 2.5 Karakteristik I-V dan P-V pada <i>Maximum Power Point</i>	13
Gambar 2.6 <i>Buck Converter</i>	16
Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen <i>Buck Converter</i>	17
Gambar 2.8 <i>Boost Converter</i>	18
Gambar 2.9 Rangkaian Ekuivalen <i>Boost mode 1</i>	19
Gambar 2.10 Rangkaian Ekuivalen <i>Boost mode 2</i>	20
Gambar 2.11 Kurva fungsi keanggotaan trapesium.....	24
Gambar 2.12 Kurva fungsi keanggotaan segitiga.....	24
Gambar 2.13 Kurva fungsi keanggotaan <i>Gaussian</i>	25
Gambar 2.14 Kurva fungsi keanggotaan <i>Bell</i>	25
Gambar 2.15 Perbedaan antara <i>crisp</i> dan logika fuzzy.....	33
Gambar 2.16 Skema sub-blok pada <i>Fuzzy Logic (Controller)</i>	34
Gambar 2.17 <i>Microcontroller</i>	36
Gambar 2.18 IC ADC 0804.....	40
Gambar 3.1 Diagram blok sistem global.....	43
Gambar 3.2 Rangkaian sensor pada sistem kendali tegangan.....	43
Gambar 3.3 Rangkaian sensor pada sistem kendali arus.....	45
Gambar 3.4 Rangkaian <i>MOSFET</i>	46
Gambar 3.5 TLP 250.....	47

Gambar 3.6 Sistem pengendalian <i>buck converter</i> untuk MPPT.....	49
Gambar 3.7 Rangkaian daya <i>buck converter</i>	50
Gambar 3.8 Transfer energi <i>buck converter</i> pada mode 1.....	50
Gambar 3.9 Transfer energi <i>buck converter</i> pada mode 2.....	51
Gambar 3.10 Aturan Sugeno.....	53
Gambar 3.11 <i>Sugeno Toolbox</i>	56
Gambar 3.12 Input variable selisih daya (ΔP).....	56
Gambar 3.13 Input variable selisih tegangan (ΔV).....	57
Gambar 3.14 Diagram alir sistem pensaklaran pada <i>Fuzzy Logic Controller</i>	61
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian 1 modul <i>solar cell/photovoltaic</i>	63
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian 2 modul <i>solar cell/photovoltaic</i> dirangkai seri.....	64
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian 2 modul <i>solar cell/photovoltaic</i> dirangkai paralel.....	65
Gambar 4.4 Struktur perancangan <i>plant</i>	67
Gambar 4.5 Contoh aplikasi <i>buck converter</i> dengan $D = 0.5$ dan $R_{out} 10\Omega$	72
Gambar 4.6 Contoh aplikasi <i>buck converter</i> dengan $R_{ekuivalen}$	73
Gambar 4.7 <i>Sugeno output membership function</i>	76
Gambar 4.8 <i>Sugeno Rule editor</i>	76
Gambar 4.9 <i>Sugeno Rule viewer</i>	78
Gambar 4.10 Keluaran PWM pada $R 3.6\Omega$	87
Gambar 4.11 Keluaran PWM pada $R 2.8\Omega$	87
Gambar 4.12 Keluaran PWM pada $R 1.2\Omega$	87
Gambar 4.13 Keluaran PWM pada $R 1\Omega$	87
Gambar 4.14 Karakteristik I-V dan P-V pada <i>Maximum Power Point</i>	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Solar Cell/Photovoltaic</i>	10
Gambar 2.2 Rangkaian model <i>solar cell/photovoltaic</i>	11
Gambar 2.3 Dimensi <i>solar cell/photovoltaic</i>	12
Gambar 2.4 Susunan <i>solar cell/photovoltaic</i>	13
Gambar 2.5 Karakteristik I-V dan P-V pada <i>Maximum Power Point</i>	13
Gambar 2.6 <i>Buck Converter</i>	16
Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen <i>Buck Converter</i>	17
Gambar 2.8 <i>Boost Converter</i>	18
Gambar 2.9 Rangkaian Ekuivalen <i>Boost mode 1</i>	19
Gambar 2.10 Rangkaian Ekuivalen <i>Boost mode 2</i>	20
Gambar 2.11 Kurva fungsi keanggotaan trapesium.....	24
Gambar 2.12 Kurva fungsi keanggotaan segitiga.....	24
Gambar 2.13 Kurva fungsi keanggotaan <i>Gaussian</i>	25
Gambar 2.14 Kurva fungsi keanggotaan <i>Bell</i>	25
Gambar 2.15 Perbedaan antara <i>crisp</i> dan logika fuzzy.....	33
Gambar 2.16 Skema sub-blok pada <i>Fuzzy Logic (Controller)</i>	34
Gambar 2.17 <i>Microcontroller</i>	36
Gambar 2.18 IC ADC 0804.....	40
Gambar 3.1 Diagram blok sistem global.....	43
Gambar 3.2 Rangkaian sensor pada sistem kendali tegangan.....	43
Gambar 3.3 Rangkaian sensor pada sistem kendali arus.....	45
Gambar 3.4 Rangkaian <i>MOSFET</i>	46
Gambar 3.5 TLP 250.....	47

Gambar 3.6 Sistem pengendalian <i>buck converter</i> untuk MPPT.....	49
Gambar 3.7 Rangkaian daya <i>buck converter</i>	50
Gambar 3.8 Transfer energi <i>buck converter</i> pada mode 1.....	50
Gambar 3.9 Transfer energi <i>buck converter</i> pada mode 2.....	51
Gambar 3.10 Aturan Sugeno.....	53
Gambar 3.11 <i>Sugeno Toolbox</i>	56
Gambar 3.12 Input variable selisih daya (ΔP).....	56
Gambar 3.13 Input variable selisih tegangan (ΔV).....	57
Gambar 3.14 Diagram alir sistem pensaklaran pada <i>Fuzzy Logic Controller</i>	61
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian 1 modul <i>solar cell/photovoltaic</i>	63
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian 2 modul <i>solar cell/photovoltaic</i> dirangkai seri.....	64
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian 2 modul <i>solar cell/photovoltaic</i> dirangkai paralel.....	65
Gambar 4.4 Struktur perancangan <i>plant</i>	67
Gambar 4.5 Contoh aplikasi <i>buck converter</i> dengan $D = 0.5$ dan $R_{out} 10\Omega$	72
Gambar 4.6 Contoh aplikasi <i>buck converter</i> dengan $R_{ekuivalen}$	73
Gambar 4.7 <i>Sugeno output membership function</i>	76
Gambar 4.8 <i>Sugeno Rule editor</i>	76
Gambar 4.9 <i>Sugeno Rule viewer</i>	78
Gambar 4.10 Keluaran PWM pada $R 3.6\Omega$	87
Gambar 4.11 Keluaran PWM pada $R 2.8\Omega$	87
Gambar 4.12 Keluaran PWM pada $R 1.2\Omega$	87
Gambar 4.13 Keluaran PWM pada $R 1\Omega$	87
Gambar 4.14 Karakteristik I-V dan P-V pada <i>Maximum Power Point</i>	88

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Himpunan fuzzy.....	55
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>solar cell/photovoltaic</i> BP Solar model SX55U.....	62
Tabel 4.2 Pengujian pada 1 buah <i>solar cell/photovoltaic</i>	63
Tabel 4.3 Dengan menggunakan 2 buah <i>solar cell/photovoltaic</i> dirangkai seri....	64
Tabel 4.4 Dengan menggunakan 2 buah <i>solar cell/photovoltaic</i> dirangkai paralel.....	65
Tabel 4.5 Pengujian <i>Maximum Power Point Tracker</i> dengan <i>Fuzzy Logic Controller</i>	70

