



**TUGAS AKHIR - TF 145565**

# **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA PANEL SURYA**

**SITI USWATUN HASANAH**  
NRP. 2413 031 001

Dosen Pembimbing  
Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI**  
**JURUSAN TEKNIK FISIKA**  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TF 145565

***DESIGN OF CURRENT AND VOLTAGE  
MONITORING SYSTEM IN SOLAR PANELS***

SITI USWATUN HASANAH  
NRP. 2413 031 001

Supervisor  
Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T

DIPLOMA OF METROLOGY AND INSTRUMENTATION ENGINEERING  
Department Of Engineering Physics  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

# RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA PANEL SURYA

## TUGAS AKHIR

Oleh :

**SITI USWATUN HASANAH**

**NRP. 2413 031 001**

**Surabaya, 28 Juli 2016**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T**

**NIP. 19761223 200501 1 001**



**Ketua Program Studi  
D3 Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc**

**NIP. 19620822 198803 1 001**


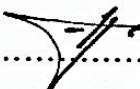

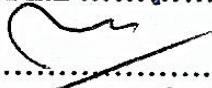

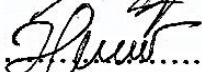
# RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA PANEL SURYA

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**SITI USWATUN HASANAH**  
NRP. 2413 031 001

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T..........(Pembimbing)
2. Ir. Roekmono, M.T..........(Ketua Tim Penguji)
3. Agus Muhamad H., S.T, M.Si, Ph.D.......... (Penguji I)
4. Ir. Harsono Hadi. ,M.Sc., Ph.D.......... (Penguji II)
5. Arief Abdurrakhman, S.T, M.T .......... (Penguji III)
6. Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T.......... (Penguji IV)

**SURABAYA**  
**28 JULI 2016**

# **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA PANEL SURYA**

**Nama Mahasiswa** : Siti Uswatun Hasanah  
**NRP** : 2411031 001  
**Program Studi** : D3-Metrologi dan Instrumentasi  
**Jurusan** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T

## ***Abstrak***

*Panel surya merupakan teknologi semi-konduktor dalam kondisi padat yang mengkonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik. Hasil keluaran dari panel surya memiliki nilai yang berbeda, diantaranya nilai keluaran tegangan dan nilai keluaran arus. Pengembangan panel surya di Indonesia sudah banyak dilakukan, namun dirasa belum efektif karena masih tergantung dengan cuaca. Penelitian ini dilakukan dengan menyinari panel surya menggunakan lampu yang sudah disesuaikan dengan karakteristik matahari. Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya. Sistem ini terdiri atas sensor arus ACS712-5A, sensor tegangan dari rangkaian pembagi tegangan, mikrokontroler ARDUINO UNO, display LCD 16x2 dan display pada komputer melalui software Microsoft Visual Studio 20013. Monitoring dilakukan dengan variasi penyinaran lampu dan jarak panel dari lampu. Berdasarkan hasil pengujian daya yang dihasilkan oleh panel surya cenderung stabil karena mengabaikan cuaca disekitar. Alat ukur ini menghasilkan pengukuran tegangan dengan nilai ketidakpastian sebesar  $\pm 0,14$  V sedangkan pengukuran arus memiliki nilai ketidakpastian sebesar  $\pm 0,055$  A dengan tingkat kepercayaan 95%.*

***Kata kunci: Arus, tegangan, daya, monitoring, panel surya***

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## ***DESIGN OF CURRENT AND VOLTAGE MONITORING SYSTEM IN SOLAR PANELS***

**Name** : Siti Uswatun Hasanah  
**NRP** : 2413 031 001  
**Study of Program** : D3- Metrology and Instrumentation  
**Department** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Supervisor** : Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T

### ***Abstract***

*Solar panels is technology spring of a conductor in the condition of solid convert energy the light of the sun directly into electrical energy. The results of solar panels output having a different value, including output voltage and output current value. The development of solar panels on Indonesia has mostly done, but still is not effective because it is still depends on the weather. This report is written with lit solar panels use petromaks out accordance with characteristic of the sun. This research has been conducted with monitoring design current system and the voltage in solar panels. This system consists of a sensor current ACS712-5a, sensors voltage of the series of voltage divider, using mikro controller arduino uno, display lcd 16x2 and display on a computer through software microsoft visual studio 20013. The monitoring was undertaken with variations irradiating a lamp. Based on the test result, watt that is produced by solar panel tends to stabil because ignores the surrounding weather. This measurement device generate voltage with uncertainty value around  $\pm 0,14$  V/V whereas current measurement generate the uncertainty value around  $\pm 0,055$  V/A with significance level of 95%.*

***Keywords: current, voltage, resources, monitoring, solar panels***

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR ISI

	Hal
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Photovoltaic</i> .....	5
2.2 Karakterisasi Sel Surya.....	8
2.3 Lampu Haogen.....	10
2.4 Pengukuran, Kalibrasi dan Ketidakpastian.....	11
2.5 Besaran Listrik.....	20
2.6 <i>Hall Effect Current Sensor</i> (Sensor Arus ACS 712 <i>Breakout 5A</i> ).....	21
2.7 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) Ukuran 16x2.....	25
2.8 <i>Microsoft Visual Studio.NET</i> .....	27
<b>BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b> ..	<b>29</b>
3.1 Diagram Alir Perancangan Alat.....	29
3.2 Persiapan Peralatan.....	31
3.3 Keterangan <i>Flowchart</i> .....	31
<b>BAB IV. ANALISA DATA</b> .....	<b>39</b>
4.1 Analisa Data.....	39
4.1.1 Hasil Rancang Bangun.....	39
4.1.2 Pengujian Alat.....	40

4.1.3	Data Spesifikasi Alat .....	41
4.1.4	Data Pengujian Alat Pada <i>Panel surya</i> <i>menggunakan beban</i> .....	52

**BAB V. PENUTUP .....**57

5.1	Kesimpulan .....	57
-----	------------------	----

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
<b>Gambar 2.1</b>	Diagram tipe sel pada photovoltaic 5
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur Sel Surya Silikon p-n Junction 6
<b>Gambar 2.3</b>	Proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik pada sel surya 7
<b>Gambar 2.4</b>	Grafik arus terhadap tegangan dan daya terhadap tegangan sebagai karakteristik sel surya 9
<b>Gambar 2.5</b>	Lampu Halogen 10
<b>Gambar 2.6</b>	Blok Diagram Sistem Pengukuran 11
<b>Gambar 2.7</b>	Grafik Non-Linieritas 13
<b>Gambar 2.8</b>	Grafik <i>Modifying input</i> 14
<b>Gambar 2.9</b>	Grafik <i>Interfering input</i> 15
<b>Gambar 2.10</b>	Grafik <i>Hysteresis</i> 15
<b>Gambar 2.11</b>	<i>Definisi Resolusi</i> 16
<b>Gambar 2.12</b>	Sensor arus ACS712 Breakout 5A 22
<b>Gambar 2.13</b>	(a) Arus yang diterima pada IC; (b) Tegangan yang diukur pada IC 23
<b>Gambar 2.14</b>	LCD 16x2 Character 24
<b>Gambar 2.15</b>	Integrasi LCD dan Arduino 26
<b>Gambar 3.1</b>	Skema Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir 28
<b>Gambar 3.2</b>	Karakterisasi Lampu 30
<b>Gambar 3.3</b>	Regulator DC 30
<b>Gambar 3.4</b>	Uji Sensor Arus 31
<b>Gambar 3.5</b>	Tampilan <i>software</i> Arduino 32
<b>Gambar 4.1</b>	Tampak Samping Hasil Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan 37
<b>Gambar 4.2</b>	Tampak Atas Hasil Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan 37
<b>Gambar 4.3</b>	Tampilan grafik pada <i>software microsoft visual studio 2013</i> 38
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik data Uji Sensor Tegangan 38
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik data Uji Sensor Arus 39
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Nilai Histerisis Tegangan 42

<b>Gambar 4.7</b>	Grafik Nilai Histerisis Arus	45
<b>Gambar 4.8</b>	Grafik Hasil Daya dengan berbeda lampu jarak lampu 10 cm	54
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik Hasil Daya dengan berbeda lampu jarak lampu 20 cm	54



## DAFTAR TABEL

	Hal
<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Arduino UNO R3	19
<b>Tabel 2.2</b> Karakteristik LCD 16x2	37
<b>Tabel 4.1</b> Pengambilan data naik dan turun untuk tegangan	39
<b>Tabel 4.2</b> Pengambilan data naik dan turun untuk arus	43
<b>Tabel 4.3</b> Data Kalibrasi Tegangan	45
<b>Tabel 4.4</b> Data Kalibrasi Arus	49
<b>Tabel 4.5</b> Nilai Data Plan dengan 1 Lampu	51
<b>Tabel 4.8</b> Nilai Data Plan dengan 2 Lampu	52
<b>Tabel 4.9</b> Nilai Data Plan dengan 3 Lampu	53

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Secara global cadangan sumber daya minyak bumi terus berkurang, dunia mengkhawatirkan akan terjadinya krisis energi begitu parah. Banyak orang yang mulai memikirkan untuk mencari alternatif sumber energi lainnya. Menurut proyeksi dari *U.S. Department of Energy* yang dikemukakan dalam buku *International Energy Outlook 2013* diperkirakan bahwa konsumsi energi dunia akan bertambah sebesar 56 persen dari 2010 hingga 2040. Permintaan energi listrik akan tumbuh dengan rerata mencapai 6,5% setiap tahun sampai pada tahun 2020, kondisi tersebut dapat terlihat dari data konsumsi energi listrik setiap tahun selalu mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan ekonomi nasional. (Asy'ari, Rozaq, & Setia Putra, 2014)

Didalam buku BPPT-Outlook Indonesia 2015, pemerintah telah mengeluarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) seperti tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014. KEN mengamanatkan prosentase pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam bauran energi nasional minimal sebesar 23% pada 2025 dan menjadi 31% pada tahun 2050. Dengan target tersebut pengembangan EBT dapat dioptimalkan sekaligus dapat memanfaatkan energi yang ramah lingkungan, salah satunya pengembangan sumber energi matahari. Di Indonesia sendiri sudah banyak pengembangan menggunakan teknologi panel surya untuk menghasilkan listrik lebih banyak.

Namun masalah kembali timbul ketika dilihat dari tegangan yang dihasilkan panel surya yang masih sangat kecil, oleh karena itu saat ini telah banyak para peneliti mencoba mengoptimalkan hasil keluaran dari panel surya ini. Salah satu penelitian ini mengenai pengoptimalan panel surya menggunakan lampu tanpa melihat kondisi cuaca disekitar. Pada penelitian ini ditujukan untuk memaksimalkan tegangan keluaran dari panel surya melalui penyinaran panel surya menggunakan lampu dengan

karakteristik lampu hampir sama dengan karakteristik matahari dengan mengabaikan cuaca dan keadaan disekitar. Dalam memaksimalkan keluaran dari panel surya ini dibutuhkan suatu pengukuran dari tegangan yang dihasilkan dan membutuhkan suatu *monitoring* arus dan tegangan menggunakan jarak lampu, dan terang sinar lampu secara *real time*, sehingga didapatkan tegangan yang maksimal dari sinar lampu tanpa dipengaruhi cuaca dari panel surya ketika bekerja. Dan saat ini belum ada alat *monitoring* arus dan tegangan yang difungsikan untuk menghitung hasil arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya secara langsung. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini akan dirancang dan dibangun sistem *monitoring* dan penyimpanan data arus dan tegangan dari panel surya menggunakan lampu.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang dan membangun sistem *monitoring* arus dan tegangan secara *real time* pada sistem panel surya menggunakan lampu?
2. Bagaimana cara mengetahui karakteristik statik dari sistem *monitoring* arus dan tegangan pada panel surya dengan pengaruh variasi jarak lampu, sinar lampu?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

1. Alat yang akan dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi untuk *monitoring* arus, tegangan dan daya pada *mini plant monitoring* panel surya dengan variasi jarak dan terang lampu menggunakan lampu halogen.
2. Alat ukur arus dan tegangan ini menggunakan mikrokontroller Arduino.
3. Alat ukur yang menghasilkan arus sangat kecil.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan utama dari tugas akhir ini yaitu :

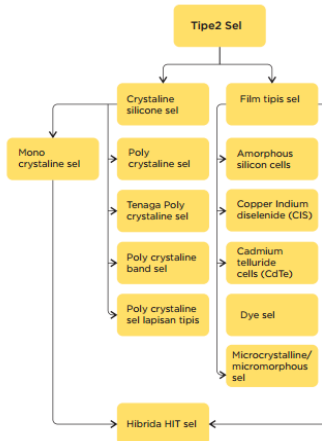
1. Membuat rancangan sistem *monitoring* arus , tegangan dan daya secara *real time* dengan akuisisi data pada panel surya menggunakan lampu.
2. Mengetahui karakteristik statik dari sistem *monitoring* arus dan tegangan pada panel surya dengan pengaruh variasi jarak lampu, sinar lampu.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Photovoltaic*

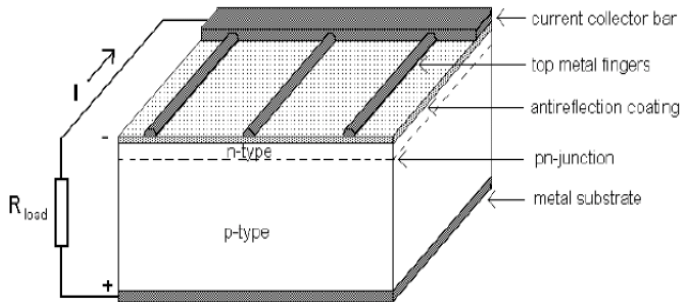
*Photovoltaic* dapat disingkat menjadi PV. Pada tahun 1950an, modul PV yang pertama telah dikembangkan secara komersial, meskipun industri ini mulai tumbuh terutama sejak tahun tujuh puluhan. *Photovoltaic* adalah teknologi berdasarkan semikonduktor dalam kondisi padat yang mengkonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik, tanpa ada bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan. Berbagai macam sel tersedia di pasar, seperti *mono (single) crystalline*, *poly (multi) crystalline*, *amorphous silicon (a-Si) (thin film) solar modules*, *copper-indium diselenide (CuInSe<sub>2</sub> or CIS)*, *cadmium-telluride (CdTe)*, *gallium arsenide (GaAs)*, *sel surya organik (menggunakan titanium oxides dan organic dyes)*. (BPPT-Outlook Indonesia,2015)



**Gambar 2. 1** Diagram tipe sel pada *Photovoltaic* (BPPT-Outlook Indonesia,2015)

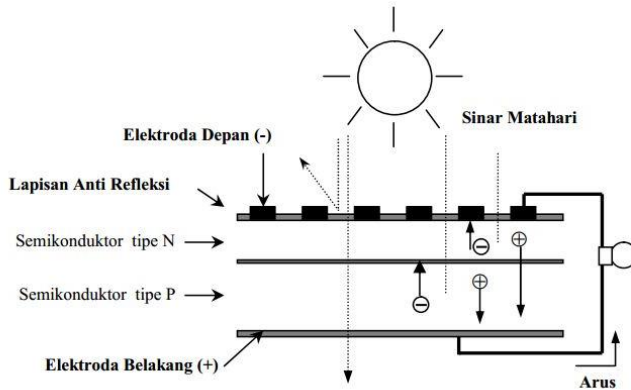
Prinsip kerja dari *Photovoltaic silicon* memiliki konsep dasar dari semikonduktor *p-n junction*. Sel *Photovoltaic* terdiri dari *P-n junction* yang dibentuk dari lapisan semikonduktor *doping -n* dan

*doping*  $-p$ , lapisan antirefleksi, dan tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe  $-n$  (*electron*) dan tipe  $-p$  (*hole*) yang disebut sebagai substrat logam. (Septina, dkk., 2007)



**Gambar 2. 2** Struktur Sel Surya Silikon *p-n Junction* (J. Halme, 2002 dalam Septina, dkk., 2007).

Semikonduktor tipe- $n$  didapat dari *pendopongan* silikon dengan unsur dari golongan V yang mengakibatkan terjadinya elektron valensin dengan jumlah lebih banyak dari pada atom sekitarnya. Sedangkan untuk semikonduktor tipe  $-p$  didapat dari *pendopongan* dari golongan III yang mengakibatkan terjadinya deficit atau kekurangan satu elektron valensi dari pada atom sekitar. Pada saat kedua tipe material tersebut saling kontak maka terjadi difusi elektron dari tipe  $-n$  kepada tipe  $-p$ . Oleh karena itu, area *doping*  $-p$  akan bermuatan negatif sedangkan area *doping*  $-n$  akan bermuatan positif. Dengan terjadinya proses medan elektrik antara keduanya maka dapat mendorong elektron kembali ke daerah *doping*  $-n$  dan hole ke daerah *doping*  $-p$  yang berakibat terbentuknya *p-n junction* (J. Halme, 2002 dalam Septina, dkk., 2007).



**Gambar 2.3** Proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik pada sel surya. (Yuwono, 2005)

Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari. Ketika sinar matahari yang terdiri dari photon-photon jatuh pada permukaan bahan sel surya (*absorber*), akan diserap, dipantulkan, atau dilewatkan begitu saja, dan hanya foton dengan tingkat energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga mengalirlah arus listrik. Tingkat energi ini disebut energi *band-gap* yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. Elektron dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi. Elektron menjadi pembawa n dan meninggalkan hole, pembawa p. Pembawa p akan bergerak menuju persambungan demikian juga pembawa n akan bergerak ke persambungan, perpindahan tersebut menghasilkan beda potensial. Arus dan daya yang dihasilkan fotovoltaiik ini dapat dialirkan ke rangkaian luar. Untuk membebaskan elektron dari ikatan kovalennya, energi foton ( $hc$ ) harus sedikit lebih besar/diatas daripada energi *band-gap*. Jika energi foton terlalu besar dari pada energi *band-gap*, maka ekstra energi tersebut akan

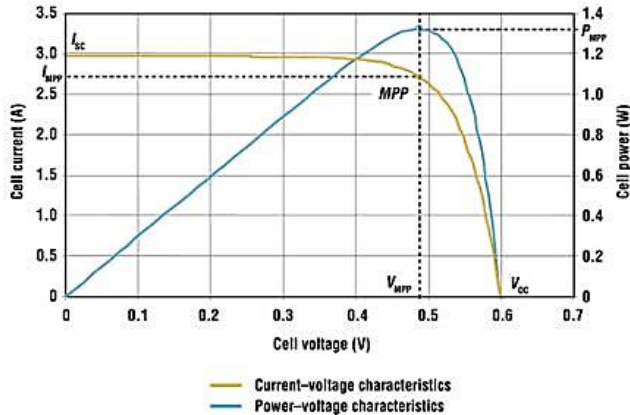
dirubah dalam bentuk panas pada sel surya. Karenanya sangatlah penting pada sel surya untuk mengatur bahan yang dipergunakan, yaitu dengan memodifikasi struktur molekul dari semikonduktor yang dipergunakan. Agar efisiensi sel surya bisa tinggi maka foton yang berasal dari sinar matahari harus bisa diserap yang sebanyak-banyaknya, kemudian memperkecil refleksi dan rekombinasi serta memperbesar konduktivitas dari bahannya. Agar foton bisa diserap sebanyak-banyaknya, maka penyerap harus memiliki energi *band-gap* dengan jangkauan yang lebar, sehingga memungkinkan untuk bisa menyerap sinar matahari yang mempunyai energi sangat bermacam-macam tersebut. Salah satu bahan yang 9 sedang banyak diteliti adalah CuInSe<sub>2</sub> yang dikenal merupakan salah satu dari *direct semiconductor* (Rusminto, 2003)

## 2.2 Karakterisasi Sel Surya

Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel surya hubung pendek”, “arus rangkaian pendek” atau *ISC* (*short circuit current*), yang sebanding dengan irradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai *ISC* naik dengan meningkatnya temperatur, meskipun temperatur standar yang tercatat untuk arus rangkaian pendek adalah 25°C. Jika arus sel surya sama dengan nol, sel surya tersebut digambarkan sebagai “rangkaiannya terbuka”. Tegangan sel surya kemudian menjadi “tegangan rangkaian terbuka”, *Voc* (*open circuit voltage*). Ketergantungan *Voc* terhadap irradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan *Is*. Oleh karena itu, daya maksimum sel surya dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperatur. Pada kebanyakan sel surya, peningkatan temperatur dari 25°C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%. Sel surya menghasilkan daya maksimumnya pada tegangan tertentu. **Gambar 2.4** menunjukkan tegangan arus dan karakteristik



tegangan-daya. Gambar ini juga menunjukkan dengan jelas bahwa kurva daya memiliki titik daya maksimum yang disebut *MPP (Maximum Power Point)*.



**Gambar 2.4** Grafik arus terhadap tegangan dan daya terhadap tegangan sebagai karakteristik sel surya (Quashcning, 2004).

Tegangan titik daya maksimum atau *VMPP* biasanya kurang dari tegangan rangkaian terbuka dan arusnya, *IMPP* lebih rendah dibandingkan dengan arus rangkaian pendek. Pada titik daya maksimum (*MPP*), arus dan tegangan memiliki hubungan yang sama dengan iradiansi dan temperatur sebagaimana arus rangkaian pendek dan tegangan rangkaian terbuka. Efisiensi sel surya ( $\eta$ ) adalah perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya dengan daya pancaran (*radiant*) pada bidang sel surya.

$$\eta = \frac{I_{mpp} \times V_{mpp}}{(Intensitas\ cahaya)(luas\ Panel)} \times 100\% \dots\dots\dots 2.1$$

Sel surya kristal yang dijual pada saat ini bisa mencapai efisiensi sampai 20%, namun di laboratorium, efisiensi 25% bisa dicapai .(Quashcning, 2004).

### 2.3 Lampu Halogen

Lampu halogen adalah lampu yang dibuat dari kaca kuarsa yang tipis dan tahan panas, pada lampu halogen ditambahkan sedikit gas halogen seperti iodin dan bromin, Putaran halogen menambah umur dari bola lampu dan mencegah penggelapan kaca sampul dengan mengangkat serbuk *wolfram* dari bola lampu bagian dalam kembali ke filamen, lampu halogen memancarkan cahaya dengan suhu warna yang lebih tinggi. (Zulnisyah Putra Wijaya,2015). Lampu Halogen adalah Lampu pijar biasa yang mempunyai filamen temperatur tinggi dan menyebabkan partikel tungsten akan menguap serta berkondensasi pada dinding bola lampu yang selanjutnya mengakibatkan penghitaman. Lampu halogen berisi gas halogen (iodine, chlorine, chromine) yang dapat mencegah penghitaman lampu. (Anonim, 2001).

Dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan lampu halogen dengan *voltase* sebesar 220v, dan 50 *Watt*. Dimana lampu halogen mempunyai karakteristik iradiansi sebesar cahaya tampak. Lampu halogen sendiri bisa menghasilkan cahaya yang dapat mengubah elektron didalam panel sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel memiliki nilai cukup besar.



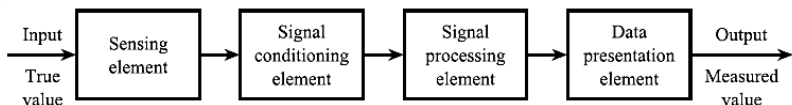
**Gambar 2.5** Lampu Halogen (Anonim,2016)

## 2.4 Pengukuran, Kalibrasi dan Ketidakpastian

Suatu proses operasi yang bertujuan untuk memperoleh nilai dalam suatu besarnya disebut pengukuran (Hadisupadmo, 2012). Dalam melakukan pengukuran, pasti dibutuhkan suatu *instrument* atau alat ukur untuk mempermudah manusia dalam mendapatkan nilai dalam besaran tersebut dengan kondisi yang sesuai pada saat dilakukannya pengukuran. Beberapa komponen penting dalam pengukuran yaitu material/bahan, *instrument*, pelaku pengukuran, metode pengukuran, serta kondisi lingkungan pada saat dilakukan pengukuran. Komponen penting dalam pengukuran akan berpengaruh pada nilai yang terukur atau pembacaan alat ukur sehingga dapat mempengaruhi pula pada hasil perhitungan ketidakpastian dari alat ukur tersebut. Terdapat 2 jenis metode pengukuran, yaitu pengukuran langsung dan tak langsung. Dimana pengukuran langsung merupakan pengukuran yang dilakukan pada alat ukur/*instrument* yang sama, kondisi lingkungan yang sama serta waktu yang bersamaan. Sedangkan untuk pengukuran tidak langsung merupakan pengukuran yang dilakukan pada kondisi yang berbeda, dimana terjadi pergantian alat ukurnya maupun terjadi perubahan lingkungan serta pada saat pengukuran yang tidak langsung diperoleh nilai sebenarnya sesuai besaran yang diukur (dilakukan konversi dari besaran satu ke besaran yang lain yang merupakan besaran yang diukur) (LPF,2013).

### 2.4.1 Struktur Sistem Pengukuran

Berikut ini merupakan struktur penyusunan sistem pengukuran secara umum :



**Gambar 2.6** Blok Diagram Sistem Pengukuran (Bentley, 2005)

Berdasarkan blok diagram diatas, berikut merupakan penjelasan mengenai setiap komponen diagram blok tersebut :

- *Input* : besaran yang diukur sesuai nilai sebenarnya
- *Sensing Element* / elemen penyensor : Suatu elemen yang berhubungan langsung dengan proses dan memberikan *output* sesuai variabel besaran yang terukur.
- *Signal Conditioning Element* / elemen pengondisian sinyal : elemen yang mendapat *input* dari *output* elemen penyensor yang nantinya dirubah menjadi bentuk yang dapat diolah oleh elemen pemrosesan sinyal.
- *Signal Processing Element* / elemen pemrosesan sinyal : elemen yang mendapat *input* dari *output* pengondisian sinyal yang kemudian di konversi ke bentuk yang sesuai dengan sinyal elemen penampil agar data diproses ke data selanjutnya.
- *Data presentation element* / elemen penampil data : suatu elemen sebagai penampil hasil nilai pengukuran yang dapat di lihat atau dikenali oleh pengamat.

#### 2.4.2 Sistem Karakteristik Pengukuran

Dalam sistem pengukuran terdapat 2 tipe karakteristik yang dapat mempengaruhi semua peforma pada sistem. Dua tipe karakteristik tersebut adalah :

- a. Karakteristik statik yaitu karakteristik dari suatu instrument/ alat ukur yang tidak bergantung waktu. Karakter instrument yang termasuk pada karakteristi statik yaitu :
  - *Range/* Jangkauan : Jangkauan nilai minimum dan maksimum dari *input* ataupun *output* spesifikasi instrumen (Rentang :  $I/O_{min} - I/O_{maks}$ ).
  - *Span/* Rentang : Rentang variasi maksimum dari *input* ataupun *output* (Rentang *input* =  $I_{max} - I_{min}$  sedangkan Rentang *output* =  $O_{max} - I_{min}$ ).
  - *Ideal straight line/* Linieritas : suatu elemen dikatakan linier ketika hubungan nilai *input* dan *output* menampilkan garis lurus. Dimana dalam garis lurus tersebut dihubungkan dari 2 titik, yaitu titik minimum dari selisih *input* minimum dan *output*

minimum ( $I_{min} - O_{min}$ ) serta titik maksimum dari selisih *input* maksimum dan *output* maksimum ( $I_{maks} - O_{maks}$ ). Berikut ini persamaan linieritas :

$$O - O_{min} = \left[ \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \right] (I - I_{min}) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$O_{ideal} = KI + a \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$$K = \text{kemiringan garis lurus ideal} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}}$$

a = koefisien garis lurus ideal

$$= O_{min} - KI_{min}$$

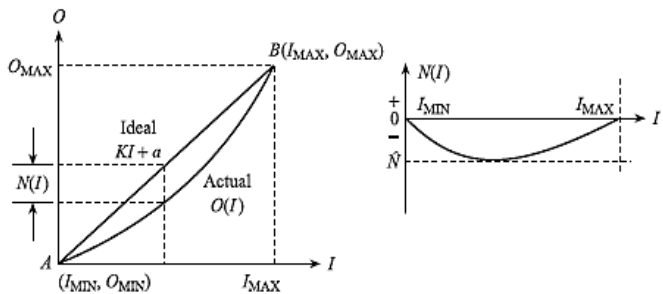
- *Non-linieritas* : Dalam beberapa keadaan, bahwa dari persamaan linieritas muncul garis yang tidak lurus yang biasa disebut *non-linier* atau tidak linier. Didalam fungsi garis yang tidak linier ini menunjukkan perbedaan antara hasil pembacaan *actual* / nyata dengan garis lurus idealnya. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$N(I) = O(I) - (KI + a) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$O(I) = KI + a + N(I) \dots \dots \dots (2.5)$$

Jika dalam prosentase dari defleksi skala penuh, yaitu :

$$\text{Prosentase maks. Nonlinieritas dari defleksi skala penuh} = \frac{\bar{N}}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$



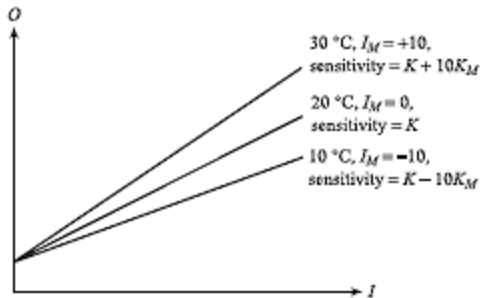
**Gambar 2.7** Grafik Non-Linieritas (Bentley, 2005)

- Sensitivitas : Menunjukkan kepekaan sensor terhadap pengukuran. (LPF, 2013). Sensitivitas merupakan perubahan selisih *output* dari setiap perubahan selisih *input*.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \dots\dots\dots(2.7)$$

- Efek Lingkungan : merupakan efek keadaan lingkungan yang dapat mempengaruhi juga pembacaan *output* instrumen selain sinyal *input* nya. Terdapat 2 tipe *input* dari lingkungan, yaitu :

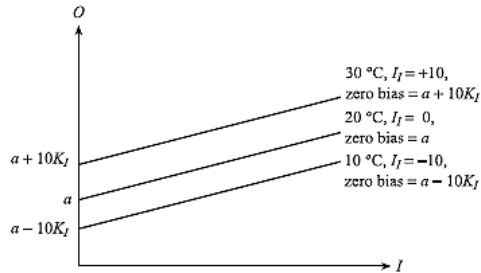
- *Modifying input* ( $I_M$ ), *input* yang menyebabkan sensitivitas liniernya berubah.  $K$  merupakan sensitivitas dalam kondisi standart ketika  $I_M = 0$ . Jika *input* berubah dari nilai standar, maka  $I_M$  adalah penyimpangan dari kondisi standar. Dan sensitivitasnya berubah dari  $K$  menjadi  $K + K_M I_M$ , dimana  $K_M$  adalah perubahan pada sensitivitas untuk setiap perubahan elemen ( $I_M$ ). (Bentley, 2005)



**Gambar 2.8** Grafik *Modifying input* (Bentley, 2005)

- *Interfering input* ( $I_I$ ) menyebabkan koefisien garis lurus atau bias nol (*zero bias*) berubah.  $a$  adalah bias nol kondisi standar ketika  $I_I = 0$ . Jika *input* berubah dari nilai standar, maka  $I_I$  adalah penyimpangan dari kondisi standar. Dan bias nol berubah dari  $a$  menjadi  $a + K_I I_I$

dimana  $K_I$  adalah perubahan bias nol untuk setiap perubahan  $I_I$ .



**Gambar 2.9** Grafik *Interfering input* (Bentley, 2005)

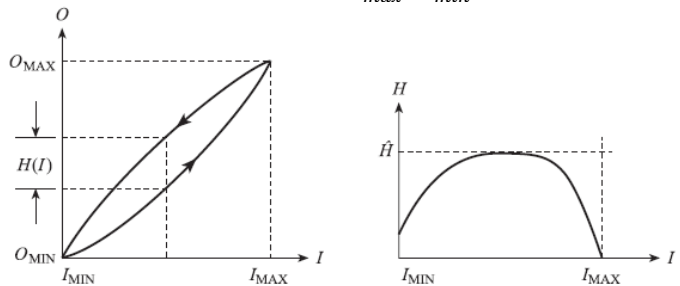
Sehingga persamaan dari non-linieritas menjadi :

$$O(I) = KI + a + N(I) + K_M I_M I + K_I I_I \dots\dots\dots(2.8)$$

- *Hysteresis* : merupakan perbedaan tertinggi antara 2 nilai *output* dari pengukuran naik dan turun.

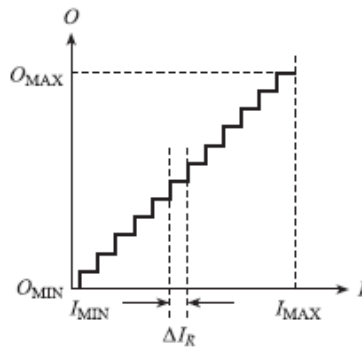
$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\% \text{ maks. Hysteresis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \dots\dots(2.10)$$



**Gambar 2.10** Grafik *Hysteresis* (Bentley, 2005)

- *Resolusi* : merupakan perubahan terbesar dari *input* yang dapat terjadi tanpa adanya perubahan pada *output*.



**Gambar 2.11** Definisi Resolusi (Bentley, 2005)

- Akurasi : nilai kedekatan antara nilai dari besaran yang terukur dengan nilai yang sebenarnya. (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23)
- b. Karakteristik Dinamik
- Karakteristik yang menyatakan respon sistem ketika transien pada *input* konstan serta pada saat *input* berubah terhadap waktu. Karakteristik orde dalam instrument ada 4 macam, yaitu :
- Instrumen Orde Nol, instrument yang memiliki karakter dari sensitivitasnya, ( $K$ ) (Perbandingan *output* dan *input*).
  - Instrumen Orde Satu, instrument yang memiliki karakter dari sensitivitasnya ( $K$ ) dan Konstanta waktu ( $\tau$ ).
  - Instrumen Orde Dua, instrument yang memiliki karakter dari sensitivitasnya ( $K$ ) dan 2 macam konstanta waktu ( $\tau_1$  dan  $\tau_2$ ).
  - Instrumen Orde Tinggi, instrument yang memiliki karakter seperti instrument orde nol, orde satu, atau orde dua namun ditambah dengan waktu mati (Handoko, 2010).



### 2.4.3 Kalibrasi

Dewan Standarisasi Nasional (DNS/1990) mendefinisikan bahwa kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional penunjukan instrumen ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkannya terhadap standart ukurannya yang ditelusuri (traceable) ke standart Nasional atau Internasional. Definisi lain kalibrasi adalah kegiatan penerapan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur dan data bahan ukur, (definisi : Permenkes No. 363 Tahun 1998).

- Prinsip dasar kalibrasi, yaitu :
  - Obyek ukur (Unit *Under Test*)
  - Standar ukur (mulai dari alat hingga metode yang dilaksanakan)
  - Teknisi bersertifikat
  - Pengondisian lingkungan yang sesuai standart
- Hasil dari perlakuan kalibrasi, yaitu :
  - Mendapatkan nilai obyek ukur
  - Nilai koreksi atau penyimpangan
  - Nilai ketidakpastian
  - Serta sifat metrologi yang lain, seperti faktor kalibrasi dan kurva kalibrasi (LIPI, 2009).

### 2.4.4 Analisis Ketidakpastian

Ketidakpastian adalah nilai ukur sebaran kelayakan yang dapat dihubungkan dengan nilai terukurnya. Dimana di dalam nilai sebaran tersebut terdapat nilai rentang yang menunjukkan nilai sebenarnya.

- Klasifikasi ketidakpastian, antara lain :
  - **Tipe A** : nilai ketidakpastian yang dilihat dari analisis pengukuran statistik (*ISO GUM B 2.15; VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23).

Di dalam tipe ini dilakukan pengukuran hingga  $n$  kali, dimana dari pengukuran tersebut akan mendapatkan nilai rata-rata, standar deviasi, dan data keterulangan.

Dimana rumus umum ketidakpastian tipe A sebagai berikut :

-  $U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  (Ketidakpastian hasil pengukuran).....(2.11)

Dimana :

$\sigma =$  Standart deviasi koreksi

n = Jumlah data

$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1}$  .....(2.12)

-  $U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$  (Ketidakpastian regresi).....(2.13)

Dimana :

SSR (Sum Square Residual) =  $\sum$ SR (Square Residual)

SR = R<sup>2</sup> (Residu)

Y<sub>i</sub> (Nilai koreksi) = t<sub>i</sub> - x<sub>i</sub>.....(2.14)

Y<sub>reg</sub> = a + (b x t<sub>i</sub>) .....(2.15)

a =  $\bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i)$  .....(2.16)

b =  $\frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$ ; .....(2.17)

Dimana :

t<sub>i</sub> = Pembacaan standar

x<sub>i</sub> = Pembacaan alat

y<sub>i</sub> = Nilai koreksi

- **Tipe B** : nilai ketidakpastian yang tidak dilihat dari analisis pengukuran statistik (ISO GUM B 2.15; VIM 3.5 dalam KAN DP.01.23). Berikut merupakan rumus umum dari ketidakpastian tipe B :

-  $U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times Resolusi}{\sqrt{3}}$  .....(2.18)

-  $U_{B2} = \frac{a}{k}$  .....(2.19)

Dimana :

U<sub>B1</sub> = Nilai ketidakpastian resolusi

U<sub>B2</sub> = Nilai ketidakpastian dari alat standar/kalibrator

- **Ketidakpastian Baku Gabungan (Kombinasi)**

Ketidakpastian baku gabungan disimbolkan dengan  $U_c$ , dimana nilai ketidakpastian yang digunakan untuk mewakili nilai estimasi standar deviasi dari hasil pengukuran. Nilai ketidakpastian baku gabungan didapat dari menggabungkan nilai-nilai ketidakpastian baku dari setiap taksiran masukan (hukum propagasi ketidakpastian) (*ISO GUM B 2.15; VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23).

Berikut merupakan rumus umum ketidakpastian baku gabungan :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$U_c$  = Nilai ketidakpastian kombinasi

$U_{A1}$  = Nilai ketidakpastian hasil pengukuran

$U_{A2}$  = Nilai ketidakpastian regresi

$U_{B1}$  = Nilai ketidakpastian resolusi

$U_{B2}$  = Nilai ketidakpastian kalibrator

- **Derajat Kebebasan Efektif**

Derajat kebebasan efektif ini berfungsi sebagai pemilihan faktor pengali untuk distribusi *Student's T* serta sebagai penunjuk perkiraan kehandalan ketidakpastian (*ISO GUM B 2.15; VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23). Derajat kebebasan disimbolkan dengan  $v$ , dengan rumus sebagai berikut :

$$V = n-1 \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah data

Sedangkan untuk derajat kebebasan efektif merupakan estimasi dari derajat kebebasan ketidakpastian baku gabungan yang dirumuskan sebagai berikut (rumus *Welch-Setterthwaite*):

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / v_i} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

$V_{eff}$  = Derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian kombinasi

$v_i$  = Derajat kebebasan dari komponen ketidakpastian ke-i

$U_i$  = Hasil ketidakpastian tipe A dan B

Setelah ditentukan nilai derajat kebebasan efektif, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai faktor cakupan sesuai dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan, dimana faktor cakupan (k) didapat dari tabel *T-students*.

- **Ketidakpastian Diperluas,  $U_{exp}$**

Ketidakpastian diperluas merupakan akhir nilai ketidakpastian dengan tingkat kepercayaan. Tingkat kepercayaan tingkat keyakinan mengenai daerah nilai sebenarnya pada suatu pengukuran (LPF, 2013).

$$U_{exp} = k \times U_c \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

k = Faktor cakupan

$U_c$  = Nilai ketidakpastian kombinasi

**2.5 Besaran Listrik**

**2.5.1 Arus Listrik**

Arus Listrik merupakan aliran elektron-elektron dari atom ke atom yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Penyebab timbulnya arus listrik tersebut dikarenakan adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga untuk mendorong elektron-elektron tersebut berpindah-pindah tempat. Umumnya gerakan aliran elektron ini akan menuju tempat yang lebih lemah tekanannya. Sedangkan besar kecilnya arus listrik yang terjadi tentu saja

bergantung pada pembangkit listrik yang mengeluarkan tenaga tersebut. (Sumber repository.usu.ac.id)

$$I = Q/t \text{ atau } Q = I \times t \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana : I = Kuat arus listrik (A)

Q = Banyaknya muatan Listrik (*Coulomb*)

T = waktu (s)

### 2.5.2 Tegangan

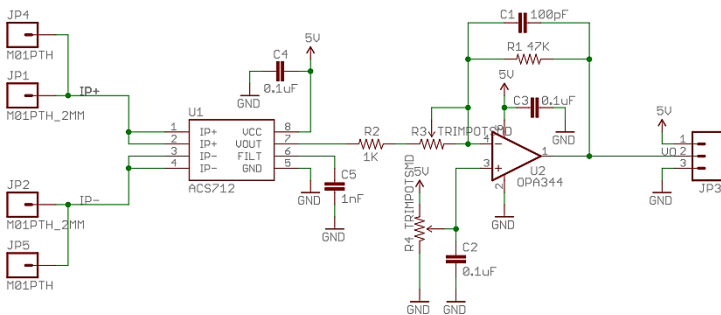
Terjadinya tegangan disebabkan adanya beda tiap muatan mempunyai tenaga potensial untuk menggerakkan suatu muatan lain dengan cara menarik atau menolak. Beda tegangan dapat dihasilkan dengan memberikan tekanan listrik dari suatu pembangkit listrik pada salah satu tempat penghantar. (Sumber repository.usu.ac.id)

$$v = \frac{dw}{dq} [\text{Volt}(V)] \dots\dots\dots(2.25)$$

## 2.6 *Hall Effect Current Sensor* (Sensor Arus ACS 712 Breakout 5A)

ACS712 712 Breakout 5A merupakan sensor arus sampai 5A dari DC atau AC saat ini. ACS 712 Breakout 5A memiliki tambahan gain tahap opamp untuk pengukuran arus lebih sensitif. Dengan menyesuaikan gain (4,27-47) perbesarannya. Sensor ACS712 adalah modul alat yang digunakan untuk mengukur arus listrik dimana menggunakan *hall effect sensor*. *Hall effect sensor* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet dimana akan menghasilkan nilai tegangan proporsional dengan kekuatan medan magnet. Untuk menangkap kekuatan medan magnet biasanya menggunakan sensor berupa induktor. Karena induktor memiliki kelemahan dalam penangkapan medan magnet yaitu medan magnet statis tidak terdeteksi maka digunakan *hall effect*. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon untuk mengalirkan arus listrik. (Tia Lestari Yani, 2012)

ACS 712 merupakan IC yang berfungsi sebagai pengganti trafo arus yang relatif besar, khususnya pada bentuk fisiknya. ACS712 diproduksi oleh *Allegro Microsystem* sebagai pengukur arus AC dan DC yang ekonomis. Dimana sensor ini memanfaatkan medan magnetik yang berada disekitar arus yang akan dikonversi menjadi tegangan variabel yang linier terhadap perubahan arus. Pada mikrokontroler, nilai tegangan bervariasi akan diproses. (Sapuan, 2012)



**Gambar 2.12** Sensor arus ACS712 Breakout 5A

Berikut merupakan Spesifikasi sensor ACS 712 :

- Tipe sensor : ACS712 Breakout 5A
- Tegangan operasi : 5,0V
- Waktu tempuh *set point* (*Rise Time*): 5 $\mu$ s
- Hambatan dalam konduktor : 1,2m $\Omega$
- Total *error* keluaran : 1,5% , suhu ( $T_A$ ) 25 $^{\circ}$ C
- Sensitivitas keluaran : 66 sampai 185 mV/A
- Jangkauan ukur Sensor :  $\pm$ 5 A

## 2.7 Karakteristik *Vout* analog dan *Vout* digital

Pada *Hall Effect* terdapat salah satu yang terpenting, yaitu perbedaan antara beban positif yang bergerak pada satu arah dan beban negatif bergerak sebaliknya. Kekuatan medan magnet dapat ditentukan melalui pengukuran tegangan *Hall* yang melalui bahan (Petrus, dkk., 2013). Dengan perumusan sebagai berikut :

$$V_H = \frac{IB}{ned} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :

$V_H$  = Tegangan yang melalui lebar pelat,

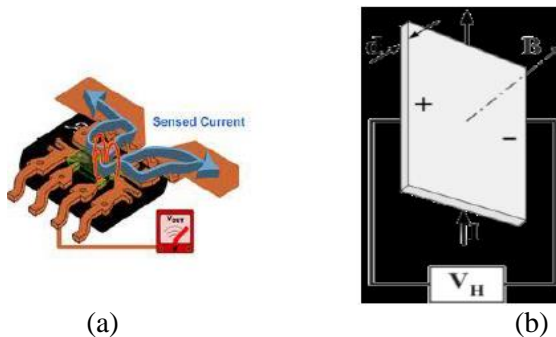
$I$  = Arus yang melalui panjang pelat,

$B$  = Medan magnet,

$d$  = Tebal pelat,

$e$  = Elektron,

$n$  = Kerapatan elektron pembawa



**Gambar 2.13** (a) Arus yang diterima pada IC; (b) Tegangan yang diukur pada IC (Petrus, dkk., 2013)

## 2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana didalamnya sudah terdapat CPU, *Read Only Memory (ROM)*, *Random Access Memory (RAM)*, *Input-Output*, timer, interrupt, *Clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik dalam satu chip yang siap dipakai. (Heri Susanto, dkk, 2013)

Dalam perancangan alat ini menggunakan mikrokontroler arduino UNO. Arduino UNO merupakan mikrokontroler berbasis ATmega yang dilengkapi dengan kemampuan interaksi dengan alat lain melalui *input/output*-nya (I/O). Arduino Uno memiliki 14 pin I/O (0 -13) yang dapat digunakan untuk mengendalikan

sensor, motor dan berbagai jenis akuator lainnya. (Didi Rachmadi , Karlisa Priandana, 2014)

**Tabel 2.1** Spesifikasi Arduino UNO R3

Mikrokontroler	ATMega 328
Operasi Voltage	5 V
<i>Input Voltage</i>	7 – 12 V (rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6 – 20 V (limit)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 MHz

*Microcontroller* memiliki kemampuan untuk menerima, mengolah, dan memberikan *output signal* digital. Sebagai contoh bila *Microcontroller* dengan catu daya 5 volt, *Microcontroller* tersebut dapat mengenali tegangan sebesar 0 volt sebagai *signal* digital *low*, atau tegangan 5 volt sebagai *signal* digital *high*. Sedangkan untuk mengenali nilai tegangan antara 0 volt hingga 5 volt, diperlukan fitur khusus, yakni *Analog-to-Digital Converter*. *Analog-to-Digital Converter*. atau biasa disebut ADC, memungkinkan *Microcontroller* untuk mengenali suatu nilai analog melalui suatu pendekatan digital.

### **Integrasi Sensor dengan Arduino**

Dalam tugas akhir ini integrasi sensor dengan arduino merupakan salah satu proses dimana sinyal analog dari sensor akan dirubah menjadi sinyal digital. Pada *board* arduino UNO dalam tugas akhir ini menggunakan resolusi 10 bit , yang berarti mampu memetakan hingga 1024 *discrete* analog. Kemudian dari data analog tersebut dikonversikan menjadi data digital dengan cara:

$$\text{tegangan terbaca} = \frac{\text{nilai tegangan sumber} * \text{ADC yang terbaca}}{\text{nilai ADC maximum}}$$



Nilai ADC tergantung dengan tegangan yang menjadi catu daya sistem *Microcontroller*. Untuk *board* Arduino biasa menggunakan sumber tegangan 5 volt. Nilai tegangan terbaca yaitu nilai tegangan yang keluar dari sensor pada tugas akhir ini, data nilai tegangan bias dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** dalam lampiran. Pada **Tabel 2** dalam lampiran terdapat pada kolom 1 dan baris 1 yaitu nilai tegangan sebesar 0,146 volt. Nilai tersebut di dapat dari perhitungan sebagai berikut :

$$\text{tegangan terbaca} = \frac{5 * 30}{1023} = 0,146$$

Jadi data ADC terkecil pada sensor arus sebesar 30. Diperolehnya nilai tegangan pada sensor dipengaruhi oleh resolusi data ADC. Kemudian tepat tidaknya pengukuran nilai resolusi ADC dipengaruhi oleh *clock speed* ADC tersebut. Untuk *board* Arduino Uno sendiri *clock speed* ADC maximum yang disarankan ialah 200 kHz. Nilai *clock speed* 200 kHz tersebut berdasarkan spesifikasi internal DAC (*Digital to Analog Converter*) pada rangkaian pengubahnya.

## 2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*) Ukuran 16x2

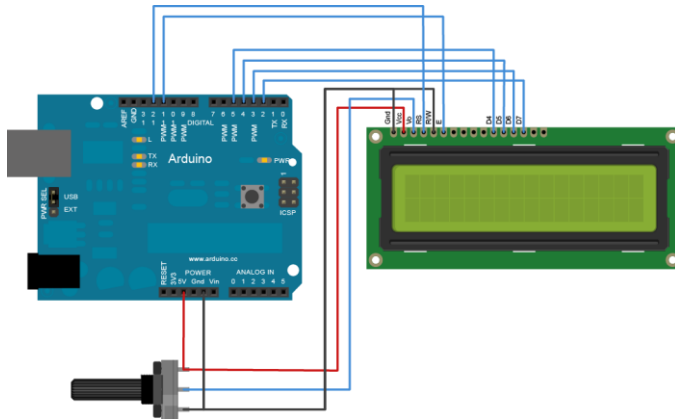
Lcd adalah suatu layar, bagian dari modul peraga yang menampilkan karakter yang diinginkan. Layar lcd menggunakan dua buah lembaran bahan yang dapat mempolarisasikan dan Kristal cair diantara kedua lembaran tersebut. Dalam tugas akhir ini menggunakan penampil yaitu LCD 16x2. Dimana menggunakan 2 LCD yaitu untuk menampilkan arus dan tegangan.



**Gambar 2.14** LCD 16x2 Character

**Tabel 2.2** Karakteristik LCD 16x2

<b>Pin</b>	<b>Simbol</b>	<b>I/O</b>	<b>Deskripsi</b>
1	VSS	--	<i>Ground</i>
2	VCC	--	Daya Masukan + 5 V 10%
3	VEE	--	Sumber daya untuk pengaturan kecerahan tampilan
4	RS	I	Daftar Pilihan RS ( <i>Register Select</i> ) = 0 untuk pilihan instruksi. RS =1 untuk pilihan data.
5	R/W	I	R/W( <i>Read/Write</i> ) =0 untuk menulis perintah, R/W= 1 untuk membaca atau menjalankan perintah
6	E	I	<i>Enable</i>
7	DB0	I/O	(tidak disambungkan kemanapun karena menggunakan data 4 bit) -
8	DB1	I/O	(tidak disambungkan kemanapun karena menggunakan data 4 bit) -
9	DB2	I/O	(tidak disambungkan kemanapun karena menggunakan data 4 bit) -
10	DB3	I/O	(tidak disambungkan kemanapun karena menggunakan data 4 bit) -
11	DB4	I/O	Data 4 bit
12	DB5	I/O	Data 4 bit
13	DB6	I/O	Data 4 bit
14	DB7	I/O	Data 4 bit
15	LED +	--	VCC
16	LED -	--	Ground



**Gambar 2.15** Integrasi LCD dan Arduino

### **2.10 Microsoft Visual Studio.NET**

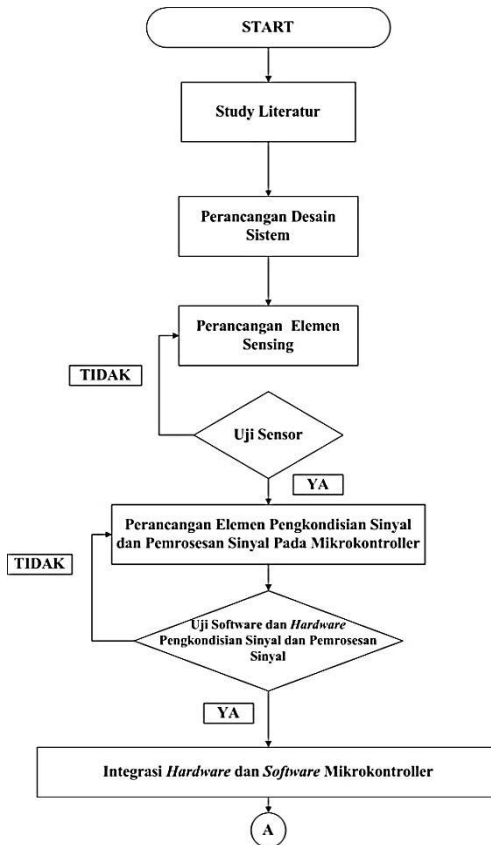
*Microsoft Visual Studio.NET* adalah sekumpulan pengembangan peralatan untuk membuat aplikasi *Web*, *ASP.NET*, *XML Web Services*, aplikasi *desktop*, serta aplikasi *mobile* sekalipun. Di dalam *Visual studio* ini terdapat bahasa pemrograman *.NET* yaitu *Visual basic*, *Visual C++*, *Visual C#(CSharp)*, dan *Visual J#(JSharp)*. Didalam tugas akhir ini menggunakan *Visual Basic.NET* sebagai baha pemrogramannya. Diman *Visual Basic.NET* ialah bahasa pemrograman yang dapat digunakan sebagai pembangun aplikasi-aplikasi *.NET* di *Microsoft.NET*. Di dalam *Visual Basic.NET* ini dapat membuat aplikasi baik aplikasi *desktop* maupun aplikasi *web* (Hidayatullah, 2013). Di dalam tugas akhir ini juga menggunakan excell sebagai penyimpan data dari monitoring.

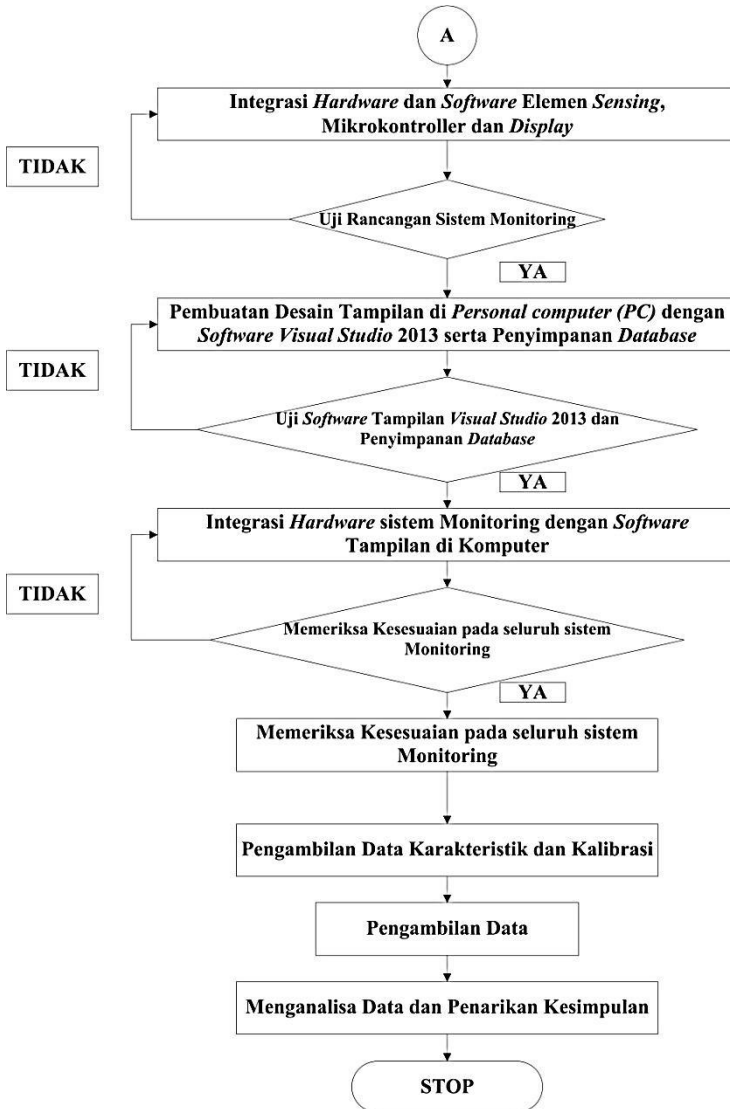
***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1 Diagram Alir Perancangan Alat

Secara umum tahapan penelitian Tugas Akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir seperti Gambar 3.1 dibawah ini::





**Gambar 3. 1** Skema Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

### 3.2 Persiapan Peralatan

Berikut merupakan peralatan yang dibutuhkan untuk perancangan sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya menggunakan lampu halogen:

- a. Peralatan Sensor Arus dan Tegangan :
  - ACS 712 5A Break Out (Sensor Arus)
  - Kabel jumper
  - Resistor Tahu 0,5 5 Watt
  - Lampu 5 Watt 20 Volt
  - Resistor Dale 1 Kohm dan 47 Kohm
- b. Peralatan sebagai controller :
  - Arduino Uno
- c. Peralatan Penampil :
  - LCD 16x2
- d. Peralatan Supply sistem monitoring :
  - Baterai 9V

### 3.3 Keterangan Flowchart :

#### a. Studi Literatur

Mempelajari literatur dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai pembuatan sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya menggunakan panel surya. Mencari karakteristik lampu yang sama dengan matahari, mencari karakteristik arus dan tegangan yang dikeluarkan oleh panel surya, serta karakteristik dari arus dan tegangan dari panel surya yang didesain dengan panel surya. Serta mencari karakteristik statik dari elemen sensor dan mikrokontroler yang akan digunakan.

#### b. Karakterisasi Lampu

Karakterisasi lampu dari pengujian menggunakan lampu Xenon dan Halogen dengan mencari nilai panjang gelombang yang paling kuat. Kemudian dipilih lampu yang sesuai dengan nilai panjang gelombang matahari yang sesuai dengan cahaya tampak. Dalam pengujian ini menggunakan *monokromator* dan

*optical power meter*. Kemudian menguji besarnya iradiansi lampu tersebut menggunakan piranometer.



**Gambar 3. 2** Karakterisasi Lampu

### c. Uji Sensor

Melakukan pengujian rangkaian sensor dengan melakukan pengambilan data setiap pengujiannya. Dalam pengujian sensor dalam alat ini menggunakan sensor arus sedangkan tegangannya tidak menggunakan sensor. Sensor arus menggunakan sensor ACS712 5A Break Out dengan beban resistor tahu 0.5  $\Omega$  dan 5 watt. Dalam pengujian sensor dilakukan dengan bantuan regulator DC sebagai sumber tegangan dan arusnya dengan spesifikasi :

- Tipe Model : Cellkit 1502DU
- Tegangan masukan : 220V $\pm$ 10% AC
- Arus Masukan : 1A
- Keluaran : Vdc 0~15V; I 0~1A



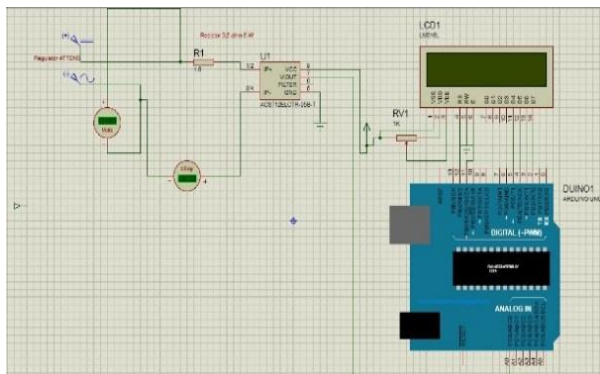
**Gambar 3. 3** Regulator DC



Sedangkan untuk Pembanding Standart digunakan Multimeter digital dengan spesifikasi :

- Tipe Model : CONSTANT 89
- Tegangan DC : 400mV~600V
- Akurasi : 400mV~600V  $\pm$  400mV(0.5%+4d) & 1000V  $\pm$ (1.0%+4d)
- Arus DC : 400  $\mu$ A ~10A
- Akurasi : 2 $\mu$ A~10A $\pm$ (1.0%+10d) & 10A  $\pm$ (1.2%+10d)

Berikut merupakan susunan rangkaian uji sensor arus ACS712 5A Break Out :



**Gambar 3. 4** Uji Sensor Arus

#### **d. Perancangan Elemen Pengkodisian Sinyal dan Pemrosesan Sinyal pada Mikrokontroller**

Dalam tahap ini melakukan perancangan elemen pengondisian sinyal dan pemrosesan sinyal pada mikrokontroller. Karena dalam sistem monitoring ini untuk pengondisian sinyal dan pemrosesan sinyal dilakukan di dalam perangkat kontrol yaitu mikrokontroller Arduino UNO. Dalam pengondisian sinyal dan pemrosesan sinyal dilakukan melalui program *software*

pemrograman Arduino UNO. Sinyal yang dikondisikan dan diproses adalah nilai keluaran dari setiap sensor tegangan dan arus. Dalam tahap ini pula dilakukan pengondisian program agar dapat tertampil di LCD (*Liquid Crystal Display*) karakter 16x2. Berikut merupakan tampilan *software* Arduino :

```
void loop()
{
  //arus
  s_acs = 0;
  for(i=0;i<100;i++){
    s_acs = s_acs + read_adc_10bit(0);
    _delay_us(1);
  }
  v_acs = s_acs/100;
  printf("%4i \n",s_acs);
  arus=(v_acs);
  arus1=(arus*5000/1023);
  arus2=((arus1*1.2832)-196.84)/1000;
  //arus2=(arus1-87.20)/1000;
  // arus3=arus2-2.5945;
  if (v_acs <=33)
  {arus2= 0;
  }
  // else if(94<= v_acs <=97){
  // arus=(v_acs);
  // arus1=(arus*5000/1023);
  // arus2=(arus1-87.2);
  // }
  //tegangan
  s_acs = 0;
  for(i=0;i<100;i++){
    s_acs = s_acs + read_adc_10bit(1);
```

---

**Gambar 3. 5** Tampilan *software* Arduino

Ketika *coding* program sudah jadi maka dilakukan pengintegrasian antara *hardware* dengan *software*. Didalam *software* dilakukan penyamaan *Port Personal Computer(PC)* yang digunakan untuk mengupload program yang ada ke mikro *chip* Arduino UNO. Kemudian program dilihat hasil yang tertampil di LCD ataupun dari *serial monitor* Arduino apakah sudah sesuai dengan program yang diinginkan.

#### **e. Perancangan Tampilan Display dengan Software Microsoft Visual Studio 2013**

Setelah dilakukan pengintegrasian program dengan *hardware*, sistem monitoring ini kemudian dilakukan pembuatan tampilan data di *Personal Computer (PC)* serta penyimpanan data secara *real time*. Di dalam *software* ini menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic.NET* dengan data yang ditampilkan adalah nilai tegangan, arus, dan daya berupa angka serta grafik nilai yang telah tersimpan. Kemudian di dalam *software* ini membutuhkan program tambahan

#### **f. Pengambilan Data Karakteristik Statik dan Data Kalibrasi**

Pada tahap pengambilan data karakteristik static dan kalibrasi merupakan tahap untuk melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem monitoring yang telah dibuat. Dimana dengan keterangan data tersebut dapat dilihat baik atau tidaknya performansi karakter sistem monitoring ini. Pada karakteristik statik alat yang dicari yaitu nilai *range*, *span*, *resolusi*, *sensitivitas*, *non-linieritas*, *hysteresis*, serta akurasi. Sedangkan untuk data kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran ketika menggunakan perangkat sistem monitoring arus dan tegangan ini. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data karakteristik statik :

- Nilai *range* dan resolusi sistem pengukuran dicatat sesuai spesifikasi sensor arus dan tegangannya.

- Kemudian nilai *span* ditentukan dengan rumus :  $I_{max}-I_{min}$  dan  $O_{max}-O_{min}$ .

- Nilai sensitivitas ditentukan dengan rumus :

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \dots\dots\dots (3.1)$$

- Nilai linieritas ditentukan dari nilai pembacaan input naik, dengan rumus linieritas :

$$O - O_{min} = \left[ \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \right] (I - I_{min}) \dots\dots\dots (3.2)$$

$$O_{ideal} = KI + a \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana :

$$K = \text{Kemiringan garis lurus ideal} = \frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}}$$

a = Koefisien garis lurus ideal

$$= O_{min} - KI_{min}$$

- *Hysteresis* ditentukan dengan melakukan pengambilan data input naik dan turun, dengan persamaan *hysteresis* :

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\% \text{ Maksimum hysteresis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \dots\dots (3.5)$$

- Nilai akurasi ditentukan dari pembacaan alat dengan pembacaan standar, nilai akurasi ditentukan dari nilai kesalahan akurasi dengan persamaannya, yaitu :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan rumus prosentase akurasi (a)

a = 100%-Persen kesalahan

dimana :  $Y_n$  = Pembacaan standar

$X_n$  = Pembacaan alat

Nilai ketidakpastian didapatkan dengan cara kalibrasi secara pembacaan berulang, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Nilai  $U_{a1}$  dihitung berdasarkan persamaan yang ditunjukkan pada sub bab analisis ketidakpastian.
- Nilai  $U_{a2}$  yaitu nilai ketidakpastian berdasarkan pendekatan regresi dihitung dengan persamaan sesuai dengan sub bab analisis ketidakpastian.

- Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan ketidakpastian berdasarkan nilai selain metode statistik atau berdasarkan data yang sudah ada, sesuai dengan persamaan pada analisis ketidakpastian tipe B.
- Berdasarkan data  $U_{a1}$ ,  $U_{a2}$ ,  $U_{b1}$  serta  $U_{b2}$  ini dapat ditentukan nilai ketidakpastian kombinasi ( $U_c$ ) sesuai persamaan pada ketidakpastian baku gabungan.
- Kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai ketidakpastian diperluas  $U_{exp}$  yang didapatkan berdasarkan nilai  $K$  faktor cakupan dan nilai  $V$  factor kebebasan. Sesuai dengan persamaan pada ketidakpastian diperluas.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB IV ANALISA DATA**

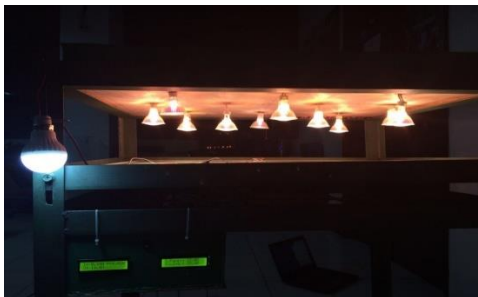
### **4.1 Analisa Data**

#### **4.1.1. Hasil Rancang Bangun**

Berikut merupakan hasil perancangan sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya menggunakan cahaya lampu secara *real time* berbasis Arduino dan tampilan *Microsoft Visual Studio 2013*:

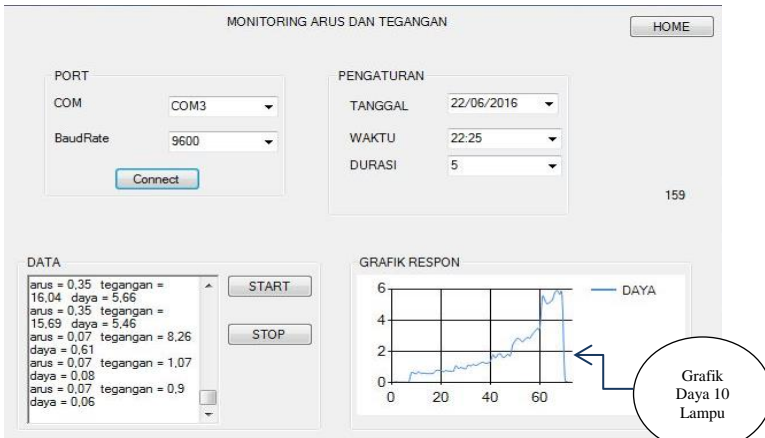


**Gambar 4. 1** Tampak Samping Hasil Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan



**Gambar 4. 2** Tampak Samping Hasil Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan

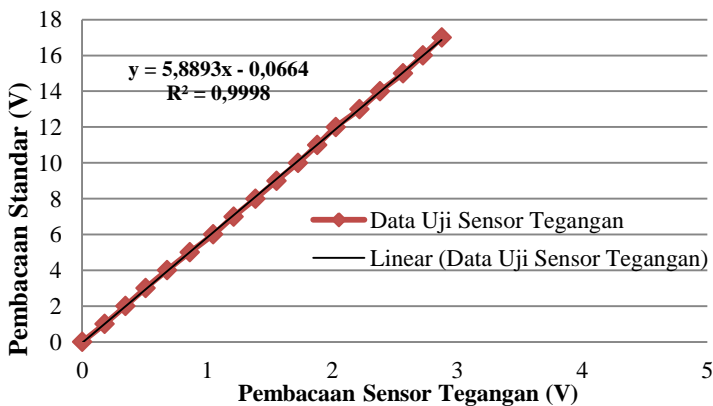




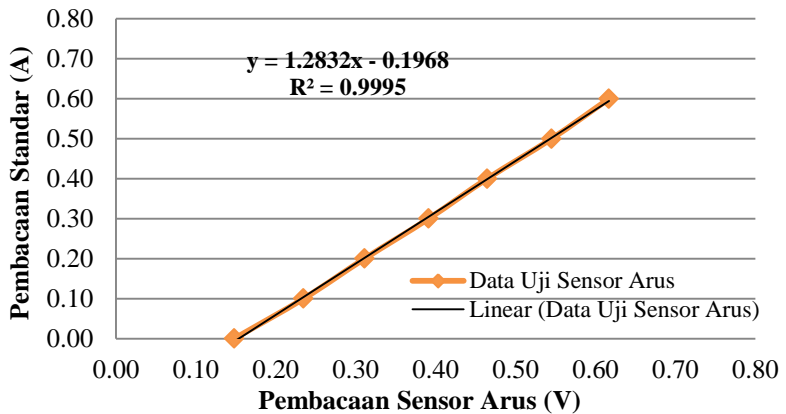
**Gambar 4.3** Tampilan grafik pada *software microsoft visual studio 2013*

#### 4.1.2. Pengujian Alat

Setelah dilakukan perancangan alat, dilakukan pengujian alat dengan mencari data pengujian dari *input* dan *output* alat sebagai nilai pengonversi dari nilai keluaran sensor menjadi nilai yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur. Dengan data pengujian alat sebagai berikut :



**Gambar 4. 4** Grafik data Uji Sensor Tegangan



**Gambar 4.5** Grafik data Uji Sensor Arus

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa persamaan pengujian dari alat yang dibandingkan dengan alat ukur yang lebih standar, dimana persamaan yang muncul akan dijadikan acuan konversi keluaran dari sensor menjadi besaran yang telah sesuai dengan besaran fisis yang terukur. Persamaan grafik pengujian tegangan yaitu  $= 5,8893 x - 0,0664$  , sednagkan persamaan grafik pengujian arus yaitu  $y = 1,2832x - 0,1968$  dimana  $y$  merupakan nilai dari pembacaan alat standar dan  $x$  merupakan nilai pembacaan alat yang dibuat.

#### 4.1.3. Data Spesifikasi Alat

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik menghasilkan data sebagai berikut :

**Tabel 4. 1** Pengambilan data naik dan turun untuk tegangan

No.	Data Naik		Data Turun		H(I)	(Vstd-Valat)/Vstd	Non-Linieritas per Input
	VStd (V)	Valat (V)	VStd (V)	Valat (V)			
1.	0	0	0	0	0,00	~	0
2.	1	1,01	1	1,01	0,00	-0,01	0,004
3.	2	2,02	2	2,05	-0,03	-0,01	0,015
4.	3	3	3	3	0,00	0	-0,007
5.	4	4,06	4	4,06	0,00	-0,01	0,050
6.	5	5,07	5	5,07	0,00	-0,01	0,058
7.	6	6,13	6	6,13	0,00	-0,02	0,115
8.	7	7,14	7	7,14	0,00	-0,02	0,123
9.	8	8,18	8	8,18	0,00	-0,02	0,161
10.	9	9,19	9	9,16	0,03	-0,01	0,168
11.	10	10,16	10	10,16	0,00	-0,01	0,136
12.	11	11,14	11	11,14	0,00	-0,01	0,114
13.	12	12,06	12	12,06	0,00	-0,01	0,031
14.	13	13,24	13	13,24	0,00	-0,01	0,209
15.	14	14,17	14	14,17	0,00	-0,01	0,137
16.	15	15,17	15	15,17	0,00	-0,01	0,134
17.	16	16,18	16	16,21	-0,03	-0,01	0,142
18.	17	17,04	17	17,04	0,00	0	-0,001
Rata-Rata						<b>0,013</b>	

Sehingga menghasilkan nilai :

- Range : Tegangan DC 0~17 V
- Span : Tegangan 17 A
- Resolusi : 0,01
- Sensitivitas (K) : 0,17 V (Dari data pengujian alat)

- Maks. Non-Linieritas : 1,22 %
- Non-Linieritas : 0,00 %
- Histeresis : 0,17 %
- Akurasi : 0,987
- Kesalahan (*error*) : 1,3%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik tegangan berdasarkan data pada table 4,1 :

- Sensitivitas =  $\frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{2,88-0,00}{17-0,00} = 0,17 V$  (**Didapatkan dari data Uji Sensor terdapat pada lampiran tabel 1**)
- Non – Linieritas ( $N(I) = O(I) - (KI + a)$ )  
\* (*berdasarkan data naik*)

$$\text{Non – Linieritas maks. per unit} = \frac{\hat{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$a = O_{min} - KI_{min}$$

$$K(\text{Sensifitas}) = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{17,04-0,00}{17,00-0,00} = 1,002$$

$$a = 0 - (1,002 \times 0)$$

$$a = 0$$

Sehingga :

$$\text{Non – Linieritas maks. per unit} = \frac{0}{17,04 - 0} \times 100\%$$

$$\text{Non – Linieritas} = 0,00\%$$

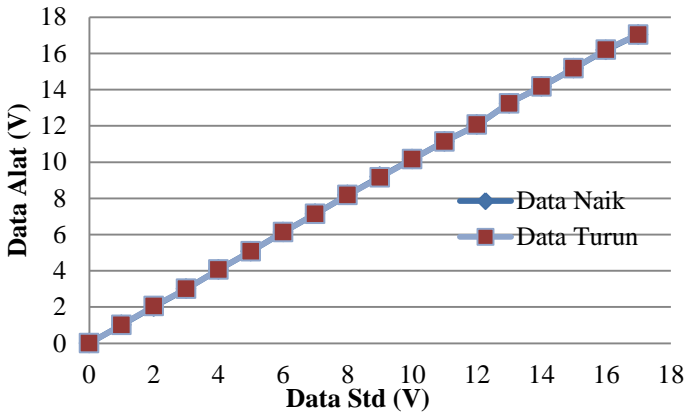
- Histeresis :

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}, \hat{H} = H(I)_{max} \text{ sehingga :}$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,03}{17,04 - 0,00} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 0,17\%$$



**Gambar 4. 6** Grafik Nilai Histerisis Tegangan

- Akurasi :  

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|$$
, dengan  $Y_n$  = Pembacaan standar (I) dan  
 $X_n$  = Pembacaan alat (O)  

$$A = 1 - |0,013| = 0,987$$
- % Kesalahan (*error*) :  

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,987$$

$$e = 0,013 * 100\%$$

$$e = 1,3\%$$

**Tabel 4. 2** Pengambilan data naik dan turun untuk arus

No.	Data Naik		Data Turun		$H(I)$	(Istd-Ialat)/Istd	Non-Linieritas per Input
	I Std (A)	I Alat (A)	I Std (A)	I Alat (A)			
1.	0	0,15	0	0,14	0,01	~	0,01
2.	0,10	0,23	0,1	0,23	0,00	1,30	0,01
3.	0,20	0,31	0,2	0,31	0,00	0,55	0,01
4.	0,30	0,38	0,3	0,39	-0,01	0,26	0,00
5.	0,40	0,45	0,4	0,46	-0,01	0,125	-0,01
6.	0,5	0,54	0,5	0,54	0,00	0,08	0,00
7.	0,6	0,62	0,6	0,61	0,01	0,03	0,00
<b>Rata-Rata</b>						<b>0,34</b>	

Sehingga menghasilkan nilai :

- Range : Arus DC 0~0,6 A
- Span : Arus 0,6 A
- Resolusi : 0,01
- Sensitivitas (K) : 0,8 V/A (Dari data pengujian alat)
- Maks. Non-Linieritas : 0,00
- Non-Linieritas : 0,208%
- Histeresis : 0,208%
- Akurasi : 0,66
- Kesalahan (*error*) : 0,34%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik tegangan berdasarkan data pada tabel 4.2 :

- Sensitivitas =  $\frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{0,62-0,14}{0,6-0,00} = 0,8 \text{ V/A}$  **(Didapatkan dari data Uji Sensor terdapat pada lampiran tabel 2)**
- Non – Linieritas ( $N(I) = O(I) - (KI + a)$ )  
\* (*berdasarkan data naik*)

$$\text{Non - Linieritas maks. per unit} = \frac{\hat{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$a = O_{min} - KI_{min}$$

$$K = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{0,62 - 0,14}{0,6 - 0,00} = 0,8$$

$$a = 0,14 - (0,8 \times 0,00)$$

$$a = 0,14$$

Sehingga :

$$\text{Non - Linieritas maks. per unit} = \frac{0,01}{0,62 - 0,14} \times 100\%$$

$$\text{Non - Linieritas} = 0,208\%$$

- Histeresis :

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}, \hat{H} = H(I)_{max} \text{ sehingga :}$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,01}{0,62 - 0,14} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,01}{4,8} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 0,208\%$$

- Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right|, \text{ dengan } Y_n = \text{Pembacaan standar (I) dan}$$

$$X_n = \text{Pembacaan alat (O)}$$

$$A = 1 - |0,34| = 0,66$$

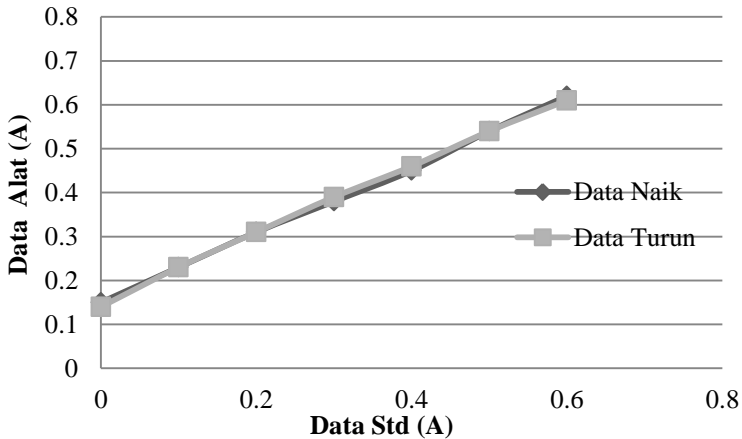
- % Kesalahan (*error*) :

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,66$$

$$e = 0,34 \times 100\%$$

$$e = 34\%$$



**Gambar 4. 7** Grafik Nilai Histerisis Arus

Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur :

- a. Nilai ketidakpastian untuk tegangan :

**Tabel 4. 3** Data Kalibrasi Tegangan

No.	Pemb. Std (t)	Rata-Rata Pemb. Alat (x)	Koreksi (y)	Yregresi	Residu (R)	SR
1	1,06	1,01	0,050	0,0952	-0,0452	0,0020
2	2,07	2,03	0,038	0,0481	-0,0101	0,0001
3	3,09	3,00	0,090	0,0005	0,0895	0,0080
4	4,02	4,05	-0,031	-0,0429	0,0119	0,0001
5	4,95	5,07	-0,120	-0,0863	-0,0337	0,0011
6	6,02	6,12	-0,108	-0,1362	0,0282	0,0008
7	6,96	7,14	-0,180	-0,1800	0,0000	0,0000
8	7,90	8,18	-0,280	-0,2239	-0,0561	0,0031
9	8,90	9,16	-0,300	-0,2687	-0,0313	0,0010



Lanjutan Tabel 4. 4 Data Kalibrasi Tegangan

No.	Pemb. Std (t)	Rata-Rata Pemb. Alat (x)	Koreksi (y)	Yregresi	Residu (R)	SR
10	9,90	10,16	-0,270	-0,3167	-0,0467	0,0022
Jumlah	54,82	55,93	0,2630		<b>SSR =&gt;</b>	0,0185
Rata-Rata	5,482	5,593	0,0263			

- Nilai ketidakpastian tipe A :

$$\sigma \text{ (Standart Deviasi Koreksi)} = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$\sigma = 0,145$$

Sehingga nilai ketidakpastian hasil pengukuran :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$U_{a1} = \frac{0,145}{\sqrt{10}} = \mathbf{0.046}$$

Sedangkan nilai ketidakpastian regresi  $U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$  (4.3)

Dimana :

$$SSR \text{ (Sum Square Residual)} = \sum SR \text{ (Square Residual)}$$

$$SR = R^2 \text{ (Residu)} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$Y_i \text{ (Nilai koreksi)} = \text{Pemb. standar (t}_i\text{)} - \text{Pemb. alat (x}_i\text{)}$$

$$Y_{reg} = a + (b * t_i) \dots\dots\dots (4.5)$$

$$a = \bar{y}_t + (b * \bar{t}_t)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; t_i = \text{Pemb. standar,}$$

$y_i = \text{Nilai koreksi, } n = \text{Jumlah data}$

$$b = \frac{(10 * (-9,7521) - (-1,1110 * 54,82))}{(10 * 379,0232) - (54,82)^2}$$

$$b = \frac{(-97,521) - (60,8502)}{(3790,232) - (3005,232)} = \mathbf{-0,047}$$

Sehingga nilai :

$$a = -0,1111 + (-0,047 * 5,482)$$

**a = 0,145**

Jadi, persamaan regresi menjadi  **$Y_{reg} = (0,145) + (-0,047 * tt)$**

Yang menghasilkan nilai **SSR = 0,0185**

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{0,0185}{10-2}} = \mathbf{0,048}$$

- Nilai ketidakpastian tipe B :

Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi ( $U_{B1}$ ) dan Ketidakpastian alat standar multimeter ( $U_{B2}$ ). Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2}x \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2}x 0,01}{\sqrt{3}} = \mathbf{0,003} \dots \dots \dots (4.6)$$

$U_{B2} = \frac{a}{k}$ , dikarenakan pada alat standar tidak ada sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil :  **$U_{B2} = 0$**

- Nilai ketidakpastian kombinasi  $U_c$  :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \dots \dots \dots (4.7)$$

$$U_c = \sqrt{0,024^2 + 0,073^2 + 0,003^2 + 0^2}$$

$$U_c = 0,067$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$ , sehingga :

$V1 = 9; V2 = 9; V3 = \infty; V4 = 60$  (berdasarkan table T)

Dengan nilai  $V_{eff}$  (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\frac{\sum(U_i)^4}{V_i}} \dots \dots \dots (4.8)$$

$$V_{eff} = \frac{(0,067)^4}{(0,046)^4/9 + (0,048)^4/9 + (0,003)^4/\infty + (0,00)^4/60}$$

**V<sub>eff</sub> = 18,026**, sehingga jika dibulatkan menjadi 18, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2,10

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c \dots\dots\dots (4.9)$$

$$U_{exp} = 2,10 \times 0,067 = \mathbf{0,140}$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas di atas menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar ±0,140 dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

Dengan perhitungan yang sama dilakukan perhitungan kalibrasi arus, dimana kalibrasi dilakukan dalam kondisi suhu lingkungan sebesar 30°C dengan data sebagai berikut :

b. Nilai ketidakpastian untuk arus :

**Tabel 4. 5** Data Kalibrasi Arus

No	Pemb. Std (t)	Rata-Rata Pemb. Alat (x)	Koreksi i (y)	Y <sub>reg</sub>	Residu (R)	SR
1	0,05	0,05	0,038	-0,00103	0,039	0,001523417
2	0,10	0,11	-0,029	0,00095	-0,209	0,000896756
3	0,15	0,16	-0,014	0,00282	-0,016	0,000268152
4	0,20	0,21	-0,007	0,00433	-0,011	0,000128262
5	0,25	0,26	0,008	0,00607	0,001	3,73954E-06

Lanjutan Tabel 4.6 Data Kalibrasi Arus

No.	Pemb. Std (t)	Rata- Rata Pemb. Alat (x)	Koreksi (y)	Yreg	Residu (R)	SR
6	0,30	0,30	0,010	0,00757	0,002	5,91378E-06
7	0,35	0,36	0,026	0,00941	0,016	0,000275179
8	0,40	0,40	-0,008	0,01098	-0,018	0,000360306
9	0,45	0,45	0,042	0,01269	0,029	0,000859164
10	0,51	0,51	0,002	0,01467	-0,012	0,000160487
Jumlah	2,81	2,7395 55	0,068445		SSR =>	0,004481376
Rata- Rata	0,28 1	0,2739 555	0,0068445			

- Nilai ketidakpastian tipe A :

$$U_{a1} = \frac{0,0229}{\sqrt{10}} = \mathbf{0,00724};$$

$$Y_{reg} = a + (b * ti)$$

$$Y_{reg} = (-\mathbf{00274}) + (ti \times \mathbf{0,034});$$

$$\mathbf{SSR = 0,00448};$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{0,00448}{10-2}} = \mathbf{0,02367}$$

Nilai ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = \mathbf{0,003}$$

$U_{B2} = \frac{a}{k}$ , dikarenakan pada alat standar tidak ada sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil :  $U_{B2} = \mathbf{0}$

$$U_c = \sqrt{0,00724^2 + 0,02367^2 + 0,003^2 + 0^2}$$

$$U_c = 0,025$$

Dengan nilai  $V_1 = 9$ ;  $V_2 = 9$ ;  $V_3 = \infty$ ;  $V_4 = 60$  (berdasarkan table T), maka nilai derajat kebebasan efektif sebesar

$$V_{eff} = \frac{(0,025)^4}{\frac{(0,00724)^4}{9} + \frac{(0,0236)^4}{9} + \frac{(0,003)^4}{\infty} + \frac{(0,00)^4}{60}}$$

$V_{eff} = 11$  yang dibulatkan menjadi 13, sehingga nilai k (faktor koreksi)nya berdasarkan tabel *T-student* sebesar 2,20. Sehingga nilai ketidakpastian diperluasnya sebesar 0,025.

$$U_{exp} = 2,20 * 0,025 = 0,055$$

Dengan hasil perhitungan nilai ketidakpastian diperluas sebesar  $\pm 0,055$  Nilai ini merupakan acuan nilai ketidakpastian pembacaan alat dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan tabel *T-Student*.

#### 4.1.4. Data Uji Panel Surya Sun Simulator

Berikut merupakan hasil pengukuran keluaran panel surya menggunakan 10 lampu halogen dimana pengukurannya menggunakan beban:

**Tabel 4. 6** Nilai Data Plan dengan 1 Lampu

Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya (Watt)
0:05:20	0,01	8,35	0,08
0:05:24	0,00	8,35	0,03
0:05:28	0,00	8,32	0,03
0:05:32	0,01	8,32	0,08
0:05:36	0,02	8,35	0,14
0:05:40	0,00	8,35	0,03
0:05:44	0,00	8,35	0,03
0:05:48	0,01	8,32	0,08
0:05:52	0,01	8,35	0,08
0:05:57	0,01	8,35	0,08

**Lanjutan Tabel 4. 7** Nilai Data Plan dengan 1 Lampu

0:06:01	0,00	8,38	0
0:06:05	0,00	8,38	0,03
0:06:09	0,00	8,38	0
0:06:13	0,02	8,38	0,14
0:06:17	0,01	8,38	0,08
0:06:21	0,00	8,38	0,03
0:06:25	0,00	8,38	0,03
0:06:29	0,01	8,38	0,08
0:06:33	0,00	8,38	0,03
0:06:37	0,00	8,38	0,03

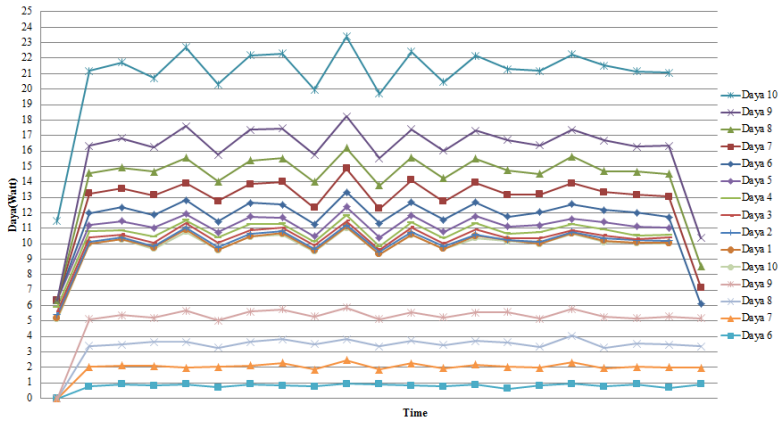
**Tabel 4. 8** Nilai Data Plan dengan 1 Lampu 2 Lampu

<b>Time</b>	<b>Arus (I)</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Daya (Watt)</b>
0:36:35	0,02	8,75	0,2
0:36:39	0,02	8,81	0,14
0:36:59	0,01	8,84	0,09
0:37:03	0,01	8,78	0,09
0:37:07	0,02	8,84	0,14
0:37:11	0,02	8,81	0,14
0:37:15	0,02	8,81	0,2
0:37:19	0,02	8,81	0,14
0:37:23	0,01	8,78	0,09
0:37:27	0,01	8,84	0,09
0:37:31	0,02	8,78	0,14
0:37:35	0,02	8,81	0,14
0:37:39	0,02	8,81	0,14
0:37:43	0,01	8,78	0,09
0:37:47	0,00	8,84	0
0:37:51	0,02	8,78	0,14
0:37:55	0,01	8,84	0,09
0:37:59	0,02	8,75	0,14
0:38:03	0,02	8,84	0,14
0:38:07	0,02	8,78	0,14

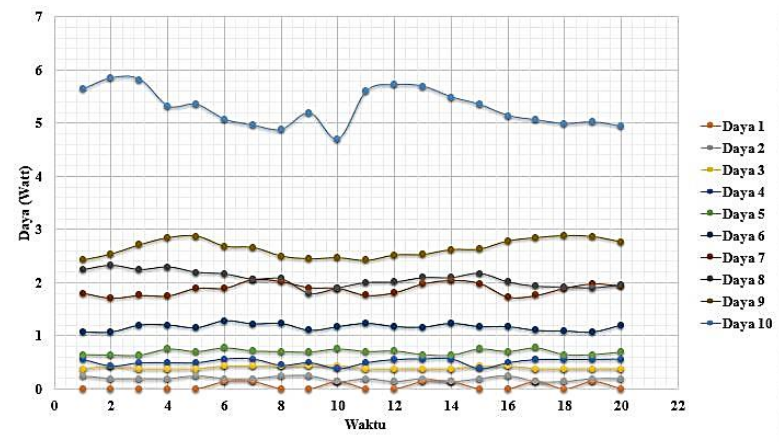
**Tabel 4. 9** Nilai Data Plan dengan 1 Lampu 3 Lampu

<b>Time</b>	<b>Arus (I)</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Daya 3 (Watt )</b>
0:42:19	0,02	9,16	0,21
0:42:23	0,03	9,13	0,26
0:42:27	0,02	9,1	0,2
0:42:31	0,02	9,16	0,21
0:42:35	0,03	9,19	0,26
0:42:39	0,04	9,19	0,32
0:42:43	0,02	9,19	0,21
0:42:47	0,02	9,19	0,21
0:42:52	0,03	9,16	0,26
0:42:56	0,03	9,13	0,26
0:43:00	0,02	9,13	0,15
0:43:04	0,04	9,13	0,32
0:43:08	0,02	9,13	0,21
0:43:12	0,04	9,13	0,32
0:43:16	0,01	9,16	0,09
0:43:20	0,02	9,16	0,21
0:43:24	0,01	9,19	0,09
0:43:28	0,02	9,19	0,21
0:43:32	0,01	9,1	0,09

Untuk hasil pengukuran keluaran panel surya menggunakan beberapa lampu halogen lainnya dilampirkan dalam lampiran.



**Gambar 4.8** Grafik Hasil Daya dengan berbeda lampu jarak lampu 10 cm



**Gambar 4.9** Grafik Hasil Daya dengan berbeda lampu jarak lampu 20 cm



Berdasarkan **Gambar 4.8 dan Gambar 4.9** daya yang dihasilkan oleh panel surya semakin besar dengan bertambahnya lampu, begitu juga dengan tegangan dan arus yang dihasilkan. Grafik daya diatas didapat dari penyinaran panel surya selama 1 menit setiap penyinaran dengan jumlah lampu yang berbeda. Variasi jarak lampu yang digunakan sebesar 10 cm dan 20 cm dari panel. Beban yang digunakan menggunakan lampu 5 *Watt* 12 *Volt*. Dari pengujian didapatkan nilai daya dengan beberapa variasi. Daya paling tinggi sebesar 5,85 *Watt* pada saat jarak lampu dari panel 20 cm dan menggunakan 10 lampu. Dan daya paling kecil 0 *Watt* pada saat menggunakan 1 lampu. Arus paling besar yang dihasilkan yaitu 0,38 A pada saat menggunakan 10 lampu dan jarak lampu dari panel 20 cm. Sedangkan tegangan paling tinggi yang dihasilkan sebesar 15,98 *Volt* pada saat menggunakan 10 lampu dan jarak lampu 10 cm dari panel.





Lanjutan **Tabel 1** Data Keluaran Sensor Tegangan

17	16	16	2.73	2.73	2.72	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.72	2.72	2.73	2.73	2.73
18	17	17	2.87	2.88	2.87	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.87	2.87	2.88	2.88	2.88

**Keterangan :**

x : Pembacaan Regulator

y : Pembacaan Standar

Z : Nilai Rata-Rata Pengukuran Naik dan Turun

N: Nilai Rata- Rata Pembacaan Naik

T: NilaiRata-rata Pembacaan Turun

**Tabel 2** Data Uji Sensor Arus

No	Data Uji Sensor Arus														Z
	x	y	Naik (mV)					N	Turun (mV)					T	
1	0	0	146.63	146.63	151.52	151.52	146.63	147.61	146.63	141.74	151.52	146.63	151.52	148.10	147.36
2	100	100	234.60	234.60	239.49	234.60	234.60	235.09	234.60	234.60	234.60	234.60	234.60	234.11	234.36
3	200	200	312.81	307.92	312.81	307.92	307.92	310.37	307.92	312.81	307.92	312.81	307.92	311.34	309.63
4	300	300	391.01	391.01	395.89	391.01	395.89	391.01	391.01	391.01	391.01	391.01	391.01	391.01	388.56
5	400	400	469.21	459.43	464.32	464.32	464.32	463.83	464.32	464.32	464.32	464.32	469.21	464.81	464.56
6	500	500	542.52	542.52	547.41	547.41	542.52	545.45	542.52	542.52	547.41	547.41	547.41	544.48	545.94
7	600	600	625.61	620.72	615.84	610.95	615.84	617.79	615.84	620.72	610.95	615.84	615.84	615.84	618.28

**Keterangan :**

x : Pembacaan Regulator

y : Pembacaan Standar

Z : Rata-Rata Pembacaan Naaik dan Turun

N: Rata- Rata Pembacaan Naik

T: Rata-rata Pembacaan Turun

**Tabel 3** Data Nilai Kalibrasi Alat (Tegangan)

No	Vreg (V)	VStd (V)	Data Kalibrasi Tegangan (V)										Rata-Rata Data Kalibrasi	Koreksi	
1	1	1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0.0500
2	2	2	2.02	2.02	2.02	2.05	2.05	2.05	2.05	2.02	2.02	2.02	2.02	2.03	0.0380
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.0900
4	4	4	4.03	4.03	4.03	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.05	-0.0310
5	5	5	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	5.07	-0.1200
6	6	6	6.11	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	-0.1080
7	7	7	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	-0.1800
8	8	8	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	-0.2800
9	9	9	9.19	9.13	9.16	9.16	9.16	9.16	9.16	9.16	9.16	9.16	9.16	9.16	-0.3000
10	10	10	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	-0.2700
<b>Rata-Rata</b>														<b>-0,1111</b>	

**Tabel 4** Data Nilai Kalibrasi Alat (Arus)

No	I <sub>reg</sub> (A)	I <sub>Std</sub> (A)	Data Nilai Kaibrasi Arus (A)										Rata-Rata Kalibrasi Arus	Koreksi
1	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.03	0.03	0.03	0.01	0.038
2	1	0.1	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	-0.029
3	0.15	0.16	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	-0.014
4	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	-0.007
5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.008
6	0.3	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.29	0.29	0.30	0.30	0.28	0.29	0.010
7	0.35	0.35	0.33	0.33	0.33	0.32	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.026
8	0.4	0.4	0.40	0.41	0.42	0.41	0.42	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	-0.008
9	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.042
10	0.5	0.51	0.50	0.51	0.51	0.51	0.50	0.51	0.52	0.51	0.50	0.51	0.51	0.002
<b>Rata-Rata</b>													<b>0.068445</b>	





## LAMPIRAN B

*(Listing Program di Mikrokontroler dan Microsoft Visual Studio 20013)*

### **Listing Program Arduino**

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
uint32_t s_acs;
uint16_t v_acs;
uint32_t c_acs;
uint16_t teg;
float arus;
float arus1;
float arus2;
float arus3;
float tegangan;
float tegangan1;
float tegangan2;
float a;
float daya;

void setup()
{
  lcd.begin(16,2);
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
  ADC_init();
  UART_init(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Time,Arus,Tegangan,Daya");
}
void loop()
{
  //arus
  s_acs = 0;
  for(i=0;i<100;i++){
    s_acs = s_acs + read_adc_10bit(0);
    _delay_us(1);
  }
  v_acs = s_acs/100;
```

```

    arus=(v_acs);
    arus1=(arus*5000/1023);
    arus2=((arus1*1.2832)-196.84)/1000;
    if (v_acs <=33)
    { arus2= 0;
      }
    s_acs = 0;
    for(i=0;i<100;i++){
    s_acs = s_acs + read_adc_10bit(1);
    _delay_us(1);
    }
    v_acs= s_acs/100;
    tegangan=(v_acs);
    tegangan1=(5.8893*(tegangan*5/1023))-0.0664;
    tegangan2=(tegangan1+0.07)-0.575;
    daya = arus2*tegangan1 ;

```

```

Serial.print("DATA,TIME,");
Serial.print(arus2);
Serial.print (",");
Serial.print(tegangan2);
Serial.print (",");
Serial.print(daya);
Serial.print("\r\n");
delay (100);

```

```

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("I= ");
lcd.print(arus2);
lcd.setCursor (7,0);
lcd.print("A");

```

```

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("V= ");
lcd.print(tegangan2);
lcd.setCursor (7,1);
lcd.print("V");

```

```
lcd.setCursor(0,1);
```

```
lcd.setCursor(9, 0);
```

```
lcd.print("P=");
```

```
lcd.setCursor(11, 0);
```

```
lcd.print(daya);
```

```
lcd.setCursor(15, 0);
```

```
lcd.print("W");
```

```
}
```

### **Listing Program *Microsoft Visual Basic 2013***

```
Public Class Form1
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
Me.Hide()
Form3.Show()
End Sub
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
Me.Hide()
Form2.Show()
End Sub
End Class
Imports System.IO.Ports.SerialPort
Imports System.Data.OleDb
Imports System.Data
Public Class Form3
Private myPortList As String()
Private baudList As String() = {"300", "600", "1200", "2400", "4800",
"9600"}
Private WithEvents myserial As New IO.Ports.SerialPort
Private timer, counter, timeSampling As Integer
Private conString As String =
"Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=" &
Application.StartupPath() & "\Arus-Tegangan-Daya.xlsx;Extended
Properties = ""Excel 12.0 Xml;HDR=YES""
Private koneksi As System.Data.OleDb.OleDbConnection
Private perintah As System.Data.OleDb.OleDbCommand
Private recording As Boolean = False
Private arus, tegangan, daya As Double
Private Sub Form3_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
 MyBase.Load
ComboBox3.Text = Date.Now.ToShortDateString
ComboBox4.Text = Date.Now.ToShortTimeString
findPort()
If (myPortList.Count >= 1) Then
```

```

ComboBox1.Items.AddRange(myPortList)
ComboBox1.SelectedIndex = myPortList.Count - 1
End If
ComboBox2.Items.AddRange(baudList)
ComboBox2.SelectedIndex = 5
End Sub
Sub findPort()
Dim i As Integer = 0
ReDim Preserve myPortList(i)
myPortList(i) = myport
i += 1
Next
End Sub
Private Sub ComboBox3_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As
EventArgs) Handles ComboBox1.Click
    findPort()
    ComboBox1.Items.Clear()
    If (Not myPortList Is Nothing) Then
        ComboBox1.Items.AddRange(myPortList)
    End If
End Sub

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button3.Click

    Chart1.Series("DAYA").Points.Clear()
    counter = 0
    recording = True
    timer = 0
    Timer1.Interval = 1000
    Timer1.Start()

    koneksi = New OleDbConnection
    koneksi.ConnectionString = conString
    Try
        koneksi.Open()

```

```

        MsgBox("Database Opened")
    Catch ex As Exception
        MsgBox("1" & ex.Message)
    End Try

    timeSampling = CInt(ComboBox5.Text) * 60
    AddHandler myserial.DataReceived, AddressOf myserial_dataReceive
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Timer1.Tick
    timer += 1
    Label8.Text = timer.ToString
    ComboBox3.Text = Date.Now.ToShortDateString
    ComboBox4.Text = Date.Now.ToShortTimeString
    If timer = timeSampling Then
        stop_recording()
        RemoveHandler myserial.DataReceived, AddressOf
myserial_dataReceive
    End If
End Sub
Sub stop_recording()
    Timer1.Stop()
    recording = False
    koneksi.Close()
End Sub
Sub simpan_data(arus As String, tegangan As String, daya As String)
    perintah = New OleDb.OleDbCommand
    With perintah
        .Connection = koneksi
        .CommandText = "INSERT INTO [Sheet1$] ([Tanggal], [Waktu],
[Arus], [Tegangan], [Daya]) VALUES ('" + Date.Now.ToShortDateString
+ "', '" + Date.Now.ToShortTimeString + "', '" + arus.ToString + "', '" +
tegangan.ToString + "', '" + daya.ToString + "')"
    End With
    Try
        perintah.ExecuteNonQuery()
    
```

```
Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.Message)
End Try
End Sub
```

```
Private Sub myserial_dataReceive(sender As Object, e As
IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs)
    Dim dataReceive As String = myserial.ReadLine
    Me.Invoke(New oper(AddressOf olahdata), dataReceive)
End Sub
Delegate Sub oper(ByVal [data] As String)
Sub olahdata(ByVal dataIn As String)
    counter += 1
    Dim strArr() As String = dataIn.Split("|")
    'For count As Integer = 0 To strArr.Length
    arus = Val(strArr(0))
    tegangan = Val(strArr(1))
    daya = Val(strArr(2))
    'Next
    RichTextBox1.AppendText("arus = " + arus.ToString + " tegangan =
" + tegangan.ToString + " daya = " + daya.ToString + vbNewLine)
    RichTextBox1.ScrollToCaret()
    Chart1.Series("DAYA").Points.AddXY(counter, daya)
    If recording = True Then
        simpan_data(arus, tegangan, daya)
    End If
End Sub
```

```
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
    If Not myserial.IsOpen Then
        timer = 0
        myserial.PortName = ComboBox1.Text
        myserial.BaudRate = CInt(ComboBox2.Text)
        Try
            myserial.Open()
            counter = 0
```

```
Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.Message)
End Try
If (myserial.IsOpen) Then
    Button1.Text = "Disconnect"
End If
Else
    myserial.Close()
    If Not myserial.IsOpen Then
        Button1.Text = "Connect"
    End If
End If
End Sub
```

```
Private Sub Button4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button4.Click
    If Timer1.Enabled = True Then
        Timer1.Stop()
    End If
    counter = 0
    stop_recording()
    RemoveHandler myserial.DataReceived, AddressOf
myserial_dataReceive
    MsgBox("closed")
End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
    Me.Hide()
    Form1.Show()
End Sub
End Class
```



## LAMPIRAN C DATA PLAN

### 1. Jarak Lampu dari Panel 10 cm

**Tabel 5** Data Plan Dengan 4 Lampu

Time	Arus	Tegangan	Daya 5
0:51:57	0.05	9.82	0.47
0:52:00	0.04	9.88	0.41
0:52:03	0.06	9.85	0.59
0:52:06	0.06	9.73	0.58
0:52:09	0.04	9.65	0.4
0:52:12	0.04	9.79	0.34
0:52:15	0.05	9.88	0.47
0:52:18	0.04	9.68	0.4
0:52:22	0.04	9.76	0.34
0:52:25	0.05	9.88	0.53
0:52:28	0.06	9.7	0.58
0:52:31	0.05	9.7	0.46
0:52:34	0.04	9.88	0.41
0:52:37	0.05	9.76	0.46
0:52:40	0.05	9.65	0.46
0:52:43	0.05	9.73	0.46
0:52:46	0.04	9.88	0.35
0:52:49	0.05	9.85	0.47
0:52:52	0.06	9.76	0.58
0:52:55	0.05	9.65	0.46

**Tabel 6** Data Plan Dengan 5 Lampu

Time	Arus	Tegangan	Daya 5
0:51:57	0.05	9.82	0.47
0:52:00	0.04	9.88	0.41
0:52:03	0.06	9.85	0.59
0:52:06	0.06	9.73	0.58
0:52:09	0.04	9.65	0.4
0:52:12	0.04	9.79	0.34
0:52:15	0.05	9.88	0.47
0:52:18	0.04	9.68	0.4
0:52:22	0.04	9.76	0.34
0:52:25	0.05	9.88	0.53
0:52:28	0.06	9.7	0.58
0:52:31	0.05	9.7	0.46
0:52:34	0.04	9.88	0.41
0:52:37	0.05	9.76	0.46
0:52:40	0.05	9.65	0.46
0:52:43	0.05	9.73	0.46
0:52:46	0.04	9.88	0.35
0:52:49	0.05	9.85	0.47
0:52:52	0.06	9.76	0.58
0:52:55	0.05	9.65	0.46

**Tabel 7** Data Plan Dengan 6 Lampu

Time	Arus	Tegangan	Daya 6
0:56:46	0.07	10.65	0.77
0:56:49	0.09	10.6	0.9
0:56:52	0.08	10.63	0.84
0:56:55	0.09	10.65	0.9
0:56:58	0.07	10.54	0.7
0:57:01	0.09	10.77	0.91
0:57:04	0.08	10.48	0.82
0:57:07	0.07	10.74	0.78
0:57:10	0.09	10.48	0.95
0:57:13	0.09	10.71	0.91
0:57:16	0.08	10.48	0.82
0:57:19	0.07	10.68	0.77
0:57:22	0.09	10.51	0.89
0:57:25	0.06	10.6	0.63
0:57:28	0.08	10.63	0.84
0:57:31	0.09	10.45	0.95
0:57:34	0.07	10.68	0.77
0:57:37	0.09	10.57	0.9
0:57:40	0.07	10.48	0.69
0:57:43	0.09	10.68	0.91

**Tabel 8** Data Plan Dengan 7 Lampu

Time	Arus	Tegangan	Daya 7
1:00:58	0.11	11.46	1.26
1:01:00	0.11	11.09	1.22
1:01:02	0.11	11.46	1.26
1:01:05	0.10	11.11	1.08
1:01:07	0.12	11.43	1.33
1:01:09	0.11	11.09	1.22
1:01:11	0.13	11.4	1.47
1:01:14	0.10	11.11	1.08
1:01:16	0.14	11.34	1.53
1:01:18	0.09	11.2	0.95
1:01:20	0.13	11.17	1.44
1:01:22	0.10	11.37	1.18
1:01:25	0.12	11.06	1.28
1:01:27	0.12	11.46	1.4
1:01:29	0.10	11.14	1.15
1:01:31	0.12	11.23	1.37
1:01:34	0.10	11.37	1.18
1:01:36	0.10	11.06	1.14
1:01:38	0.12	11.46	1.33
1:01:40	0.10	11.14	1.08

**Tabel 9** Data Plan Dengan 8 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 8
1:04:06	0.12	11.63	1.35
1:04:07	0.12	11.66	1.35
1:04:08	0.14	11.46	1.54
1:04:10	0.14	11.81	1.66
1:04:11	0.11	11.4	1.25
1:04:12	0.13	11.81	1.52
1:04:14	0.14	11.4	1.54
1:04:15	0.14	11.78	1.66
1:04:16	0.12	11.43	1.33
1:04:18	0.13	11.78	1.51
1:04:19	0.13	11.43	1.47
1:04:20	0.13	11.78	1.51
1:04:22	0.14	11.43	1.54
1:04:23	0.14	11.78	1.59
1:04:24	0.12	11.43	1.33
1:04:26	0.15	11.75	1.73
1:04:27	0.12	11.43	1.33
1:04:28	0.13	11.75	1.51
1:04:30	0.13	11.43	1.47
1:04:31	0.12	11.78	1.37

**Tabel 10** Data Plan Dengan 9 Lampu

Time	Arus	Tegangan	Daya 9
1:05:54	0.14	12.41	1.75
1:05:55	0.16	11.92	1.9
1:05:56	0.13	12.18	1.57
1:05:58	0.17	12.24	2.03
1:05:59	0.15	11.89	1.75
1:06:00	0.16	12.35	1.97
1:06:02	0.16	12.01	1.92
1:06:03	0.15	12.01	1.77
1:06:04	0.17	12.35	2.05
1:06:06	0.15	11.89	1.75
1:06:07	0.15	12.27	1.81
1:06:08	0.15	12.12	1.78
1:06:10	0.15	11.95	1.83
1:06:11	0.16	12.35	1.97
1:06:12	0.15	11.89	1.82
1:06:14	0.14	12.29	1.73
1:06:15	0.17	12.04	2
1:06:16	0.14	12.04	1.62
1:06:17	0.15	12.29	1.81
1:06:19	0.15	11.89	1.82

**Tabel 11** Data Plan Dengan 10 Lampu

<b>Time</b>	<b>Arus</b>	<b>Tegangan</b>	<b>Daya 10</b>
1:08:29	0.34	15.03	5.12
1:08:30	0.30	15.98	4.85
1:08:32	0.32	15.23	4.91
1:08:33	0.29	15.35	4.47
1:08:34	0.32	15.86	5.11
1:08:36	0.30	15	4.55
1:08:37	0.30	15.89	4.82
1:08:38	0.32	15.35	4.85
1:08:40	0.27	15.43	4.2
1:08:41	0.33	15.75	5.17
1:08:42	0.28	15.09	4.2
1:08:44	0.32	15.92	5.03
1:08:45	0.30	14.94	4.44
1:08:46	0.30	15.95	4.84
1:08:47	0.30	15.06	4.57
1:08:49	0.30	15.95	4.84
1:08:50	0.32	15.12	4.87
1:08:51	0.30	15.92	4.83
1:08:53	0.32	15.14	4.88
1:08:54	0.30	15.89	4.73

## 2. Jarak lampu dari panel 20 cm

**Tabel 12** Data Plan Dengan 1 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 1
23:29	0	7,8	0
23:29	0	7,8	0
23:29	0	7,86	0
23:29	0	7,86	0
23:29	0	7,8	0
23:29	0,02	7,8	0.13
23:29	0,02	7,86	0.13
23:29	0	7,89	0
23:29	0	7,86	0
23:29	0,02	7,8	0.13
23:29	0	7,8	0
23:29	0	7,86	0
23:29	0,02	7,89	0.13
23:29	0,02	7,89	0.13
23:29	0	7,86	0
23:29	0	7,83	0
23:29	0,02	7,8	0.13
23:29	0	7,86	0
23:29	0,02	7,89	0.13
23:29	0	7,86	0

**Tabel 13** Data Plan Dengan 2 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 2
23:31	0,03	8,38	0.24
23:31	0,02	8,38	0.19
23:31	0,02	8,38	0.19
23:31	0,02	8,38	0.19
23:32	0,03	8,38	0.24
23:32	0,02	8,35	0.19
23:32	0,02	8,29	0.19
23:32	0,03	8,27	0.24
23:32	0,03	8,27	0.24
23:32	0,02	8,32	0.14
23:32	0,02	8,38	0.19
23:32	0,02	8,38	0.14
23:32	0,02	8,35	0.19
23:32	0,02	8,27	0.14
23:32	0,02	8,27	0.19
23:32	0,03	8,32	0.24
23:32	0,02	8,41	0.14
23:32	0,02	8,38	0.14
23:32	0,02	8,29	0.19
23:32	0,02	8,27	0.19

**Tabel 14** Data Plan Dengan 3 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 3
23:33	0,04	8,9	0.37
23:33	0,05	8,84	0.42
23:33	0,04	8,84	0.37
23:33	0,04	8,84	0.37
23:33	0,04	8,84	0.37
23:33	0,05	8,84	0.42
23:33	0,05	8,84	0.42
23:33	0,05	8,87	0.42
23:33	0,05	8,93	0.43
23:33	0,05	8,99	0.43
23:33	0,04	8,96	0.37
23:33	0,04	8,87	0.37
23:34	0,04	8,84	0.37
23:34	0,04	8,84	0.37
23:34	0,05	8,84	0.42
23:34	0,05	8,9	0.42
23:34	0,04	8,96	0.37
23:34	0,04	8,99	0.37
23:34	0,04	8,9	0.37
23:34	0,04	8,84	0.37

**Tabel 15** Data Plan Dengan 4 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 4
23:35	0,06	9,07	0.55
23:35	0,05	9,07	0.43
23:35	0,05	9,07	0.49
23:35	0,05	9,07	0.49
23:35	0,05	9,13	0.49
23:35	0,06	9,24	0.56
23:35	0,06	9,3	0.56
23:35	0,05	9,27	0.44
23:35	0,05	9,16	0.49
23:35	0,04	9,1	0.38
23:35	0,05	9,07	0.49
23:35	0,06	9,1	0.55
23:35	0,06	9,22	0.56
23:35	0,06	9,3	0.56
23:35	0,04	9,27	0.38
23:35	0,05	9,16	0.49
23:35	0,06	9,07	0.55
23:35	0,06	9,07	0.55
23:35	0,06	9,13	0.55
23:35	0,06	9,22	0.56

**Tabel 16** Data Plan Dengan 5 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 5
23:37	0,07	9,56	0.64
23:37	0,07	9,53	0.63
23:37	0,07	9,53	0.63
23:37	0,08	9,53	0.75
23:37	0,07	9,59	0.7
23:37	0,08	9,7	0.77
23:37	0,07	9,7	0.71
23:38	0,07	9,59	0.7
23:38	0,07	9,53	0.69
23:38	0,08	9,53	0.75
23:38	0,07	9,62	0.7
23:38	0,07	9,7	0.71
23:38	0,07	9,59	0.64
23:38	0,07	9,53	0.63
23:38	0,08	9,53	0.75
23:38	0,07	9,62	0.7
23:38	0,08	9,73	0.77
23:38	0,07	9,65	0.64
23:38	0,07	9,56	0.64
23:38	0,07	9,53	0.69

**Tabel 17** Data Plan Dengan 6 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 6
23:39	0,1	10.31	1.07
23:39	0,1	10.25	1.07
23:39	0,12	10.25	1.2
23:39	0,12	10.31	1.2
23:39	0,11	10.37	1.15
23:39	0,12	10.42	1.28
23:39	0,12	10.48	1.22
23:39	0,12	10.51	1.23
23:39	0,1	10.54	1.1
23:39	0,11	10.57	1.17
23:39	0,12	10.54	1.23
23:39	0,11	10.57	1.17
23:39	0,11	10.54	1.16
23:39	0,12	10.54	1.23
23:39	0,11	10.57	1.17
23:39	0,11	10.6	1.17
23:39	0,1	10.54	1.1
23:39	0,1	10.42	1.09
23:39	0,1	10.28	1.07
23:39	0,12	10.25	1.2

**Tabel 18** Data Plan Dengan 7 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 7
23:40	0,15	11,66	1.8
23:40	0,15	11,55	1.71
23:40	0,15	11,43	1.76
23:40	0,15	11,35	1.75
23:40	0,17	11,32	1.89
23:40	0,17	11,32	1.89
23:40	0,18	11,43	2.05
23:41	0,17	11,63	2.01
23:41	0,16	11,83	1.9
23:41	0,16	11,75	1.89
23:41	0,15	11,43	1.76
23:41	0,16	11,29	1.81
23:41	0,17	11,4	1.97
23:41	0,17	11,72	2.03
23:41	0,17	11,83	1.98
23:41	0,15	11,69	1.73
23:41	0,15	11,4	1.76
23:41	0,17	11,32	1.89
23:41	0,17	11,4	1.97
23:41	0,17	11,58	1.93

**Tabel 19** Data Plan Dengan 8 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 8
23:42	0,19	12,04	2.24
23:42	0,19	12,06	2.32
23:42	0,19	12,04	2.24
23:42	0,19	11,95	2.29
23:42	0,19	11,78	2.19
23:42	0,19	11,6	2.16
23:42	0,18	11,49	2.06
23:42	0,18	11,52	2.07
23:42	0,15	11,66	1.8
23:43	0,16	11,83	1.9
23:42	0,17	11,98	2
23:42	0,17	12,04	2.01
23:42	0,17	12,06	2.09
23:42	0,17	12,06	2.09
23:42	0,18	12,06	2.17
23:43	0,17	12,04	2.01
23:43	0,16	12,01	1.93
23:43	0,16	11,92	1.92
23:43	0,16	11,81	1.9
23:43	0,17	11,72	1.96



**Tabel 20** Data Plan Dengan 9 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 9
23:44	0,19	12,64	2.43
23:44	0,2	12,81	2.54
23:44	0,21	12,87	2.71
23:44	0,22	12,7	2.84
23:44	0,23	12,5	2.87
23:45	0,22	12,35	2.68
23:45	0,22	12,24	2.66
23:45	0,2	12,24	2.5
23:45	0,2	12,35	2.45
23:45	0,2	12,47	2.47
23:45	0,19	12,58	2.42
23:45	0,2	12,7	2.52
23:45	0,2	12,76	2.53
23:45	0,2	12,81	2.62
23:45	0,2	12,84	2.63
23:45	0,22	12,81	2.78
23:45	0,22	12,7	2.84
23:45	0,23	12,53	2.88
23:45	0,23	12,44	2.86
23:45	0,22	12,35	2.76

**Tabel 21** Data Plan Dengan 10 Lampu

Waktu	Arus	Tegangan	Daya 10
23:45	0,36	15,89	5.64
23:45	0,37	15,63	5.85
23:45	0,38	15,32	5.82
23:45	0,36	14,97	5.32
23:45	0,36	14,8	5.35
23:45	0,34	14,8	5.07
23:45	0,33	15,03	4.96
23:45	0,32	15,38	4.88
23:45	0,33	15,72	5.19
23:45	0,31	15,12	4.7
23:45	0,36	15,78	5.6
23:45	0,37	15,55	5.72
23:45	0,37	15,23	5.69
23:45	0,37	14,94	5.49
23:45	0,36	14,8	5.35
23:45	0,35	14,74	5.14
23:45	0,34	14,77	5.06
23:45	0,34	14,83	4.99
23:45	0,34	14,94	5.02
23:45	0,33	14,97	4.94

# LAMPIRAN D

## (Datasheet)

- Datasheet ACS 712-5A

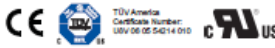


ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kV RMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

### Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the user FILTER pin
- 5  $\mu$ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at  $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m $\Omega$  internal conductor resistance
- 2.1 kV RMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mA output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-tuned for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

### Description

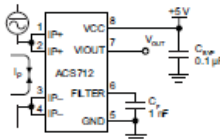
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ( $\partial V_{OUT(QD)} / \partial I_{CP}$ ) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m $\Omega$  typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

*Continued on the next page...*

### Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal,  $V_{OUT}$ , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current,  $I_p$ , within the range specified.  $C_f$  is recommended for noise management, with values that depend on the application.

## ACS712

### Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kV<sub>RMS</sub> Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

#### Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

#### Selection Guide

Part Number	Packaging†	T <sub>A</sub> (°C)	Optimized Range, I <sub>p</sub> (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

†Contact Allegro for additional packing options.

#### Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V <sub>DD</sub>		8	V
Reverse Supply Voltage	V <sub>ROD</sub>		-0.1	V
Output Voltage	V <sub>OUT</sub>		8	V
Reverse Output Voltage	V <sub>ROUT</sub>		-0.1	V
Output Current Source	I <sub>OUT(SOURCE)</sub>		3	mA
Output Current Sink	I <sub>OUT(SINK)</sub>		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I <sub>p</sub>	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T <sub>A</sub>	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T <sub>J(MAX)</sub>		165	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>		-65 to 170	°C

#### Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V <sub>ISO</sub>	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V <sub>WR(B)</sub>	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V <sub>pk</sub>
Working Voltage for Reinforced Isolation	V <sub>WR(R)</sub>	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V <sub>pk</sub>

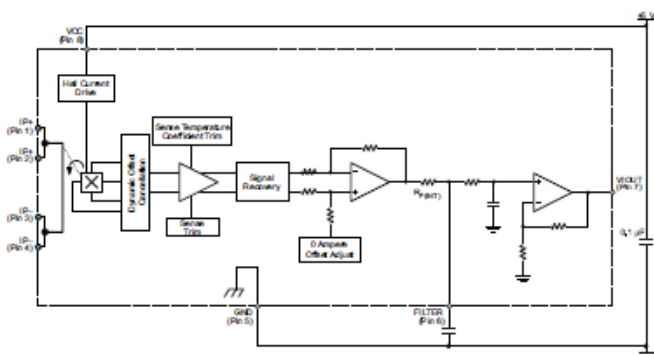
\*Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

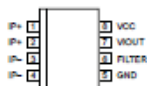


Allegro MicroSystems, LLC  
115 Northwest Court  
Worcester, Massachusetts 01615-0006 U.S.A.  
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

# ACS712

## Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

### COMMON OPERATING CHARACTERISTICS<sup>1</sup> over full range of $T_A$ , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>						
Supply Voltage	$V_{CC}$		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	$I_{CC}$	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	$C_{LOAD}$	VIOUT to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	$R_{LOAD}$	VIOUT to GND	4.7	–	–	k $\Omega$
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m $\Omega$
Rise Time	$t_r$	$I_P = I_P(\text{max})$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $C_{OUT} = \text{open}$	–	3.5	–	$\mu\text{s}$
Frequency Bandwidth	$f$	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$ ; $I_P$ is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	$E_{LIN}$	Over full range of $I_P$	–	1.5	–	%
Symmetry	$E_{SYM}$	Over full range of $I_P$	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(0)}$	Bidirectional; $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times \frac{0.5}{0.5}$	–	V
Power-On Time	$t_{PO}$	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$ , 20 A present on leadframe	–	35	–	$\mu\text{s}$
Magnetic Coupling <sup>2</sup>			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance <sup>3</sup>	$R_{F(INT)}$			1.7		k $\Omega$

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_P$ , and ambient,  $T_A$ , and internal leadframe temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_J(\text{max})$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>1G = 0.1 mT.

<sup>3</sup> $R_{F(INT)}$  forms an RC circuit via the FILTER pin.

### COMMON THERMAL CHARACTERISTICS<sup>1</sup>

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	$T_A$	E range	–40	–	85	$^\circ\text{C}$
					Value	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance <sup>2</sup>	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro A5EK 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C}/\text{W}$

<sup>1</sup>Additional thermal information is available on the Allegro website.

<sup>2</sup>The Allegro evaluation board has 1500 mm<sup>2</sup> of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

**x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup>**  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $C_F = 1\text{ nF}$ , and  $V_{OC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_p$		-5	-	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of $I_p$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	180	185	190	mV/A
Noise	$V_{\text{Noise(pp)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{\text{OUT}} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	21	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT}(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	-0.26	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta\text{Sens}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	0.054	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.008	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	$E_{\text{TOT}}$	$I_p = \pm 5\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_p$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{j(\text{max})}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>Percentage of  $I_p$ , with  $I_p = 5\text{ A}$ . Output filtered.

**x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup>**  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $C_F = 1\text{ nF}$ , and  $V_{OC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_p$		-20	-	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of $I_p$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{\text{Noise(pp)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{\text{OUT}} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	11	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT}(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	-0.34	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.07	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta\text{Sens}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	0.017	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.004	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	$E_{\text{TOT}}$	$I_p = \pm 20\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_p$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{j(\text{max})}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>Percentage of  $I_p$ , with  $I_p = 20\text{ A}$ . Output filtered.

**x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup>**  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $C_F = 1\text{ nF}$ , and  $V_{OC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_p$		-30	-	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of $I_p$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	63	66	69	mV/A
Noise	$V_{\text{Noise(pp)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{\text{OUT}} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT}(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	-0.35	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta\text{Sens}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	0.007	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.002	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	$E_{\text{TOT}}$	$I_p = \pm 30\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_p$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{j(\text{max})}$ , is not exceeded.

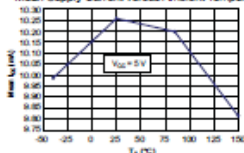
<sup>2</sup>Percentage of  $I_p$ , with  $I_p = 30\text{ A}$ . Output filtered.



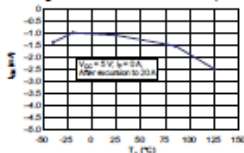
## Characteristic Performance

 $I_p = 5\text{ A}$ , unless otherwise specified

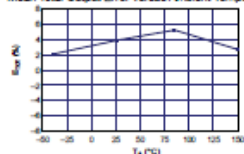
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



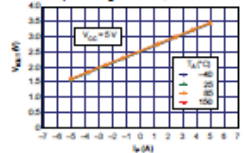
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



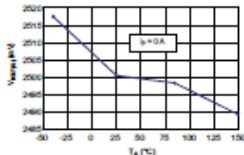
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



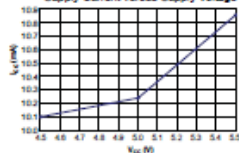
Output Voltage versus Sensed Current



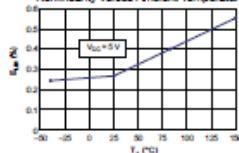
0 A Output Voltage versus Ambient Temperature



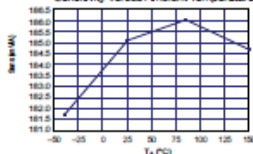
Supply Current versus Supply Voltage



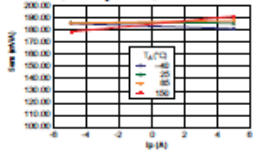
Nonlinearity versus Ambient Temperature



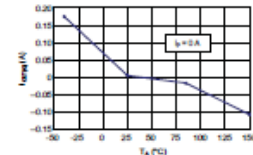
Sensitivity versus Ambient Temperature



Sensitivity versus Sensed Current



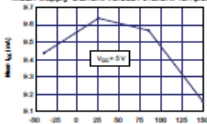
0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature



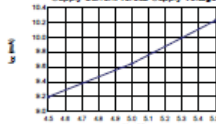
## Characteristic Performance

 $I_p = 20\text{ A}$ , unless otherwise specified

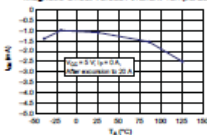
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



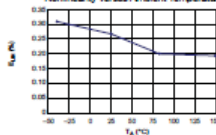
Supply Current versus Supply Voltage



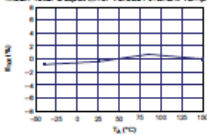
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



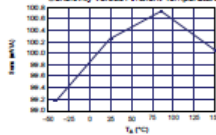
Nonlinearity versus Ambient Temperature



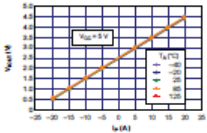
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



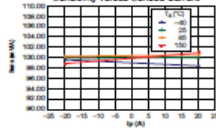
Sensitivity versus Ambient Temperature



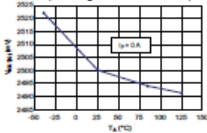
Output Voltage versus Sensed Current



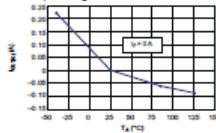
Sensitivity versus Sensed Current



0 A Output Voltage versus Ambient Temperature



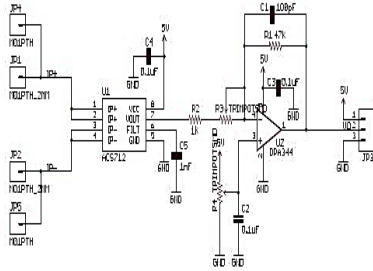
0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature





Changes to v13  
 -updated library to increase analog rings and use new triapot package  
 Changes to v14  
 -changed via drills to 28 mil to close up mask

Note 1: R4 turns clockwise to increase output reference voltage  
 Note 2: R3 turns counter-clockwise to increase gain  
 Note 3: Remove C1 for full 80kHz bandwidth



SFE	
TITLE: SparkFun_ACS712LowCurrentSensorBoard_v14a	
Document Number:	REV: v14
Date: 3/1/2016 1:23:36 PM	Sheet: 1/1

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya menggunakan lampu halogen dapat disimpulkan, yaitu :

1. Telah dirancang sistem monitoring arus dan tegangan menggunakan sensor ACS712 *Break Out 5* Adan akuisisi data menggunakan Visual Studio 2013 dengandaya yang dihasilkan oleh panel suryacenderung stabil.
2. Pada sistem monitoring arus dan tegangan pada panel surya menggunakan lampu halogen, memiliki sensitivitas hingga 0,17 V/V dengan prosentase eror mencapai 1,3%, sedangkan untuk sistem monitoring arus memiliki sensitivitas 0,8 V/A dengan prosentase eror mencapai 34%, dengannilai ketidakpastian pengukuran sebesar  $\pm 0,14$  dan untuk arus memiliki nilai ketidakpastian pengukuran sebesar  $\pm 0,055$  dengan tingkat kepercayaan 95%.
3. Sistem monitoring tegangan dari *panel surya* yang telah dikembangkan memiliki daya paling tinggi sebesar 5,85 *Watt* pada saat jarak lampu dari panel 20 cm dan menggunakan 10 lampu. Arus paling besar yang dihasilkan yaitu 0,38 A pada saat menggunakan 10 lampu dan jarak lampu dari panel 20 cm. Sedangkan tegangan paling tinggi yang dihasilkan sebesar 15,98 Volt pada saat menggunakan 10 lampu dan jarak lampu 10 cm dari panel.

### **5.2 Saran**

Adapun saran dalam tugas akhir ini yaitu, mengkondisikan sensor arus lebih intensif karena sensor arus sensitif terhadap lingkungan atau lebih memilih sensor arus yang lebih baik lagi.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, H., Rozaq, A., & Setia Putra, F. (2014). PEMANFAATAN SOLAR CELL DENGAN PLN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK. *Jurnal Emitter*, 39.
- Bentley, J. P. (2005). *Principles of Measurement System 4th Edition*. London: Prentice Hal.
- Fisis, L. P. (2013). *Modul Teknik Pengukuran dan Kalibrasi*. Surabaya: ITS.
- Handjoko P, S. S. (2012). Pengukuran Arus Dan Tegangan Pada System Pembangkit Listrik Hybrid (Tenaga Angin Dan Tenaga Matahari)Megggunakan Atmega 8535. *Jurnal Ilmu Fisika Indonesia Universitas Negeri Jakarta*.
- Indonesia, B. O. (2015). *Pengembangan Energi Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*. [www.bppt.go.id](http://www.bppt.go.id).
- Instrumentasi-LIPI, A. U. (2009). *Pengertian Kalibrasi*. Bandung.
- KAN. (2013). *Pedoman Evaluasi dan Pelaporan Ketidakpastian Pengukuran*. Jakarta: Pedoman KAN DP.01.23.
- Pieter de Vries. (2015). Indonesia: Contained Energy Indonesia.
- Quaschnig, V. (2004). *Renewable Energy World*. German: Science Publisher.
- Rusminto, T. (2003). *Solar Cell Sumber Energi masa depan yang ramah*. Jakarta: Berita Iptek.
- Sapuan, R. d. (2012). Recloser Mini Berbasis Atmega16 . *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Volume 1, No 1 Des Bengkalis.*, 55-62.

- Septiana, W. D. (2007). *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah Dengan Bahan Organik-Inorganik(Dye-Sensitized Solar Cell)*. Bandung.
- Sugiyono Agus. (2015). *Indonesia Energy Outlook 2015*. [www.bppt.go.id](http://www.bppt.go.id).
- Yuwono, B. (2005). *Optimalisasi Panel Surya dengan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51*.

## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Siti Uswatun Hasanah dilahirkan di Kabupaten Lumajang pada tanggal 18 Juni 1995 dari ayah bernama Senito dan ibu bernama Ima Harwati. Penulis merupakan anak sulung dari 2 bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Keputih Gang 3c No.1 Sukolilo, Surabaya. Tahun 2013 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 Lumajang. Dan pada tahun 2016 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA PANEL SURYA”**. Selama perkuliahan penulis pernah aktif dalam bidang non akademis diantaranya, pernah menjabat sebagai staff KWU di Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika pada tahun 2014/2015, menjadi Asisten Laboratorium Pengukuran Fisis pada tahun 2015, pernah aktif dalam UKM Sepak Bola ITS, dan UKM Voli ITS. Penulis pernah melakukan kerja praktek di Pusdiklat Migas Cepu, Blora Jawa Tengah. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui kontak dibawah.

“Pelaut ulung tidak terlahir dari ombak yang tenang”

\*sitiuswatunhasanah18@gmail.com/08976354075WA