



UNIVERSITAS INDONESIA

AKUSISI DATA KARAKTERISTIK SEL SURYA BERBASIS PC

SKRIPSI

SULASTRIANI

0806365154

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

AKUSISI DATA KARAKTERISTIK SEL SURYA BERBASIS PC

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

SULASTRIANI

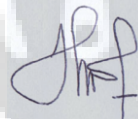
0806365154

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Sulastriani
NPM : 0806365154
Tanggal : 19 Juni 2012
Tanda Tangan :



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Sulastriani

NPM : 0806365154

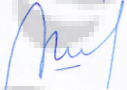
Program Studi : Ekstensi Fisika

Judul Skripsi : Akusisi Data Karakteristik Sel Surya Berbasis PC

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Ekstensi Fisika Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. techn. Djoko Triyono ()

Pembimbing II : Drs. Arief Sudarmaji M.T ()

Penguji I : Dr.Sastra Kusuma Wijaya ()

Penguji II : Drs. Lingga Hermanto, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 19 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'aalamiin. Segala puji dan syukur hanya kepada Allah SWT, Yang Maha Pengasih, yang selalu memberikan anugerah terindahya kepada penulis dan telah menuntun penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tak lupa Shalawat dan salam kepada sebaik-baik teladan, Rasulullah SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa yang tulus dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Dr. Techn. Djoko Triyono selaku Pembimbing I yang telah percaya dan mau meluangkan waktu untuk membimbing saya menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih untuk tiap masukan untuk skripsi ini sehingga skripsi ini menjadi lebih baik dari sebelumnya.
2. Drs. Arief Sudarmaji, M.T selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini terutama masalah rangkaian Elektroniknya. Mohon maaf dan kesediaan waktu dan kesabaran bapak, sudah merepotkan bapak sampai menunda 2 semester.
3. Dr. Sastra Kusuma Wijaya selaku Ketua Program Peminatan Instrumentasi Elektronika. Terima Kasih atas kritikan dan saran yang sering bapak beri untuk penulis. Saya percaya saran tersebut untuk kebaikan saya pribadi.

4. Dr. Terry Mart selaku Pembimbing Akademis yang sering memberikan masukan untuk kemajuan Akademis saya terutama yang menyangkut SIAK NG.
5. Mama, yang telah mendidik penulis dengan sangat-sangat istimewa. Terima kasih atas kepercayaan dan do'a tiada henti yang mama berikan kepada anakmu ini. Maafin ade, belum bisa memberikan mama apapun sampai disaat mama tidak ada disamping ade. Semoga mama tenang disana, dan selalu dekat dengan_NYA.. Amiin Yaa Alloh... ade sayang mama...
Mba Nova, dan Muh. Zulfiqar, kakak dan adik penulis, kakak-adik terbaik yang pernah ada.
6. Ibu Eri, Pak Dwi, Pak Budi, Mbak Ratna, Mas Rizki, dan seluruh penghuni sekretariat Departemen Fisika yang selalu direpotkan selama kuliah.
7. Teman seperjuangan mba Diana (Nyonya besar), k'Banu, k'Hendra, k'Slamet, k'Gozali, Ina, Tia, Sabil, Riyan, k'Pukis dan Firzy. Bang atom, pak haji Nanang, dan Irfan. Terima kasih semua.
8. Seluruh anak angkatan 2010 instrumentasi, terutama mirzan ganteng, laodeh smart, ika jagoan, shepta thanks supplynya, dan yuanita dengan senyum kelincinya.
9. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Fisika atas segala ilmu dan bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
10. Semua orang yang sengaja atau tidak ikut membantu selesainya skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Semoga penulisan ilmiah ini benar-benar dapat memberikan kontribusi positif dan menimbulkan sikap kritis kepada para pembaca khususnya dan masyarakat pada umumnya untuk senantiasa terus memperoleh wawasan dan ilmu pengetahuan di bidang teknologi.

Depok, 19 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sulastriani
NPM : 0806365154
Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

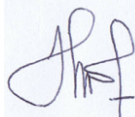
AKUSISI DATA KARAKTERISTIK SEL SURYA BERBASIS PC

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 19 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Sulastriani)

ABSTRAK

Nama : Sulastriani
NPM : 0806365154
Program Studi : S1 Fisika Instrumentasi, Universitas Indonesia
Judul : Akusisi Data Karakteristik Sel Surya Berbasis PC

Energi surya merupakan salah satu sumber energi alternatif yang tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dan dapat dikonversi menjadi energi listrik. Media yang digunakan untuk mengkonversi pancaran radiasi tersebut adalah sebuah bahan semikonduktor yang biasa disebut sel surya atau solar sel. Pengembangan teknologi solar cell di seluruh dunia kini terus dilakukan. Berdasarkan cara kerjanya, energi listrik yang dihasilkannya dapat disimpan pada sebuah batere kering sehingga dapat digunakan kapan saja. Untuk mengukur berapa besar energi yang dihasilkan, diperlukan alat ukur yang baik dan praktis, sehingga dapat diketahui berapa besar energi yang dihasilkan dari solar cell. Dalam tugas akhir ini dibuat sebuah alat dan program aplikasi berbasis komputer yang dapat mempermudah dalam pengambilan data karakteristik solar cell yang didapat secara otomatis.

Kata kunci— Sel surya, Energi, Hambatan, Tegangan, Arus, Pengendali, PC

ABSTRACT

Name : Sulastriani
NPM : 0806365154
Study Program: S1 Fisika Instrumentasi, University of Indonesia
Title : Characteristic Data Acquisition PC-Based solar Cells

Solar energy is one alternative energy source that is not polluting, can't be exhausted, and can be converted into electrical energy. Media used to convert the radiation beam is a semiconductor material commonly called solar cells. In developing solar cell technology worldwide is now being conducted. Based on how it works, it generates electrical energy can be stored in a dry battery that can be used anytime. To measure how much energy is generated, it needs a good measuring tool and practical. Locations to determine how much energy is generated from the solar cell. In this thesis, we created a device and a computer based applications that can facilitate the retrieval of data from the solar cell characteristic are obtained automatically by the interface between the PC.

Keywords-solar cell, energy, voltage, current, control

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Deskripsi Singkat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
2 TEORI DASAR.....	8
2.1 Efek Fotolistrik	8
2.1.1 Energi Gap	8
2.1.2 Doping.....	9
2.1.3 Persambungan.....	10
2.2 Sel surya.....	11
2.2.1 PN-Junction.....	13
2.2.2 Prinsip Kerja sel surya.....	14
2.2.3 Parameter Sel surya.....	16
2.2.3.1 Kurva I-V.....	16
2.2.3.2 Arus Hubung Singkat.....	17
2.2.3.3 Tegangan Hubung Terbuka.....	18
2.2.3.4 <i>Fill Factor</i>	18
2.2.3.5 Efisiensi.....	19
2.2.4 Pengaruh Temperatur.....	19
2.2.5 Pengaruh Intensitas.....	19
2.3 PWM.....	20
3 PERANCANGAN SISTEM.....	23
3.1 Perancangan Kerja Alat.....	23
3.2 Perancangan Mekanik.....	23
3.2.1 Lampu Halogen.....	24
3.2.2 Sel surya.....	25
3.2.3 Filter.....	25

3.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	25
3.3.1 Rangkaian Power Supply.....	25
3.3.2 Rangkaian <i>microcontroller</i> ATmega16.....	27
3.3.3 Rangkaian PWM dan Driver Lampu.....	29
3.3.4 Rangkaian Penguatan.....	30
3.3.5 Rangkaian Pengendali Hambatan.....	31
3.4. Perancangan Perangkat Lunak (Software).....	32
4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Pengujian Luxmeter.....	36
4.2 Pengujian Sel surya.....	37
4.3 Pengujian Sistem.....	39
5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR ACUAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bagan Keseluruhan Sistem	5
Gambar 2.1	Struktur Pita Sebuah Semikonduktor	9
Gambar 2.2	Struktur Pita untuk sebuah sambungan p-n semikonduktor.	10
Gambar 2.3	Lapisan-lapisan dari sel surya	11
Gambar 2.4	P-N <i>junction</i>	13
Gambar 2.5	Rangkaian untuk mem”plot”kurva tegangan-arus.....	16
Gambar 2.6	Kurva I-V pada sel surya	17
Gambar 2.7	Pengaruh temperatur terhadap kurva I-V	19
Gambar 2.8	Pengaruh intensitas terhadap karakteristik arus-tegangan sel surya	20
Gambar 2.9	Sinyal PWM dengan duty cycle 50%.....	20
Gambar 3.1	Desain Mekanik.....	24
Gambar 3.2	Lampu Halogen.....	24
Gambar 3.3	Sel Surya.....	25
Gambar 3.4	Rangkaian Power Supply Pengendali Hambatan.....	26
Gambar 3.5	Rangkaian Power Supply Mikro.....	26
Gambar 3.6	Rangkaian minimum <i>microcontroller</i> ATmega16.....	28
Gambar 3.7	Rangkaian Interfacing driver lampu.....	29
Gambar 3.8	Rangkaian Penguatan.....	30
Gambar 3.9	Rangkaian Pengendali Hambatan.....	31
Gambar 3.10	Flowchart Program mikro.....	32
Gambar 3.11	Flowchart Program pengendali.....	34
Gambar 4.1	Grafik Intensitas pada Luxmeter.....	36
Gambar 4.2	Grafik Tegangan Sel surya.....	38
Gambar 4.3	Tampilan pada PC bila diberikan Daya Power = 100% tanpa Filter.....	39
Gambar 4.4	Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus sel surya (mA) Daya Power =100% tanpa Filter.....	40
Gambar 4.5	Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus sel surya (mA) Daya Power =0% Filter 80%.....	41
Gambar 4.6	Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus sel surya (mA) Daya Power =100% Filter 40%.....	42
Gambar 4.7	Grafik Daya Maksimal (Watt) terhadap Filter (%) dengan Power maksimal.....	44
Gambar 4.8	Grafik Karakteristik Arus-Tegangan Terhadap variasi intensitas Tanpa menggunakan Filter.....	47
Gambar 4.9	Grafik Daya Maksimal (watt) terhadap Intensitas (%).....	47
Gambar 4.10	Grafik FF (<i>Fill Factor</i>) terhadap Intensitas cahaya (%).....	48
Gambar 4.11	Grafik Efisiensi sel surya terhadap Intensitas cahaya (%)...	49
Gambar 4.12	Grafik Daya-Tegangan sel surya terhadap pengaruh Filter..	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Tabel Karakteristik sel surya dengan variasi Filter.....	43
Tabel 4.2	Tabel Karakteristik sel surya dengan variasi Intensitas.....	46



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Grafik Karakteristik Sel Surya Variasi Intensitas dan Variasi Filter
- Lampiran 2 Main Program Bascom
- Lampiran 3 Data Sheet IC Pendukung



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, deskripsi singkat mengenai alat yang akan dibuat, batasan masalah dari alat yang akan dibuat oleh penulis, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan aspek kehidupan yang kini menjadi sorotan manusia di seluruh dunia. Semakin menipisnya cadangan minyak bumi sebagai bahan bakar utama menyadarkan manusia untuk segera mencari alternatif pengganti yang bersifat terbarukan dan juga lebih ramah lingkungan. Ketergantungan kita terhadap penggunaan sumber energi konvensional seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam yang jumlahnya semakin sedikit mendorong manusia menciptakan sumber energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling banyak dimanfaatkan oleh manusia disamping bentuk energi lainnya. Salah satu usaha yang mulai dikembangkan dewasa ini untuk menghasilkan pembangkit tenaga listrik tanpa bergantung pada sumber energi konvensional adalah dengan memanfaatkan energi matahari. Indonesia yang terletak di khatulistiwa memiliki potensi penyinaran matahari yang sangat luar biasa. Matahari bersinar selama 12 jam setiap hari, sepanjang tahun, dengan intensitas yang tinggi 4,8 kWh/m²/hari. Bandingkan dengan Jerman, Jepang, dan Amerika Serikat yang berada pada daerah subtropis dengan 4 musimnya, mereka sudah memanfaatkannya lebih dari kita. “Pemanfaatan energi matahari sangatlah atraktif karena sumbernya yang kontinu atau tak habis dan karena sifatnya yang bebas polusi serta gratis.[Darwin,1996]

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi listrik dilakukan dengan cara mengkonversi pancaran energi surya tersebut. Media yang digunakan adalah sebuah bahan semikonduktor yang disebut sel surya atau solar sel. Sel

surya merupakan piranti elektronika solid state yang dibuat dari bahan dengan efisiensi tinggi seperti Silikon, Cadmium, dan Galium Arsenium. Dalam proses kerjanya, semikonduktor yang terdiri dari bahan type P dan type N yang telah dipersatukan terkena cahaya sehingga terjadi efek fotolistrik atau fotovoltaiik. Efek ini diamati pertama kali oleh Bequarel tahun 1893 yang mengamati efek tegangan atau lebih tepatnya arus oleh adanya penyinaran.

Pemanfaatan sel surya sebagai sumber energi listrik memang masih berjalan lambat. Hal ini disebabkan karena persediaan sumber-sumber energi konvensional masih sangat berlimpah. Disamping itu untuk keperluan praktis dipermukaan bumi memang harga sel surya dalam jangka pendek masih lebih mahal dari sumber energi konvensional. Oleh karena itulah pemanfaatan sel surya sebagai catu daya energi listrik untuk pertama kalinya digunakan pada program pesawat ruang angkasa. Bila kita menggunakan suatu sumber energi listrik, maka kita perlu mengetahui keluaran tegangan dan arus terminalnya yang akan berubah dengan perubahan bebannya. Sel surya adalah alat non-linier sehingga tidaklah mudah mencoba menggunakan ungkapan matematis untuk memahami karakteristik arus dan tegangannya. Sehingga sebagai gantinya digunakan suatu gambar grafik untuk lebih memahaminya.

Untuk menggunakan sel surya sebagai media yang dapat mengkonversi energi cahaya maka perlu diperhatikan tiga karakteristik penting yang dimiliki solar sel tersebut, yaitu karakteristik elektrik, optik, dan mekanik. Dalam mengembangkan sel surya dalam penerapan praktis maka perlu diketahui karakteristik elektrik sel surya yang bersangkutan baik secara teoritis maupun secara eksperimen. Yang dimaksud karakteristik elektrik sel surya adalah bagaimana arus akan berubah dengan berubahnya tegangan keluaran. Karakteristik ini dapat digambarkan oleh kurva arus tegangan terminalnya (kurva I-V). Sifat listrik dari sel surya juga dapat digambarkan sebagai sebuah generator arus dan sebuah P-N junction ideal yang disertai tahanan seri R_s , atau dimodelkan dengan rangkaian pengganti satu dioda. Dari karakteristik arus-tegangan dapat diketahui parameter-parameter keluaran sel surya seperti arus hubung singkat I_{sc} , tegangan terbuka V_{oc} , arus dan tegangan output maksimum, serta daya maksimum. Dari parameter-parameter keluaran tersebut dapat digunakan untuk

mengetahui nilai fill faktor solar sel serta besar efisiensi yang dimiliki solar sel untuk mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Karena pada dasarnya pemilihan suatu sel surya didasari pada pertimbangan efisiensi konversi energi yang dimilikinya.

Sel surya adalah semikonduktor yang menghasilkan energi listrik nonlinear. Karakteristik arus-tegangan sel surya pada kondisi tidak mendapatkan penyinaran (kondisi gelap) dapat berkelakuan seperti halnya dioda hubungan P-N. Sehingga secara teoritis kurva karakteristik arus-tegangan sel surya tersebut memiliki persamaan-persamaan ekuivalen dari dioda. Secara eksperimen kurva karakteristik I-V pada kondisi mendapat penyinaran (kondisi terang) diperoleh dengan menghubungkan sel surya tersebut pada suatu rangkaian luar yang terdiri dari sumber cahaya, hambatan beban, serta alat pengukur arus dan tegangan. Pengembangan teknologi solar cell di seluruh dunia kini terus dilakukan. Sekalipun solar cell konvensional berbahan utama silikon sudah menjadi primadona, namun biaya produksi yang tinggi menjadi alasan utama para peneliti untuk mengembangkan alternatif lain yang lebih murah.

Sistem akuisisi data yang akan dirancang dalam penelitian ini adalah sistem yang dapat mengakuisisi data solar cell dengan berbasis komputerisasi. Data yang diinputkan ke komputer selanjutnya akan diproses dengan menggunakan program LabVIEW, sehingga data-data hasil dari akuisisi tersebut dapat ditampilkan pada sebuah komputer sebagai monitoring dan pengendali. Hasil monitoring baik berupa data maupun sinyal dapat dijadikan sebagai referensi kepada operator untuk dapat melakukan pengambilan keputusan lanjut. Tentunya data yang ditampilkan tersebut sesuai dengan karakteristik dari solar cell. Dengan menggunakan perangkat komputer diharapkan sistem ini mampu bekerja dengan respon waktu yang lebih cepat dan mampu membaca lingkungan setiap waktu.

1.2 Tujuan Penelitian

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan kurikulum Program S1 Ekstensi Fisika, Peminatan Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

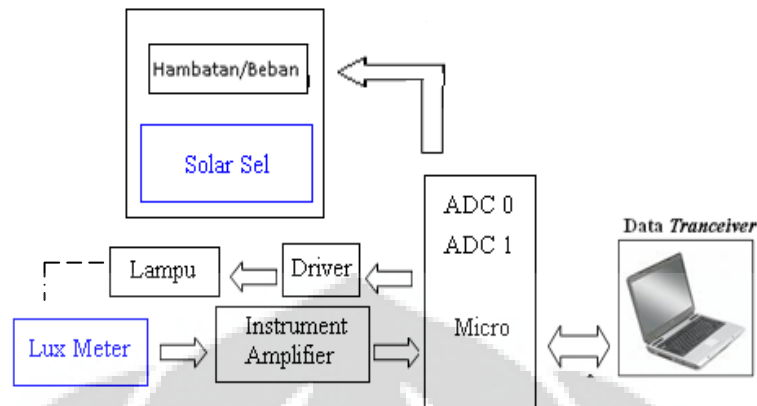
1. Merancang bangun alat akusisi data karakteristik solar cell.
2. Mengetahui karakteristik Arus-Tegangan sel surya silicon yang ditampilkan dalam kurva I-V melalui pengukuran arus dan tegangan sel surya pada kondisi terang dan kondisi gelap sehingga dapat diketahui parameter-parameter keluarannya.
3. Membuat program aplikasi untuk menampilkan data karakteristik solar sel dan mengendalikan pemakaian intensitas lampu dan hambatan secara otomatis dengan berbasis komputerisasi.

1.3 Deskripsi Singkat

Sistem akusisi data yang akan dirancang dalam penelitian ini adalah sistem yang dapat mengakusisi data sel surya dengan berbasis komputerisasi. Sistem ini dilengkapi dengan lampu halogen dan sel surya. Pada rancang bangun sistem ini kita mengendalikan intensitas dari cahaya lampu halogen dan hambatan yang digunakan untuk menghasilkan arus. Data yang didapat dari sel surya kemudian diinputkan ke komputer, selanjutnya akan diproses dengan menggunakan program labVIEW, sehingga data-data hasil dari akusisi tersebut ditampilkan pada sebuah komputer sebagai monitoring.

Hasil monitoring baik berupa data maupun sinyal dapat dijadikan sebagai referensi kepada operator untuk dapat melakukan pengambilan keputusan lanjut yaitu pengendali daripada intensitas cahaya dan hambatan. Tentunya data yang ditampilkan tersebut sesuai dengan karakteristik sel surya. Dengan menggunakan perangkat komputer diharapkan sistem ini mampu bekerja dengan respon waktu yang lebih cepat dan mampu membaca lingkungan setiap waktu.

Berikut ini merupakan bagan dari keseluruhan sistem:



Gambar 1.1 Bagan keseluruhan sistem

1.4 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan pada pembuatan bagian sistem pengontrolan data tegangan dan arus sel surya dengan sistem intensitas dan hambatan terkendali menggunakan *Personal Computer (PC)* berbasis mikrokontroler AVR ATmega16.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan untuk membantu dalam pelaksanaan dan penganalisaan alat ini:

1.5.1 Studi Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Studi literatur digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari buku-buku literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, *data sheet*, dan sumber-sumber lainnya.

1.5.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Sistem

Membahas design dan cara kerja perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak. Pada bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan.

Perancangan alat merupakan tahap awal penulis untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari untuk melengkapi sistem serupa yang pernah dikembangkan, dan selanjutnya penulis dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

Pembuatan sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang telah di rancang. Pembuatan sistem dilakukan secara bertahap, mulai dari pembuatan mekanik, kemudian pembuatan piranti elektronik lalu perangkat lunak.

1.5.3 Uji Sistem

Dari sistem yang dibuat maka dilakukan pengujian secara menyeluruh, dengan tujuan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum. Selanjutnya dilakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan untuk diolah lebih lanjut guna memperoleh hasil perhitungan. Data hasil pengukuran kemudian diolah sedemikian rupa berdasarkan persamaan-persamaan fisika yang menjadi dasar penulisan skripsi ini untuk mendapatkan hasil yang menjadi tujuan penulisan skripsi ini.

1.5.4 Analisa Data

Data hasil pengukuran kemudian diolah sedemikian rupa berdasarkan persamaan-persamaan fisika yang menjadi dasar penulisan skripsi ini untuk mendapatkan hasil yang menjadi tujuan penulisan skripsi ini.

1.5.5 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan terhadap hasil

penelitian yang dibuat. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

- Bab 1: Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, tujuan penelitian, deskripsi singkat, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.
- Bab 2: Teori dasar yang berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan dan pembuatan alat.
- Bab 3: Merupakan Perancangan Sistem. Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan tentang design dan cara kerja perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak. Pada bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan.
- Bab 4: Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.
- Bab 5: Merupakan Penutup yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.

BAB 2

TEORI DASAR

Pada Bab ini akan dibahas beberapa materi sebagai dasar teori dalam perancangan alat yang dibuat oleh penulis, diantaranya yaitu spesifikasi pengendali mikro yang digunakan beserta prinsip dasar dari fasilitas-fasilitas pendukung yang terdapat didalamnya.

2.1 Efek Fotolistrik

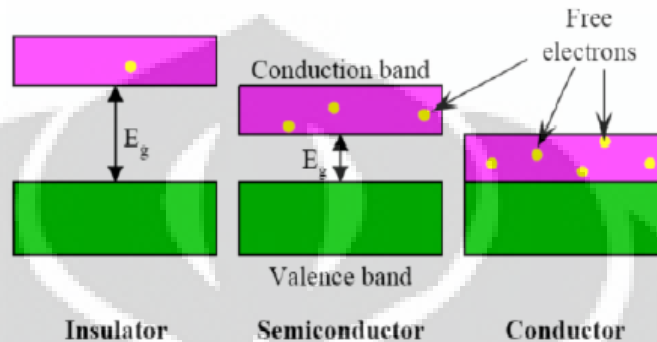
Dalam permulaan abad ke-21 serangkaian eksperimen menyatakan bahwa electron dipancarkan dari permukaan logam jika cahaya yang frekuensinya cukup tinggi ke permukaan itu (diperlukan cahaya ultraungu untuk hampir semua logam, kecuali logam alkali). Gejala ini dikenal sebagai efek fotolistrik.[C. Douglas,2001]

Distribusi elektron yang dipancarkan yang disebut fotoelektron, ternyata tak bergantung dari intensitas cahaya. Berkas cahaya yang kuat menghasilkan fotoelektron lebih banyak daripada berkas cahaya yang lemah yang berfrekuensi sama, tetapi energi elektron rata-rata sama saja. Dipandang dari teori gelombang ialah fakta bahwa energi fotoelektron bergantung pada frekuensi cahaya yang dipakai. Frekuensi yang lebih tinggi akan menghasilkan energi fotoelektron maksimum yang lebih tinggi pula.

2.1.1 Energi Gap

Atom-atom dalam hampir semua zat padat kristaline, baik logam atau non logam, terletak sangat berdekatan sehingga electron valensinya membentuk sistem tunggal dari elektron millik bersama dari kristal keseluruhan. Sebagai ganti dari masing-masing tingkat energi karakteristik yang terdefiniskan secara tepat dari setiap atom individual, Kristal keseluruhan memiliki pita energi yang terdiri banyak sekali tingkat energi terpisah yang letaknya sangat berdekatan. [Albert,1999]

Kehadiran pita energi, jurang (gap) yang terdapat diantaranya dan banyak pita itu terisi elektron, tidak saja menentukan kelakuan listrik suatu zat padat, tetapi juga merupakan landasan penting untuk sifat-sifat yang lainnya. Tingkat energi ini disebut energi band gap yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadi aliran arus listrik.



Gambar 2.1 Struktur Pita Sebuah Semikonduktor[Albert,1999]

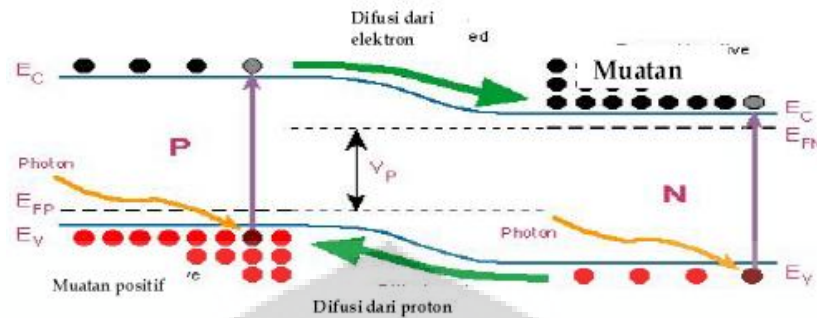
2.1.2 Doping

Apabila menambahkan pada silicon murni (*intrinsic*) atom-atom yang bervaleksi tiga atau lima maka terbentuk semikonduktor yang tidak murni, yang ekstrinsik. Menambahkan takmurnian ke dalam bahan semikonduktor disebut doping. Apabila atom-atom takmurnian mempunyai lima electron valensi, maka atom takmurnian akan menggeser beberapa atom silicon dari kisi-kisi Kristal. Empat dari lima electron valensi akan mengisi ikatan kovalen dan yang kelima akan terlepas dan dapat digunakan sebagai pembawa arus.

Energi yang diperlukan untuk melepaskan electron yang kelima adalah sekitar 0.05 eV untuk Si. Takmurnian ini akan memberikan kelebihan electron sebagai pembawa muatan negative, oleh karena dikenal sebagai takmurnian donor atau tipe-n.

Apabila suatu takmurnian trivalent (valensi tiga) ditambahkan pada semikonduktor intrinsic hanya tiga ikatan kovalen yang diisi, kekosongan yang terjadi pada ikatan keempat membentuk lubang. Takmurnian serupa itu menyediakan pembawa positif oleh karena takmurnian tersebut menciptakan

lubang dan dapat menerima electron. Takmurnian ini karenanya dikenal sebagai akseptor atau takmurnian tipe-p.



Gambar 2.2 Struktur Pita untuk sebuah sambungan p-n semikonduktor [Albert, 1999]

Semikonduktor adalah sebuah bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara insulator dan konduktor. Sebuah semikonduktor bersifat sebagai insulator pada temperatur yang sangat rendah, namun pada temperatur ruangan bersifat sebagai konduktor. Semikonduktor adalah bahan yang memiliki struktur seperti isolator akan tetapi memiliki celah energi yang kecil (1 eV atau kurang) sehingga memungkinkan elektron dapat melompat dari pita valensi ke pita konduksi.

2.1.3 Persambungan

Bahwa apabila suatu persambungan dibentuk antara bahan semikonduktor tipe-p dan tipe-n, kombinasi tersebut mempunyai sifat-sifat penyearah. Karakteristik volt-ampere dari suatu alat berkutub dua (disebut diode persambungan). Oleh karena lintas persambungan terdapat gradient kerapatan, mula-mula lubang akan berdifusi (berbaur) ke sebelah kanan persambungan dan electron ke sebelah kirinya.

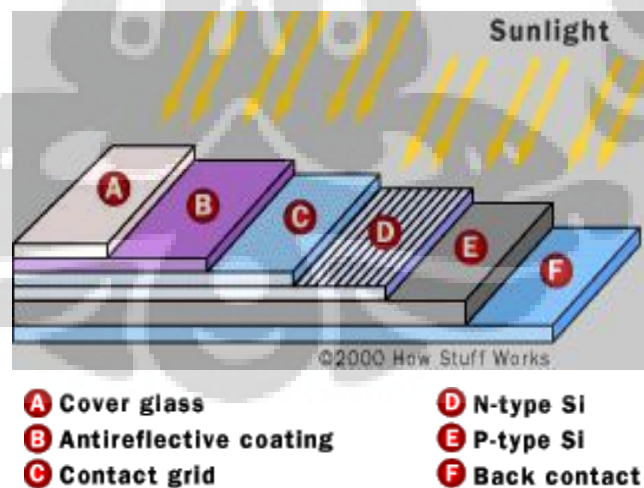
Bahwa lubang-lubang positif yang menetralkan ion-ion akseptor dekat persambungan dalam silicon tipe-p telah menghilang sebagai akibat rekombinasi dengan electron yang telah berdifusi melewati persambungan. Elektron-elektron yang menetralkan disilikon tipe-n telah bergabung dengan lubang yang berasal

dari bahan tipe p dan telah menyebrangi persambungan. Ion yang tak ternetralkan disekitar persambungan disebut muatan yang tidak tertutupi.

2.2 Sel Surya

Sel surya pertama kali dibuat pada tahun 1839 oleh seorang peneliti Perancis, Alexander Edmond Becquerel. Ia menemukan bahwa dengan memanfaatkan sinar matahari dapat menghasilkan arus listrik didalam material padat. Pada tahun 1905, Albert Einstein dapat menjelaskan tentang efek fotolistrik yang menjadi teknologi dasar untuk panel surya. Kemudian tahun 1954 para peneliti laboratorium Bell menciptakan panel surya tersebut dan untuk pertama kalinya digunakan sebagai sumber tenaga bagi satelit luar angkasa milik Amerika Serikat.

Sel surya terdiri dari banyak lapisan. Lapisan-lapisan tersebut memiliki fungsinya masing-masing. Lapisan utama dari sel surya adalah lapisan sel fotovoltaik. Lapisan lainnya adalah lapisan pelengkap yang membantu kinerja fotovoltaik. Lapisan-lapisan tersebut memiliki fungsi antara lain sebagai lapisan konduktif yang menyambungkan sel surya dengan rangkaian listrik, lapisan pelindung yang melindungi permukaan dari benda-benda keras, dan lain sebagainya.



Gambar 2.3 Lapisan-lapisan dari sel surya[Albert,1999]

Konstruksi dari sel surya merupakan perlengkapan yang dibuat agar sel surya dapat dengan efektif dan mudah untuk digunakan. Konstruksi itu terdiri dari lapisan-lapisan yang antara lain lapisan kaca, lapisan anti-*reflection*, lapisan kontak atas dan lapisan kontak bawah, serta lapisan utama dari sel surya yaitu lapisan tipe-n dan tipe-p yang akan membentuk sebuah *junction*.

Semikonduktor berbahan silikon memiliki sifat permukaan yang sangat licin sehingga cahaya yang jatuh pada permukaan bahan ini akan terpantul. Untuk itu diperlukan lapisan lain yang dapat membantu penyerapan cahaya pada fotovoltaik. Salah satu caranya adalah dengan memberikan lapisan *Anti-Reflection Coating*. Fungsinya adalah sebagai perangkap cahaya yang jatuh pada permukaan sel. Hasilnya adalah penyerapan dapat berlangsung secara maksimal. Lapisan semikonduktor ini juga merupakan bahan yang tidak kuat terhadap benturan fisik yang sangat keras. Untuk itu biasanya lapisan ditambahkan dengan lapisan lain yang lebih kuat pada permukaan luar. Namun lapisan ini tidak boleh menghalangi sinar jatuh pada permukaan sel surya.

Untuk mencegah terjadinya proses kimiawi antara tiap lapisan maka biasanya pada daerah antara permukaan lapisan tipe-p dan tipe-n diberikan lapisan pemisah yang stabil dan sulit untuk bereaksi dengan bahan atau cairan apapun. Selanjutnya adalah lapisan yang menghubungkan fotovoltaik dengan rangkaian. Lapisan ini bersifat konduktif sesuai dengan fungsinya yaitu menghantarkan arus listrik atau elektron yang bergerak.

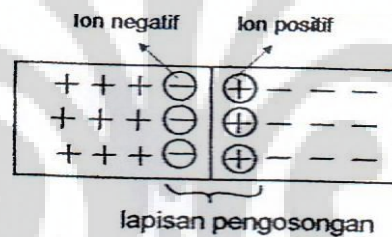
Lapisan tipe-p dan tipe-n merupakan daerah lapisan tempat berubahnya energi cahaya menjadi energi listrik. Diantara lapisan tersebut terdapat suatu lapisan pembatas antara daerah tipe-p dan tipe-n yang disebut sebagai lapisan intrinsik atau dikenal sebagai *depletion layer*. Lapisan terakhir adalah lapisan yang menghubungkan antara fotovoltaik dengan suatu peralatan yang membutuhkan energi listrik darinya.

Diharapkan dengan konstruksi yang demikian, sel surya yang ada saat ini dapat langsung digunakan. dan dengan tujuan penggunaan yang berbeda, konstruksi ini dapat saja berbeda.

2.2.1 P-N Junction

P-N *junction* adalah pertemuan antara semikonduktor tipe-p dengan semikonduktor tipe-n. Gambar 2.4 menunjukkan hubungan dari sebuah p-n *junction*. Sisi p mempunyai banyak *hole*, sedangkan sisi n mempunyai banyak elektron pada pita konduksinya. Ketika dua bahan ini disambung, maka akan terjadi *gradient* konsentrasi di daerah *junction*. *Gradient* konsentrasi ini akan membuat *hole* berdifusi dari bahan tipe-p ke tipe-n, dan juga sebaliknya elektron akan berdifusi dari bahan tipe-n ke tipe-p.

Setiap kali elektron berdifusi ke bahan tipe-p akan menciptakan ion negatif begitu juga ketika *hole* berdifusi ke tipe-n akan menciptakan ion positif. Ion-ion tersebut tetap dalam struktur Kristal karena ikatan kovalen dan tidak dapat berkeliling seperti electron pada pita konduksi. Tiap pasang ion positif dan ion negatif akan membentuk *dipole*. Jika terbentuk sejumlah pasangan *dipole* pada daerah *junction*, maka pada daerah tersebut bebas dari muatan-muatan yang bergerak dan disebut sebagai lapisan pengosongan (*depletion layer*).



Gambar 2.4 P-N *junction*[Wahyu,2003]

Tiap *dipole* mempunyai medan listrik, adanya perbedaan medan diantara ion ini ekuivalen dengan perbedaan potensial yang disebut *potential barrier*. Pada suhu ruang (25°C) potensial barrier mempunyai besar 0,3 V untuk germanium dan 0,7 V untuk silicon. Besarnya perbedaan potensial ini tergantung terhadap suhu *junction*. Nilainya akan berkurang 2,5mV untuk setiap kenaikan 1°C baik untuk germanium ataupun silicon.[Wahyu,2003]

Ada dua cara dalam memberikan bias pada p-n *junction* yaitu *forward bias* dan *reverse bias*. *Forward bias* maksudnya adalah p-n *junction* diberikan catu maju yaitu ketika tegangan kutub positif baterai dihubungkan dengan tipe-p dan

tegangan negatif dihubungkan dengan tipe-n. *Forward bias* ini akan menyebabkan daerah pengosongan menyempit dan akan mengurangi *potential barrier*. Akibat pengurangan potensial ini menyebabkan *hole* dan elektron bebas berdifusi. Cara yang kedua adalah *reverse bias* yaitu dengan menghubungkan kutub positif baterai dengan tipe-n dan kutub negatif dengan tipe-p. Cara pencatutan ini akan menyebabkan perbedaan potensial membesar dan akan mengurangi aliran pembawa mayoritas. Untuk menghitung besarnya arus yang mengalir melalui p-n *junction* dapat digunakan persamaan diode ideal yang diturunkan oleh W.Shockley:[Wahyu,2003]

$$I = I_0 (e^{qV/KT} - 1) \quad (2.1)$$

dengan : I = Arus tegangan yang lewat pada p-n *junction* (A)

I_0 = Arus saturasi p-n *junction* (A)

q = Muatan elektron $1,602 \times 10^{-19}$ C

V = Tegangan yang diberikan pada p-n *junction* (V)

K = Konstanta Boltzman $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

T = Temperatur (Kelvin)

2.2.2 Prinsip Kerja Sel Surya

Struktur sel surya yang sederhana terdiri dari sebuah p-n *junction*. Pada saat *photon* diserap semikonduktor melalui lapisan tipe-n *photon* akan mentransfer energi ke atom-atom yang ada pada bahan semikonduktor, sehingga akan membebaskan pasangan elektron dan *hole* dari ikatan kovalennya. Pada daerah ini terjadi perubahan energi cahaya menjadi energi listrik. Besarnya energi cahaya yang dapat diserap oleh sel surya adalah bergantung terhadap besarnya energi foton dari sumber cahaya. Besar energi cahaya yang mungkin dapat diserap oleh sel surya: [Wahyu,2003]

$$E = h \cdot f \quad (2.2)$$

dengan $h =$ konstanta Planck ($6,625 \times 10^{-34}$ Js)

$f =$ frekuensi gelombang sumber cahaya

Semakin besar frekuensi gelombang cahaya yang diberikan, maka semakin besar energi cahaya yang mungkin dapat diserap oleh sel surya. Contoh sumber cahaya yang dapat dipakai adalah matahari, cahaya api, dan cahaya lampu. Cahaya matahari memiliki energi yang terbesar dari yang lainnya, akan tetapi semua bergantung juga terhadap intensitas energi yang mungkin diserap oleh sel surya. Intensitas energi suatu sumber cahaya terhadap sel surya:[Wahyu,2003]

$$J \sim \frac{1}{R^2} \quad (2.3)$$

dengan $J =$ Intensitas energi (W/m^2)

$R =$ Jarak sumber cahaya terhadap sel surya (m)

Intensitas cahaya ini menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan sel surya. Jika luas permukaan sel surya (A) dengan intensitas tertentu, maka daya input pada sel surya adalah:

$$P_{in} = J \cdot A \quad (2.4)$$

Dengan demikian intensitas cahaya yang dapat diukur merupakan nilai dari energi cahaya yang mungkin diterima oleh sel surya. Daya *input* (P_{in}) ini yang kemudian menentukan daya listrik sel surya. Semakin besar daya input yang diberikan, maka daya listrik yang dapat dihasilkan oleh sel surya semakin besar.

Daya listrik adalah besaran yang diturunkan dari nilai tegangan dan arus sehingga nilai tegangan dan arus yang dihasilkan merupakan bagian dari kelistrikan yang dimiliki oleh sel surya. Daya listrik yang diberikan oleh sel surya adalah:

$$P_{sel} = V_{sel} \times I_{sel} \quad (2.5)$$

Energi merupakan daya yang dipakai selang waktu pemakaian. Energi cahaya yang diterima oleh sel surya tidak sempurna dapat diubah menjadi energi listrik. Semakin besar energi cahaya yang diserap maka semakin besar energi listrik yang dapat dihasilkan. Untuk bahan tipe-n sengaja dibuat tipis agar *photon* tersebut dapat menembus daerah lapisan pengosongan. Pasangan elektron dan *hole* yang terbentuk pada lapisan pengosongan akan tertarik ke daerah yang

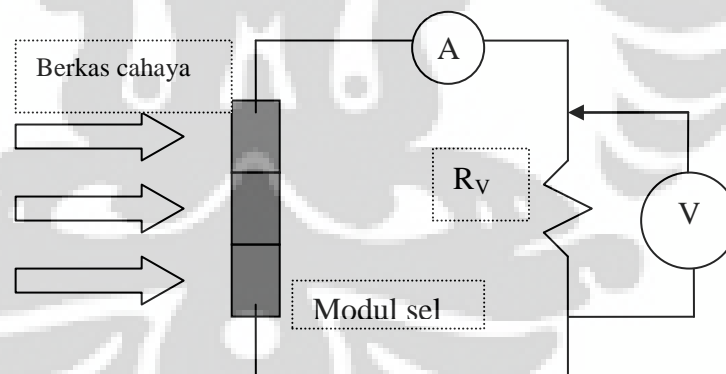
berlawanan dengan arah medan listrik yang terdapat pada lapisan pengosongan. Elektron ditarik ke tipe-n dan hole ditarik ke tipe-p, pemisahan ini akan menimbulkan beda potensial. Energi *photon* yang mengenai sel surya akan menghasilkan pasangan elektron dan *hole*. Elektron dan *hole* yang bebas akan ditarik dalam arah yang berlawanan dengan medan listrik. Elektron ditarik ke tipe-n dan *hole* ditarik ke tipe-p. Elektron akan mengalir keluar menuju beban melalui kontak atas dan kembali melalui kontak bawah, sehingga timbulah arus pada rangkaian beban.

2.2.3 Parameter Sel Surya

Sel surya sebagai sebuah device memiliki beberapa parameter karakteristik, diantaranya adalah kurva I-V, arus hubung singkat, tegangan hubung terbuka, *fill factor* dan efisiensi.

2.2.3.1 Kurva I-V

Secara eksperimen kurva karakteristik I-V sel surya dapat diperoleh dengan cara memplot (grafik) satu set garis kurva yang didapat dengan cara menghubungkan sel surya kedalam suatu rangkaian seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rangkaian untuk mem"plot"kurva tegangan-
 arus[Eduardo,1994]

Kurva I-V adalah superposisi dari kurva arus tegangan diode sel surya pada keadaan gelap dengan arus yang dibangkitkan oleh cahaya yang mengenai sel surya. Pengaruh dari cahaya tersebut adalah menggeser kurva I-V turun ke

kuadran empat dimana pada kuadran ini dioda pada sel surya menghasilkan daya. Kurva I-V pada sel surya dapat dilihat pada gambar 2.6. Pemberian cahaya pada sel surya akan menambah nilai arus normal yang dihasilkan pada keadaan gelap pada diode, sehingga persamaan 2.1 pada diode ideal menjadi:[Eduardo,1994]

$$I = I_0 (e^{qV/KT} - 1) - I_L \quad (2.6)$$

dengan : I = Arus tegangan yang lewat pada p-n *junction* (A)

I_0 = Arus saturasi p-n *junction* (A)

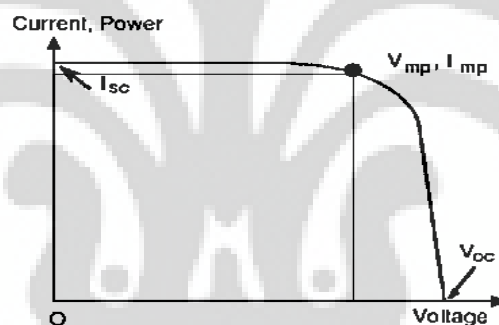
q = Muatan elektron $1,602 \times 10^{-19}$ C

V = Tegangan yang diberikan pada p-n *junction* (V)

K = Konstanta Boltzman $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

T = Temperatur (Kelvin)

I_L = Arus yang dibangkitkan akibat adanya pencahayaan



Gambar 2.6 Kurva I-V pada sel surya[Eduardo,1994]

2.2.3.2 Arus Hubung Singkat

Arus hubung singkat (I_{sc}) adalah arus yang mengalir pada sel surya ketika besar tegangannya adalah nol. Letak I_{sc} dalam kurva I-V dapat dilihat pada gambar 2.6. Arus hubung singkat disebabkan oleh generasi dan pengumpulan dari pembawa yang dihasilkan oleh cahaya yang mengenai sel surya. Arus ini dipengaruhi oleh beberapa faktor [4], yaitu :

1. Luas dari sel surya. Biasanya besarnya arus hubung singkat ini dinyatakan dalam *short-circuit current density* I_{sc} (mA/cm²)
2. Jumlah photon yang mengenai sel surya

2.2.3.3 Tegangan Hubung Terbuka

Sama dengan I_{sc} tegangan hubung terbuka (V_{oc}) adalah nilai maksimum tegangan pada sel surya yang terjadi ketika arus yang melewati sel surya adalah nol. Gambar 2.6 menunjukkan letak V_{oc} pada kurva I-V sel surya. Besarnya tegangan hubung terbuka dapat dihitung menggunakan persamaan:[Eduardo,1994]

$$V_{oc} = \frac{nKT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \quad (2.7)$$

dimana : V_{oc} = Tegangan hubung terbuka (V)

I_L = Arus yang dibangkitkan oleh adanya cahaya (A)

I_0 = Arus saturasi diode (A)

K = Konstanta Boltzman $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

q = Muatan elektron $1,602 \times 10^{-19}$ C

T = Temperatur (Kelvin)

2.2.3.4 Fill Factor

Arus hubung singkat dan tegangan hubung terbuka adalah arus maksimum dan tegangan maksimum yang terdapat pada sel surya, tetapi pada kondisi tersebut daya yang dihasilkan sel surya adalah nol. *Fill factor (FF)* adalah sebuah parameter yang menentukan daya maksimum pada sel surya dalam kaitannya dengan I_{sc} dan V_{oc} . Dari gambar 2.6 kita juga dapat melihat *fill factor* pada sebuah sel surya. Besarnya *Fill Factor (FF)* dapat dihitung dengan persamaan: [Eduardo,1994]

$$FF = \frac{I_{mpp} V_{mpp}}{I_{sc} V_{oc}} \quad (2.8)$$

dimana : FF = Fill Factor

I_{mpp} = Arus Maksimum (A)

V_{mpp} = Tegangan Maksimum (V)

I_{sc} = Arus Hubung Singkat (A)

V_{oc} = Tegangan Hubung Terbuka (V)

2.2.3.5 Efisiensi

Efisiensi sel surya adalah perbandingan antara daya listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya terhadap daya matahari yang diserapnya. Efisiensi sel surya dapat dihitung menggunakan persamaan:[Eduardo,1994]

$$\eta = \frac{I_{mpp} V_{mpp}}{P_1(\text{Daya in})} \times 100\% \quad (2.9)$$

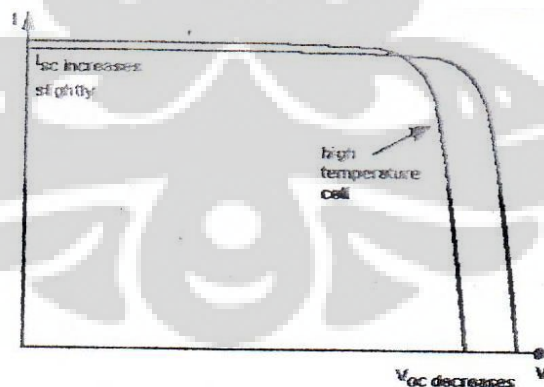
dimana : η = Efisiensi

I_{mpp} = Arus Maksimum (A)

V_{mpp} = Tegangan Maksimum (V)

2.2.4 Pengaruh Temperatur

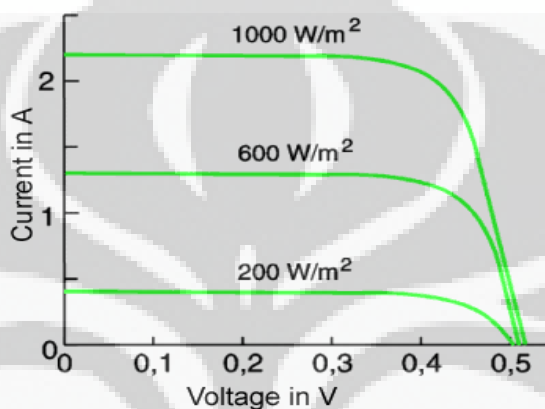
Sama seperti semikonduktor device lainnya, sel surya sensitif terhadap perubahan temperatur. Kenaikan temperatur akan mengurangi nilai band gap semikonduktor, sehingga akan mempengaruhi sebagian besar parameter semikonduktor lainnya. Menurunnya nilai band gap pada semikonduktor seiring dengan naiknya temperatur dapat dilihat sebagai naiknya energi elektron didalam material. Paramater yang terpengaruh akibat kenaikan temperatur adalah tegangan hubung terbuka (V_{oc}). Pengaruh temperatur terhadap V_{oc} dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pengaruh temperatur terhadap kurva I-V[Sears,1994]

2.2.5 Pengaruh Intensitas

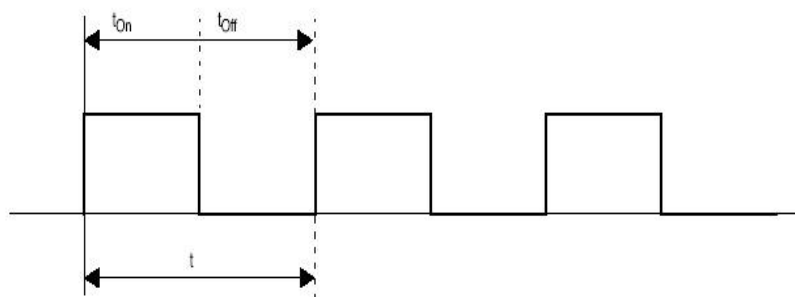
Selain pengaruh temperatur, intensitas juga sangat berpengaruh terhadap sel surya. Arus keluaran (I) serta tegangan (V) yang dihasilkan ketika sel memperoleh penyinaran merupakan karakteristik setiap sel surya. Karakteristik ini selalu disajikan dalam bentuk kurva hubungan I dan V. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik sel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan suhu permukaan sel. Kurva I-V yang merupakan karakteristik tersebut tersaji dalam berikut.



Gambar 2.8 Pengaruh intensitas cahaya terhadap karakteristik arus-tegangan sel surya[Burech,1983]

2.3 PWM (Pulse Width Modulation)

Suatu teknik yang digunakan untuk mengontrol kerja dari suatu alat atau menghasilkan suatu tegangan DC yang variabel adalah PWM (Pulse Width Modulation). Rangkaian PWM adalah rangkaian yang lebar pulsa tegangan keluarannya dapat diatur atau dimodulasi oleh sinyal tegangan modulasi. Disamping itu kita dapat menghasilkan suatu sinyal PWM dengan menentukan frekuensi dan waktu dari variabel ON dan OFF. Pemodulasian sinyal yang beragam dapat menghasilkan duty cycle yang diinginkan. Gambar 2.16 memperlihatkan sinyal kotak dengan duty cycle 50%. [Dale,1989]



Gambar 2.9 Sinyal PWM dengan duty cycle 50 % [Dale,1989]

Pada contoh gelombang gambar 2.9 diatas, perbandingan waktu antara sinyal high (1) dan sinyal low (0) adalah sama. Gelombang diatas dikatakan memiliki duty cycle 50%. Duty cycle adalah perbandingan antara lebar sinyal high (1) dengan lebar keseluruhan siklus (cycle). Jika amplitudo gelombang PWM adalah 5 volt, maka tegangan rata rata (seolah-olah analog) yang kita dapatkan adalah 2,5 volt. Atau Duty cycle (lihat persamaan 2.10) bisa dikatakan adalah ratio dari waktu ON (t_{ON}) terhadap periode total dari sinyal ($t=t_{ON} + t_{OFF}$).

Dengan persamaan :

$$D = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \quad (2.10)$$

dengan : D = Duty Cycle

$$t_1 = t_{ON}$$

$$t_2 = t_{OFF}$$

sehingga frekuensi yang dapat dihasilkan :

$$F = \frac{1}{T} \quad (2.11)$$

dengan : T = periode ($t_1 + t_2$)

Modulasi lebar pulsa yang dihasilkan dari teknik PWM ini akan digunakan untuk mengatur sumber daya yang mengalir ke lampu, sehingga tingkat kecerahan

cahaya yang dihasilkan lampu bergantung pada sinyal PWM dengan persentase duty cycle yang diberikan. Dari gambar 2.9 maka kita dapat mengetahui nilai RMS nya dengan menggunakan persamaan (2.10) dimana :

$$\begin{aligned}
 V(t) &= \begin{cases} V_p, & \text{untuk } 0 \leq t < t \\ 0, & \text{untuk } t \leq T \end{cases} \\
 V_{\text{RMS}} &= \sqrt{\int_0^T \frac{(V(t))^2 dt}{T}} \\
 V_{\text{RMS}} &= \sqrt{\frac{\int_0^t (V(t))^2 dt + \int_t^T (V(t))^2 dt}{T}} \\
 V_{\text{RMS}} &= \sqrt{\frac{\int_0^t (V_p)^2 dt + \int_t^T (0)^2 dt}{T}} \\
 V_{\text{RMS}} &= \sqrt{\frac{(V_p^2 t|_0^t) + (0t|_t^T)}{T}} \\
 V_{\text{RMS}} &= \sqrt{\frac{(V_p^2 t)}{T}} \\
 V_{\text{RMS}} &= V_p \sqrt{\frac{t}{T}}
 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Pada ATMEGA16 ada 2 cara membangkitkan PWM, yang pertama PWM dapat dibangkitkan dari port input/outputnya yang difungsikan sebagai output. Yang kedua adalah dengan memanfaatkan fasilitas PWM dari fungsi timer/counter yang telah disediakan. Dengan adanya fasilitas ini proses pengaturan waktu high/low sinyal digital tidak akan mengganggu urutan program lain yang sedang dieksekusi oleh *processor*. Selain itu, dengan menggunakan fasilitas ini kita tinggal memasukkan berapa porsi periode waktu on dan off gelombang PWM pada sebuah register.[Dale,1989]

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing perangkat *hardware* dan *software* yang digunakan penulis dalam pembuatan alat “Akusisi Data Karakteristik Solar sel Berbasis PC”.

3.1 Perancangan Kerja Alat

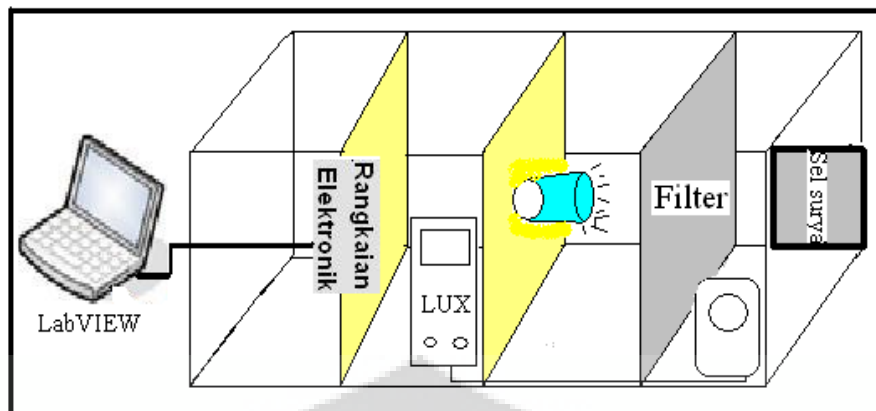
Alat ini dirancang agar dapat mengendalikan Intensitas dan Hambatan (beban) sesuai yang diinginkan terlihat pada Gambar 1.1. Dimana terdapat PC sebagai data *tranceiver* untuk mengirimkan data intensitas cahaya lampu halogen (luxmeter) dan hambatan yang berupa bilangan ADC ke dalam *microcontroller*. Proses pengendalian Intensitas dan hambatan terjadi di dalam *microcontroller*.

Pada dasarnya, alat ini dikendalikan oleh dua buah sistem pengendali yaitu pengendali intensitas cahaya lampu halogen dan pengendali hambatan. Sistem pengendali yang digunakan oleh pengendali intensitas cahaya menggunakan Pulse Width modulation (PWM) dan untuk pengendali Hambatan menggunakan rangkaian pengendali berupa relay 12 V dengan sifat Normally close.

3.2 Perancangan Mekanik

Untuk membuat alat ini banyak hal yang harus diperhatikan. Karena mengingat tujuan alat ini adalah mencari karakteristik solar sel dalam keadaan terang atau gelap. Jadi, bahan-bahan yang digunakan harus mendukung tujuan dibuat alat ini, yaitu ruangan tertutup rapat atau kotak yang diberikan warna putih (tidak mengkilap), sehingga cahaya yang keluar dari lampu halogen akan terpantul langsung menuju solar sel.

Berikut ini adalah gambar alat akusisi data karakteristik solar sel berbasis PC.



Gambar 3.1 Desain Mekanik

Pada sisi bagian kiri terdapat lampu halogen 12V 20 watt, dan pada bagian kanan terdapat sensor solar sel yang dapat disusun secara parallel atau seri, dan diantara solar sel dan lampu halogen terdapat filter yang terbuat dari kaca biasa yang dilapisi dengan plastic kaca film mobil yang berbagai ukuran ketebalan film (40%, 60% dan 80%). Didekat solar sel terdapat sensor cahaya yang dinamakan luxmeter yang berfungsi sebagai pengukur dan pengendali intensitas cahaya lampu halogen yang diinginkan. Untuk spesifikasi dan ukuran-ukuran dari keseluruhan bentuk mekanik berikut akan dijelaskan seperti dibawah ini :

3.2.1 Lampu Halogen

Lampu yang digunakan adalah lampu halogen 12 V 20 watt, lampu ini berfungsi sebagai sumber cahaya (pengganti sinar matahari) untuk solar sel. Yang akan diatur intensitas cahayanya dengan teknik PWM, sehingga dapat menghasilkan daya atau intensitas yang diinginkan.



Gambar 3.2 Lampu Halogen

3.2.2 Sel Surya

Sel surya ialah sebuah alat yang tersusun dari material semikonduktor yang dapat mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik secara langsung. Sering juga dipakai istilah photovoltaic atau fotovoltaiik. Sel surya pada dasarnya terdiri atas sambungan p-n yang sama fungsinya dengan sebuah dioda (diode).



Gambar 3.3 Sel surya

3.2.3 Filter

Filter yang digunakan adalah bahan yang terbuat dari kaca segiempat berbentuk persegi. Kaca ini dilapisi dengan plastic film yang biasanya digunakan pada kaca mobil. Film yang digunakan ukuran ketebalannya bervariasi sesuai keinginan. Namun, dalam percobaan ini menggunakan film yang memiliki ketebalan 40%, 60%, dan 80%. Filter ini digunakan sebagai penyaring datangnya cahaya lampu pada solar sel. Dari percobaan ini, kita bisa mengetahui apa pengaruhnya filter dengan ketebalan tertentu.

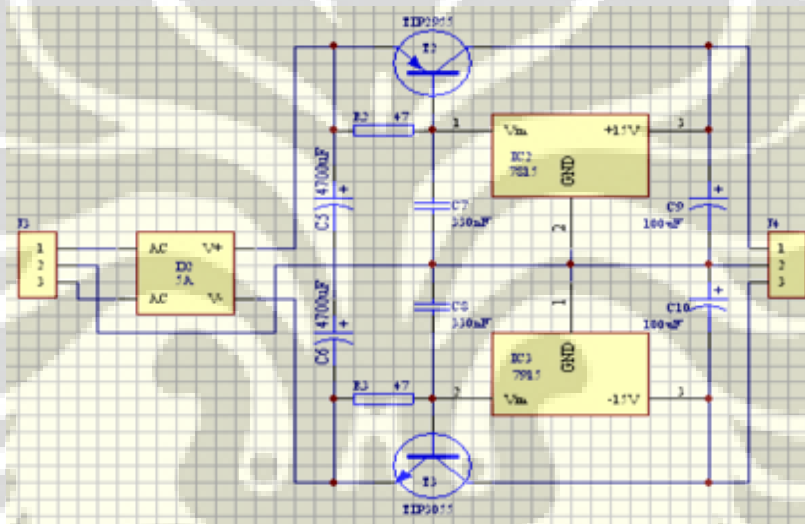
3.3 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada perancangan perangkat keras, terdapat 2 rangkaian yang akan digunakan penulis yaitu sistem minimum mikrokontroler, dan power supply switching untuk lampu dan power supply untuk Relay.

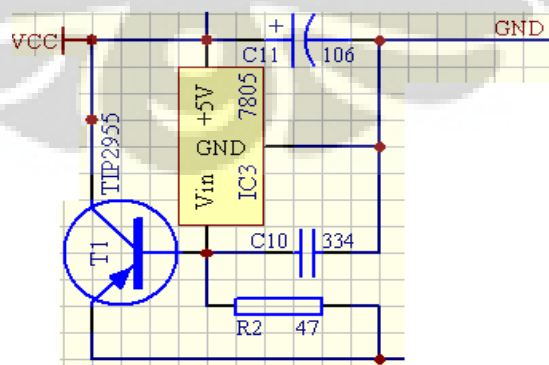
3.3.1 Rangkaian Power Supply

Rangkaian Power supply digunakan untuk mengubah tegangan AC 220 Volt dari PLN menjadi sebesar 5 Volt yang dibutuhkan untuk input rangkaian minimum sistem *microcontroller* dalam satu board dengan microcontroller, +12

Volt, -12 Volt sebagai input tegangan untuk pengendali hambatan dan power supply switching sebesar 12 Volt yang digunakan sebagai input lampu halogen. Di dalam power supply microcontroller dan kendali hambatan ini menggunakan trafo dan regulator 7805, 7812 dan 7912. Dioda bridge sebagai penyearah gelombang penuh sinus keluaran trafo menjadi gelombang satu fase. IC1 dan IC2 adalah regulator tegangan ± 12 volt, sehingga apabila digabungkan akan menghasilkan beda potensial sebesar 24V. IC3 7805 merupakan regulator tegangan yang akan menghasilkan tegangan stabil 5V. TIP 2955 dan TIP3055 adalah transistor-transistor daya yang digunakan untuk penguat arus. Rangkaian *power supply* dilengkapi dengan 2 buah kapasitor 6800 μ F untuk menghilangkan *ripple* akibat proses penyearahan arus dari diode bridge.



Gambar 3.4 Rangkaian Power Supply Pengendali Hambatan



Gambar 3.5 Rangkaian Power Supply *Microcontroller*

3.3.2 Rangkaian *microcontroller* ATmega16

Dalam penelitian ini rangkaian *microcontroller* ATmega16 berfungsi untuk mengubah sinyal analog ke data *digital*, memproses data dari PC, melakukan perhitungan untuk program pengendali hambatan dan intensitas, menyimpan data ke RAM external, serta menghasilkan pulsa PWM. IC *microcontroller* ini memiliki 40 pin dengan 32 pin I/O, 16 kbyte *flash* memori, sehingga *microcontroller* ini mampu menyimpan instruksi dalam kapasitas yang cukup besar. Pada *microcontroller* ini 1 *machine cycle* dapat mencapai 16MHz, sehingga *microcontroller* dapat melakukan instruksi dalam waktu yang singkat. Dalam rangkaian ini juga sudah dilengkapi ISP AVR sehingga memudahkan untuk mendownload program. Rangkaian ini juga terdapat kristal yang sebagai isyarat pulsa detak digunakan untuk menentukan kecepatan operasi pada mikrokontroler. Isyarat pulsa detak dibentuk oleh rangkaian pembangkit pulsa dengan menggunakan osilator kristal. Gambar 3.6 merupakan rangkaian *Minsys* yang digunakan pada rangkaian penulis. Seperti rangkaian *Minsys* pada umumnya terdapat beberapa port yang dipakai untuk pengendalian maupun menampilkan informasi. Pada skripsi ini penulis menggunakan Port A.0 dan Port A.1 sebagai ADC, Port C sebagai output untuk mengendalikan hambatan, dan Port D.0 dan Port D.1 sebagai jalur receive dan transmit komunikasi serial, Port D.4 dan Port D.5 dijadikan sebagai pengendali intensitas cahaya (PWM).

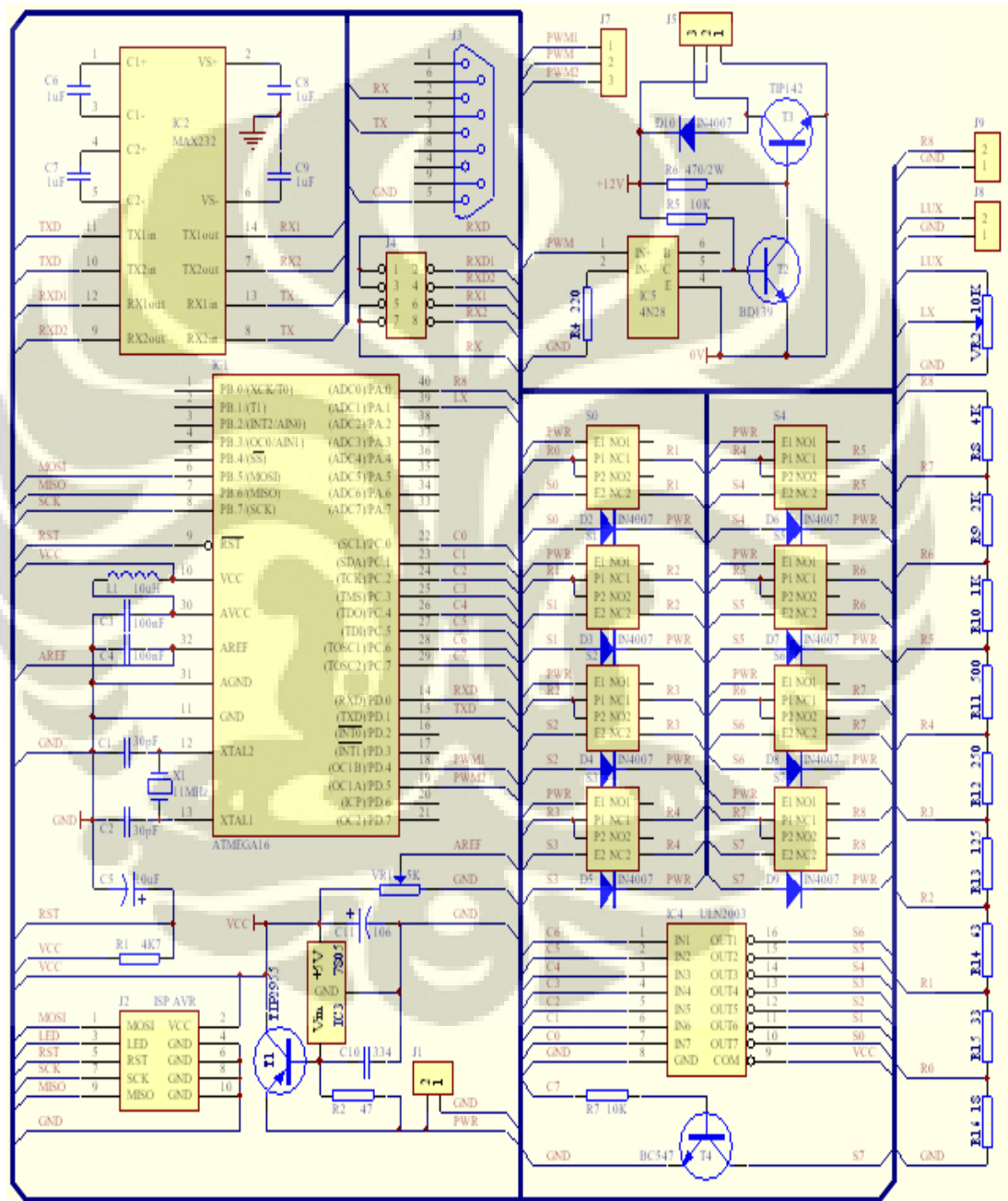
Internal ADC pada mikrokontroler tipe Atmega16 memiliki range tegangan input analog dari 0V sampai +5V. internal ADC pada mikrokontroler tipe ATmega16 merupakan ADC 10-bit jika digunakan pada mode *single ended conversion*. Resolusi dari internal ADC pada mikrokontroler ini adalah

$$\text{bit ADC} = \frac{V_{ref}}{1023} \quad (3.1)$$

Nilai resolusi ADC bergantung pada nilai tegangan referensinya. Tegangan referensi ADC dapat diakses secara internal atau di-input-kan dari pin AREF. Pada penelitian ini penulis menggunakan tegangan referensi internal sebesar AVCC yaitu sama dengan supply yang diberikan ke mikrokontroler ini dengan external kapasitor di pin AREF. Waktu konversi yang sangat singkat pada

mode single ended conversion sangat mendukung penelitian ini karena akan menyebabkan proses kalkulasi pengendalian menjadi lebih cepat. Mikrokontroler tipe ATmega16 memiliki fasilitas internal pembangkit pulsa PWM. Pulsa PWM yang digunakan merupakan hasil counting pada Timer1 dan akan dibangkitkan pada pin OC1A dan OC1B.

Berikut adalah blok rangkaian keseluruhan dari alat ini.



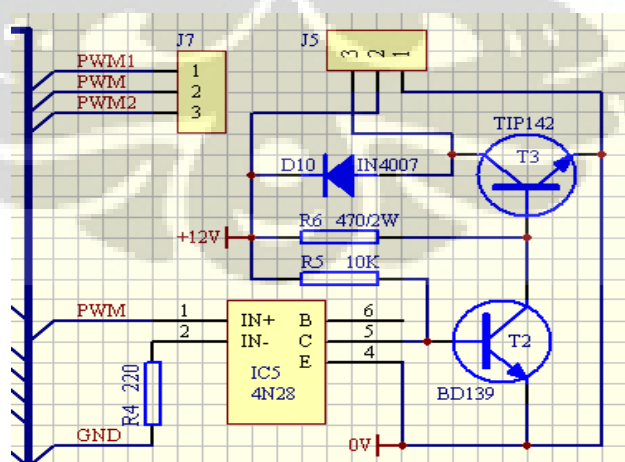
Gambar 3.6 Rangkaian minimum *microcontroller* ATmega16

Pada rangkaian *Minsys* tersebut menggunakan komunikasi RS232 sebagai alat Interface ke PC. Rangkaian ini dilengkapi dengan Port DB9 Female untuk koneksi data ke komputer.

3.3.3 Rangkaian PWM dan driver lampu

PWM adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengontrol kerja dari suatu alat yang menggunakan tegangan DC yang variabel. Pada penelitian ini PMW digunakan untuk mengatur sumber daya yang mengalir ke lampu, sehingga tingkat keterangan cahaya yang dihasilkan lampu bergantung pada sinyal PWM dengan persentase *duty cycle* yang diberikan.

Pada penelitian ini lampu berfungsi sebagai aktuator yang akan memberikan penyorotan cahaya ke sensor solar sel. Lampu yang digunakan pada penelitian ini adalah lampu halogen dengan spesifikasi tegangan 12 V dan daya 20W. Dari spesifikasi yang dimiliki maka dapat diketahui bahwa lampu akan terang maksimum ketika dilewati arus sebesar 1,67A. Sinyal PWM yang dibangkitkan *microcontroller* memiliki spesifikasi tegangan sebesar 5V dan nilai arus yang kecil, sehingga dibutuhkan *interfacing* arus kuat agar dapat memberikan daya yang besar untuk lampu. Rangkaian *interfacing* ini juga berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian arus lemah dan rangkaian arus kuat. Rangkaian *interfacing driver* lampu ditunjukkan pada gambar 3.7.

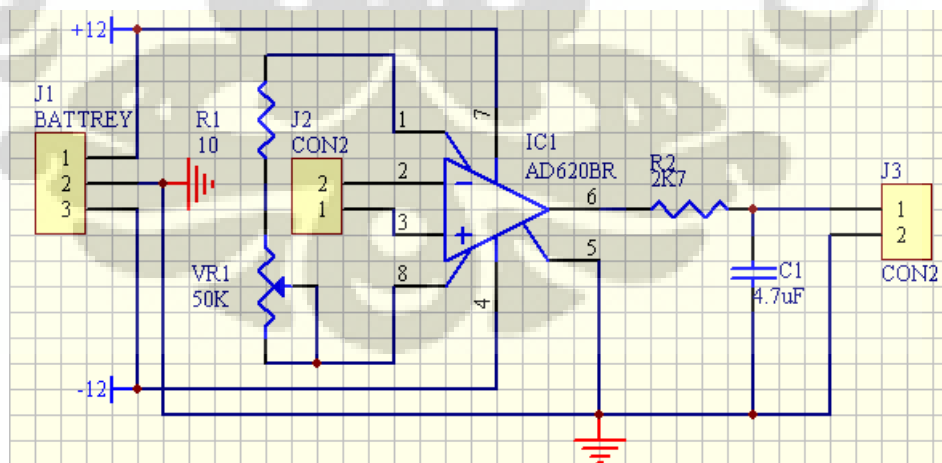


Gambar 3.7 Rangkaian *Interfacing driver* lampu

Rangkaian ini menggunakan sebuah IC *optocoupler* dengan tipe 4N28. IC ini berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian *digital* yang menggunakan *power* arus kecil dengan rangkaian *analog driver* lampu yang menggunakan *power* arus besar. Untuk rangkaian ini membutuhkan regulator 12 V yang berfungsi memberikan supply tegangan ke rangkaian sensor cahaya, IC optocoupler 4N28 dan lampu halogen.

3.3.4 Rangkaian Penguatan

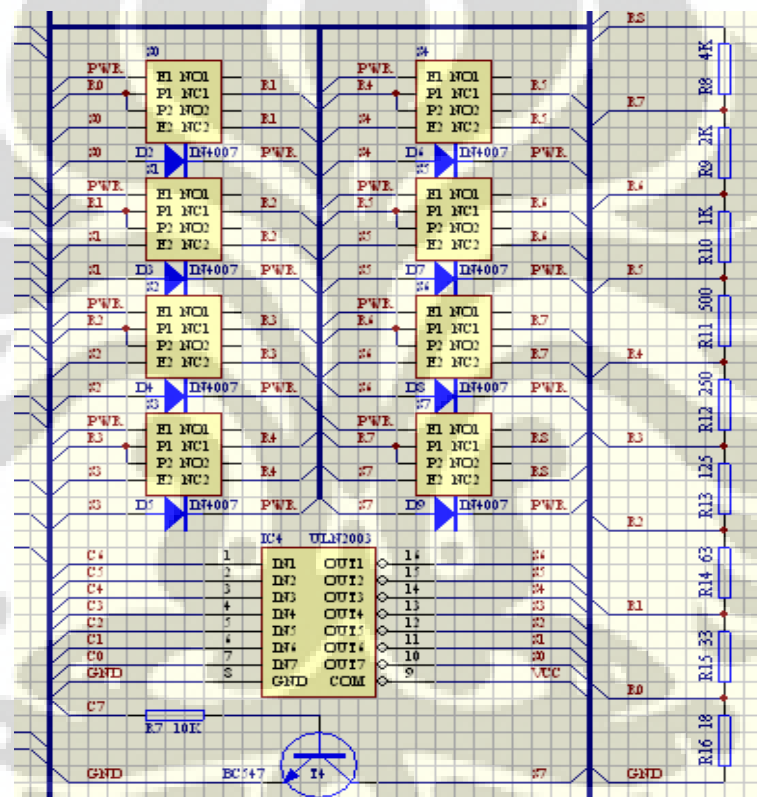
Untuk Luxmeter, keluaran differensial dari sensor ini, di inputkan ke tahap penguatan, hal ini di karenakan keluaran dari sensor sangat kecil yaitu dengan sensitivitas 200 mv untuk intensitas 5000 lux. Namun, pada saat intensitas maksimal lampu adalah 550 lux. Berarti pada saat 550 lux, tegangan output yang dihasilkan luxmeter sekitar 22 mV. Karena *microcontroller* hanya dapat membaca tegangan antara 0-5 V, maka dari itu diberikan penguatan 100x. Sehingga pada saat intensitas maksimal sebesar 550 lux, tegangan outputnya adalah 2,2 V. Keluaran dari penguatan ini kemudian di filter, sebelum diinputkan ke pin adc internal micro controller. Untuk design schematic dari rangkaian penguatan ini bisa dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Rangkaian Penguatan (100x)

3.3.5 Rangkaian Pengendali Hambatan

Dalam percobaan ini selain intensitas cahaya yang dikendalikan, pemakaian hambatan juga dikendalikan oleh mikrokontroler yang menggunakan prinsip kerja dari relay. Saat diberikan logika 00000001, maka mikrokontroler akan memberi perintah sehingga relay yang dalam keadaan hidup adalah S0, yaitu hambatan akan bernilai 18 ohm. Begitu juga saat diberikan logika 00000010 maka, relay yang hidup S1 yaitu hambatan akan menghasilkan 18 ohm + 33 ohm yakni 51 ohm. Begitu pula perintah selanjutnya sesuai dengan logika yang diberikan ke mikrokontroler.



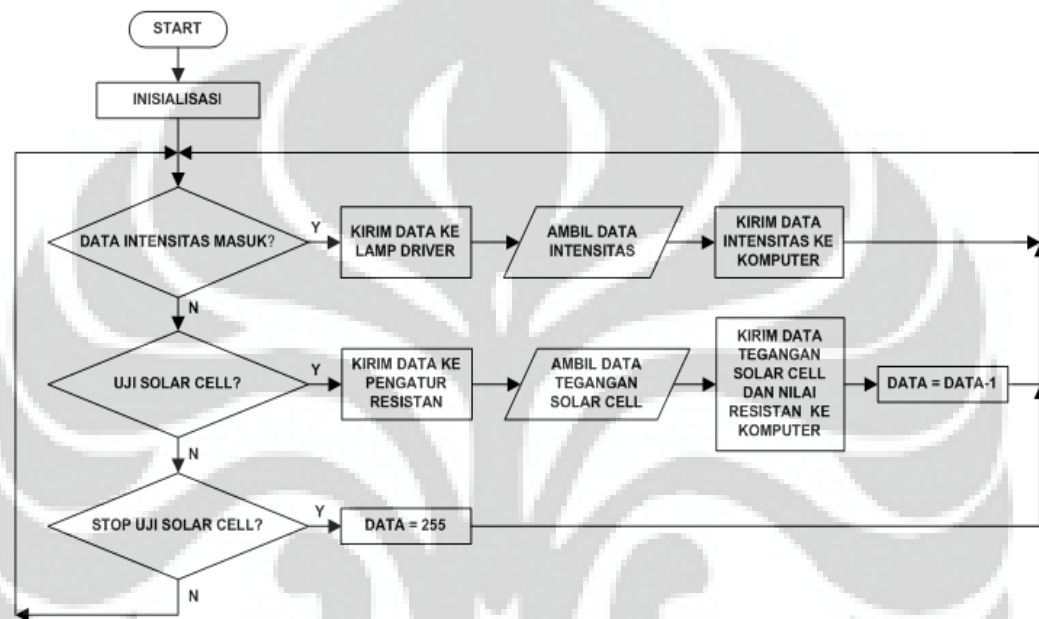
Gambar 3.9 Rangkaian Pengendali Hambatan

3.4 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada alat ini menggunakan perangkat lunak (*software*) di dalam pengendaliannya. *Software* yang digunakan yaitu Bascom AVR dan LabVIEW. Setelah mengetahui fungsi tranfers dari data solar sel setelah itu baru dibuat

program Bascom AVR untuk membaca perubahan intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sel surya.. Selain itu menggunakan kabel serial untuk komunikasinya. Untuk proses berlangsungnya pengambilan data, dimana data ADC dan data PWM akan diminta oleh LabVIEW dan kemudian dikirimkan ke mikrokontroler, setelah menerima perintah dari LabVIEW, mikrokontroler akan meresponnya sesuai dengan perintah dari LabVIEW tersebut.

Berikut ini adalah *flowchart* dari program Bascom Avr:

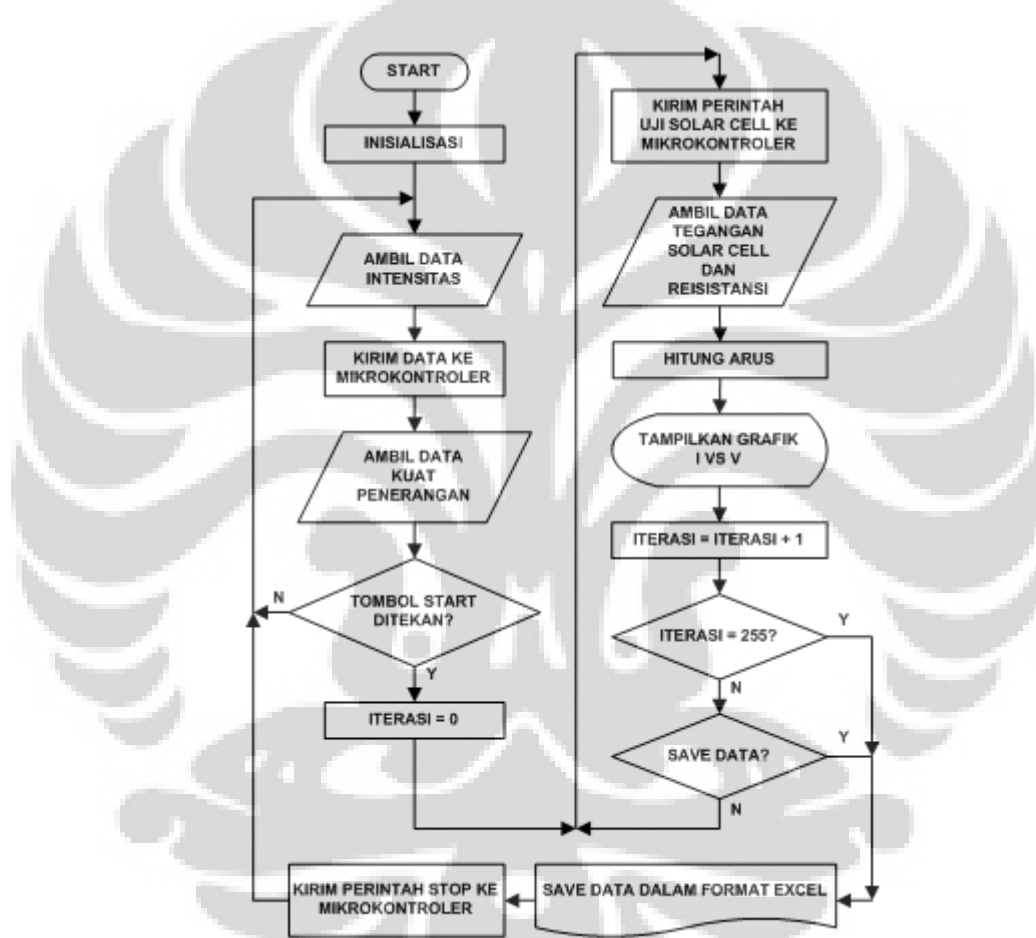


Gambar 3.10 Flowchart Program Mikro

Bila melihat *flowchart* di atas, setelah program dijalankan maka akan terjadi inisialisasi terlebih dahulu setelah itu start program kemudian mengisi Port_C dengan 255, dimana daya (power lampu) dalam keadaan 0%. Kemudian menunggu perintah, jika perintahnya diawali dengan tanda “*”, maka akan menerima % daya (PWM) dimana terkirim intensitas = 1. *Microcontroller* akan mengkonversi nilai % daya ke dalam Pulsa (PWM). Setelah itu mengambil data ADC lux, dimana akan mengirim nilai lux tersebut dan ditampilkan ke labview. Dan jika perintahnya “\$”, maka microcontroller akan menerima nilai data command. Data command ada 2 pilihan, yaitu jika data command = “G”, maka

microcontroller akan mengirim listrik = 1, dimana Port_C berisi data_res_byte, kemudian mengaktifkan relay yang berfungsi sebagai pengaturan hambatan (beban). Saat data command = "G", lampu akan menyala sesuai dengan perintah pengendali, sehingga menghasilkan tegangan dan hambatan yang akan ditampilkan ke dalam grafik I-V, setelah itu menunggu perintah selanjutnya dari pengendali. Namun jika data command = "S", maka microcontroller secara otomatis akan kembali ke start, atau fungsi kerja alat berhenti.

Berikut ini adalah *flowchart* dari program Labview:



Gambar 3.11 Flowchart Program Pengendali

Bila melihat *flowchart* di atas, setelah program dijalankan maka akan terjadi inisialisasi terlebih dahulu setelah itu start program kemudian mengirim atau mengendalikan persen daya lampu, lalu dibaca oleh lux (berupa ADC). Membaca nilai resistansi, yang kemudian akan dideteksi oleh solar sel berupa volt

dan arus yang ditampilkan dalam grafik. Proses akan berakhir bila diberikan instruksi stop atau nilai 0 (nol) melalui software. Nilai persen daya lampu diberikan melalui software dengan menggeser nilai untuk PWM dari 0 – 1023 dan untuk nilai resistansi 0-255 setelah itu program mengeksekusi, sehingga menghasilkan grafik kurva I-V.



BAB 4

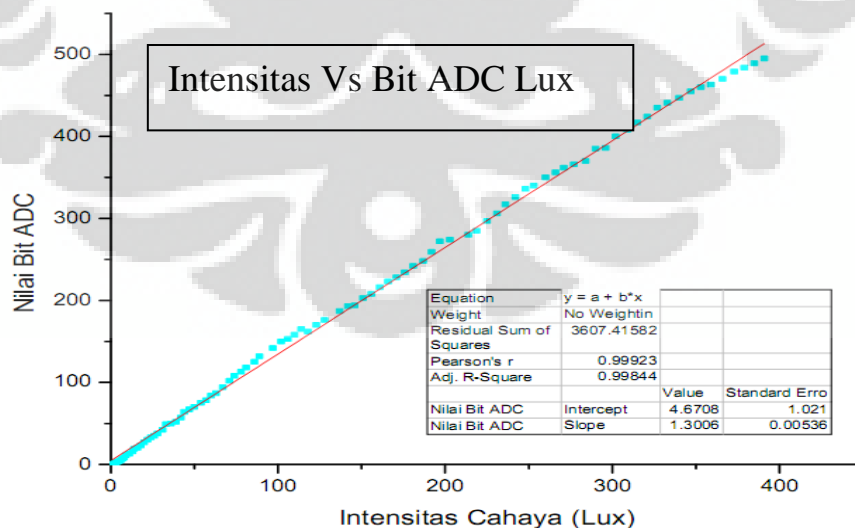
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian-pengujian tersebut meliputi :

- Pengujian Luxmeter
- Pengujian Sel surya
- Pengujian Sistem

4.1. Pengujian Luxmeter

Pengujian Luxmeter bertujuan untuk mengetahui nilai respon yang dihasilkan driver dengan input intensitas yang berbeda. Untuk itu diberikan masukan 0 hingga 100% dengan cara mengatur lebar pulsa. Bila diberikan nilai biner dari 0 hingga 1023 maka akan terjadi perubahan intensitas. Nilai 0 pada biner artinya 0% dan nilai biner 1023 adalah 100%. Pengujian dilakukan dengan menggunakan lampu halogen 20 watt untuk mendapatkan intensitas maksimal. Pengukuran intensitasnya diukur dan dibandingkan oleh luxmeter digital dan lux pada lampu melalui *hyperterminal* dalam bentuk nilai desimal dari bit ADC. Oleh karena itu maka dihasilkan dalam grafik, yaitu:



Gambar 4.1. Grafik Intensitas pada Luxmeter

Dari grafik terlihat bahwa perubahan intensitasnya hampir linear dengan persamaan garis, yaitu:

$$y = 1.302x + 4.226$$

$$R^2 = 0.998 \quad (4.1)$$

Setelah didapatkan persamaan garis di atas maka dapat ditentukan berapa intensitas yang dihasilkan dengan persamaan:

$$x = \frac{y - 4.226}{1.302} \quad (4.2)$$

dengan :

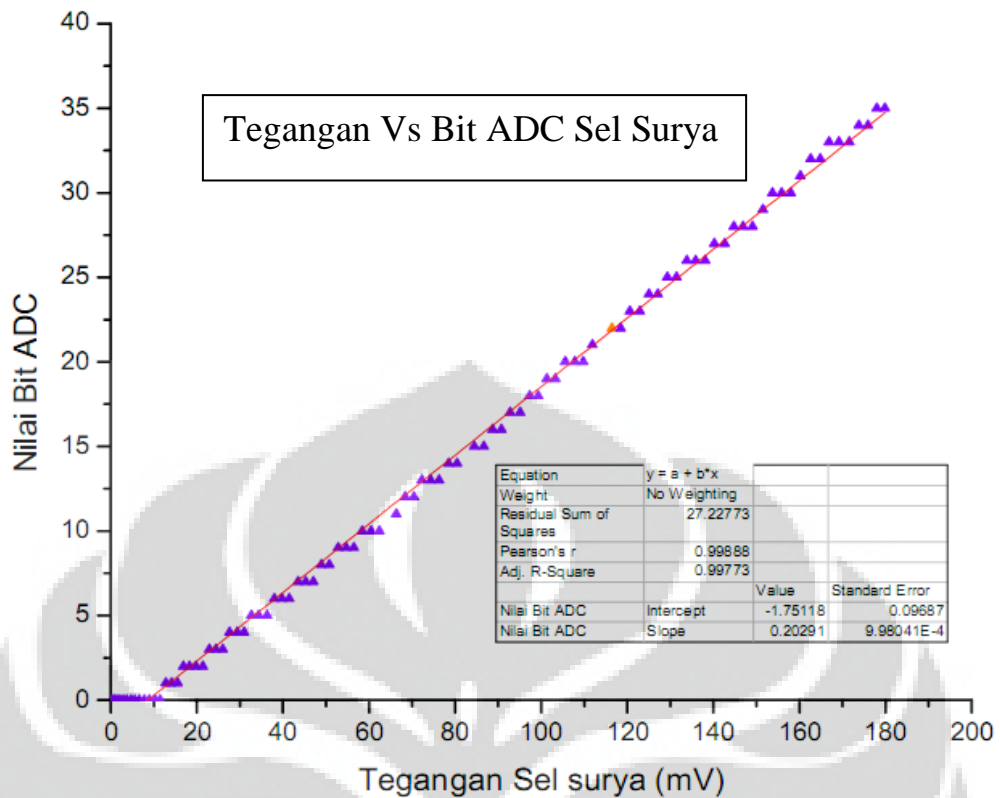
x = Nilai intensitas (Lux)

y = Nilai bit dari ADC Lux

Dari persamaan garis didapatkan nilai $R^2 = 0,998$, artinya sensor luxmeter yang digunakan dalam pengukuran intensitasnya dapat dikatakan baik.

4.2. Pengujian Sel surya

Pengujian sel surya bertujuan untuk mengetahui nilai respon berupa tegangan yang dihasilkan sel surya dengan input intensitas yang berbeda. Untuk itu diberikan masukan 0 hingga 100% dengan cara mengatur lebar pulsa. Bila diberikan nilai biner dari 0 hingga 1023 maka akan terjadi perubahan tegangan. Nilai 0 pada biner artinya 0% dan nilai biner 1023 adalah 100%. Pengujian dilakukan dengan sel surya jenis silikon monokristal. Pengukuran tegangannya diukur dan dibandingkan oleh voltmeter digital dan tegangan pada solar sel melalui *hyperterminal* dalam bentuk nilai desimal dari bit ADC. Oleh karena itu maka dihasilkan dalam grafik, yaitu:



Gambar 4.2. Grafik Tegangan Solar sel

Dari grafik terlihat bahwa perubahan tegangannya hampir linear dengan persamaan garis, yaitu:

$$y = 0.206x - 2.222$$

$$R^2 = 0.997 \quad (4.3)$$

Setelah didapatkan persamaan garis di atas maka dapat ditentukan berapa tegangan yang dihasilkan dengan persamaan:

$$x = \frac{y + 2.222}{0.206} \quad (4.4)$$

dengan :

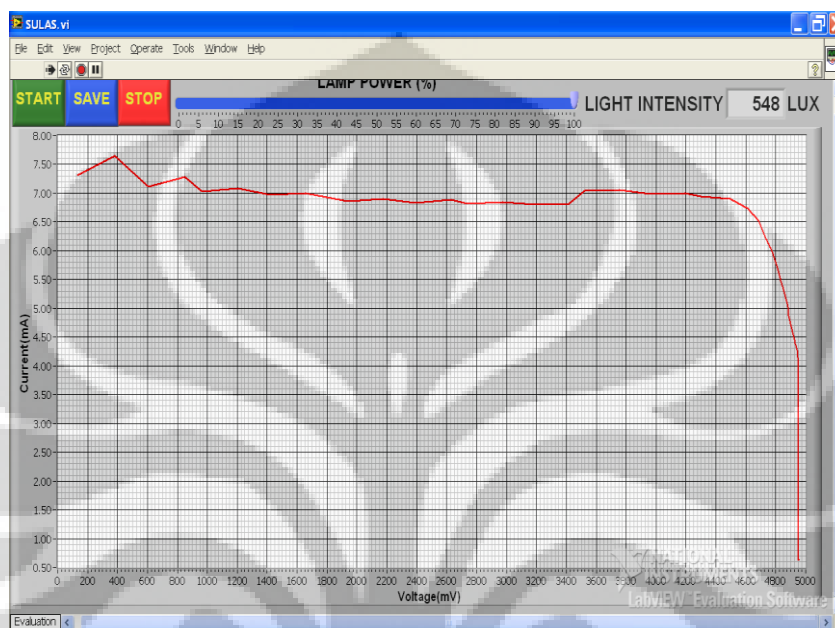
x = Nilai Tegangan yang dihasilkan sel surya (mV)

y = Nilai bit dari ADC

Dari persamaan garis didapatkan nilai $R^2 = 0,997$, artinya sensor sel surya yang digunakan dalam pengukuran tegangannya dapat dikatakan baik.

4.3. Pengujian Sistem

Setelah didapatkan data luxmeter dan tegangan sel surya maka dapat kita lihat pengendalian yang dihasilkan dalam software, yaitu:

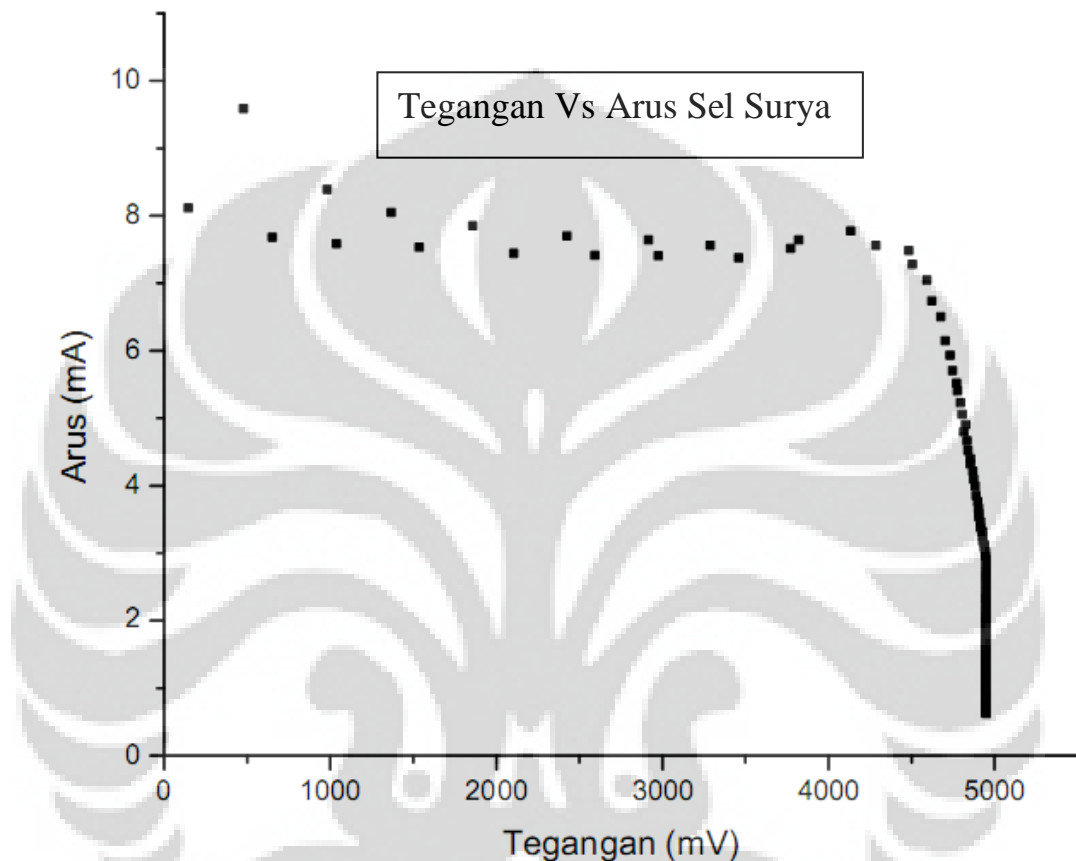


Gambar 4.3. Tampilan pada PC bila diberikan Daya power = 100% Tanpa Filter

Variasi hambatan akan menyala dari 0 hingga mencapai hambatan yang diinginkan yang telah ditentukan yaitu 255 variasi hambatan maka nilai tegangannya semakin turun dengan sedikit demi sedikit dan hingga akhirnya variasi hambatan tersebut semakin besar. Untuk intensitas cahaya lampu setelah ditentukan *set point* maka daya yang diberikan *full power* sebesar 100% agar dapat melihat fungsi sel surya dari sumber intensitas cahaya maksimum. Dilihat dari grafik, sistem pengendalian belum dapat dikatakan baik, karena dalam grafik terjadi yang namanya fluktuasi (tegangan selalu naik turun). Hal ini terjadi dikarenakan kabel/sambungan yang digunakan pada luxmeter ke rangkaian tidak baik dan terjadi gangguan/tersentuh. Dengan demikian pada sensor cahaya yaitu

luxmeter sangat sensitif jadi dibutuhkan sambungan/kabel yang lebih baik jadi terhindar dari *noise* yang dapat mengganggu pembacaan intensitasnya.

Dari hasil respon di atas nilai tegangan dan arus sel surya yang didapat dapat disimpan melalui *microsoft excel*. Untuk itu masalah gangguan pada luxmeter harus coba dihilangkan. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.4.



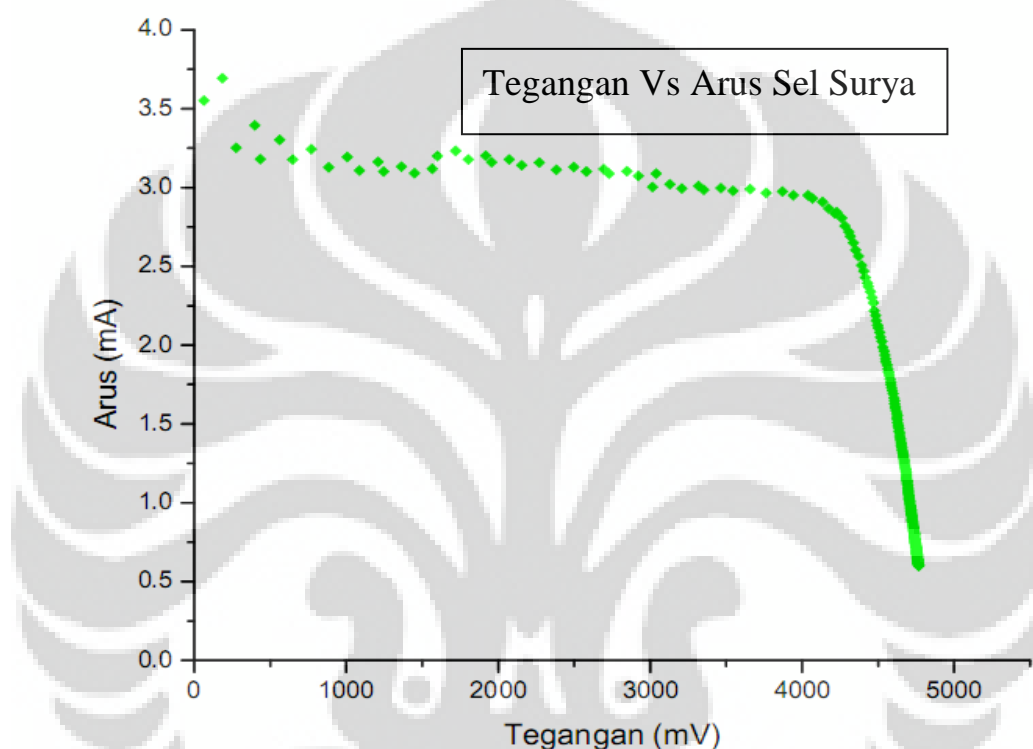
Gambar 4.4 Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus pada Sel surya(mA) power maksimal = 100% Tanpa Filter

Bila dilihat dari grafik diatas, maka dapat diketahui parameter-parameter yang diterima dari intensitas cahaya maksimal pada sel surya, antara lain P_{max} , I_{SC} , V_{OC} , I_{MPP} , V_{MPP} , *Fill Factor*, dan Efisiensi.

Arus rangkaian pendek atau I_{SC} (*short circuit*) terjadi pada saat tegangan sel surya sama dengan nol. Besarnya nilai I_{SC} pada pengukuran ini adalah 0,0081A. Tegangan rangkaian terbuka atau V_{OC} (*open circuit*) terjadi pada saat arus sel surya sama dengan nol. Besarnya nilai V_{OC} pada pengujian ini adalah

4,95V. Nilai titik daya maksimum 0,033 watt, terjadi pada saat V_{mpp} 4,48 V dan I_{mpp} 0,0075 A. Dengan menggunakan persamaan (2.8), didapatkan nilai FF sel surya sebesar 0,83. Dan dengan menggunakan persamaan (2.9), akan mendapatkan efisiensi dari sel surya sebesar 2%.

Pada saat menggunakan filter kaca film dengan ketebalan 40%, hasilnya sangat berbeda dengan tanpa menggunakan filter, karena cahaya yang terpancarkan ke sel surya sudah berkurang. Berikut ini adalah hasil grafiknya:



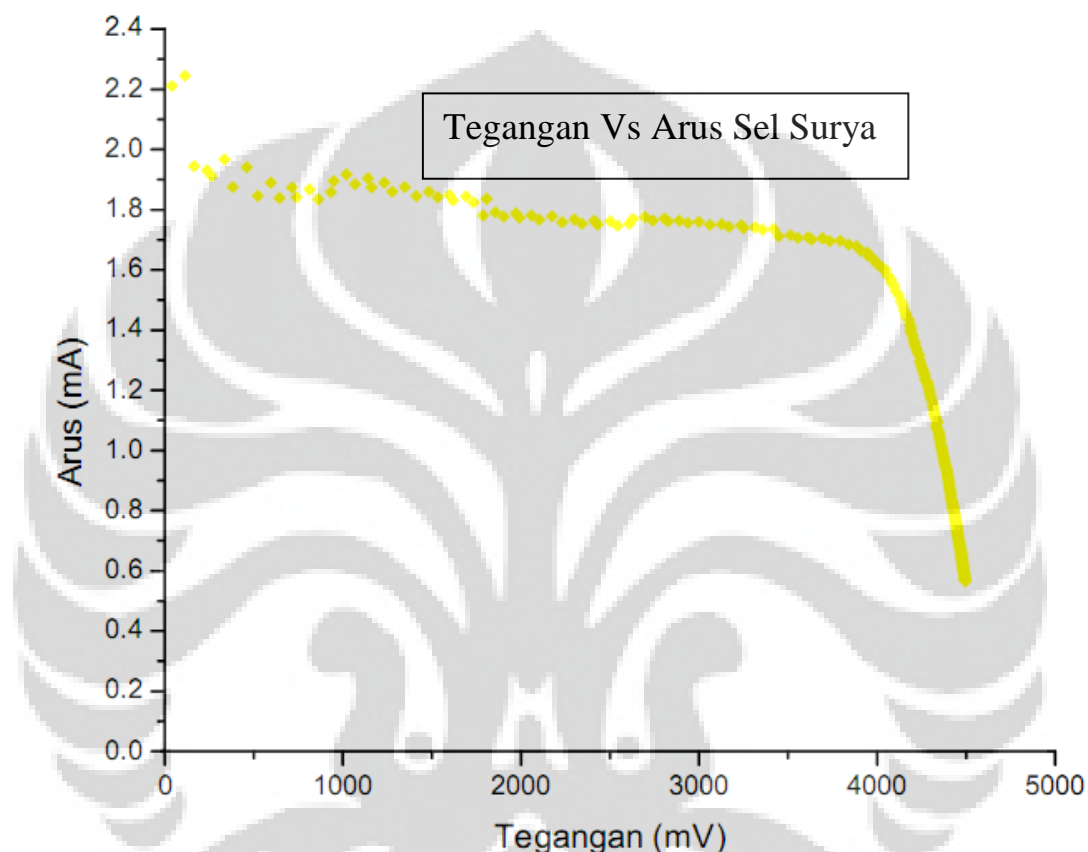
Gambar 4.5 Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus pada Sel surya (mA) power maksimal = 100% menggunakan Filter ketebalan 40%

Bila dilihat dari grafik diatas, maka dapat diketahui parameter-parameter yang diterima dari intensitas cahaya maksimal pada sel surya, antara lain P_{max} , I_{SC} , V_{OC} , I_{MPP} , V_{MPP} , *Fill Factor*, dan Efisiensi.

Arus rangkaian pendek atau I_{SC} (*short circuit*) terjadi pada saat tegangan sel surya sama dengan nol. Besarnya nilai I_{SC} pada pengukuran ini adalah 0,0036A. Tegangan rangkaian terbuka atau V_{OC} (*open circuit*) terjadi pada saat arus sel surya sama dengan nol. Besarnya nilai V_{OC} pada pengujian ini adalah

4,77V. Nilai titik daya maksimum 0,012 watt, terjadi pada saat V_{mpp} 4,13 V dan I_{mpp} 0,0029 A. Dengan menggunakan persamaan (2.8), didapatkan nilai FF sel surya sebesar 0,81. Dan dengan menggunakan persamaan (2.9), akan mendapatkan efisiensi dari sel surya sebesar 1,2%.

Berikut adalah hasil karakteristik sel surya pada saat menggunakan filter kaca film dengan ketebalan 80%, dengan intensitas maksimal.



Gambar 4.6 Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus pada Sel surya (mA)
power maksimal = 100% menggunakan Filter ketebalan 80%

Bila dilihat dari grafik diatas, maka dapat diketahui parameter-parameter yang diterima dari intensitas cahaya maksimal pada sel surya, antara lain P_{max} , I_{sc} , V_{oc} , I_{mpp} , V_{mpp} , *Fill Factor*, dan Efisiensi.

Arus rangkaian pendek atau I_{sc} (*short circuit*) terjadi pada saat tegangan sel surya sama dengan nol. Besarnya nilai I_{sc} pada pengukuran ini adalah 0,0022A. Tegangan rangkaian terbuka atau V_{oc} (*open circuit*) terjadi pada saat

arus sel surya sama dengan nol. Besarnya nilai V_{oc} pada pengujian ini adalah 4,5V. Nilai titik daya maksimum 0,007 watt, terjadi pada saat V_{mpp} 3,95 V dan I_{mpp} 0,0017 A. Dengan menggunakan persamaan (2.8), didapatkan nilai FF sel surya sebesar 0,67. Dan dengan menggunakan persamaan (2.9), akan mendapatkan efisiensi dari sel surya sebesar 1,04%.

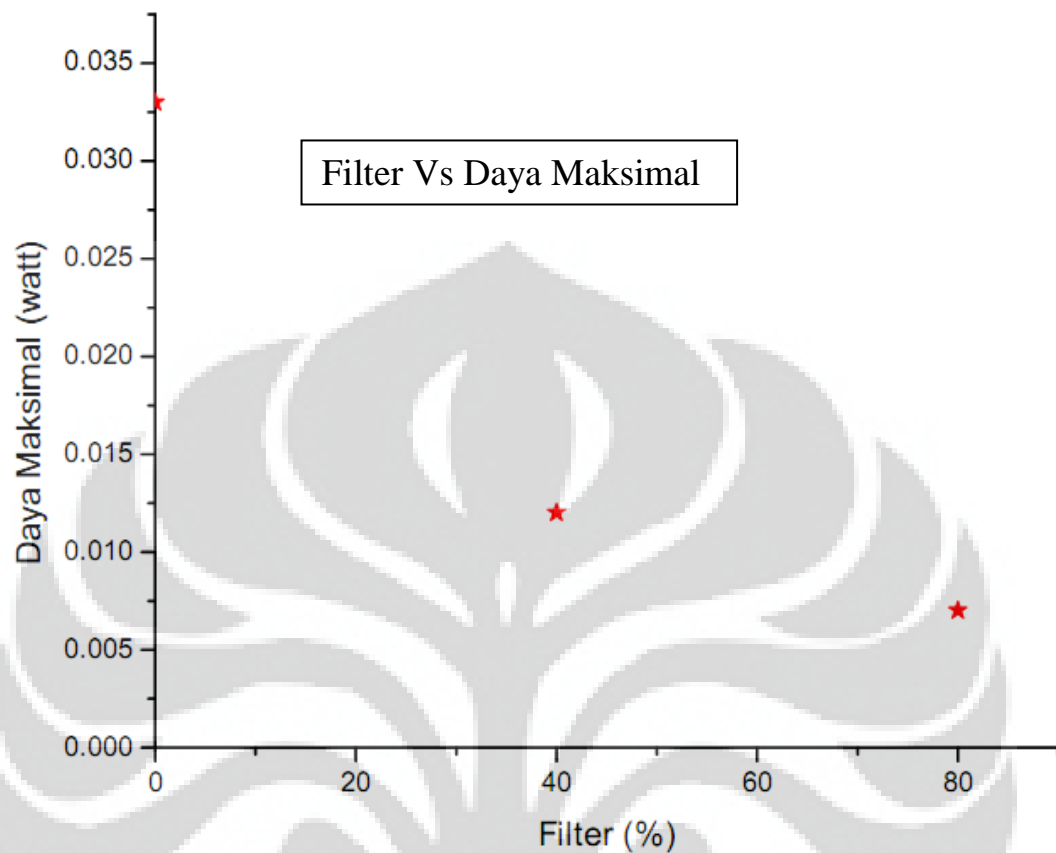
Dengan melihat Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6 dapat dilihat karakteristik sel surya yaitu semakin besar nilai tegangan maka arus yang mengalir semakin kecil. Karakteristik tersebut berbeda dengan sumber tegangan (voltage source) maupun arus sumber (current source). Sumber tegangan yang ideal akan memberikan tegangan yang konstan ketika diberikan beban yang bervariasi dan sumber arus yang ideal akan memberikan arus yang konstan ketika diberikan beban yang bervariasi. Dengan demikian sel surya tidak biasa disebut sebagai sumber tegangan maupun sumber arus. *Fill Factor* (FF) yang didapatkan pun ≈ 1 , membuktikan bahwa fungsi kerja sel surya sebagai pengganti energi semakin tepat. Sedangkan efisiensi dari sel surya sekitar 3-16.7%, berarti dari seluruh energi cahaya yang diterima oleh sel surya hanya berkisar 3-16.7% energi cahaya yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Tabel 4.1 Tabel Karakteristik sel surya dengan variasi filter

% Filter	Pmax (Watt)	I_{sc} (A)	V_{oc} (V)	I_{mpp} (A)	V_{mpp} (V)	FF	η (%)
0%	0,033	0,0081	4,95	0,0075	4,48	0,83	2
40%	0,012	0,0036	4,77	0,0029	4,13	0,81	1,2
80%	0,007	0,0022	4,5	0,0017	3,95	0,67	1,04

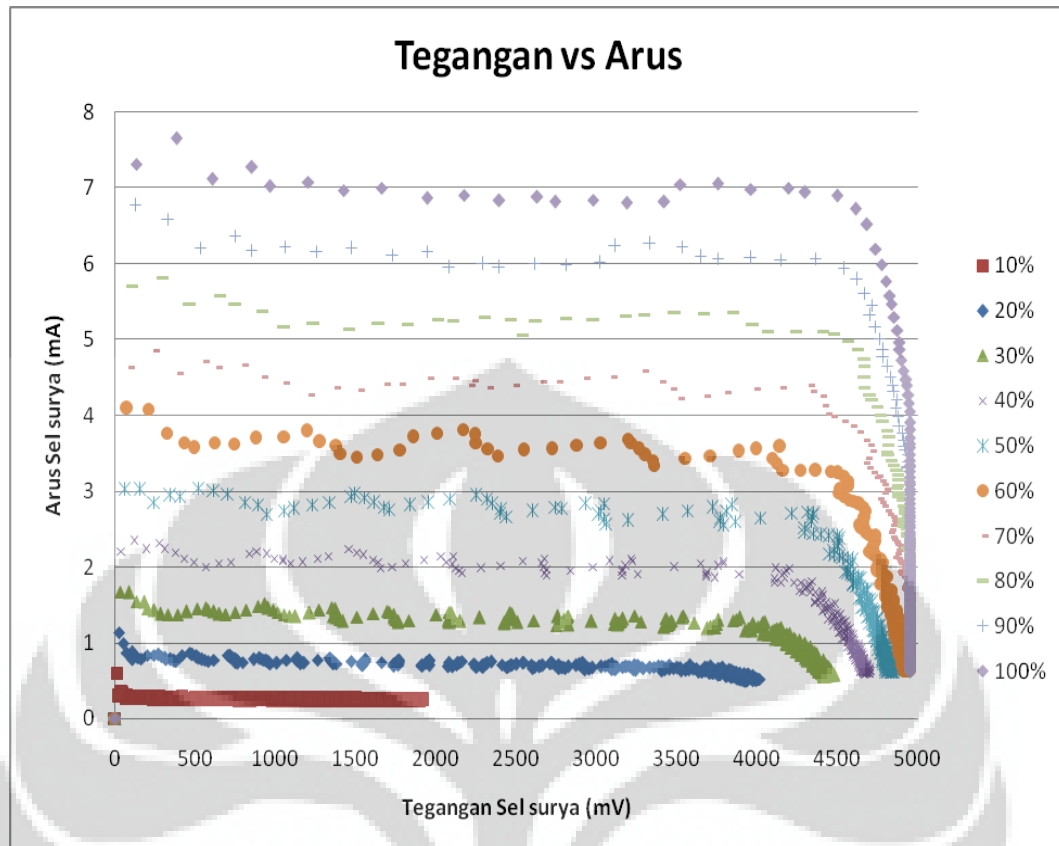
Berdasarkan tabel karakteristik sel surya dengan variasi filter diatas, semakin kecil parameter-parameter sel surya yang diterima sel surya dengan intensitas (*power* daya) yang sama. Baik untuk daya yang dihasilkan sebagai energi, I_{sc} , V_{oc} , I_{mpp} , V_{mpp} , FF, dan efisiensi dari kerja sel surya. Hal ini membuktikan bahwa sifat cahaya dapat menembus benda bening, terbukti disaat sel surya tanpa terhalang

oleh filter. Semakin besar ketebalan filter, maka semakin kecil parameter yang menunjang kerja sel surya.



Gambar 4.7 Grafik Daya maksimal (Watt) terhadap Filter (%)
power maksimal = 100%

Dari gambar diatas, ketebalan dari filter sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan sel surya sebagai pengganti energi. Semakin besar pemakaian ketebalan filter, maka daya yang dihasilkan pada sel surya semakin kecil.



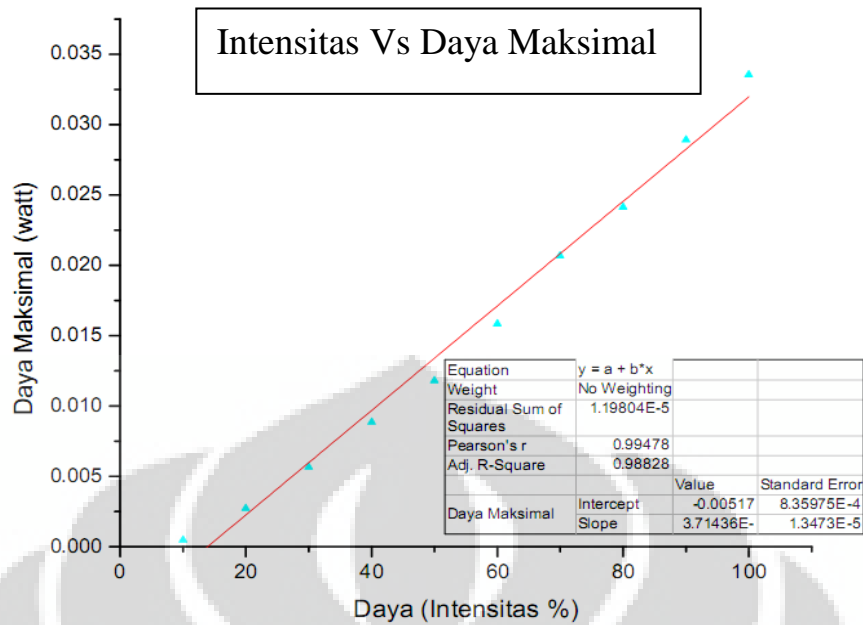
Gambar 4.8 Grafik Karakteristik Arus-Tegangan Terhadap variasi Intensitas Tanpa Menggunakan Filter

Pada saat sumber cahaya diberikan daya power 10% (\pm daya intensitasnya sebesar 5 lux) maka akan menghasilkan tegangan dan arus sel surya yang begitu kecil. Namun disaat sumber cahaya dinaikkan menjadi 20%-100% dengan (kenaikan 10%) sehingga sel surya menghasilkan tegangan dan arus yang dipancarkan oleh sumber lampu terhadap sel surya semakin besar. Hal ini membuat daya yang dihasilkan pun semakin besar dimana daya yang semakin besar tersebut akan digunakan sebagai energi pengganti. Dari grafik pun terlihat jelas bahwa semakin besar intensitas cahaya yang diberikan pada lampu terhadap sel surya maka akan semakin besar pula arus dan tegangan yang dihasilkan sel surya.

Tabel 4.2 Tabel Karakteristik sel surya dengan variasi Daya (intensitas)

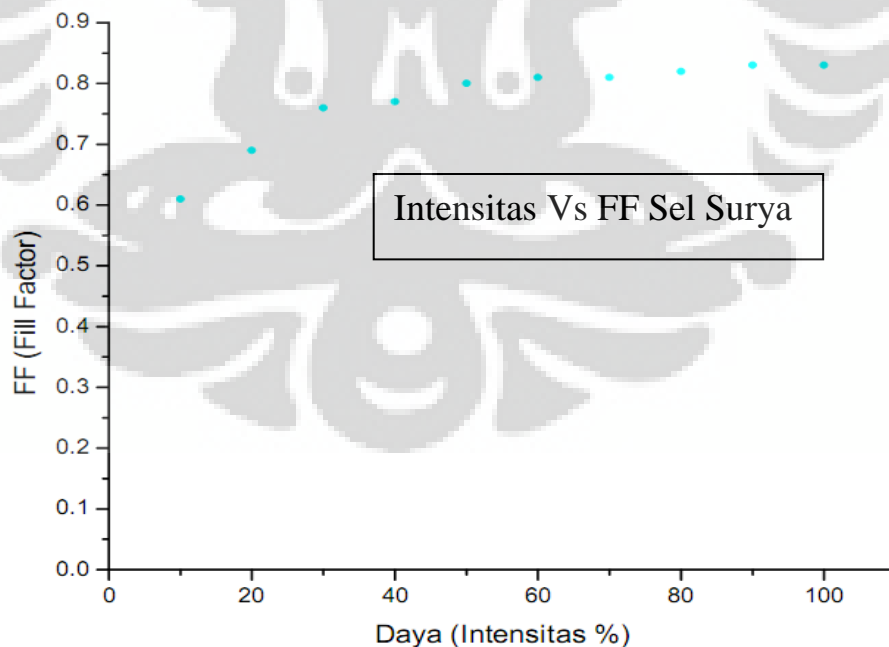
% Daya	Pmax (Watt)	I _{sc} (A)	V _{oc} (V)	I _{mpp} (A)	V _{mpp} (V)	FF	η (%)
10	0.00054	0.0005	1.82171	0.0002	2.71	0.61	0.04
20	0.00273	0.0009	3.98027	0.0008	3.62	0.69	0.07
30	0.00566	0.0017	4.42937	0.0014	3.92	0.76	0.18
40	0.00886	0.0025	4.63701	0.0022	4.11	0.77	0.33
50	0.01180	0.0030	4.83983	0.0027	4.35	0.80	0.61
60	0.01583	0.0041	4.8688	0.0036	4.40	0.81	0.83
70	0.02068	0.0052	4.9509	0.0047	4.41	0.81	1.09
80	0.02414	0.0062	4.9509	0.0055	4.43	0.82	1.2
90	0.02891	0.0070	4.9509	0.0065	4.45	0.83	1.6
100	0.03354	0.0081	4.9509	0.0075	4.51	0.83	2

Berdasarkan tabel karakteristik sel surya dengan variasi daya (intensitas) diatas, semakin besar parameter-parameter sel surya yang diterima sel surya. Baik untuk daya yang dihasilkan sebagai energi, I_{sc}, V_{oc}, I_{mpp}, V_{mpp}, FF, dan efisiensi dari kerja sel surya. Hal ini membuktikan bahwa Besarnya intensitas sebanding dengan besarnya Parameter-parameter dari sel surya. begitu juga dengan besarnya FF yang dihasilkan oleh sel surya, semakin besar intensitas yang terserap oleh sel surya, maka akan semakin baik fungsi kerja (energy atau daya) sel surya. Sedangkan efisiensi dari sel surya sekitar 0.2-16.7%, berarti dari seluruh energi cahaya yang diterima atau diserap oleh sel surya hanya berkisar 0.2-16.7% energi cahaya yang dapat diubah menjadi energi listrik.



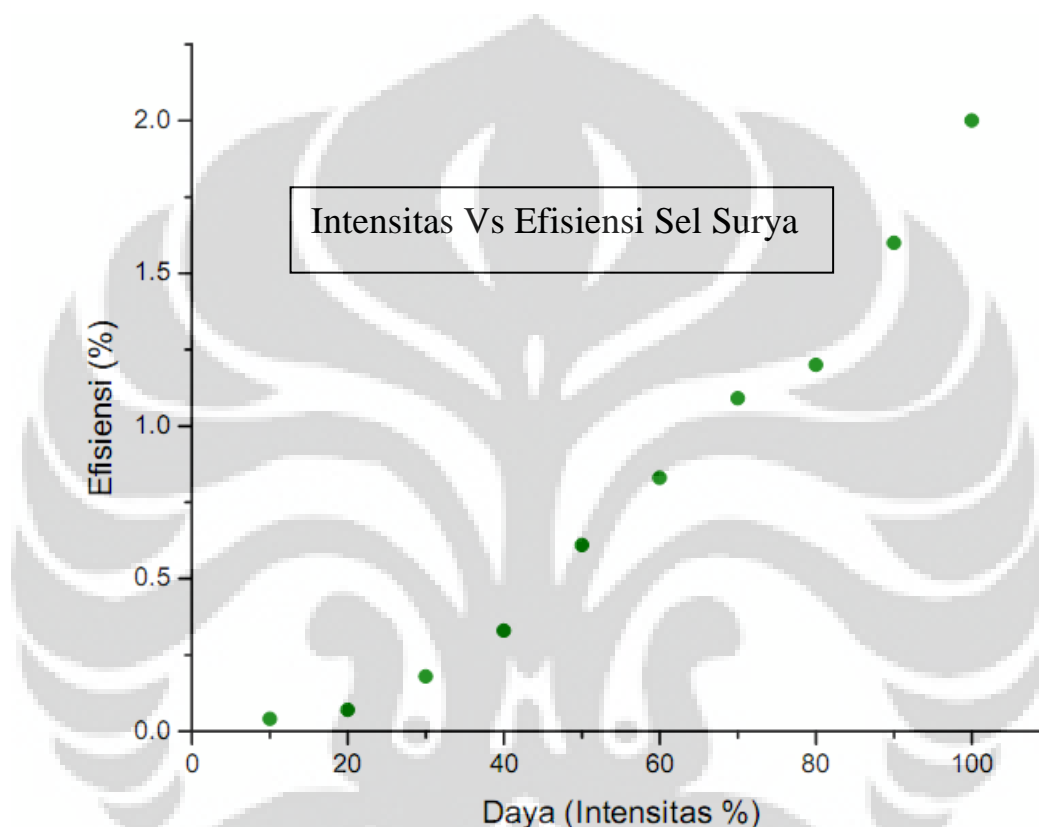
Gambar 4.9 Grafik Daya maksimal sel surya (Watt) terhadap Intensitas (%)

Dari gambar diatas, besarnya intensitas yang terserap oleh sel surya sangat mempengaruhi daya maksimal yang dihasilkan sel surya sebagai pengganti energi. Semakin besar intensitas yang diberikan oleh sumber cahaya, maka daya yang dihasilkan pada sel surya semakin besar. Sehingga dalam pemakaian sel surya yang benar, sebaiknya menggunakan intensitas yang maksimal.



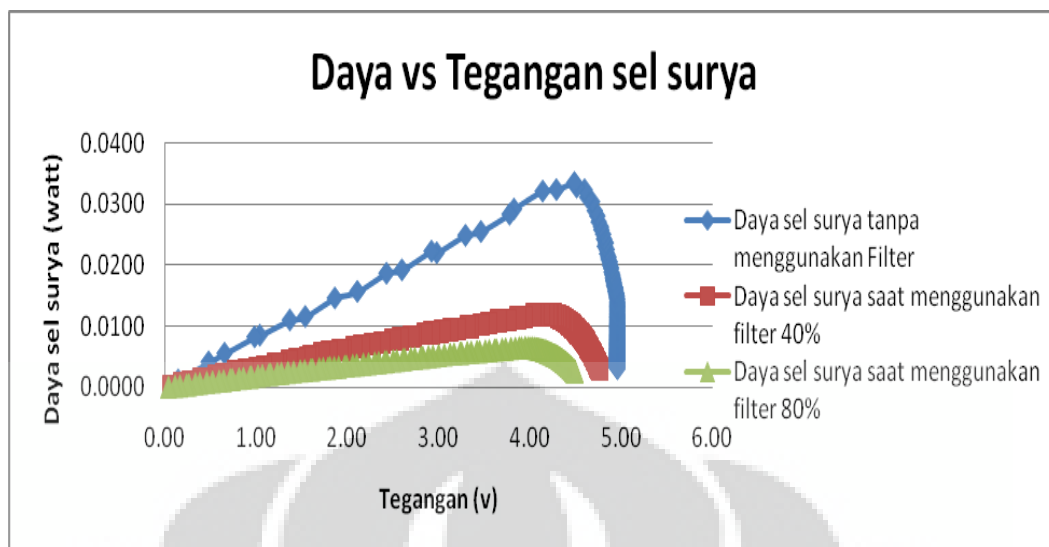
Gambar 4.10 Grafik FF (*Fill Factor*) Terhadap Intensitas cahaya (%)

Dari grafik diatas, besarnya intensitas yang terserap oleh sel surya sangat mempengaruhi kerja dari sel surya (*Fill factor*). Semakin besar intensitas yang diberikan oleh sumber cahaya, maka (*Fill factor*) yang dihasilkan pada sel surya semakin besar dan mendekati nilai 1. Dimana jika (*Fill factor*) mendekati nilai 1, maka performance dari sel surya bekerja dengan baik. Sehingga dalam pemakaian sel surya yang benar, sebaiknya menggunakan intensitas yang maksimal.



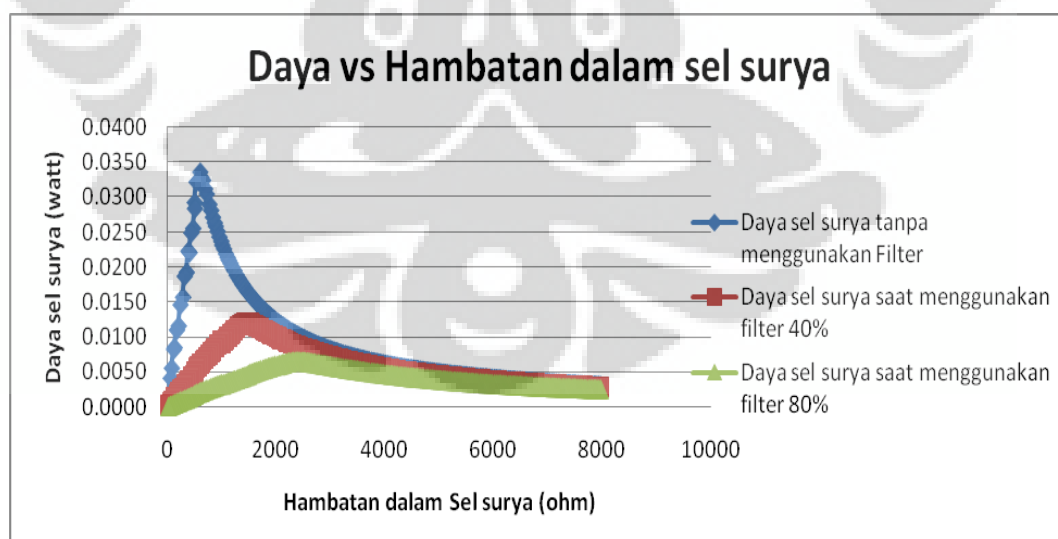
Gambar 4.11 Grafik Efisiensi sel surya Terhadap Intensitas cahaya (%)

Dari grafik diatas, besarnya intensitas yang terserap oleh sel surya sangat mempengaruhi efisiensi dari sel surya. Semakin besar intensitas yang diberikan oleh sumber cahaya, maka efisiensi yang dihasilkan pada sel surya semakin besar. Dimana jika besarnya efisiensi menunjukkan bahwa seluruh energi cahaya yang diterima atau diserap oleh sel surya hanya berkisar 0.04-2% energi cahaya yang dapat diubah menjadi energi listrik.



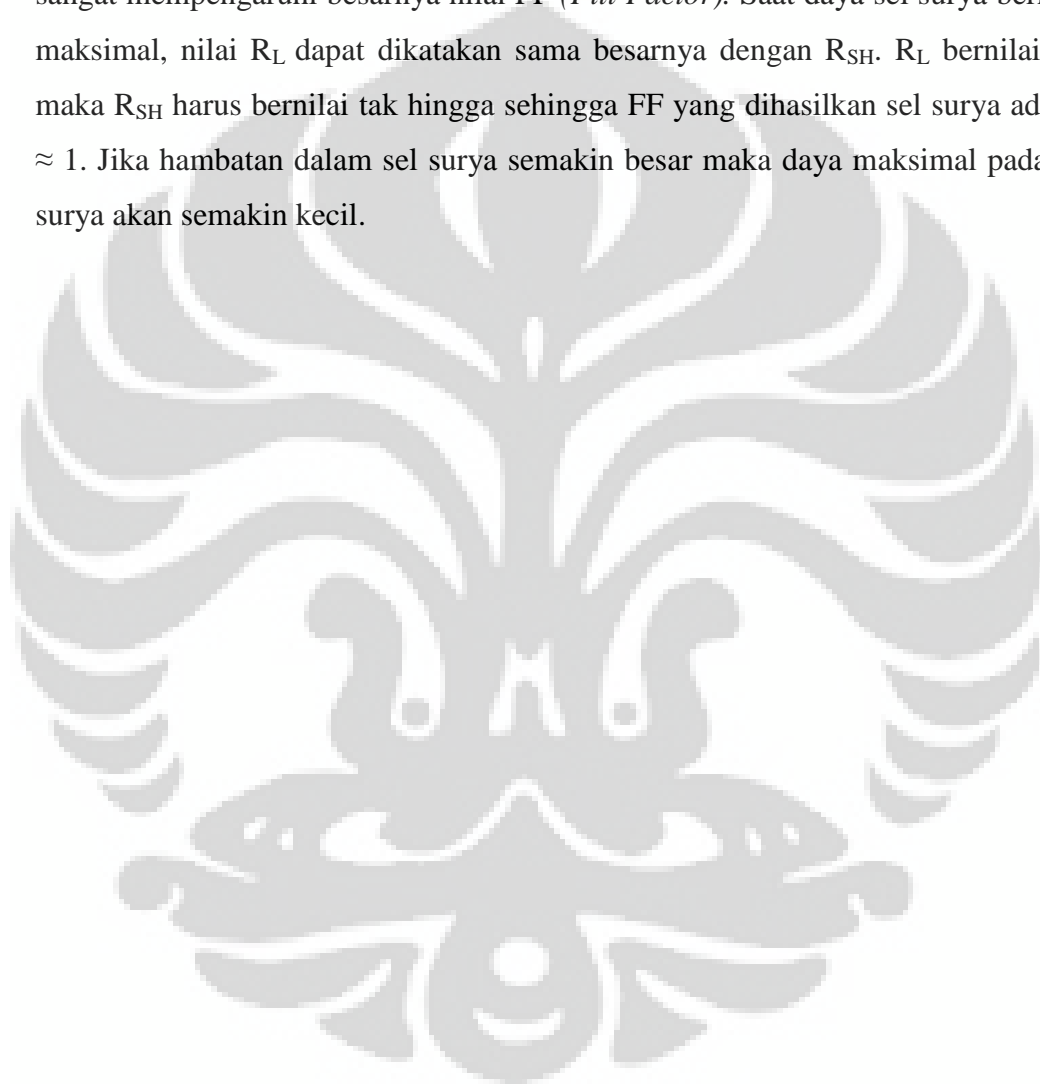
Gambar 4.12 Grafik Daya -Tegangan sel surya Terhadap Pengaruh Filter

Dari gambar diatas, ketebalan dari filter sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan sel surya sebagai pengganti energi. Semakin kecil intensitas cahaya yang diserap sel surya, maka daya yang dihasilkan pada sel surya semakin kecil. Sehingga mempengaruhi dari fungsi kerja sel surya baik tegangan, arus, FF (*Fill Factor*) dan efisiensi yang mengartikan besarnya perubahan energi cahaya menjadi energi listrik.



Gambar 4.13 Grafik Daya – Hambatan sel surya Terhadap Pengaruh Filter

Dari gambar diatas, pada saat daya maksimal pada sel surya tanpa menggunakan filter adalah 0.0335 watt, hambatan dalam sel surya yang dihasilkan adalah 7950 ohm. Pada saat daya maksimal pada sel surya yang menggunakan filter 40% adalah 0.012 watt, hambatan dalam sel surya yang dihasilkan 7960 ohm. Pada saat daya maksimal pada sel surya yang menggunakan filter 80% adalah 0.0065 watt, hambatan dalam sel surya yang dihasilkan juga sama dengan 7960 ohm. Nilai R_L sangat mempengaruhi besarnya nilai FF (*Fill Factor*). Saat daya sel surya bernilai maksimal, nilai R_L dapat dikatakan sama besarnya dengan R_{SH} . R_L bernilai nol maka R_{SH} harus bernilai tak hingga sehingga FF yang dihasilkan sel surya adalah ≈ 1 . Jika hambatan dalam sel surya semakin besar maka daya maksimal pada sel surya akan semakin kecil.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian tersebut.

5.1. Kesimpulan

Setelah menyelesaikan perancangan sistem serta pengujian terhadap sistem tersebut, maka penulis dapat mengambil suatu kesimpulan bahwa :

1. Kurva karakteristik I-V sel surya yang diperoleh dari data hasil eksperimen, ini cenderung tidak berubah untuk intensitas cahaya yang berbeda-beda, dan dari kurva tersebut didapatkan nilai I_{SC} dan V_{OC} .
2. Semakin kecil intensitas cahaya yang ditransmisikan oleh filter, maka nilai FF (*Fill Factor*) dan efisiensi dari sel surya semakin menurun.
3. Pada saat daya maksimal yang dihasilkan sel surya, maka hambatan dalam sel surya = Hambatan beban sel surya.

5.2. Saran

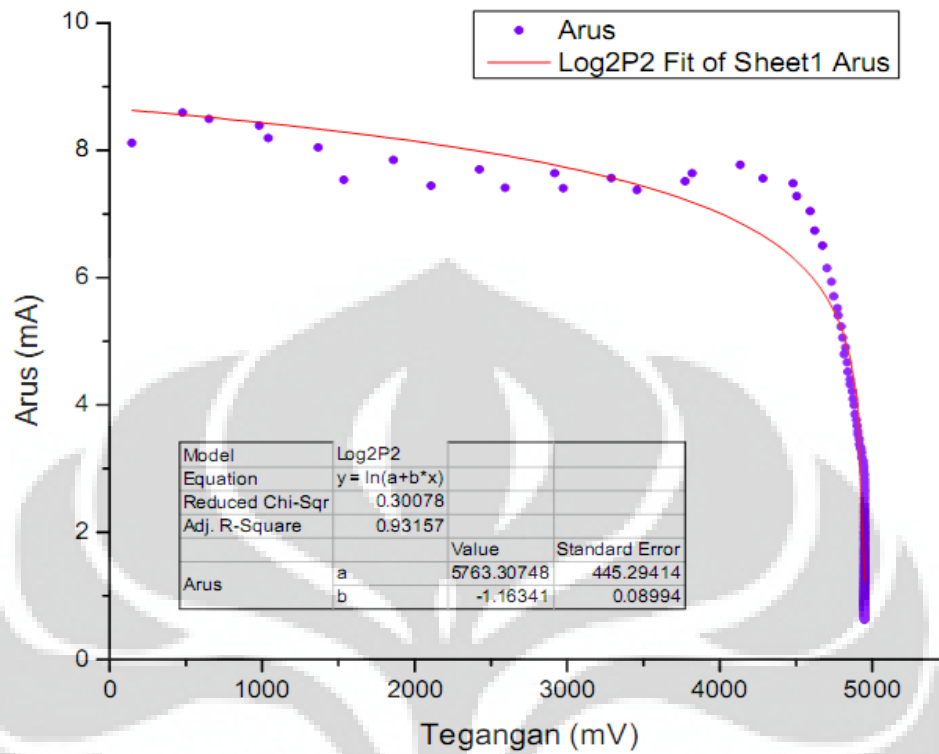
1. Hambatan beban yang digunakan pada setiap pengukuran arus hendaknya digunakan rentang yang tidak terlalu besar.
2. Untuk memastikan bahwa sel surya hanya mendapatkan cahaya dari sumber radiasi yang digunakan hendaknya dalam penelitian sel diletakkan dalam ruang terisolasi dari sumber cahaya luar.
3. Jika ingin mendapatkan hasil performance sel surya yang fungsi energinya lebih besar ($FF \approx 1$), sebaiknya menggunakan sumber cahaya (intensitas cahaya) yang lebih besar.

DAFTAR ACUAN

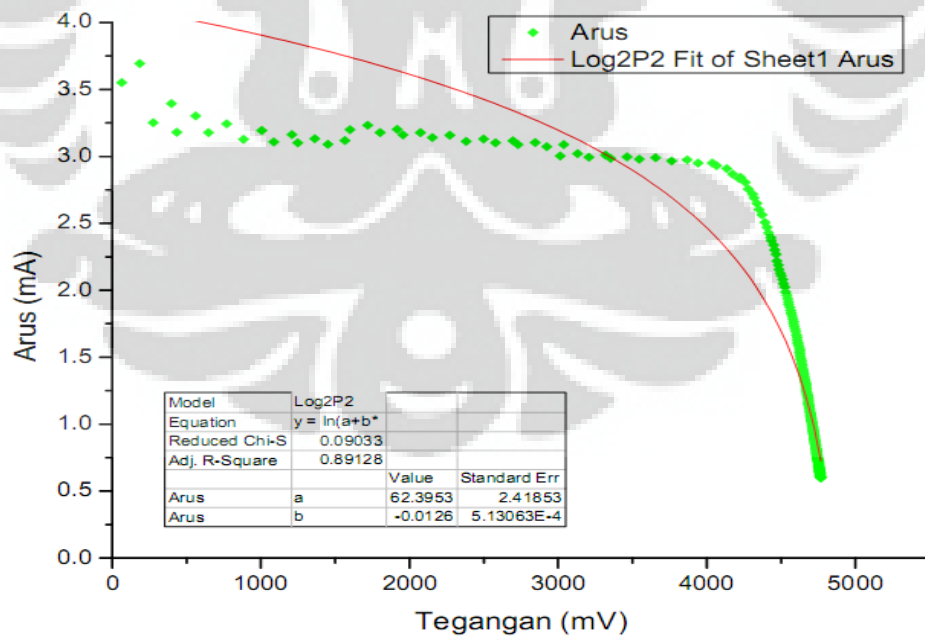
- Giancoli, Douglas C. (2001) *FISIKA*, edisi kelima, jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Lorenzo, Eduardo. (1994). *Solar Electricity, Engineering of Photovoltaic Systems*. Institute of Solar Energy. Polytechnic University of Madrid.
- Malvino, A.P. (1999). *Prinsip-prinsip Elektronika*, edisi ke dua. Jakarta: Erlangga.
- Matthew, Burech. (1983). *Photovoltaic Energy system*. New York: Mc Graww Hill Company.
- Rusminto, Tjatur W. (2003). *Solar Sel Sumber Energi Masa Depan yang Ramah Lingkungan*, Berita IPTEK, Jakarta.
- Seborg, Dale E. (1989). *Process Dynamics And Control*. John Wiley & Sons Inc.
- Sitompul, M. Darwin. (1996). *Prinsip-prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga.
- Zemansky, Sears. (1994). *Fisika Mekanika.Panas.Bunyi, jilid 1*. Bandung: Binacipta



Lampiran 1
Kurva-kurva karakteristik I-V modul surya

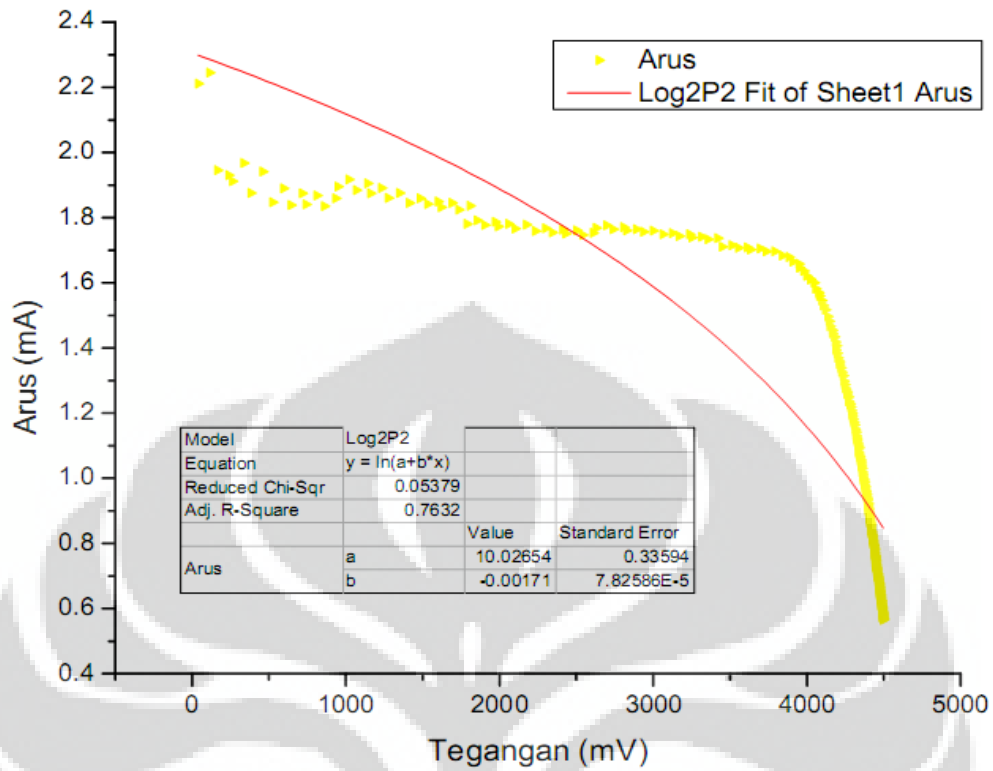


Gambar 1. Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus pada Sel surya(mA) power maksimal = 100% Tanpa Filter

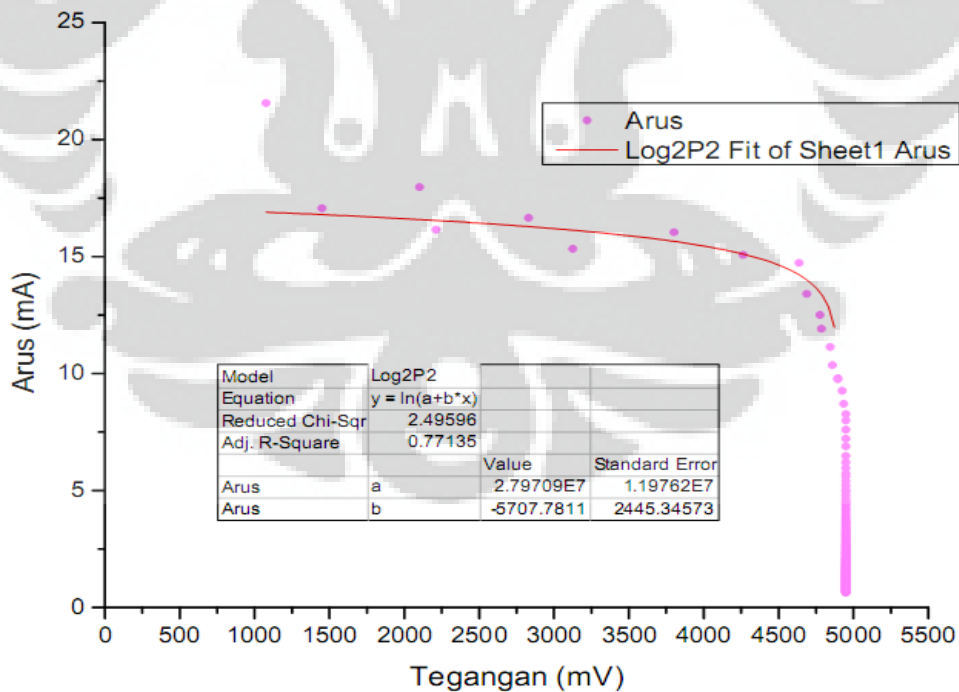


Gambar 2. Grafik Tegangan (mV) terhadap Arus pada Sel surya(mA)

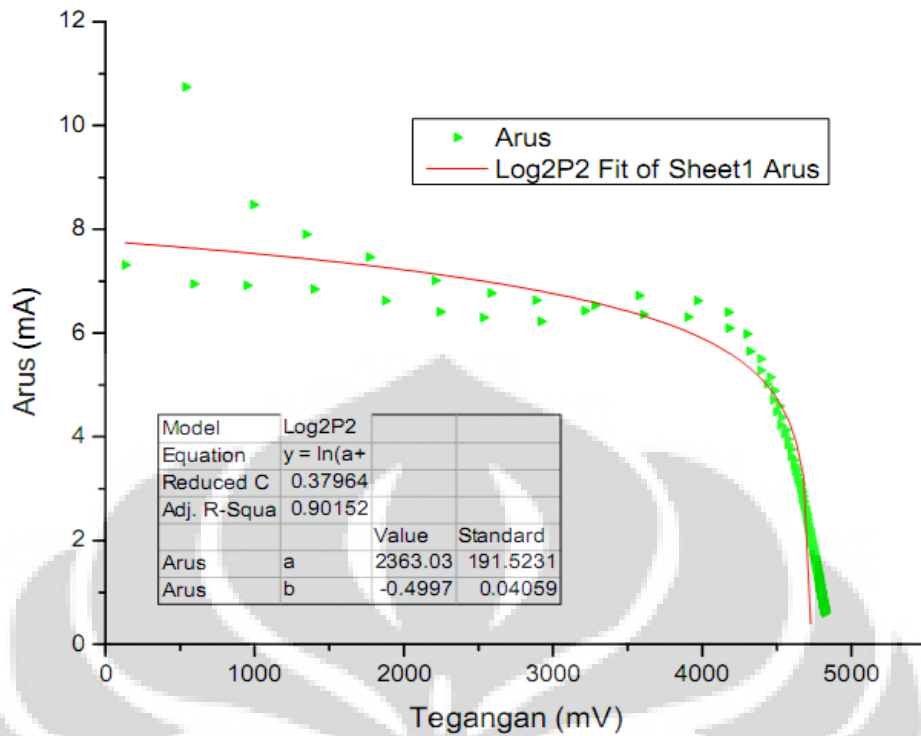
power maksimal = 100% menggunakan Filter ketebalan 40%



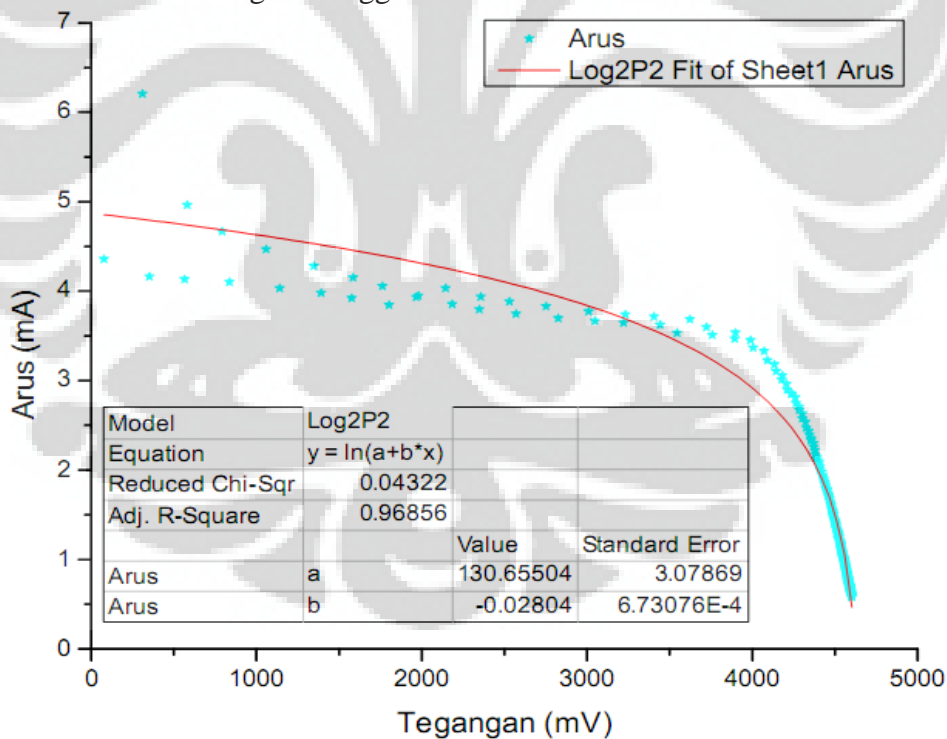
Gambar 3. Grafik karakteristik sel surya saat Daya Power 100% dengan menggunakan filter ketebalan 80%



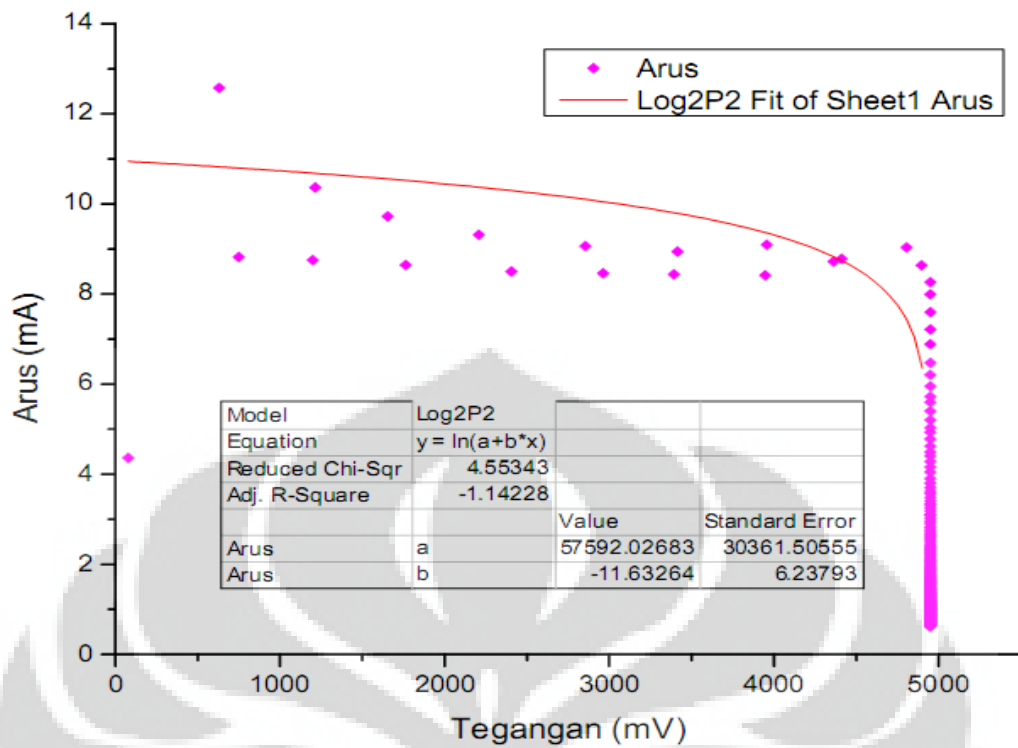
Gambar 4. Grafik karakteristik sel surya tersusun paralel saat Daya Power 100% tanpa menggunakan filter



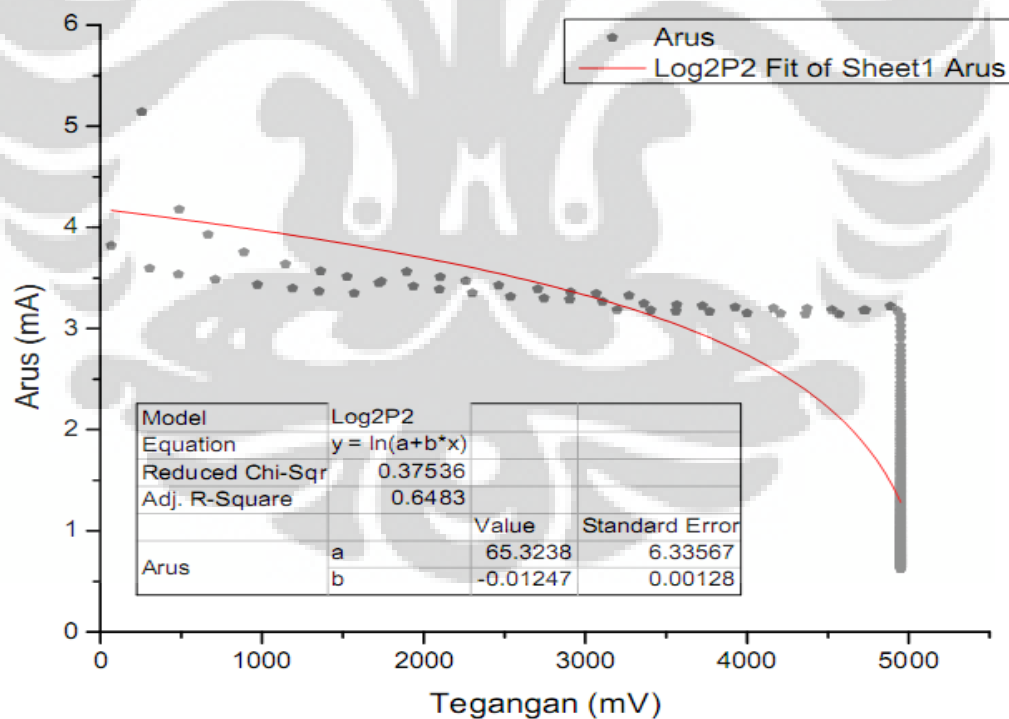
Gambar 5. Grafik karakteristik sel surya tersusun paralel saat Daya Power 100% dengan menggunakan filter ketebalan 40%



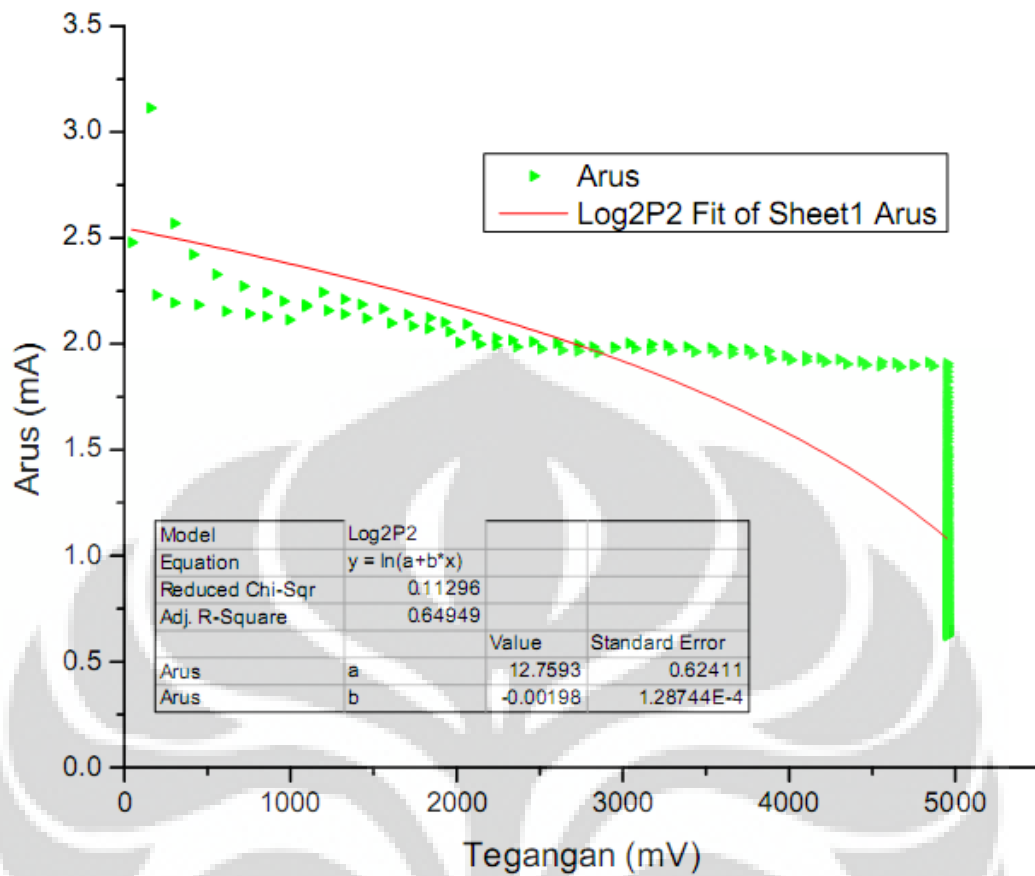
Gambar 6. Grafik karakteristik sel surya tersusun paralel saat Daya Power 100% dengan menggunakan filter ketebalan 80%



Gambar 7. Grafik karakteristik sel surya tersusun seri saat Daya Power 100% tanpa menggunakan filter



Gambar 8. Grafik karakteristik sel surya tersusun seri saat Daya Power 100% dengan menggunakan filter ketebalan 40%



Gambar 9. Grafik karakteristik sel surya tersusun seri saat Daya Power 100% dengan menggunakan filter ketebalan 80%

Lampiran Program *Micro*

\$regfile = "m16def.dat"

\$baud = 19200

\$crystal = 11059200

On Urxc Data_seri_in

Enable Interrupts

Enable Urxc

Config Portc = Output

Config Timer1 = Pwm , Pwm = 10 , Compare A Pwm = Clear Down , Compare B

Pwm = Clear Down , Prescale = 64

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Dim Kirim_intensitas As Bit

Dim Kirim_listrik As Bit

Dim Stop_flag As Bit

Dim Ulang As Bit

Dim Data_res_ind As Byte

Dim Data_res_byte As Byte

Dim Data_pwm_word As Word

Dim Data_adc As Word

Dim Data_lux As Word

Dim Data_volt As Word

Dim Resistor As Single

Dim Data_pwm As Single

Dim Resistor_int As Integer

Dim Data_seri As String * 1

Dim Data_command As String * 1

Dim Data_res As String * 3

Dim Data_pwr_str As String * 4

Main program:

Kirim_intensitas = 0

Kirim_listrik = 0

Stop_flag = 1

Data_res_byte = 255

Start Adc

Start Timer1

Do

 If Stop_flag = 1 Then

 Pwm1a = 0

 Pwm1b = 0

 Kirim_intensitas = 0

 Kirim_listrik = 0


```

    Data_res_byte = 255
    Portc = Data_res_byte
End If
If Kirim_intensitas = 1 Then
    Kirim_intensitas = 0
    Data_pwm = Val(data_pwr_str)
    Data_pwm = Data_pwm * 10.23
    Data_pwm_word = Data_pwm
    Pwm1a = Data_pwm_word
    Pwm1b = Data_pwm_word
    Waitms 100
    Data_adc = Getadc(1)
    Data_lux = Data_adc
    Print Data_lux ; "#"
End If
If Kirim_listrik = 1 Then
    Kirim_listrik = 0
    Portc = Data_res_byte
    Resistor = 18
    Data_res_ind = Data_res_byte And 1
    If Data_res_ind = 1 Then Resistor = Resistor + 32.7
    Data_res_ind = Data_res_byte And 2
    If Data_res_ind = 2 Then Resistor = Resistor + 67
    Data_res_ind = Data_res_byte And 4
    If Data_res_ind = 4 Then Resistor = Resistor + 119.4
    Data_res_ind = Data_res_byte And 8
    If Data_res_ind = 8 Then Resistor = Resistor + 265.1
    Data_res_ind = Data_res_byte And 16
    If Data_res_ind = 16 Then Resistor = Resistor + 482.2
    Data_res_ind = Data_res_byte And 32
    If Data_res_ind = 32 Then Resistor = Resistor + 986
    Data_res_ind = Data_res_byte And 64
    If Data_res_ind = 64 Then Resistor = Resistor + 1998
    Data_res_ind = Data_res_byte And 128
    If Data_res_ind = 128 Then Resistor = Resistor + 3992
    Resistor_int = Resistor
    Waitms 100
    Data_adc = Getadc(0)
    Data_volt = Data_adc
    Print Data_volt ; ":" ; Resistor_int ; "#"
    Data_res_byte = Data_res_byte - 1
End If
Loop

Data_seri_in:
Disable Interrupts

```

```
Data_seri = Inkey()
If Data_seri = "*" Then
  Kirim_intensitas = 1
  Stop_flag = 0
  Data_res_byte = 255
  Ulang = 1
  Data_pwr_str = ""
  Do
    Data_seri = Waitkey()
    If Data_seri = "#" Then
      Ulang = 0
    Else
      Data_pwr_str = Data_pwr_str + Data_seri
    End If
  Loop Until Ulang = 0
End If
If Data_seri = "$" Then
  Ulang = 1
  Stop_flag = 0
  Data_command = ""
  Do
    Data_seri = Waitkey()
    If Data_seri = "#" Then
      Ulang = 0
    Else
      Data_command = Data_seri
    End If
  Loop Until Ulang = 0
  If Data_command = "G" Then Kirim_listrik = 1
  If Data_command = "S" Then Stop_flag = 1
End If
Enable Interrupts
Return
```

Lampiran Program LabVIEW

