

**OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA MUSIM
KEMARAU MENGGUNAKAN SISTEM MODUL SEL SURYA BERGERAK
BERDASARKAN POSISI SUDUT MATAHARI**

TUGAS AKHIR
DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI PERSYARATAN GUNA MEMPEROLEH
GELAR SARJANA TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN TEKNIK ENERGI LISTRIK

OLEH:
YUSAK KRISTANTO
NIM : 0952050013



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2014**

**OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA MUSIM
KEMARAU MENGGUNAKAN SISTEM MODUL SEL SURYA BERGERAK
BERDASARKAN POSISI SUDUT MATAHARI**

TUGAS AKHIR

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI PERSYARATAN GUNA MEMPEROLEH
GELAR SARJANA TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN TEKNIK ENERGI LISTRIK

OLEH:

Nama : YUSAK KRISTANTO

NIM : 0952050013

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

(Ir. Robinson Purba, MT)

(Susilo, S.kom, MT)

FAKULTAS TEKNIK UKI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Ketua,

(Susilo, S.kom, MT)

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul: “***OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA MUSIM KEMARAU MENGGUNAKAN SISTEM MODUL SEL SURYA BERGERAK BERDASARKAN POSISI SUDUT MATAHARI***”, adalah hasil karya saya sendiri, sejauh yang saya ketahui, karya tulis ini bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah pernah di publikasikan, atau yang sudah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana lainnya di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian dimana sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Jakarta, Agustus 2014

Yusak Kristanto

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat karena penambahan penduduk, urbanisasi, dan pertumbuhan ekonomi. Energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaannya sangat terbatas dan terus mengalami deplesi/penipisan. Proses alam memerlukan kurun waktu yang sangat lama untuk dapat kembali membentuk energi fosil. Meningkatnya penggunaan energi disemua sektor selain mengurangi cadangan energi yang ada, juga menyebabkan meningkatnya produksi emisi gas karbon dioksida (CO_2) yang mengakibatkan pemanasan global. Pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan iklim yang berdampak pada terganggunya elemen-elemen dasar kehidupan manusia diseluruh dunia, yaitu dalam akses memperoleh air bersih, produksi pangan, kesehatan, lingkungan, dan lain sebagainya. Untuk mencapai kondisi seperti pengurangan gas emisi CO_2 dan keterbatasan energi fosil, peranan energi terbarukan akan sangat penting. Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin.

Penelitian ini menggunakan metode pengamatan, pengujian pada sel surya megikuti posisi sudut matahari, dan sel surya diam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa energi yang dapat dioptimalkan oleh modul sel surya bergerak sebesar 16,52% dari energi yang dihasilkan oleh modul se surya diam.

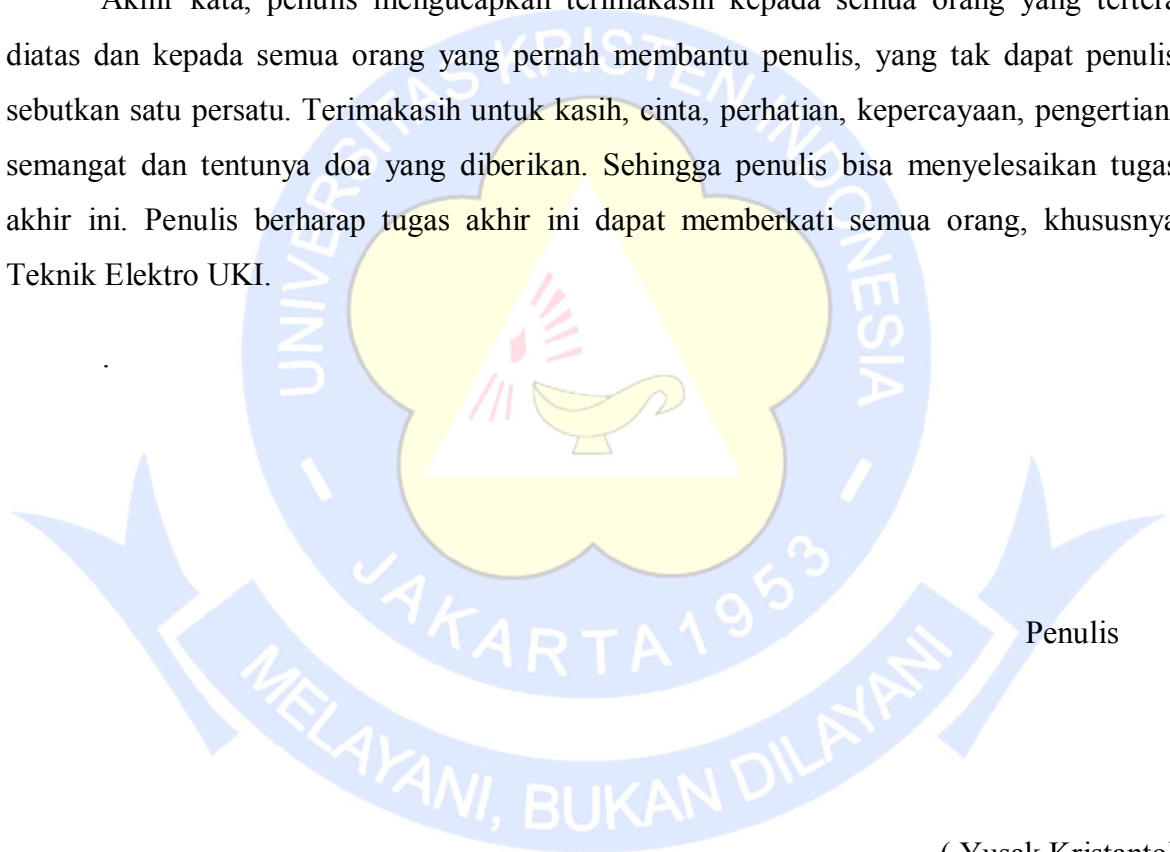
KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas penyertaan dan kasih karunia yang telah dilimpahkan-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, penulis telah banyak menerima dukungan baik secara moral maupun materil serta semangat dan kepercayaan yang tidak akan pernah penulis lupakan. Berikut adalah orang-orang yang telah banyak berjasa:

1. Bapak Ir. Robinson Purba, MT selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberi pengarahan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Susilo, S.kom, MT. selaku Ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia dan pembimbing kedua yang telah memberikan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis hingga penulisan tugas akhir ini dapat selesai.
3. Bapak Ir. Tahan Lumban Tobing, MSc., selaku Dosen Penasehat Non Akademik yang telah banyak membimbing penulis dalam perkuliahan.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia yang telah banyak memberikan inspirasi dan ilmu kepada penulis.
5. Kedua orangtua penulis Bapak Heru Ferry Adhie, dan Ibu Febe Kristina, serta adik penulis Yoseph Ferdianto, dan keluarga besar penulis yang begitu luar biasa.
6. Danatika Magdalena, yang selalu memberikan masukan dan motivasi serta memberi semangat kepada penulis.
7. Teman seperjuangan dalam penyusunan Tugas Akhir Rofino Mendes, Helmy Immanuel Simbolon, Rusli Manuel Parulian Sinaga, dan Jackson Aladin Panggabean yang telah banyak memberikan masukan, serta Choky Tinambunan yang telah banyak membantu dalam pembuatan hingga pengujian alat.
8. Mas Dwi yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Seluruh teman-teman elektro angkatan 2009 yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan selama masa perkuliahan.
10. Semua adik angkatan baik 2010, 2011, 2012, dan 2013. Dipundak kalianlah sekarang perjuangan untuk memajukan Elektro.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan yang telah membantu memberikan perhatian dan doa, serta bimbingan serta pengarahannya.

Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua orang yang tertera diatas dan kepada semua orang yang pernah membantu penulis, yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih untuk kasih, cinta, perhatian, kepercayaan, pengertian, semangat dan tentunya doa yang diberikan. Sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberkati semua orang, khususnya Teknik Elektro UKI.



Penulis

(Yusak Kristanto)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PERSETUJUAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I	
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Metodologi Penelitian	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	
LANDASAN TEORI	
2.1 Matahari Sebagai Sumber Energi	7
2.2 Sejarah Sel Surya	8
2.3 Radiasi Matahari	9
2.4 Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi.....	10
2.5 Bumi	14
2.5.1 Pengaruh Revolusi Bumi.....	14
2.5.2 Pengaruh Rotasi Bumi	16
2.5.3 Pengaruh Posisi Modul Surya Terhadap Pergerakan Arah Matahari.....	16
2.6 Photovoltaic	18
2.7 Devasi Sel Surya	19
2.8 Prinsip Kerja Sel Surya	20
2.9 Karakteristik Sel Surya.....	23
2.9.1 Kurva V-I Sel Surya	23
2.9.2 Arus Hubung Singkat (I_{sc}) Pada Sel Surya	24
2.9.3 Tegangan Terbuka (V_{oc}) Pada Sel Surya	24
2.9.4 Pengaruh <i>Irradiance</i> Terhadap Sel Surya.....	25
2.9.5 Pengaruh Suhu Terhadap Sel Surya.....	26
2.9.6 Maximum Power Point (MPP).....	27
2.9.7 Efisiensi Sel Surya.....	27
2.10 Tata letak sel surya	28
2.10.1 Jenis Penampang Sel Surya.....	29
2.11 Mikrokontroler Arduino Uno.....	30

2.11.1	Catu daya.....	32
2.11.2	Memory.....	32
2.11.3	Input & Output.....	32
2.12	Motor DC.....	33
2.12.1	Motor Wiper.....	34
2.12.2	Motor Servo.....	35
2.13	LDR (Light Dependent Resistor).....	36
2.13.1	Prinsip Kerja LDR.....	37
2.13.2	Karakteristik LDR.....	38
2.14	Charge Control.....	39
2.15	Batterai/Aki.....	40
BAB III		
METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Pendahuluan.....	42
3.2	Perancangan Alat.....	42
3.2.1	Alat dan Bahan.....	43
3.2.2	Modul Sel Surya Bergerak.....	43
3.2.2.1	Modul Sensor LDR (Light Dependent Resistor).....	44
3.2.3	Modul Sel Surya Diam.....	49
3.2.4	Papan Kit Percobaan.....	50
3.3	Konfigurasi Sistem.....	51
3.4	Waktu dan Tempat Penelitian.....	52
3.5	Prosedur Penelitian.....	52
3.5.1	Percobaan Rangkaian Terbuka (<i>Open Circuit</i>).....	52
3.5.2	Percobaan Hubung Singkat (<i>Short Circuit</i>).....	53
3.5.3	Percobaan Berbeban.....	54
BAB IV		
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pendahuluan.....	55
4.2	Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan.....	55
4.3	Hasil Perhitungan dan Analisis Daya modul Sel Surya Diam dan Modul Sel Surya Bergerak.....	63
4.3.1	Perhitungan Daya, Efisiensi, dan Energi Modul Sel Surya.....	64
BAB V		
KESIMPULAN		
5.1	Kesimpulan.....	67
	Daftar Pustaka.....	68
	LAMPIRAN.....	xi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Antara Matahari dan Bumi	9
Gambar 2.2 Macam-macam radiasi matahari	11
Gambar 2.3 Grafik besar radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi (Jansen, 1995)	12
Gambar 2.4 Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang modul sel surya	12
Gambar 2.5 Kurva Spektrum Cahaya Matahari.....	13
Gambar 2.6 A Pergerakan Bumi Mengelilingi dan B. Pergerakan Semu Tahunan Matahari	15
Gambar 2.7 sel surya, modul sel surya, beserta array sel surya.....	18
Gambar 2.8 Sel surya tipe <i>Monocrystalline</i>	19
Gambar 2.9 Sel surya tipe <i>Polycrystalline</i>	20
Gambar 2.10 Solar tipe <i>Amorphous</i>	20
Gambar 2.11 <i>PN junction</i>	22
Gambar 2.12 Karakteristik dioda pada kondisi gelap dan teriluminasi	22
Gambar 2.13 Kurva karakteristik sel surya	24
Gambar 2.14 Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan <i>irradiance</i>	26
Gambar 2.15 Karakteristik kurva V-I terhadap perubahan suhu	26
Gambar 2.16 Kurva V-I dan kurva daya sel surya.....	27
Gambar 2.17 Kurva daya modul surya 75 W pada MPP	27
Gambar 2.18 Penampang sel jenis Statis.....	29
Gambar 2.19 Penampang sel jenis <i>single axis</i>	30
Gambar 2.20 Penampang sel jenis <i>dual axis</i>	30
Gambar 2.21 <i>Board Arduino Uno</i>	31
Gambar 2.22 Motor wiper	34
Gambar 2.23 Konstruksi motor <i>servo</i>	35
Gambar 2.24 Periode 20ms	35
Gambar 2.25 Periode 1 ms, 1.5ms, 2ms.....	36
Gambar 2.26 LDR (Light Dependent Resistor).....	37
Gambar 2.27 Karakteristik LDR (Light Dependent Resistor).....	39
Gambar 2.28 <i>Solar charge controller</i>	39
Gambar 2.29 Kurva pengaturan tegangan Baterai pada <i>charge controller</i>	40
Gambar 2.30 Reaksi kimia dari accumulator (Baterai).....	41
Gambar 3.1 Kiri: Modul Sel Surya Bergerak dan Kanan: Modul Sel Surya Diam	42
Gambar 3.2 Pergerakan Modul Sel Surya Bergerak Mengikuti Arah Matahari	44
Gambar 3.3 Rangkaian Power Supply	44

Gambar 3.4 Rangkaian Driver Motor	45
Gambar 3.5 Proses modifikasi motor DC servo	46
Gambar 3.6 Rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno	46
Gambar 3.7 <i>Upload</i> program Arduino Uno	48
Gambar 3.8 Modul Sensor LDR.....	48
Gambar 3.9 Sudut Kemiringan Modul Sel Surya Diam.....	49
Gambar 3.10 Skema Papan Kit Percobaan.....	50
Gambar 3.11 Skema Keseluruhan Sistem	51
Gambar 3.12 Rangkaian Percobaan <i>Open Circuit</i>	52
Gambar 3.13 Rangkaian Percobaan <i>Short Circuit</i>	53
Gambar 3.14 Rangkaian Berbeban	54
Gambar 4.1 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 30 Juni 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	56
Gambar 4.2 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 1 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	56
Gambar 4.3 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 2 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	57
Gambar 4.4 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 3 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	58
Gambar 4.5 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 4 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	58
Gambar 4.6 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 14 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	59
Gambar 4.7 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 16 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	60
Gambar 4.8 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 18 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	60
Gambar 4.9 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 30 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	61
Gambar 4.10 Grafik intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 31 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	62
Gambar 4.11 Grafik rata-rata intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B selama 10 hari.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nomor hari untuk hari pertama setiap bulan.....	17
Tabel 2.2 Deskripsi <i>Arduino Uno</i>	31
Tabel 4.1 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 30 Juni 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI.....	55
Tabel 4.2 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 1 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	56
Tabel 4.3 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 2 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	57
Tabel 4.4 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 3 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	57
Tabel 4.5 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 4 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	58
Tabel 4.6 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 14 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	59
Tabel 4.7 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 16 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	59
Tabel 4.8 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 18 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	60
Tabel 4.9 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 30 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	61
Tabel 4.10 Tabel intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh modul A dan modul B, pada tanggal 31 Juli 2014 di lantai 3 gedung Teknik UKI	61
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Tegangan Terbuka rata-rata 10 hari	63
Tabel 4.12 Data rata-rata Intensitas Cahaya, Tegangan Terbuka, dan Arus Hubung Singkat selama 10 hari	63