



TUGAS AKHIR - TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
ARUS DAN TEGANGAN PADA BEBAN
DI *SOLAR CELL MINI PLANT* BERBASIS
ATMEGA8535**

MADE IRMA NIRMALASARI
NRP. 2413 031 042

Dosen Pembimbing
Ir. Ya'umar, M.T.

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



FINAL PROJECT - TF145565

***DESIGN OF CURRENT AND VOLTAGE LOAD
MONITORING SYSTEM ON SOLAR CELL MINI PLANT
USING ATMEGA8535***

MADE IRMA NIRMALASARI
NRP. 2413 031 042

Lecturer
Ir. Ya'umar, 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 BEBAN DI *SOLAR CELL MINI PLANT*
BERBASIS ATMEGA8535**

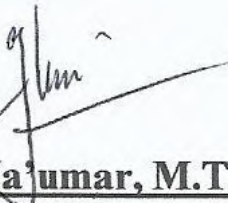
TUGAS AKHIR

Oleh :

MADE IRMA NIRMALASARI
NRP. 2413 031 042

Surabaya, 2 Agustus 2016
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



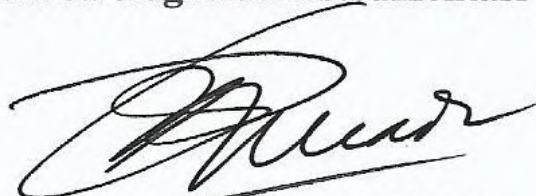
Ir. Yajumar, M.T.
NIP. 19540406 198103 1 003

**Ketua Jurusan
Telekomunikasi FTSP ITS**



Agus Muhamad Hatta, ST, M.Si, Ph.D
NIP. 19750902 200312 1 002

**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN
TEGANGAN PADA BEBAN DI *SOLAR CELL MINI PLANT*
BERBASIS ATMEGA8535**





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 :
MADE IRMA NIRMALASARI
NRP. 2413 031 042

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Ya'umar, M.T. (Pembimbing)
2. Dr.Ir. Purwadi Agus D., M.Sc  (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Harsono Hadi, M.Sc., Ph.D.  (Penguji I)
4. Murry Raditya, S.T.,M.T.  (Penguji II)
5. Bagus Tris Atmaja, S.T., M.T.  (Penguji III)

SURABAYA
02 AGUSTUS 2016

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA SOLAR CELL MINI PLANT BERBASIS ATMEGA8535

Nama Mahasiswa : Made Irma Nirmalasari
NRP : 2411031 042
Program Studi : D3-Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ya'umar MT.

Abstrak

Solar cell merupakan suatu perangkat penghasil energi yang memanfaatkan radiasi matahari sebagai sumber energi utama untuk dikonversi menjadi energi listrik. Panel surya ramah lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim seperti pada bahan bakar fosil. Panel surya juga berasal dari sumber matahari yang melimpah, selain itu juga panel surya sangat mudah dipasang dan memiliki biaya pemeliharaan yang rendah itu sebabnya penelitian ini berfungsi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat untuk beralih kepada energi terbarukan yang sangat mudah untuk diaplikasikan di rumah masing-masing. Dalam pemakaian beban rumah, tentu perlu diperhatikan arus dan tegangan yang dikeluarkan untuk beban agar tidak ada arus berlebih yang dapat merusak perangkat. Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sistem monitoring arus dan tegangan pada solar cell mini plant. Sistem ini terdiri atas sensor arus ACS712-5A, sensor tegangan ZMPT101b, mikrokontroler ATMEGA8535, display LCD 16x2 dan display pada komputer melalui software Microsoft Visual Studio 2013. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa pada pengukuran tegangan diperoleh nilai ketidakpastian terbesar adalah $\pm 0,069V$ sedangkan untuk pengukuran arus memiliki nilai ketidakpastian sebesar $\pm 4,5A$ dengan tingkat kepercayaan 95%.

Kata kunci: Arus, tegangan, daya, monitoring, ACS712, ZMPT101b, Visual Studio 2013

DESIGN CURRENT AND VOLTAGE LOAD MONITORING SYSTEM ON SOLAR CELL MINI PLANT ATMEGA8535

Name: Made Irma Nirmalasari
NRP : 2411031 042
Study program: D3-Metrology and Instrumentation
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Lecturer : Ir. Ya'umar MT.

Solar cell is an energy generating devices that utilize solar radiation as a source of primary energy to be converted into electrical energy. Solar cells can be used as an alternative energy to replace the use of fossil energy into renewable energy, namely solar radiation. There are a lot of benefit from the installation of solar panels. The solar panels are environmentally friendly and do not contribute to climate change like fossil fuels. The solar panels also come from abundant solar resources, it is also very easy to install solar panels and has low maintenance costs that's why this study serves to increase public awareness for the switch to renewable energy is very easy to apply at home respectively. In the home user load, sure to note the current and voltage issued to the load so that no excessive currents can damage the device. Therefore, in this study has been carried out the design of current and voltage monitoring system on a mini solar cell plant. This system consists of ACS712-5A current sensor, voltage sensor ZMPT101b, microcontroller ATMEGA8535, 16x2 LCD display and display on a computer through software Microsoft Visual Studio 2013. Based on test results, it was found that the voltage measurement values obtained greatest uncertainty is $\pm 0,069V$ while for has a current measurement uncertainty of $\pm 4,5A$ value with 95% confidence level.

Keywords: Current, Voltage, Power, Monitoring, ACS712, ZMPT101b, Visual Studio 2013

-DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 <i>Photovoltaic</i>	5
2.2 Pengukuran, Kalibrasi dan Ketidakpastian.....	6
2.3 Besaran Listrik.....	15
2.4 <i>Hall Effect Current Sensor</i>	16
2.5 Sensor Tegangan	17
2.6 Mikrokontroler Atmega 8535.....	18
2.7 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) Ukuran 16x2.....	19
2.8 MVS 2013 (<i>Microsoft Visual Studio 2013</i>).....	21
BAB III METODOLOGI	25
3.1 Diagram Alir Perancangan Alat	25
3.2 Persiapan Peralatan.....	27
3.3 Keterangan <i>Flowchart</i>	27
BAB IV ANALISA DATA	25
4.1 Analisa Data	35
4.2 Pembahasan	51
BAB V KESIMPULAN	53
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	

LAMPIRAN C
BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pin LCD 16x2	20
Tabel 4.1	Data pengujian alat pada pengukuran arus	35
Tabel 4.2	Data pengujian berulang alat pada pengukuran arus.....	36
Tabel 4.3	Tabel ketidakpastian pengukuran	39
Tabel 4.4	Data pengukuran tegangan	42
Tabel 4.5	Data kalibrasi tegangan	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur sel surya silikon <i>p-n junction</i> (J. Halme, 2002 dalam Septina, dkk., 2007)	5
Gambar 2.2	Cara kerja sel surya silikon (J. Halme, 2002 dalam Septina, dkk., 2007)	6
Gambar 2.3	Blok diagram sistem pengukuran (Bentley, 2005)	7
Gambar 2.4	Grafik non-linieritas (Bentley, 2005)	9
Gambar 2.5	Grafik histeresis (Bentley, 2005)	10
Gambar 2.6	Definisi resolusi (Bentley, 2005)	10
Gambar 2.7	Grafik arus yang terukur terhadap tegangan keluaran (Petrus, dkk., 2013)	16
Gambar 2.8	Sensor ACS 712 5A dan <i>voltage divider</i>	17
Gambar 2.9	Sensor arus ACS712(Allegro, 2013)	17
Gambar 2.10	Sensor ZMPT101b	18
Gambar 2.11	LCD karakter 16x2	20
Gambar 2.12	Desain rangkaian LCD 16x2 dengan Atmega 8535	21
Gambar 2.13	Tampilan awal <i>Microsoft Visual Studio 2013</i>	22
Gambar 2.14	Tampilan awal <i>XAMPP Control Panel</i>	23
Gambar 2.15	Tampilan awal <i>localhost</i>	24
Gambar 3.1	Skema diagram alir penelitian Tugas Akhir	25
Gambar 3.2	Rangkaian Elemen <i>Sensing</i>	28
Gambar 3.3	Tampilan <i>software CVAVR</i>	29
Gambar 3.4	Tampilan monitoring pada <i>Visual Basic.NET</i>	30
Gambar 3.5	Tampilan <i>XAMPP Control Panel v3.2.1</i>	30
Gambar 4.1	Grafik pengujian tegangan dari alat yang dibuat dengan alat ukur standar	37
Gambar 4.2	Grafik pengujian tegangan dari pembacaan alat terhadap pembacaan standar	42
Gambar 4.3	Grafik Pengukuran tegangan dan arus tanpa beban	46

Gambar 4.4	Pengukuran tanpa beban di <i>Solar Cell Mini Plant</i>	46
Gambar 4.5	Grafik Pengukuran tegangan dan arus dengan beban lampu pijar 25 Watt.....	47
Gambar 4.6	Data Pengukuran dengan beban lampu pijar 25 Watt.....	48
Gambar 4.7	Grafik pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger handphone Himax pure iii	49
Gambar 4.8	Data Pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger handphone 30 Watt.....	49
Gambar 4.9	Grafik pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger laptop lenovo.....	50
Gambar 4.10	Data Pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger laptop 45 Watt	51
Gambar 4.11	Grafik pengukuran arus dan tegangan tanpa beban dengan time sampling 2 menit.....	52
Gambar 4.12	Data hasil pengukuran arus dan tegangan tanpa beban per 2 menit.....	52
Gambar 4.13	Grafik pengukuran arus dan tegangan tanpa beban dengan time sampling 5 menit.....	53
Gambar 4.14	Data hasil pengukuran arus dan tegangan tanpa beban per 5 menit.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia tahun 2012 tentang Proyeksi Penduduk Indonesia 2010 – 2035 menunjukkan bahwa jumlah penduduk Indonesia selama dua puluh lima tahun mendatang terus meningkat yaitu dari 240,7 juta pada tahun 2010 menjadi 304,9 juta pada tahun 2035 [1]. Beberapa masalah energi yang dihadapi oleh Indonesia, diantaranya adalah; Subsidi energi semakin meningkat hingga mencapai Rp 255,6 triliun pada tahun 2011. Jumlah masyarakat yang belum mendapatkan akses terhadap listrik masih 87,69 juta penduduk Ketergantungan terhadap minyak masih dominan mencapai 49,7% sementara pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) masih sekitar 6% [2].

Energi surya adalah energi yang berupa panas dan cahaya yang dipancarkan matahari. Energi surya (matahari) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling penting. Indonesia mempunyai potensi energi surya yang melimpah. Namun melimpahnya sumber energi surya di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Dengan potensinya yang sangat besar tersebut, energi surya diyakini menjadi sumber energi utama di masa depan. Apalagi dengan beberapa keunggulan energi surya seperti energi surya merupakan sumber yang hampir tak terbatas dan ramah lingkungan. Salah satu cara untuk memanen radiasi panas dan cahaya yang dipancarkan matahari menjadi listrik adalah dengan memanfaatkan teknologi termal dan teknologi sel surya atau sel *photovoltaic*. Dengan teknologi sel surya (*photovoltaic*) energi surya diubah menjadi energi listrik yang bisa digunakan untuk berbagai hal.

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) *mini plant* adalah *mini plant* yang menggunakan sumber energi listrik arus searah sebagai tegangan utamanya yang bersumber dari sinar matahari

melalui media *solar cell* dan disimpan didalam baterai/*accu*. Sejumlah energi yang masuk kebeban, dan jumlah total energi yang terpakai pada beban perlu diperhatikan atau dimonitor agar dapat diketahui apa yang terjadi pada sistem kelistrikan di PLTS *mini plant* ini. itu sebabnya dibentuk proyek tugas akhir ini. Proyek akhir ini bertujuan untuk medesain dan membuat alat yang dapat membantu pengguna untuk melakukan pemantauan energi yang digunakan untuk beban. Sistem monitoring beban ini menggunakan sensor arus dan sensor tegangan sebagai konversi nilai ADC agar bisa terbaca oleh *microcontroller*. Sistem yang dimonitor adalah energi yang terpakai pada beban

1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini yaitu :

1. Bagaimana cara merancang dan membangun sistem akuisisi data arus dan tegangan secara *real time* pada sistem ?
2. Bagaimana melihat hubungan beban dengan perubahan arus dan tegangan pada *solar cell mni plant* ?

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 menghitung arus dan tegangan pada beban AC.
2. Alat ukur arus dan tegangan ini hanya menggunakan mikrokontroller Atmega8535.
3. Alat ukur yang hanya untuk memonitoring hasil pengukuran arus dan tegangan melalui layar penampil/*display* berupa LCD.

1.4 Tujuan

Tujuan utama dari tugas akhir ini yaitu :

1. Mengembangkan sistem akuisisi data arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell mini plant*.

2. Mengetahui hubungan variabel beban terhadap kinerja *solar cell mini plant*.

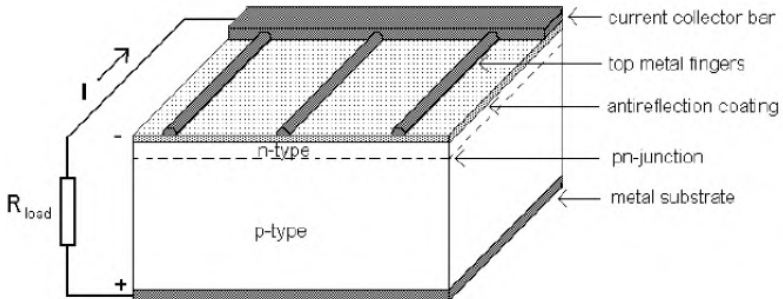
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Photovoltaic*

Photovoltaic ialah perangkat konversi cahaya matahari secara langsung menjadi listrik. *Photovoltaic* dapat disingkat menjadi PV. Bahan baku dari *Photovoltaic* adalah bahan semikonduktor seperti *silicon*, *gallium arsenide*, dan *cadmium telluride* atau *per indium deselenide* (Muchammad, dkk., 2010 dalam Richacard, 1995).

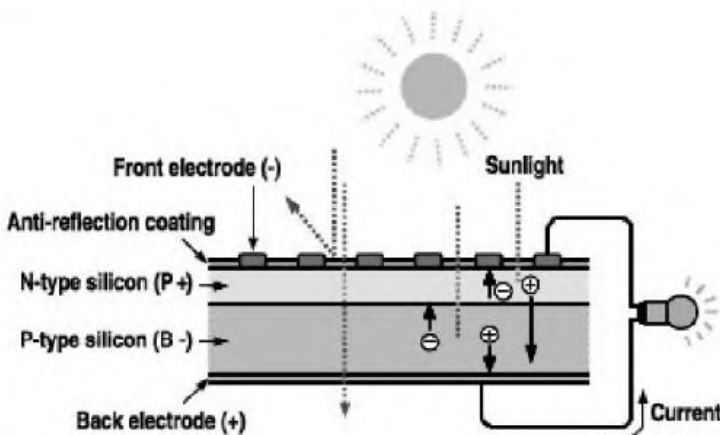
Prinsip kerja dari *Photovoltaic silicon* memiliki konsep dasar dari semikonduktor *p-n junction*. Sel *Photovoltaic* terdiri dari *p-n junction* yang dibentuk dari lapisan semikonduktor *doping -n* dan *doping -p*, lapisan anti refleksi, dan tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe *-n (electron)* dan tipe *-p (hole)* yang disebut sebagai substrat logam. (Septina, dkk., 2007)



Gambar 2.1 Struktur sel surya silikon *p-n junction* (J. Halme, 2002 dalam Septina, dkk., 2007).

Semikonduktor tipe-*n* didapat dari proses doping silikon dengan unsur dari golongan V yang mengakibatkan terjadinya elektron valensi dengan jumlah lebih banyak dari pada atom sekitarnya. Sedangkan untuk semikonduktor tipe *-p* didapat dari proses doping dari golongan III yang mengakibatkan terjadinya defisit 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 2.2 Cara kerja sel surya silikon (J. Halme, 2002 dalam Septina, dkk., 2007).

Ketika *p-n junction* disinari, dimana terjadi eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi yang disebabkan oleh photon dengan energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi material. Sehingga didapatkan pasangan *elektron-hole* akibat dari adanya pergerakan *elektron* dan *hole* didalam material. Aliran beda potensial dan arus dapat muncul ketika adanya penempatan hambatan pada terminal sel surya, karena terjadi pengembalian elektron dari area $-n$ ke area $-p$ (J. Halme, 2002 dalam Septina, dkk., 2007).

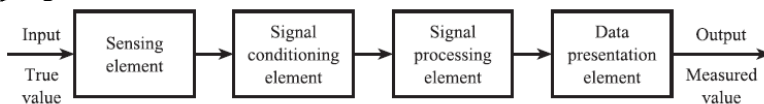
2.2 Pengukuran, Kalibrasi dan Ketidakpastian

Suatu proses operasi yang bertujuan untuk memperoleh nilai dalam suatu besaran 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).

2.2.1 Struktur Sistem Pengukuran

Berikut ini merupakan struktur penyusunan sistem pengukuran secara umum :



Gambar 2.3 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 dikonversi 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 dilihat atau dikenali oleh pengamat.

2.2.2 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 instrumen yang termasuk pada karakteristik 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 :

$$O - O_{min} = \left[\frac{O_{maks} - O_{min}}{I_{maks} - I_{min}} \right] (I - I_{min}) \quad (2.1)$$

$$O_{ideal} = KI + a \quad (2.2)$$

Dimana :

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

a = Koefisien garis lurus ideal

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

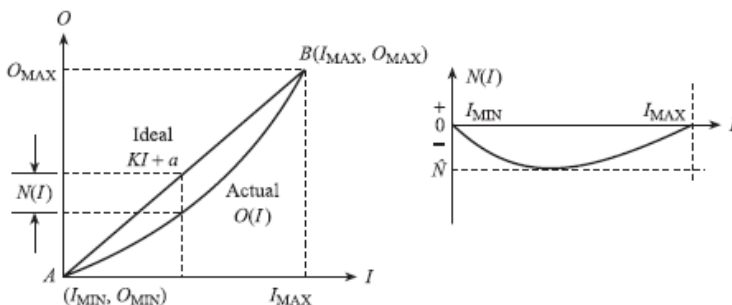
- *Non-linieritas* : Dalam beberapa keadaan, bahwa dari persamaan linieritas muncul garis yang tidak lurus yang biasa disebut *non-linier* atau tidak linier. Didalam fungsi garis yang tidak linier ini menunjukkan perbedaan antara hasil pembacaan *actual* / nyata dengan garis lurus idealnya. Dengan persamaan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

$$N(I) = O(I) - (KI + a) \quad (2.3)$$

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

Sedangkan untuk persamaan dalam bentuk prosentase dari defleksi skala penuh, sebagai berikut:

Prosentase maksimum Nonlinieritas dari defleksi skala penuh = $\frac{\hat{N}}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\%$ (2.5)



Gambar 2.4. Grafik non-linieritas (Bentley, 2005)

- *Sensitivitas* : Menunjukkan kepekaan sensor terhadap pengukuran (LPF, 2013). Sensitivitas merupakan

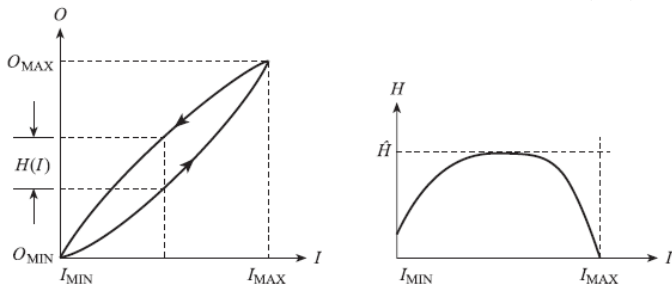
perubahan selisih output dari setiap perubahan selisih input.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \quad (2.6)$$

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

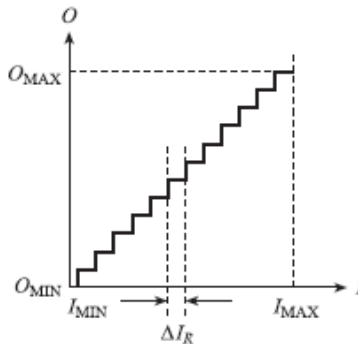
$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow} \quad (2.7)$$

$$\% \text{ Maksimum Hysteresis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad (2.8)$$



Gambar 2.5. Grafik histeresis (Bentley, 2005)

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



Gambar 2.6. 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, instrumen yang memiliki karakter dari sensitivitasnya, (K) (*Perbandingan output dan input*).
- Instrumen Orde Satu, instrumen yang memiliki karakter dari sensitivitasnya (K) dan Konstanta waktu (τ).
- Instrumen Orde Dua, instrumen yang memiliki karakter dari sensitivitasnya (K) dan 2 macam konstanta waktu (τ_1 dan τ_2).
- Instrumen Orde Tinggi, instrumen yang memiliki karakter seperti instrumen orde nol, orde satu, atau orde dua namun ditambah dengan waktu mati (Handoko, 2010).

2.2.3 Kalibrasi

Menurut *ISO/IEC Guide 17025:2005* dan *Vocabullary of International Metrology (VIM)*, kalibrasi adalah kegiatan yang menghubungkan antara nilai yang terukur oleh suatu instrumen ukur atau sistem pengukuran atau yang diwakili K oleh bahan ukurnya dengan nilai yang telah diketahui dari besaran yang diukur dalam keadaan tertentu. Tujuan kalibrasi yaitu mendukung adanya sistem mutu di industri pada peralatan laboratorium dan peralatan produksi yang ada serta untuk mengetahui besar perbedaan antara nilai yang terukur dengan nilai sebenarnya (LIPI, 2009).

- 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).

2.2.4 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 :

$$- U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ (Ketidakpastian hasil pengukuran)} \quad (2.8)$$

Dimana :

σ = Standart deviasi koreksi

n = Jumlah data

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \quad (2.9)$$

$$- U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \text{ (Ketidakpastian regresi)} \quad (2.10)$$

Dimana :

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

$SR = R^2$ (*Residu*)

$$Y_i \text{ (Nilai koreksi)} = t_i - x_i \quad (2.11)$$

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i) \quad (2.12)$$

$$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i) \quad (2.13)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; \quad (2.14)$$

Dimana :

t_i = Pembacaan standar

x_i = Pembacaan alat

y_i = 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 :

$$- \quad U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \quad (2.15)$$

$$- \quad U_{B2} = \frac{a}{k} \quad (2.16)$$

Dimana :

U_{B1} = Nilai ketidakpastian resolusi

U_{B2} = 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 :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \quad (2.17)$$

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 :

$$V = n-1 \quad (2.18)$$

Dimana :

n = Jumlah data

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

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / v_i} \quad (2.19)$$

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).

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (2.20)$$

Dimana :

k = Faktor cakupan

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

2.3 Besaran Listrik

2.3.1 Arus Listrik

Arus listrik adalah adanya perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang mengakibatkan elektron mengalir secara terus-menerus pada konduktor. Dimana satuan arus listrik adalah *Ampere*.

Suatu penampang konduktor dilewati aliran elektron sebanyak 628×10^{16} atau sama dengan 1 Coulomb per detik disebut dengan satu ampere arus. (Badruzzaman, 2012)

$$i = \frac{q}{t} [\text{ampere}] \quad (2.21)$$

Dimana :

Q = Banyaknya muatan listrik dalam satuan coulomb

i = Kuat arus dalam satuan ampere

t = Waktu dalam satuan detik

2.3.2 Tegangan

Tegangan atau beda potensial (*voltage*) adalah suatu kerja penggerak satu muatan (sebesar 1 Coulomb) pada komponen dari kutub satu ke kutub yang lainnya, atau pada kedua kutub akan memiliki beda potensial ketika terjadi penggerakan atau pemindahan muatan sebesar 1 Coulomb dari satu kutub ke kutub yang lainnya.

Kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga definisi diatas jika disederhanakan menjadi tegangan adalah energi per satuan muatan. (Badruzzaman, 2012)

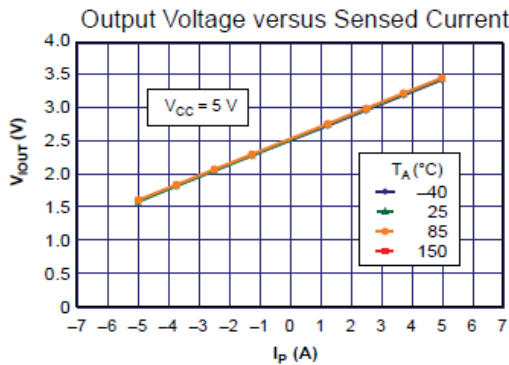
Secara matematis :

$$v = \frac{dw}{dq} [\text{Volt}(V)] \quad (2.22)$$

2.4 Hall Effect Current Sensor (Sensor Arus ACS 712 ELCTR-05B-T)

Cara kerja sensor adalah terdapat kabel tembaga di dalam sensor yang dialiri arus yang terbaca sehingga dapat menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *Integrated Hall IC* yang kemudian diubah menjadi tegangan proposional.

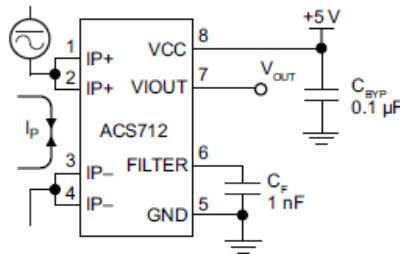
Ketika tidak terdapat arus yang terbaca atau kondisi arus 0A, maka tegangan keluaran sensor sebesar 2,5V. Sedangkan saat arus mengalir dari IP+ ke IP- maka tegangan keluaran sensor sebesar > 2,5 V serta jika arus mengalir terbalik atau arus mengalir dari IP- ke IP+ maka tegangan keluaran sensor sebesar <2.5V (Petrus, dkk., 2013)



Gambar 2.7. Grafik arus yang terukur terhadap tegangan keluaran (Petrus, dkk., 2013)

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 mikrokontroller, nilai tegangan bervariasi akan diproses. (Sapuan, 2012)



Gambar 2.8. Sensor arus ACS712(Allegro, 2013)

Berikut merupakan Spesifikasi sensor ACS 712 :

- Tipe sensor : ACS 712 ELCTR-05B-T
- Tegangan operasi : 5,0V
- *Rise Time* : 5 μ s
- Hambatan konduktor : 1,2m Ω
- Total *error* keluaran : 1,5% pada suhu (T_A) 25 $^{\circ}$ C
- Sensitivitas keluaran : 185 mV/A
- Jangkauan ukur Sensor : ± 5 A

2.5 Sensor Tegangan

Banyak cara yang bisa dilakukan untuk mengukur tegangan AC seperti halnya menggunakan sampling data dengan timer tertentu, ada juga yang dikonversi menjadi tegangan DC, dan banyak lainnya, dalam laporan ini, digunakan cara kedua yaitu merubah tegangan AC tersebut menjadi DC, sehingga mudah untuk dibaca mikrokontroller. Adc pada mikrokontroler tidak bisa membaca sinyal negatif maka dari itu tegangan negatif harus dinaikkan offsetnya ke 2.5 volt, sehingga ada space untuk nilai negatif dan positif, untuk menaikkan tegangan AC bisa digunakan rangkaian summing amplifier, namun pada modul sensor yang digunakan ini sudah terdapat summing amplifier sehingga tidak perlu menggunakan rangkaian tersebut. sensor yang digunakan

adalah sensor AC voltage ZMPT101b. berikut merupakan gambar dari sensor ZMPT101b:



Gambar 2.9 Sensor ZMPT101b

Adapun spesifikasi dari sensor ZMPT101b ini adalah sebagai berikut:

- Model : ZMPT101b
- Rated input current : 2mA
- Rated output current : 2mA
- Turns Ratio : 1000:1000
- Linear Range : 0~1000V atau 0~10mA
- Isolation Voltage : 4000V

2.6 Mikrokontroler Atmega 8535

Mikrokontroler adalah *single chip computer* yang diprogram serta cenderung untuk proses pengendalian atau *control* (Handjoko, 2012).

Pada bahasan ini menggunakan salah satu jenis mikrokontroler, yaitu ATMega. ATMega adalah suatu sistem pengendali berukuran mikro yang sumber kodenya dapat diakses secara umum (*open-source*), perancangan ATMega dibuat untuk mempermudah dalam penggunaan elektronik dalam segala

bidang. Pada *hardware* ATmega menggunakan *processor* berbasis AVR dari pabrikan ATMEL dan *software* CAVR menggunakan bahasa pemrograman tersendiri serta dapat dijalankan pada *linux*, *windows*, serta *mac*. Di dalam Atmega telah diberikan *bootloader* serta standart pin I/O (*input/output*) (Muhammad, 2013). ATmega terdapat berbagai macam namun yang digunakan adalah ATmega 8535. *ATmega 8535* adalah suatu mikrokontroler yang dengan fitur yang dimiliki yaitu 54 *input/output* digital dengan 16 pin sebagai pin *output* PWM (*Pulse Width Modulation*), 16 pin sebagai *input analog*, 16 MHz osilator kristal, USB koneksi, power, ICSP, serta tombol reset. Arduino dapat diprogram melalui komputer/PC yang dihubungkan melalui kabel *USB connector*, serta sebagai *power supply* Arduino berupa arus AC atau DC dari PC tersebut, namun dapat juga digantikan oleh baterai (Oktariawan, 2013).

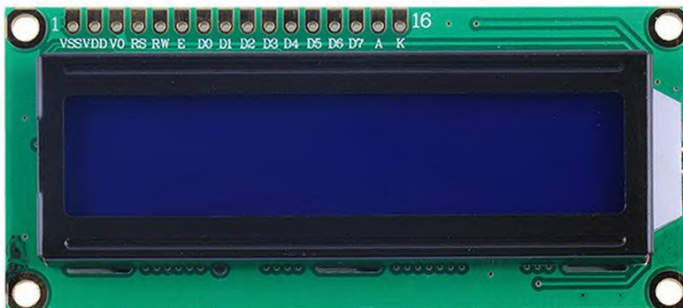
Berikut ini merupakan spesifikasi dari Mikrokontroler ATmega 8535 :

- Cip mikrokontroler : ATmega 8535
- Tegangan operasi : 4.5 - 5.5V
- Batas tegangan masukan : 6-20V
- Jumlah pin *input/output* : 32
- Arus DC di setiap pin I/O : 40mA
- Arus DC untuk pin 3,3V : 50mA
- Kapasitas penyimpanan (*Flash memory*) : 256Kb dengan 8Kb digunakan untuk *bootloader* mikrokontroler
- RAM : 512 Bytes
- EEPROM : 0.5Kb
- FLASH : 6 Kb
- Kecepatan *clock* : 0-16 MHz

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*) Ukuran 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah komponen elektronika yang digunakan sebagai penampil data, berupa data karakter, huruf, angka hingga grafik. LCD sudah berupa modul yang siap pakai, dengan harga yang murah, serta dapat menampilkan

banyak bentuk data dengan pemrograman yang lebih mudah dari pada komponen penampil elektronik lainnya. Di dalam LCD ini memiliki beberapa pin data, pengatur kecerahan layar atau kontras layar, serta pengendali catu daya (Nur, 2012).



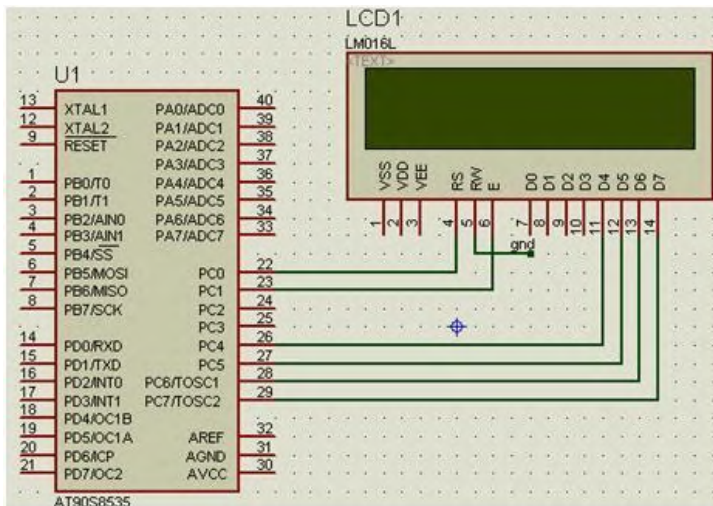
Gambar 2.11 LCD karakter 16x2

Berikut merupakan tabel pin dari LCD 16x2 :

Tabel 2.1. Pin LCD 16x2

Pin	Symbol	I/O	Deskripsi
1	VSS	--	<i>Ground</i>
2	VDD	--	Daya Masukan + 5 V
3	V0	--	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> . Input ini digunakan untuk transfer aktual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data.
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	A	--	VCC
16	K	--	Ground



Gambar 2.12. Desain rangkaian LCD 16x2 dengan Atmega 8535

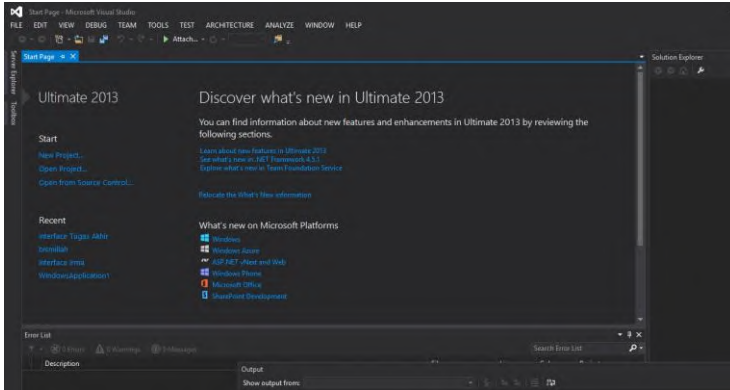
2.8 MVS 2013 (*Microsoft Visual Studio 2013*)

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).

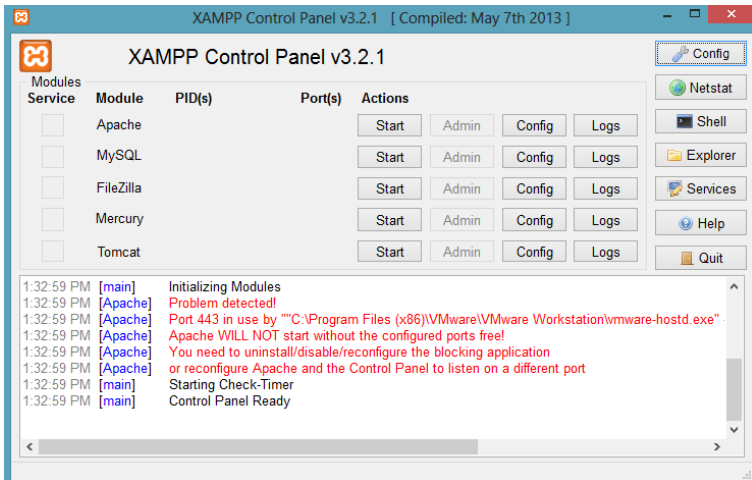
Di dalam tugas akhir ini juga menggunakan *XAMPP Control Panel* sebagai penghubung atau koneksi antara *Visual Basic.NET* dengan *database* yang dibuat. Dimana *database* ini menggunakan *localhost* atau pengalamatn lokal yang terdapat disetiap *Personal Computer (PC)* sebagai langkah penyimpanan *databasenya*.

Berikut merupakan tampilan dari halaman utama *Microsoft Visual Studio 2013* :



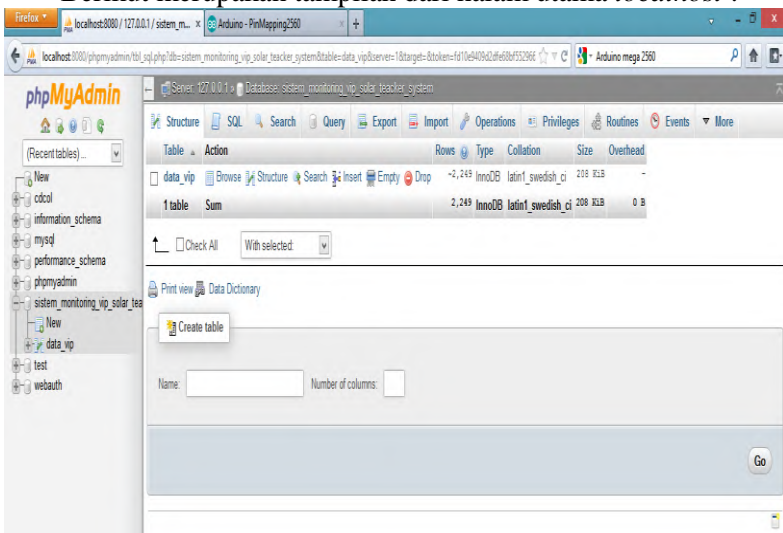
Gambar 2.13. Tampilan awal *Microsoft Visual Studio 2013*

Berikut merupakan tampilan dari halaman utama *XAMPP Control Panel* :



Gambar 2.14. Tampilan awal *XAMPP Control Panel*

Berikut merupakan tampilan dari halaman utama *localhost* :



Gambar 2.15. Tampilan awal *localhost*

2.9 MEMORI

Dua tipe memori yang digunakan pada *data logger* adalah:

a. RAM (Random Access Memory)

Tidak seperti RAM pada PC yang digunakan sebagai “Workshop area”- digunakan hanya pada saat bekerja, *data logger* dapat menggunakan RAM untuk menyimpan data (yang dibaca dari saluran masukan). Chip RAM tidak mahal tetapi memerlukan baterai cadangan untuk menahan data agar tidak hilang.

b. EEPROM (*Electrically Erasable & Programmable Read Only Memory*)

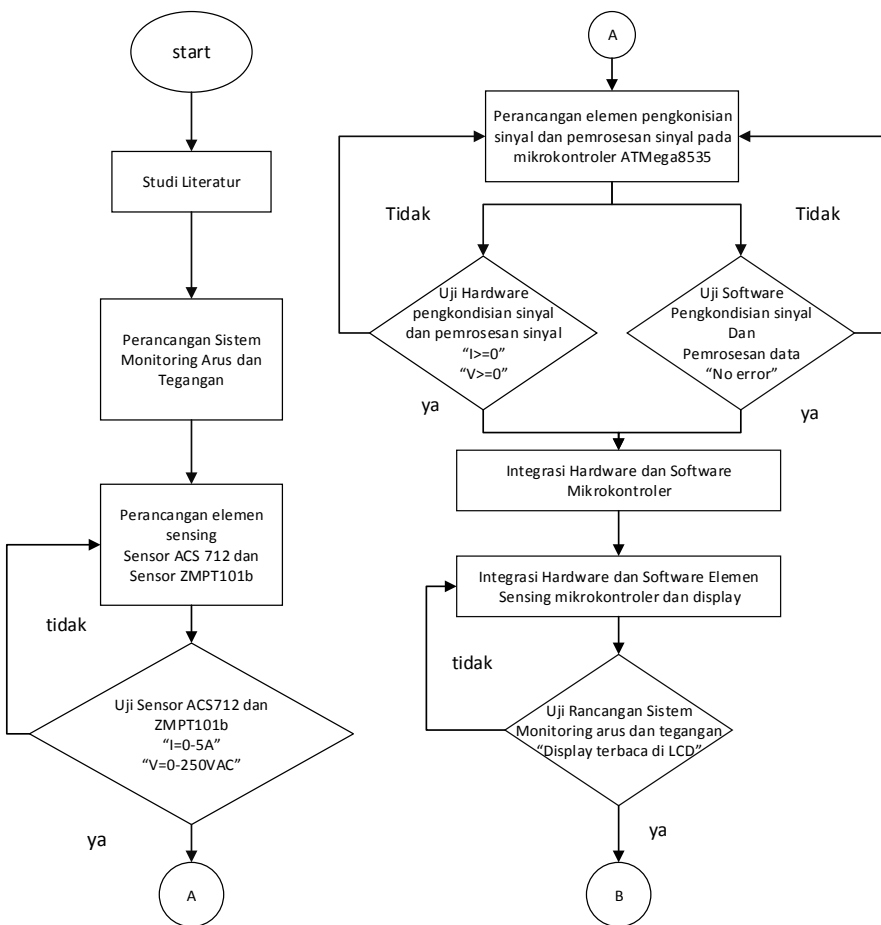
Dikembangkan untuk *data logger* pada akhir 1980-an EEPROM tidak memerlukan baterai cadangan. Kebanyakan *data logger* menggunakan EEPROM untuk baik untuk menyimpan sistem operasi mikroprosesor maupun menyimpan data. EEPROM dapat diprogram, dibaca (data yang tersimpan) dan dihapus melalui port serial PC. *Data logger* juga dapat menggunakan kartu data PCMCIA sebagai memori, kartu ini terdapat EEPROM.

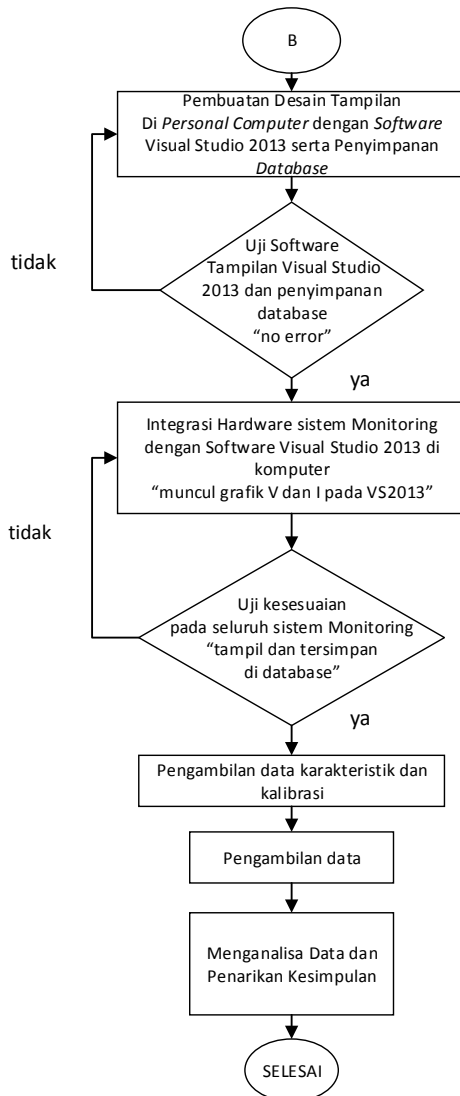
Data logger dapat menggunakan memori internal maupun eksternal untuk menyimpan data. Biasanya *data logger* menggunakan SD Card, MMC, Compact Flash (CF) sebagai media penyimpanan data eksternal.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Diagram Alir Perancangan Alat

Secara umum tahapan perancangan alat pada tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir seperti gambar 3.1 di bawah 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 *solar tracking system* :

- a. Peralatan sensor arus dan tegangan :
 - ACS 712 5A (sensor arus)
 - ZMPT101b (Sensor Tegangan)
 - Kabel jumper
- b. Peralatan sebagai kontroller :
 - Atmega8535
- c. Peralatan Penampil :
 - LCD 16 x 2

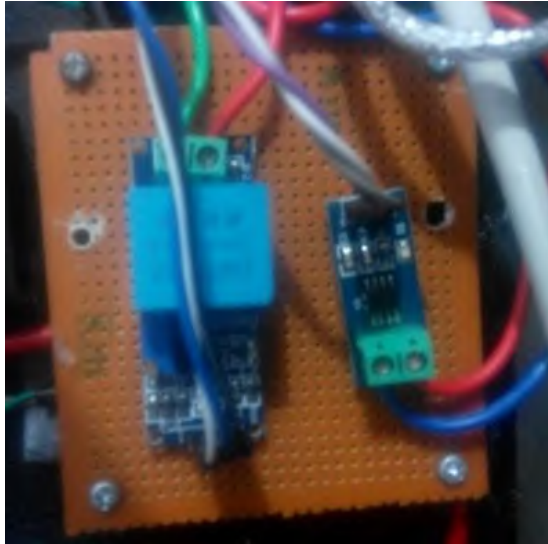
3.3 Keterangan *Flowchart* :

a. Studi Literatur

Pada awal perancangan alat dilakukan pengumpulan informasi melalui pembelajaran dari berbagai literatur dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai pembuatan sistem monitoring arus dan tegangan. Pada perencanaan alat ini dilakukan pengumpulan informasi mengenai karakteristik statik dari elemen sensor dan mikrokontroller yang akan digunakan.

b. Perancangan Elemen *Sensing*

Dalam tahap ini dilakukan perancangan elemen *sensing*, dengan menyusun rangkaian *sensing* dengan keluaran yang stabil dan akurat. Berikut merupakan rangkaian dari elemen *sensing* yang digunakan. Untuk sensor arus digunakan ACS712 dengan maksimum keluaran sebesar 5 Ampere dan untuk sensor tegangan digunakan sensor ZMPT101b.



Gambar 3.2. Rangkaian Elemen Sensing

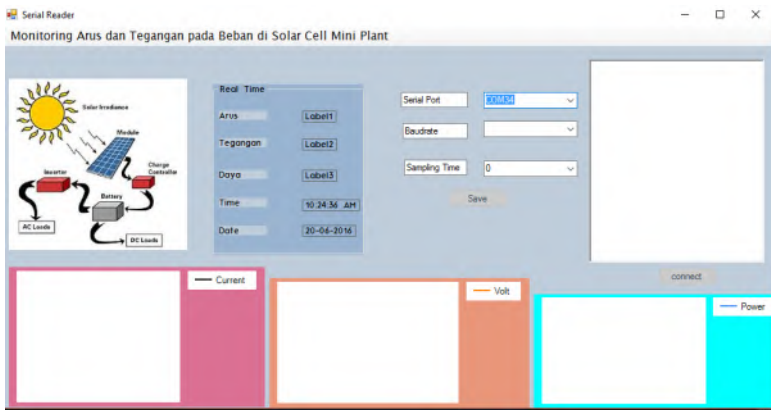
c. Uji Sensor

Sebelum dilakukan pembuatan sistem monitoring secara keseluruhan, dilakukan pengujian rangkaian sensor terlebih dahulu dengan melakukan pengambilan data berdasarkan variable beban. Untuk rangkaian uji sensor tegangan menggunakan sensor ZMPT101b dengan menggunakan 2 titik acuan yaitu 110 VAC dan 220 VAC. Sedangkan sensor arus menggunakan sensor ACS712 5A dengan beban uji lampu AC 25Watt, Charger Handphone 0,1 A dan Charger laptop 0,2 A. Dalam pengujian sensor dilakukan dengan memberikan input dari inverter sebesar 220 VAC

d. Perancangan Elemen Pengondisian Sinyal dan Pemrosesan Sinyal pada Mikrokontroller

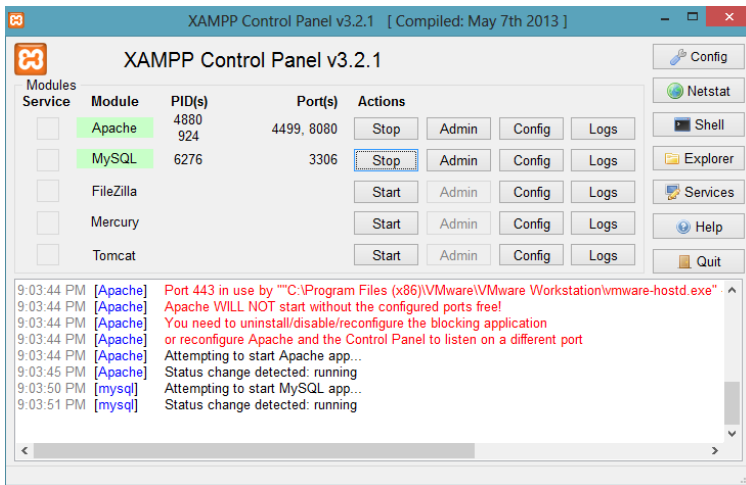
Pada tahap ini melakukan perancangan elemen pengondisian sinyal dan pemrosesan sinyal pada mikrokontroller. Pada sistem monitoring ini pengondisian sinyal dan pemrosesan sinyal dilakukan di dalam perangkat kontrol yaitu mikrokontroller

nilai yang telah tersimpan. Kemudian di dalam *software* ini membutuhkan program tambahan *XAMPP Control Panel v3.2.1* sebagai penghubung antara portal data *Visual Basic.NET* dengan *database MySQL* dengan pengalamatan *localhost* di memori *PC* dan perancangan *datalogger* menggunakan *SD Card*. Berikut merupakan desain tampilan *Visual Basic.NET* :



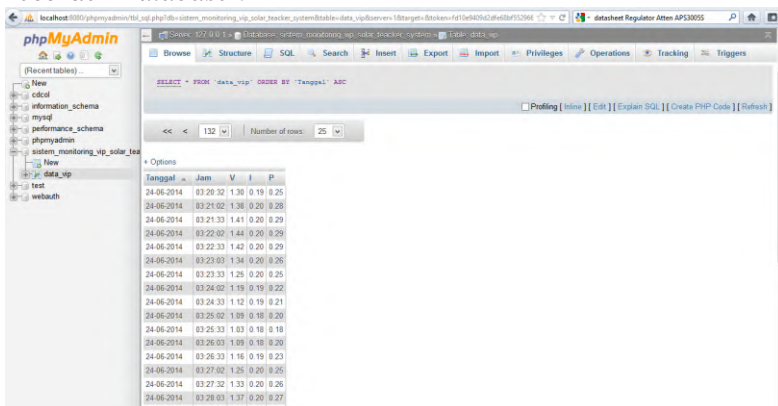
Gambar 3.7. Tampilan monitoring pada *Visual Basic.NET*

Berikut merupakan tampilan program *XAMPP Control Panel v3.2.1* sebagai penghubung dengan *localhost PC* :

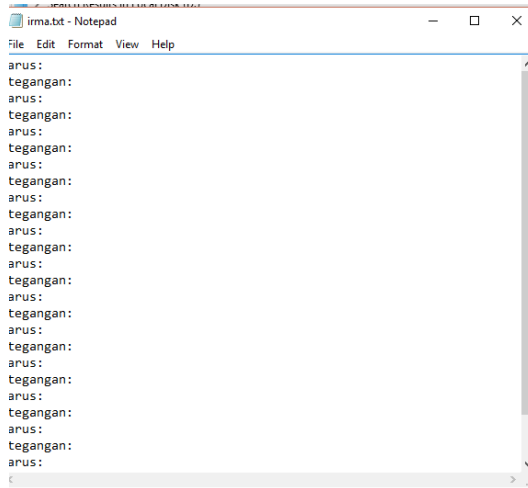


Gambar 3.8. Tampilan XAMPP Control Panel v3.2.1

Berikut merupakan tampilan *localhost* di PC sebagai *Recorder Database* :



Gambar 3.9. Tampilan *localhost* di PC



Gambar 3.10 Tampilan *datalogger* pada SD Card

f. Pengintegrasian *Hardware* Sistem Monitoring Dengan Program *Software* Pada *Visual Basic.NET*

Setelah dibuat *listing program* di *Visual Basic.NET* kemudian dilakukan penghubungan antara program *Visual Basic.NET* dengan *hardware* sistem monitoring yang telah dibuat sebelumnya. Pada tahap ini sangat rentan terjadi *error* program sehingga harus disamakan antara program dari Atmega dengan yang ada di *Visual Basic.NET* serta koneksi database pada *localhost* di *PC*.

g. 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 :

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

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

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

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

Dimana :

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

a = Koefisien garis lurus ideal

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

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

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

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

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

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

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 (2.8)
- Nilai U_{a2} yaitu nilai ketidakpastian berdasarkan pendekatan regresi dihitung dengan persamaan sesuai dengan sub bab analisis ketidakpastian (2.10)
- Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan ketidakpastian berdasarkan nilai selain metode statistik atau berdasarkan data yang sudah ada, sesuai dengan persamaan pada analisis ketidakpastian tipe B (2.15) dan (2.16)
- 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 (2.17)
- 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 (2.20)

h. Pengambilan Data

Setelah nilai spesifikasi yang didapat, kemudian pada sistem monitoring ini dilakukan pengambilan data dengan cara meletakkan sensor setelah inverter dengan beban yaitu lampu , charger HP dan charger laptop. Pada proses pengambilan data dilakukan dengan penyimpanan *database* dengan *software Microsoft visual studio 2013* yang terkoneksi *localhost*. Penyimpanan data dilakukan setiap 30 detik sekali selama proses pengambilan data.

i. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap terakhir sebagai penutup hasil data yang dihasilkan dari pembuatan sistem monitoring arus dan tegangan, dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang mempengaruhi data tersebut.

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Analisa Data

Pada Tugas Akhir Sistem Monitoring arus dan tegangan pada *Solar Cell Mini Plant* dilakukan pengambilan data arus, tegangan serta daya. Berikut ini adalah pengambilan datanya, antara lain:

4.1.1. Karakteristik Alat Ukur Arus

Setelah dilakukan perancangan alat, dilakukan pengujian alat dengan mencari data pengujian dari perbandingan antara *input* dan *output* alat sebagai konversi dari nilai keluaran sensor menjadi nilai yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur.

A. Pengujian Alat

Pengujian arus pada alat pengukur arus menggunakan beberapa variabel beban. Dengan data pengujian alat sebagai berikut :

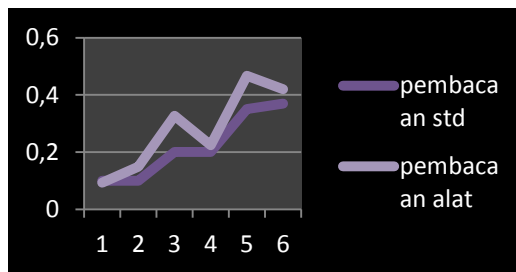
Tabel 4.1. Data pengujian alat pada pengukuran arus

No.	Variabel Beban	Pembacaan pada Avometer (A)	Pembacaan Alat (A)	Koreksi
1	Lampu AC 25 Watt	0.10	0.09	0.007
2	Charger HP Huawei	0.10	0.15	-0.049
3	Charger Laptop	0.20	0.33	-0.127
4	Lampu + charger HP	0.20	0.22	-0.024
5	Lampu + charger laptop	0.35	0.47	-0.117
6	Charger hp+charger laptop	0.37	0.42	-0.05

Tabel 4.2. Data pengujian berulang alat pada pengukuran arus

No.	Variabel Beban	Arus Multimeter (A)	Rata-rata Pengukuran				Histerisis maksimum per unit $H(I)$	Non-Linieritas per Unit
			Naik (A)	Turun (A)	Naik dan Turun (A)	koreksi		
1	Lampu AC 25 Watt	0.10	0.0876	0.0854	0.0865	0.0135	0,0022	0,0886
2	Charger HP Huawei	0.10	0.1456	0.2054	0.1755	-0.0755	-0,0598	0,0378
3	Charger Laptop	0.20	0.398	0.4054	0.4017	-0.1125	0,0074	0.1
4	Lampu + charger HP	0.20	0.2204	0.257	0.2387	-0.0387	-0,0366	0.1
5	Lampu + charger laptop	0.35	0.4334	0.4464	0.4399	-0.0899	-0,013	0.153
6	Charger hp+charger laptop	0.37	0.4184	0.4258	0.4221	-0.0521	-0,0074	0.159
	Jumlah	1.32			1.7183	-0.3983		
	Rata-rata	0.22			0.286383	-0.066		

Berdasarkan data pengujian alat dari hasil pengukuran arus dan tegangan menghasilkan grafik pengujian arus sebagai berikut:



Gambar 4.1. Grafik pengujian tegangan dari alat yang dibuat dengan alat ukur standar.

B. Data Spesifikasi Alat

Berdasarkan data yang didapat dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

- Range : Arus AC 0~5A
- Span : Arus AC 5A
- Resolusi : 0,01
- Sensitivitas (K) : 1,308 (Dari data pengujian alat)
- Maksimum non-linieritas: 0,159
- Non-Linieritas :0,4806%
- Histeresis : 0,036%
- Akurasi : 0,73
- Kesalahan (*error*) : 0,27

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik tegangan berdasarkan data pada table 4.1 :

- Sensitivitas (dari data pengujian alat) = $\frac{\Delta O}{\Delta I}$

$$= \frac{0,4399 - 0,865}{0,37 - 0,1} = 1,308$$

- Non – Linieritas ($N(I) = O(I) - (KI + a)$
** (berdasarkan data naik)*

Dimana :

$$K \text{ (sensitifitas)} = 1.308$$

$$a \text{ (zero bias)} = O_{min} - KI_{min}$$

$$a = 0,865 - (1,308 \times 0,1)$$

$$a = 0,045$$

Sehingga :

(Contoh perhitungan untuk input pertama)

$$= 0,0865 - (1,308 \times 0,1) + 0,045$$

$$= 0,0886$$

Non – Linieritas maksimum per unit

$$= \frac{\hat{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Non – Linieritas maks. per unit

$$= \frac{0,159}{0,4184 - 0,0876} \times 100\%$$

Non – Linieritas = 0,4806%

- Histeresis :

$$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}, \widehat{H} = H(I)_{max}$$

Contoh perhitungan histerisis per input:

$$H(I) = 0.0865 - 0.0854 \\ = 0,022$$

sehingga :

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

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,0366}{0,476 - 0,084} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,0366}{0,392} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 0,036\%$$

- Akurasi :

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

$$A = 1 - |0,27| = 0,73$$

- Error :

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,73$$

$$e = 0,27$$

Setelah mengetahui karakteristik statik dari alat ukur arus, langkah selanjutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah multimeter digital. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.3. Tabel ketidakpastian pengukuran

No.	xi ²	xi*yi	Yreg	Residu (R)	Square Residual (SR)
1	0.01	0.00133	-0.04486	0.058163	0.003382895
2	0.01	-0.01755	-0.04486	-0.13064	0.017066115
3	0.04	-0.0153	-0.0628	-0.0137	0.000187784
4	0.04	-0.00352	-0.0628	0.045197	0.002042729
5	0.1225	-0.03147	-0.0897	-0.0002	4.1048E-08
Jumlah	0.3594	-0.0983			0.026990687
Rata-Rata	0.0599	-0.01638			0.004498448

- Nilai ketidakpastian tipe A :

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

$$\sigma = 0,0749$$

Sehingga nilai ketidakpastian hasil pengukuran :

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

$$U_{a1} = \frac{0,0749}{\sqrt{10}} = \mathbf{0.0237}$$

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

Dimana :

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

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

$$Y_i (\text{Nilai koreksi}) = \text{Pemb. standar (ti)} - \text{Pemb. alat (xi)}$$

$$Y_{reg} = a + (b \times ti) \quad (4.3)$$

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

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

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

$$b = \frac{(6 \times 0,0983) - (0,3983 \times 1,32)}{(6 \times 0,3594) - (1,32)^2}$$

$$\mathbf{b = 0,5147}$$

Sehingga nilai :

$$a = 0,06638 + (0,5147 \times 0,22)$$

$$\mathbf{a = 0,032}$$

Jadi, persamaan regresi menjadi $\mathbf{Y_{reg} = (0,066) + (t_i \times 0,5147)}$

Yang menghasilkan nilai $\mathbf{SSR = 0,0045}$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{0,0045}{6-2}} = \mathbf{0,0335}$$

- 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 :

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

$U_{B2} = \frac{a}{k}$, 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 : $\mathbf{U_{B2} = 0}$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \quad (4.4)$$

$$U_c = \sqrt{0,0237^2 + 0,0335^2 + 0,003^2 + 0^2}$$

$$U_c = 0,0411$$

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

$\mathbf{V = n-1}$, sehingga :

$V_1 = 5; V_2 = 5; V_3 = \infty; V_4 = 60$ (berdasarkan table T)
 Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \quad (4.5)$$

$$V_{eff} = \frac{(0,0411)^4}{(0,024)^4 / 5 + (0,0011)^4 / 5 + (0,003)^4 / \infty + (0)^4 / 60}$$

$V_{eff} = 45,2$, sehingga jika dibulatkan menjadi 40, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 1,684.

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (4.6)$$

$$U_{exp} = 1,684 \times 0,041 = \mathbf{0,069}$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas di atas menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 0,069$ dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

4.1.2. Karakteristik Statik Alat Ukur Tegangan

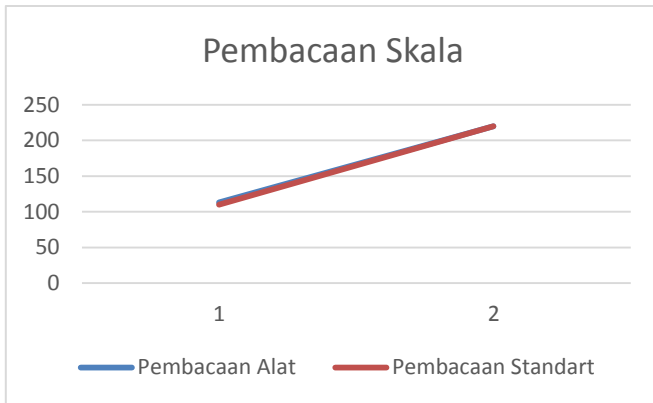
Setelah dilakukan perancangan alat pengukuran tegangan, dilakukan pengujian alat dengan mencari data pengujian dari *input* dan *output* alat sebagai nilai pengonversi dari nilai keluaran sensor menjadi nilai yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur.

A. Pengujian Alat

Data diambil dengan menggunakan 2 titik tegangan yaitu pada 110 VAC dan 220VAC dikarenakan alat yang terbatas untuk tegangan AC. Berikut merupakan data hasil uji pengukuran tegangan dengan menggunakan sensor ZMPT11b:

Tabel 4.4 Data pengukuran tegangan

No.	Pembacaan Standart (V)	Rata-Rata Pembacaan Alat (V)		Rata- rata pembacaan Naik dan Turun (V)	Koreksi
		NAIK	TURUN		
1	0	0	0	0	0
2	110	113	112,2	112,6	1,6
3	220	222,2	221,4	221,8	1,8

**Gambar 4.2** Grafik pengujian tegangan dari pembacaan alat terhadap pembacaan standar**B. Data Spesifikasi Alat**

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

- Range : tegangan AC 0-250V
- Span : 250VAC
- Resolusi : 1
- Sensitivitas (K) : 1 (Dari data pengujian alat)
- Maksimum non-linieritas: 3

- Non-Linieritas :1,363%
- Histeresis : 0,036%
- Akurasi : 0,987
- Kesalahan (*error*) : 0,013

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik tegangan berdasarkan data pada table 4.1 :

- Sensitivitas (dari data pengujian alat) = $\frac{\Delta O}{\Delta I}$

$$= \frac{200 - 0}{200 - 0} = 1$$

- Non – Linieritas ($N(I) = O(I) - (KI + a)$
 * (*berdasarkan data naik*)

Dimana :

$$K \text{ (sensitifitas)} = 1$$

$$a \text{ (zero bias)} = O_{min} - KI_{min}$$

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

$$a = 0$$

(Contoh perhitungan untuk input kedua)

$$= 112,6 - ((1 \times 110) + 0)$$

$$= 1,6$$

Non – Linieritas maksimum per unit

$$= \frac{\hat{N}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Sehingga :

$$\text{Non – Linieritas maks. per unit} = \frac{3}{220 - 0} \times 100\%$$

$$\text{Non – Linieritas} = 1,363\%$$

- Histeresis :

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

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

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0,8}{220} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 0,363\%$$

- Akurasi :

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

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

$$A = 1 - |0,013| = 0,987$$

- Error :

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,987$$

$$e = 0,013$$

Dengan perhitungan yang sama dilakukan perhitungan kalibrasi tegangan, berikut merupakan data dari kalibrasi tegangan:

Tabel 4.6. Data kalibrasi tegangan

No.	Pemb. Std (t)	Rata-Rata Pemb. Alat (x)	Koreksi (y)	Yreg	Residu (R)	SR
1	0	0	0	0,293	-0,293	0,0858
2	110	112,6	2,6	1,575	-1,575	1,050
3	220	222,1	2,1	2,85	2,857	0,536
Jumlah	330	334,7	4,7		SSR =>	1,672
Rata-Rata	110	111,57	1,57			

- Nilai ketidakpastian tipe A :

$$U_{a1} = \frac{1,385}{\sqrt{3}} = \mathbf{0,805};$$

$$Y_{reg} = (\mathbf{1,573}) + (t_i x(\mathbf{0,0116}));$$

$$SSR = \mathbf{1,672}; U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{1,672}{3-2}} = \mathbf{1,293}$$

- Nilai ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2}x \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2}x 1}{\sqrt{3}} = 0,577$$

$U_{B2} = \frac{a}{k}$, 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 : $U_{B2} = 0$

$$U_c = \sqrt{0,805^2 + 1,293^2 + 0,577^2 + 0^2}$$

$$U_c = 2,653$$

Dengan nilai $V1 = 2$; $V2 = 2$; $V3 = \infty$; $V4 = 60$ (berdasarkan table T), maka nilai derajat kebebasan efektif sebesar

$$V_{eff} = \frac{(2,653)^4}{(0,805)^4/2 + (1,293)^4/2 + (0,577)^4/\infty + (0,00)^4/60}$$

$V_{eff} = 30,82$ yang dibulatkan menjadi 30, sehingga nilai k (faktor koreksi)nya berdasarkan tabel *T-student* sebesar 1,6973. Sehingga nilai ketidakpastian diperluasnya sebesar 0,025.

$$U_{exp} = 1,6973 \times 2,653 = 4,5$$

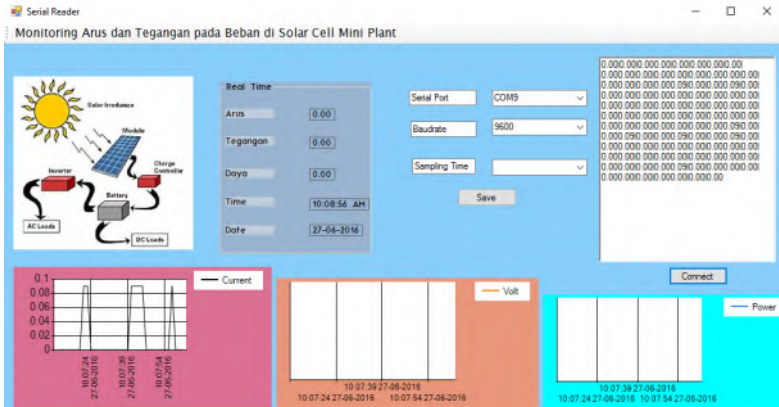
Dengan hasil perhitungan nilai ketidakpastian diperluas sebesar $\pm 4,5$. Nilai ini merupakan acuan nilai ketidakpastian pembacaan alat dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan tabel *T-Student*.

4.1.3. Data Pengujian Alat Pada *Solar Cell Mini Plant*

A. Pengukuran Tegangan dan Arus Tanpa Beban

Pengukuran pertama dilakukan dengan mengamati pembacaan sensor arus menggunakan *interface* visual basic 2013

dimana pengujian dilakukan tanpa menggunakan beban. Pengukuran ini dilakukan guna melihat perbandingan antara keluaran sensor dengan lamanya waktu. Pengukuran ini diambil selama kurang lebih 30 detik. Berikut merupakan tampilan grafik pengukuran arus, tegangan dan daya pada visual basic 2013:



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran tegangan dan arus tanpa beban

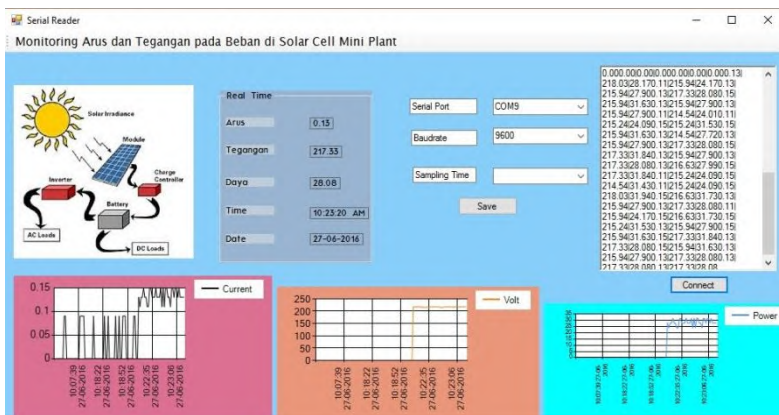
No.	Current	Volt	Power	Date	Time
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:18
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:18
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:20
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:22
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:22
1	0.09	0	0	06/27/2016	10:18:23
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:24
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:26
1	0.09	0	0	06/27/2016	10:18:27
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:29
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:30
1	0	0	0	06/27/2016	10:18:32

Gambar 4.4 Pengukuran tanpa beban di *Solar Cell Mini Plant*

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa pada saat tidak ada beban dan sumber, arus bernilai 0 dan tegangan serta daya bernilai 0 meskipun terkadang arus memunculkan nilai 0,9. Nilai tetap konstan berada dikedua nilai tersebut.

B. Pengukuran Tegangan dan Arus dengan beban lampu

Pengukuran kedua dilakukan dengan mengamati pembacaan sensor arus menggunakan *interface* visual basic 2013 dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan beban lampu pijar 25 Watt 220VAC. Pengukuran ini dilakukan guna melihat perbandingan antara keluaran sensor dengan lamanya waktu. Pengukuran ini diambil selama kurang lebih 30 detik. Berikut merupakan tampilan grafik pengukuran arus, tegangan dan daya pada visual basic 2013 dengan beban berupa lampu pijar 25 Watt:



Gambar 4.5 Grafik Pengukuran tegangan dan arus dengan beban lampu pijar 25 Watt

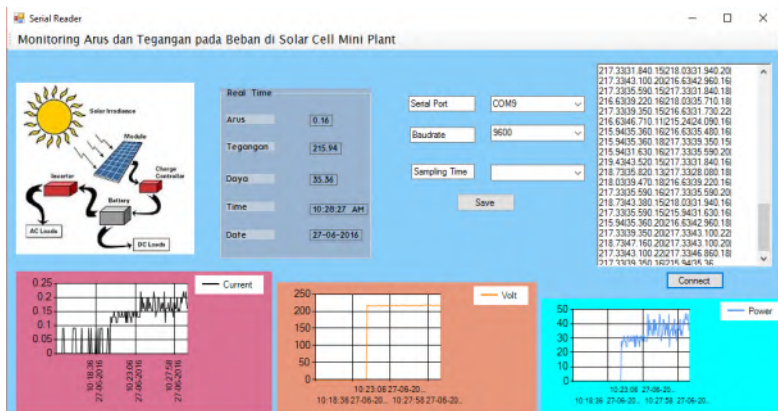
No.	Current	Volt	Power	Date	Time
1	0.13	215.24	27.81	06/24/2016	02:43:27
1	0.11	214.54	24.01	06/24/2016	02:43:28
1	0.11	215.24	24.09	06/24/2016	02:43:29
1	0.13	213.84	27.63	06/24/2016	02:43:31
1	0.13	223	28.81	06/24/2016	02:43:33
1	0.13	216.63	27.99	06/24/2016	02:43:34
1	0.13	215.94	27.9	06/24/2016	02:43:36
1	0.13	215.94	27.9	06/24/2016	02:43:37
1	0.09	215.94	20.44	06/24/2016	02:43:39
1	0.13	223	28.81	06/24/2016	02:43:40
1	0.11	218.03	24.4	06/24/2016	02:43:42

Gambar 4.6 Data Pengukuran dengan beban lampu pijar 25 Watt

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa nilai berubah mendekati 0,1 karena arus yang dibutuhkan oleh beban lampu 25 Watt sebesar 0,11.

C. Pengukuran Tegangan dan Arus dengan Beban Charger Handphone HiMax Pure iii

Pengukuran ketiga dilakukan dengan mengamati pembacaan sensor arus menggunakan *interface* visual basic 2013 dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan beban charger handphone Himax pure iii 30 Watt 220VAC. Pengukuran ini dilakukan guna melihat perbandingan antara keluaran sensor dengan lamanya waktu. Pengukuran ini diambil selama kurang lebih 30 detik. Berikut merupakan tampilan grafik pengukuran arus, tegangan dan daya pada visual basic 2013 dengan beban berupa charger handphone:



Gambar 4.7 Grafik pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger handphone Himax pure iii

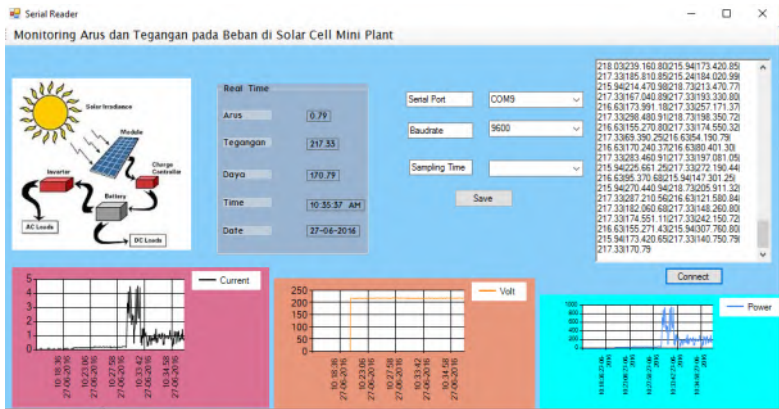
No.	Current	Volt	Power	Date	Time
1	0.09	0	0	06/27/2016	10:18:59
1	0.09	0	0	06/27/2016	10:19:01
1	0	0	0	06/27/2016	10:19:02
1	0	0	0	06/27/2016	10:19:04
1	0.13	218.03	28.17	06/27/2016	10:22:19
1	0.11	215.94	24.17	06/27/2016	10:22:20
1	0.13	215.94	27.9	06/27/2016	10:22:22
1	0.13	217.33	28.08	06/27/2016	10:22:23
1	0.15	215.94	31.63	06/27/2016	10:22:25
1	0.13	215.94	27.9	06/27/2016	10:22:26

Gambar 4.8 Data Pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger handphone 30 Watt

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa nilai berubah mendekati 0,13 karena arus yang dibutuhkan oleh beban charger handphone 30 Watt sebesar 0,13.

D. Pengukuran Tegangan dan Arus dengan Beban Charger Laptop Lenovo

Pengukuran keempat dilakukan dengan mengamati pembacaan sensor arus menggunakan *interface* visual basic 2013 dimana pengujian dilakukan dengan menggunakan beban charger laptop 45 Watt 220VAC. Pengukuran ini dilakukan guna melihat perbandingan antara keluaran sensor dengan lamanya waktu. Pengukuran ini diambil selama kurang lebih 30 detik. Berikut merupakan tampilan grafik pengukuran arus, tegangan dan daya pada visual basic 2013 dengan beban berupa charger laptop lenovo:



Gambar 4.9 Grafik pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger laptop Lenovo

No.	Current	Volt	Power	Date	Time
1	0.22	217.33	46.86	06/27/2016	10:26:53
1	0.15	216.63	31.73	06/27/2016	10:26:55
1	0.2	215.24	42.69	06/27/2016	10:26:56
1	0.16	216.63	35.48	06/27/2016	10:26:58
1	0.18	215.24	38.97	06/27/2016	10:26:59
1	0.16	217.33	35.59	06/27/2016	10:27:01
1	0.15	217.33	31.84	06/27/2016	10:27:02
1	0.16	217.33	35.59	06/27/2016	10:27:04
1	0.2	218.03	43.24	06/27/2016	10:27:05
1	0.15	217.33	31.84	06/27/2016	10:27:07
1	0.2	217.33	43.1	06/27/2016	10:27:08
1	0.16	218.03	35.71	06/27/2016	10:27:10
1	0.18	218.73	39.6	06/27/2016	10:27:11
1	0.16	215.24	35.25	06/27/2016	10:27:13
1	0.15	216.63	31.73	06/27/2016	10:27:14
1	0.15	215.94	31.63	06/27/2016	10:27:16
1	0.2	217.33	43.1	06/27/2016	10:27:17
1	0.22	217.33	46.86	06/27/2016	10:27:19
1	0.18	216.63	39.22	06/27/2016	10:27:20
1	0.13	215.94	27.9	06/27/2016	10:27:22
1	0.15	217.33	31.84	06/27/2016	10:27:23
1	0.15	218.03	31.94	06/27/2016	10:27:25
1	0.2	217.33	43.1	06/27/2016	10:27:26
1	0.2	216.63	42.96	06/27/2016	10:27:28
1	0.16	217.33	35.59	06/27/2016	10:27:29

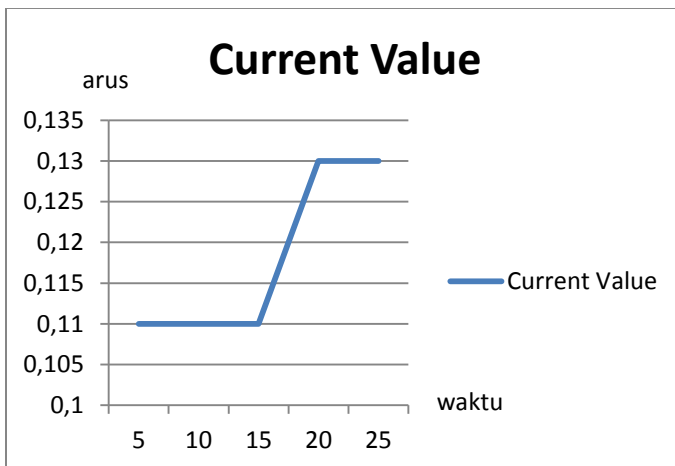
Gambar 4.10 Data Pengukuran arus dan tegangan dengan beban berupa charger laptop 45 Watt

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa nilai berubah mendekati 0,2 karena arus yang dibutuhkan oleh beban charger laptop 45 Watt sebesar 0,2.

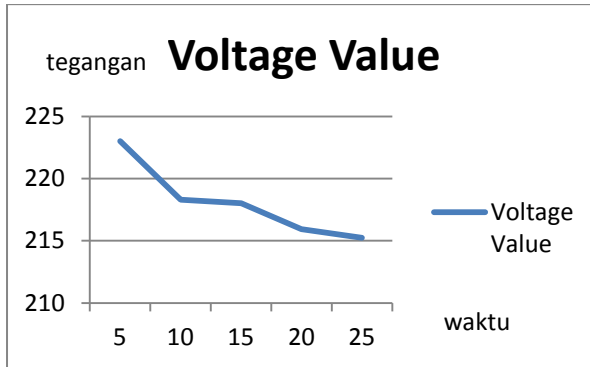
4.1.4 Karakteristik Dinamik Sistem

A. Pengukuran Arus dan Tegangan terhadap waktu (*Time sampling 2 menit*)

Untuk mengetahui karakteristik dinamik dari sistem maka dilakukan dengan menggunakan fungsi *time sampling* pada *interface* visual studio 2013. Pengukuran ini dilakukan bukan hanya untuk menguji fungsi *time sampling* dalam *interface* visual studio namun juga untuk mengetahui respon dari pengukuran arus dan tegangan setiap 2 menit. Berikut merupakan grafik dari pengukuran arus dan tegangan dengan *time sampling 2 menit*:



Gambar 4.11 Grafik pengukuran arus terhadap waktu (setiap 2 menit)

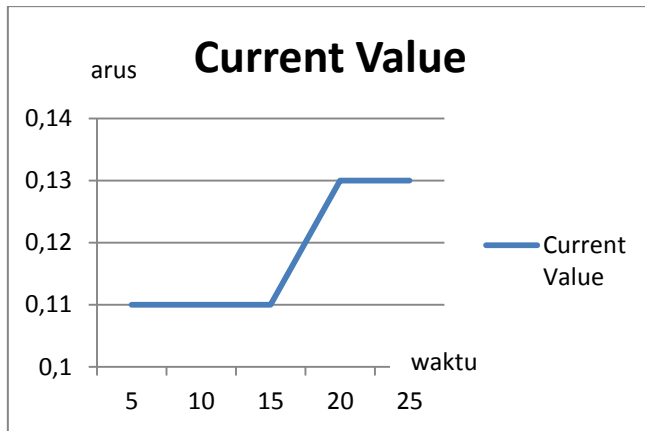


Gambar 4.12 Grafik hasil pengukuran tegangan per 2 menit

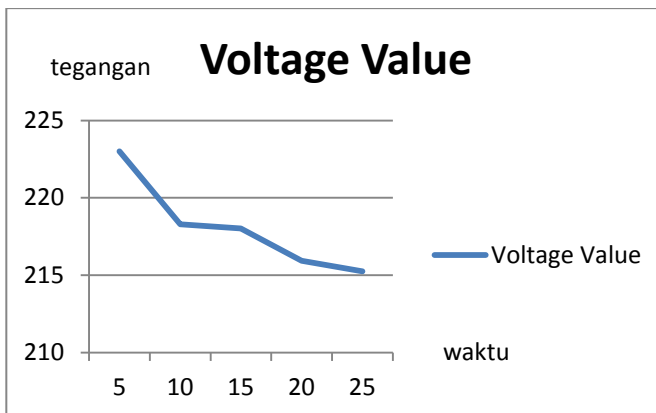
Dari data diatas, dapat dilihat bahwa pada arus, terdapat perubahan nilai di menit ke-6 namun kembali ke nilai yang sebenarnya pada menit ke-10 sementara pada grafik tegangan, terdapat penyimpangan yang cukup besar di menit ke-10.

B. Pengukuran Arus dan Tegangan terhadap waktu (*Time sampling 5 menit*)

Selain melihat respon setiap 2 menit, dilakukan juga pengukuran dengan menggunakan fungsi *time sampling 5 menit*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui respon dari pengukuran arus dan tegangan setiap 5 menit. Berikut merupakan grafik dari pengukuran arus dan tegangan dengan *time sampling 5 menit*:



Gambar 4.13 Grafik pengukuran arus dan tegangan tanpa beban dengan time sampling 5 menit



Gambar 4.14 Data hasil pengukuran tegangan per 5 menit

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa pada arus maupun tegangan terdapat perubahan pembacaan nilai yang menurun di menit yang semakin lama.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A
(DATA PENGUJIAN ALAT DAN KALIBRASI)

A. Pengujian Alat dan Kalibrasi Arus

Tabel A.1 Pengujian Alat Arus

No.	Jenis Beban	Pembacaan Std	Pembacaan Alat	Koreksi
1	Lampu AC 25 Watt	0.1	0.093	0.007
2	Charger HP Huawei	0.1	0.149	-0.049
3	Charger Laptop	0.2	0.327	-0.127
4	Lampu + charger HP	0.2	0.224	-0.024
5	Lampu + charger laptop	0.35	0.467	-0.117
6	Charger hp+charger laptop	0.37	0.42	-0.05
	Jumlah	1.32	1.68	-0.36
	Rata-rata	0.377142857	0.48	-0.10286
	Standart Deviasi Koreksi			0.113947
	Ua1 =			0.036033
	Nilai Minimum Koreksi =			0.007
	Nilai Maksimum Koreksi =			0.127
	koreksi maksimum lebih besar dari 3xstandar deviasi maka alat perlu di adjust ulang			0.34184

Tabel A.3 Pengujian Kalibrasi Arus

No.	Variabel Beban	Pemb. Standart (A)	Rata-Rata Pemb. Alat (A)	Koreksi (A)	Y regresi	Residu	SSR
1	Lampu AC 25 Watt	0.1	0.0867	0.0133	0.04782	0.061116	0.003735212
2	Charger HP Huawei	0.1	0.1503	-0.0503	0.04782	-0.00248	6.16838E-06
3	Charger Laptop	0.2	0.4017	-0.2017	0.06329	-0.13841	0.019157649
4	Lampu + charger HP	0.2	0.2176	-0.0176	0.06329	0.045689	0.00208747
5	Lampu + charger laptop	0.35	0.4399	-0.0899	-0.0865	-0.0034	1.15768E-05

Tabel A.4 Lanjutan

No.	Variabel Beban	Pemb. Standart (A)	Rata-Rata Pemb. Alat (A)	Koreksi (A)	Y regresi	Residu	SSR
6	Charger hp+charger laptop	0.37	0.4221	-0.0521	0.08959	0.037492	0.001406
7	Jumlah	1.32	1.7183	-0.3983			0.026404
8	Rata-rata	0.22	0.286383	0.06638			0.004401

Pengujian Alat dan Kalibrasi Tegangan**Tabel A.5 Pengujian Alat Tegangan**

No.	Pembacaan Alat	Pembacaan Standart	Koreksi
1	113	110	-3
2	220	220	0
Jumlah	333	330	-3
Rata-rata	166.5	165	-1.5

Tabel 4.7 Pengujian Kalibrasi Tegangan

No.	Pemb. Standart (V)	Pemb.Alat (V)		Rata- rata pemb. (V)	Koreksi	Y reg	Residu	SSR
		NAIK	TURUN					
1	0	0	0	0.0000	0.0000	-0.29286	0.2928571	0.0857653
2	110	113	112,2	112.6000	2.6000	-1.575	1.0250000	1.050625
3	220	222,5	221,4	222.1250	2.1250	-2.85714	0.7321429	0.5360332
Jumlah	330			334.7250	4.7250	-0.29286	0.2928571	0.0857653
Rata- Rata	110			111.5750	1.5750	-1.575	1.0250000	1.050625

LAMPIRAN B

(Listing Program di Mikrokontroler dan Microsoft Visual Studio 2013)

A. Listing Program Code Vision AVR

- B.1. /*****

- B.2. This program was produced by the
B.3. CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
B.4. Automatic Program Generator
B.5. © Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
B.6. <http://www.hpinfotech.com>
B.7.
B.8. Project :
B.9. Version :
B.10. Date : 6/13/2016
B.11. Author : tyery08
B.12. Company : embeeminded.blogspot.com
B.13. Comments:
B.14.
B.15.
B.16. Chip type : ATmega16
B.17. Program type : Application
B.18. AVR Core Clock frequency: 4.000000 MHz
B.19. Memory model : Small
B.20. External RAM size : 0
B.21. Data Stack size : 256
B.22. *****/
- B.23.
B.24. #include <mega16.h>
B.25. #include <delay.h>
B.26. #include <stdlib.h>

```
B.27.  
B.28. // Alphanumeric LCD functions  
B.29. #include <alcd.h>  
B.30.  
B.31. // Standard Input/Output functions  
B.32. #include <stdio.h>  
B.33.  
B.34. #define ADC_VREF_TYPE 0x00  
B.35.  
B.36. // Read the AD conversion result  
B.37. unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)  
B.38. {  
B.39. ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);  
B.40. // Delay needed for the stabilization of the ADC input  
    voltage  
B.41. delay_us(10);  
B.42. // Start the AD conversion  
B.43. ADCSRA|=0x40;  
B.44. // Wait for the AD conversion to complete  
B.45. while ((ADCSRA & 0x10)==0);  
B.46. ADCSRA|=0x10;  
B.47. return ADCW;  
B.48. }  
B.49.  
B.50. // Declare your global variables here  
B.51. float a,b;  
B.52. unsigned int looparus, loopteg, V_0, ii, arus_0, buff_i[70]  
    , buff_ii[50];  
B.53. float I,V,P;  
B.54. float I_total,V_total;  
B.55. unsigned char disp_idc[8],disp_vdc[8],disp_Pdc[8];  
B.56.  
B.57. float LoopI()  
B.58. {  
B.59.     arus_0=0;
```

```

B.60. buff_i[looparus]=I;
B.61. for(ii=0;ii<65;ii++)
B.62. {
B.63. I= read_adc(1);
B.64. arus_0=arus_0+I;
B.65. delay_ms(4);
B.66. }
B.67. if(looparus>65)looparus=0;
B.68.
B.69.
B.70. I_total = (((((((float) arus_0/65) -512) *5/1023)*1000)
/185));
B.71. return (I_total);
B.72. }
B.73.
B.74. float tegangan()
B.75. {
B.76. V_0= 0;
B.77. buff_ii[loopteg]=V;
B.78. for(ii=0;ii<50;ii++)
B.79. {
B.80. V = read_adc(0);
B.81. V_0 = V_0 +V;
B.82. delay_ms(2);
B.83. }
B.84. if(loopteg>50)loopteg=0;
B.85.
B.86.
B.87. V_total = ((float)V*5/1023)*3; //Dikali 3 karena
nilai perbandingan pembagi tegangan adalah 1/3
B.88. return (V_total);
B.89. }
B.90.
B.91. void main(void)
B.92. {

```

```
B.93. // Declare your local variables here
B.94.
B.95. // Input/Output Ports initialization
B.96. // Port A initialization
B.97. // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
      Func2=In Func1=In Func0=In
B.98. // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T
      State2=T State1=T State0=T
B.99. PORTA=0x00;
B.100. DDRA=0x00;
B.101.
B.102. // Port B initialization
B.103. // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
      Func2=In Func1=In Func0=In
B.104. // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T
      State2=T State1=T State0=T
B.105. PORTB=0x00;
B.106. DDRB=0x00;
B.107.
B.108. // Port C initialization
B.109. // Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out
      Func3=Out Func2=Out Func1=Out Func0=Out
B.110. // State7=1 State6=1 State5=1 State4=1 State3=1
      State2=1 State1=1 State0=1
B.111. PORTC=0xFF;
B.112. DDRC=0xFF;
B.113.
B.114. // Port D initialization
B.115. // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
      Func2=In Func1=In Func0=In
B.116. // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T
      State2=T State1=T State0=T
B.117. PORTD=0x00;
B.118. DDRD=0x00;
B.119.
```

```
B.120. // Timer/Counter 0 initialization
B.121. // Clock source: System Clock
B.122. // Clock value: Timer 0 Stopped
B.123. // Mode: Normal top=0xFF
B.124. // OC0 output: Disconnected
B.125. TCCR0=0x00;
B.126. TCNT0=0x00;
B.127. OCR0=0x00;
B.128.
B.129. // Timer/Counter 1 initialization
B.130. // Clock source: System Clock
B.131. // Clock value: Timer1 Stopped
B.132. // Mode: Normal top=0xFFFF
B.133. // OC1A output: Discon.
B.134. // OC1B output: Discon.
B.135. // Noise Canceler: Off
B.136. // Input Capture on Falling Edge
B.137. // Timer1 Overflow Interrupt: Off
B.138. // Input Capture Interrupt: Off
B.139. // Compare A Match Interrupt: Off
B.140. // Compare B Match Interrupt: Off
B.141. TCCR1A=0x00;
B.142. TCCR1B=0x00;
B.143. TCNT1H=0x00;
B.144. TCNT1L=0x00;
B.145. ICR1H=0x00;
B.146. ICR1L=0x00;
B.147. OCR1AH=0x00;
B.148. OCR1AL=0x00;
B.149. OCR1BH=0x00;
B.150. OCR1BL=0x00;
B.151.
B.152. // Timer/Counter 2 initialization
B.153. // Clock source: System Clock
B.154. // Clock value: Timer2 Stopped
```

```
B.155. // Mode: Normal top=0xFF
B.156. // OC2 output: Disconnected
B.157. ASSR=0x00;
B.158. TCCR2=0x00;
B.159. TCNT2=0x00;
B.160. OCR2=0x00;
B.161.
B.162. // External Interrupt(s) initialization
B.163. // INT0: Off
B.164. // INT1: Off
B.165. // INT2: Off
B.166. MCUCR=0x00;
B.167. MCUCSR=0x00;
B.168.
B.169. // Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
B.170. TIMSK=0x00;
B.171.
B.172. // USART initialization
B.173. // Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No
    Parity
B.174. // USART Receiver: On
B.175. // USART Transmitter: On
B.176. // USART Mode: Asynchronous
B.177. // USART Baud Rate: 9600
B.178. UCSRA=0x00;
B.179. UCSRB=0x18;
B.180. UCSRC=0x86;
B.181. UBRRH=0x00;
B.182. UBRRL=0x19;
B.183.
B.184. // Analog Comparator initialization
B.185. // Analog Comparator: Off
B.186. // Analog Comparator Input Capture by
    Timer/Counter 1: Off
B.187. ACSR=0x80;
```

```

B.188.      SFIOR=0x00;
B.189.
B.190.      // ADC initialization
B.191.      // ADC Clock frequency: 250.000 kHz
B.192.      // ADC Voltage Reference: AREF pin
B.193.      // ADC Auto Trigger Source: Free Running
B.194.      ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
B.195.      ADCSRA=0xA4;
B.196.      SFIOR&=0x1F;
B.197.
B.198.      // SPI initialization
B.199.      // SPI disabled
B.200.      SPCR=0x00;
B.201.
B.202.      // TWI initialization
B.203.      // TWI disabled
B.204.      TWCR=0x00;
B.205.
B.206.      // Alphanumeric LCD initialization
B.207.      // Connections are specified in the
B.208.      //                                     Project|Configure|C
Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
B.209.      // RS - PORTB Bit 0
B.210.      // RD - PORTB Bit 1
B.211.      // EN - PORTB Bit 2
B.212.      // D4 - PORTB Bit 4
B.213.      // D5 - PORTB Bit 5
B.214.      // D6 - PORTB Bit 6
B.215.      // D7 - PORTB Bit 7
B.216.      // Characters/line: 16
B.217.      lcd_init(16);
B.218.      delay_ms(1000);
B.219.      while (1)
B.220.      {
B.221.          // Place your code here

```

```

B.222.      a=LoopI();
B.223.      b=tegangan();
B.224.
B.225.      //if(I_total<0.18){
B.226.      //a=0;
B.227.      //}
B.228.      if(b>=15.01)
B.229.      {
B.230.      PORTC.5=0b11111111;
B.231.      delay_ms(500);
B.232.      }
B.233.      else if (b<11.8){
B.234.      PORTC.5=0b11111111;
B.235.      delay_ms(500);
B.236.      }
B.237.      else {
B.238.      PORTC.5=0b00000000;
B.239.      delay_ms(500);
B.240.      }
B.241.
B.242.      P =(float)V_total*I_total;
B.243.
B.244.      lcd_gotoxy(0,0);
B.245.      lcd_putsf("I=");
B.246.      lcd_gotoxy(0,0);
B.247.      ftoa(a,2,disp_idc);
B.248.      lcd_gotoxy(2,0);
B.249.      lcd_puts(disp_idc);
B.250.      lcd_gotoxy(6,0);
B.251.      lcd_puts("A");
B.252.
B.253.      lcd_gotoxy(0,1);
B.254.      lcd_putsf("V= ");
B.255.      ftoa(b,2,disp_vdc);
B.256.      lcd_gotoxy(3,1);

```



```

B.257.         lcd_puts(disp_vdc);
B.258.         lcd_gotoxy(7,1);
B.259.         lcd_putsf("V");
B.260.
B.261.         lcd_gotoxy(8,0);
B.262.         lcd_putsf("P= ");
B.263.         ftoa(P,2,disp_Pdc);
B.264.         lcd_gotoxy(10,0);
B.265.         lcd_puts(disp_Pdc);
B.266.         lcd_gotoxy(15,0);
B.267.         lcd_putsf("W");
B.268.
B.269.         printf("%.2f|",a);
B.270.         //printf("|");
B.271.         printf("%.2f|",b);
B.272.         //printf("|");
B.273.         printf("%.2f\n",P);
B.274.
B.275.         delay_ms(1000);
B.276.         }

```

B. Listing Program *Mocrosoft Visual Studio 2008*

```

Imports System.Data
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel
Imports System.Data.OleDb
Imports MySql.Data
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class Form1
Private simpan As Boolean = True
Dim aryTextFile() As String
Private myportlist As String()
Delegate Sub SetTextCallBack(ByVal [text] As String)
Dim sqlConn As New MySqlConnection

```

```

Dim sqlComm As MySqlCommand
Private baudList As String() = {"300", "600", "1200",
"2400", "9600"}
Private WithEvents myserial As New IO.Ports.SerialPort
Private timeSamplingList As String() = {0, 2, 5}
'timesampling
Private timeSampling As Integer
'timesampling
Private ss, mm, sst, mmt As Integer
Dim pemisah As String()

Private selectSemua() As Boolean = {False, False,
False}      'timesampling
Private bukabuka As Boolean
'timesampling
Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles MyBase.Load
ComboBox3.Items.AddRange(timeSamplingList)
'sampling

timeSampling = 0
'sampling
ComboBox3.SelectedIndex = 0
'sampling
sqlComm = New MySqlCommand
sqlConn.ConnectionString = "server =
127.0.0.1;database=hana;uid=root;pwd="
Try
sqlConn.Open()
Catch ex As Exception
MsgBox(ex.Message)
End Try
findPort()
If (Not (myportlist Is Nothing)) Then
ComboBox1.Items.AddRange(myportlist)
ComboBox1.SelectedIndex = myportlist.Count - 1
End If
ComboBox2.Items.AddRange(baudList)
Me.Text = "Serial Reader"
Button1.Text = "connect"

```

```

Timer1.Enabled = True
simpan = False
End Sub
Sub findPort()
Dim i As Integer = 0
For Each myport As String In
My.Computer.Ports.SerialPortNames
ReDim Preserve myportlist(i)
myportlist(i) = myport
i += 1
Next
End Sub
Private Sub ComboBox1_click(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 Button1_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button1.Click
If (Not (myserial.IsOpen)) Then
myserial.PortName = ComboBox1.Text
myserial.BaudRate = CInt(ComboBox2.Text)
Try
myserial.Open()
Catch ex As Exception
MsgBox(ex.Message)
End Try
If (myserial.IsOpen) Then
Try
sqlConn.Open()
Catch ex As Exception
simpan = False
End Try
MsgBox("Opened")
timeSampling = CInt(ComboBox3.Text)
'sampling
Button1.Text = "Disconnect"

```

```

sst = (Now.ToString("ss"))           'sampling
mmt = (Now.ToString("mm") + timeSampling) Mod 10
'sampling
End If
ElseIf myserial.IsOpen Then
myserial.Close()
If Not myserial.IsOpen Then
sqlConn.Close()
simpan = False
Button1.Text = "Connect"
MsgBox("closed")
End If
End If
End Sub
Sub myserial_data() Handles myserial.DataReceived
Dim baca As String = myserial.ReadLine
Me.Invoke(New Process(AddressOf olahData), baca)
End Sub
Delegate Sub process(ByVal [data] As String)
Sub olahData(ByVal [BACA] As String)
mm = CInt(Now.ToString("mm")) Mod 10
'sampling
ss = CInt(Now.ToString("ss"))
'sampling
If mm = mmt And ss >= sst Then
'Sampling
'simpan(BACA)
'sampling
sst = (Now.ToString("ss"))           'sampling
mmt = (Now.ToString("mm") + timeSampling) Mod 10
'sampling
simpan = True
End If

If simpan Then
pemisah = BACA.Split("|")
Try
Label1.Text = pemisah(0)
Label2.Text = pemisah(1)
Label3.Text = pemisah(2)

```

```

RichTextBox1.AppendText(BACA)
RichTextBox1.ScrollToCaret()
Chart1.Series("Arus").Points.AddXY(Now.ToString("hh:mm:ss dd-MM-yyyy"), Val(pemisah(0)))
Chart2.Series("Tegangan").Points.AddXY(Now.ToString("hh:mm:ss dd-MM-yyyy"), Val(pemisah(1)))
Catch ex As Exception

```

```

End Try
sqlComm = New MySqlCommand
Try
With sqlComm
.Connection = sqlConn
.CommandText = "INSERT INTO `hana`.`coba ta` (`No`, `arus`, `tegangan`, `daya`, `tanggal`, `waktu`)
VALUES('1', '" + Label1.Text + "', '" + Label2.Text + "', '" + Label3.Text + "', '" +
Now.ToString("MM/dd/yyyy") + "', '" +
Now.ToString("hh:mm:ss") + "')";"
.ExecuteNonQuery()
End With
Catch ex As Exception
MsgBox(ex.Message)

```

```

End Try
simpan = False
End If
End Sub

```

```

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick
Label4.Text = Format(Now, "hh:mm:ss tt")
Label5.Text = Format(Now, "dd-MM-yyyy")
End Sub

```

```

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button2.Click
If Not timeSampling = CInt(ComboBox3.Text) Then
simpan = False
RichTextBox1.Clear()

```

```
Chart1.Series(0).Points.Clear()
Chart2.Series(0).Points.Clear()

timeSampling = CInt(ComboBox3.Text)
'sampling
sst = (Now.ToString("ss"))           'sampling
mmt = (Now.ToString("mm") + timeSampling) Mod 10
'sampling
End If
End Sub

Private Sub ComboBox1_SelectedIndexChanged(sender As
Object, e As EventArgs) Handles
ComboBox1.SelectedIndexChanged
cekk(0)
End Sub

Private Sub ComboBox2_SelectedIndexChanged(sender As
Object, e As EventArgs) Handles
ComboBox2.SelectedIndexChanged
cekk(1)
End Sub

Private Sub ComboBox3_SelectedIndexChanged(sender As
Object, e As EventArgs) Handles
ComboBox3.SelectedIndexChanged
cekk(2)
End Sub
Sub cekK(ByVal iiii As Integer)
selectSemua(iiii) = True
bukabuka = True
For iii As Integer = 0 To 2
If (Not selectSemua(iii)) Then
bukabuka = False
End If
Next
Button2.Enabled = bukabuka
Button1.Enabled = bukabuka

End Sub
```

End Class

LAMPIRAN C

(Datasheet)

- **Datasheet ACS 712-5A**



ACS712

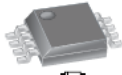
*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ 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 Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed 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

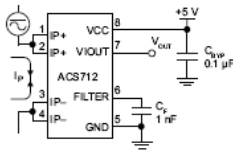
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power 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 ($\approx V_{IOUT(Q)}$) 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 Ω 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 kVRMS 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	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _p (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 _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{REOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _p	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WFRS}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V _{pk}

* 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

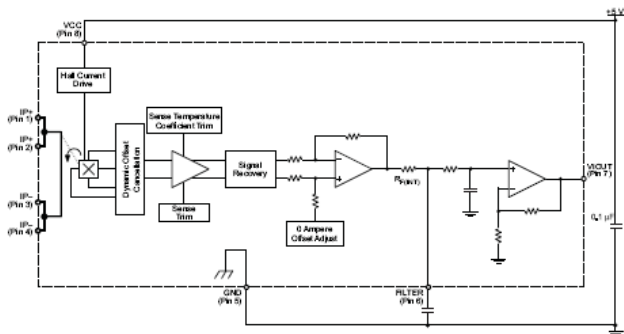


Allegro Microsystems, LLC
115 Wolfenbush Court
Worcester, Massachusetts 01815-0398 U.S.A.
1.508.853.5000, www.allegromicro.com

ACS712

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

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	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal



Allegro MicroSystems, LLC
115 Hawthorn Court
Worcester, Massachusetts 01615-0398 U.S.A.
1.508.853.5000, www.allegromicro.com

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ 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
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
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}	V _{IOUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	4.7	–	–	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	mΩ
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3.5	–	μs
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, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$\frac{V_{CC} \times 0.5}{0.5}$	–	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	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{E(INT)}$			1.7		kΩ

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

²1G = 0.1 mT.

³ $R_{E(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

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

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² 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.



ACS712

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

x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, 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°C	-	-0.26	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.054	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.008	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 5\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device 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.

²Percentage of I_P with $I_P = 5\text{ A}$. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, 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 , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	95	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°C	-	-0.34	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.07	-	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.017	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.004	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device 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.

²Percentage of I_P with $I_P = 20\text{ A}$. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, 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°C	-	-0.35	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.007	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.002	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device 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.

²Percentage of I_P with $I_P = 30\text{ A}$. Output filtered.

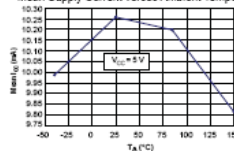


Allegro MicroSystems, LLC
115 Northwest Corner
Worcester, Massachusetts 01915-0399 U.S.A.
1.508.853.5000, www.allegromicro.com

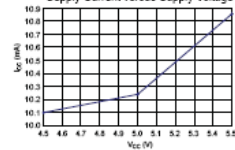
Characteristic Performance

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

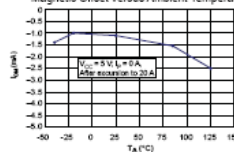
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



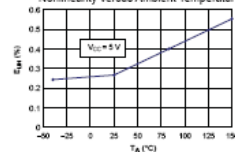
Supply Current versus Supply Voltage



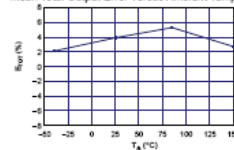
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



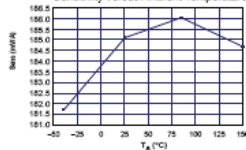
Nonlinearity versus Ambient Temperature



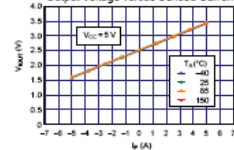
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



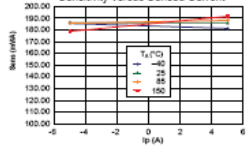
Sensitivity versus Ambient Temperature



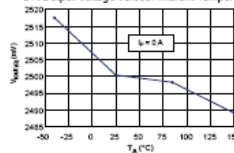
Output Voltage versus Sensed Current



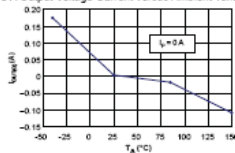
Sensitivity versus Sensed Current



0 A Output Voltage versus Ambient Temperature



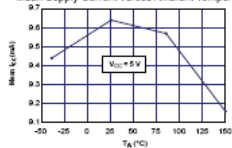
0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature



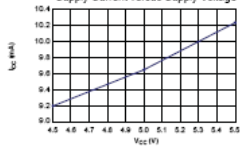
Characteristic Performance

 $I_p = 20$ A, unless otherwise specified

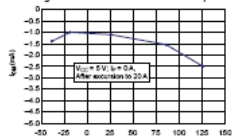
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



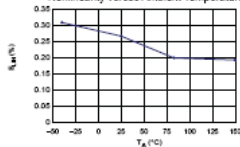
Supply Current versus Supply Voltage



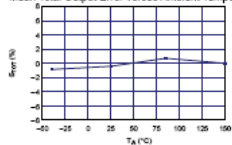
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



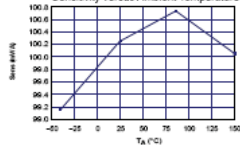
Nonlinearity versus Ambient Temperature



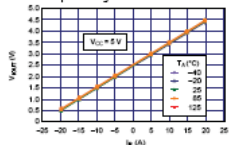
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



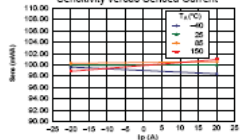
Sensitivity versus Ambient Temperature



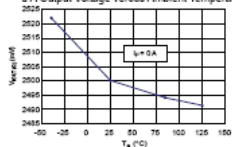
Output Voltage versus Sensed Current



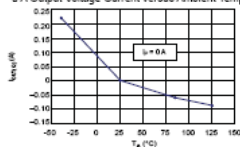
Sensitivity versus Sensed Current



D A Output Voltage versus Ambient Temperature



D A Output Voltage Current versus Ambient Temperature



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian sistem monitoring arus dan tegangan pada *solar cell miniplant* dapat disimpulkan, yaitu :

- a. Pada sistem monitoring arus memiliki sensitivitas hingga 1,308 V/V dengan prosentase akurasi mencapai 73%, sedangkan untuk sistem monitoring tegangan memiliki sensitivitas 1 V/A dengan prosentase akurasi mencapai 98,7%.
- b. Sistem monitoring arus dan tegangan dari *solar cell* yang telah dikembangkan memiliki nilai ketidakpastian pengukuran sebesar $\pm 0,068$ dan untuk arus memiliki nilai ketidakpastian pengukuran sebesar $\pm 4,5$ dengan tingkat kepercayaan 95%.
- c. Berdasarkan hasil pengujian, keluaran arus dari inverter menuju beban bergantung pada variable beban yang digunakan. Semakin banyak beban yang dikeluarkan, maka semakin besar pula arus yang mengalir ke beban dan eror pengukuran semakin besar.

“Halaman ini memang dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subdirektorat Demografi, 2012. Proyeksi Penduduk Indonesia 2010 – 2035. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [2] Joko, Santoso. 2012. Kajian Indonesia Energi Outlook. Jakarta: KESDM.
- [3] Santoso. 2013. Rancang Bangun Sistem Monitoring Beban Dan Indikator Gangguan Pada Rumah Mandiri Berbasis Mikrokontroler
- [4] Anonim. “*Konsep dan Pengertian Arus dan Tegangan pada Rangkaian Listrik*”. [online] tersedia: www.elangsakti.com. [diakses pada tanggal 6 Desember 2015]



BIODATA PENULIS

Nama lengkap penulis adalah Made Irma Nirmalasari yang dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 15 Juli 1995 dari ayah bernama Made Sukanawa dan ibu bernama Widya Anestani. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Saat ini penulis tinggal di kelurahan Dauh Puri Klod kota Denpasar, Bali. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDK ANUGERAH. Pada tahun 2010 penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMPK 1 Harapan Denpasar. Pada tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Denpasar. Pada tahun 2016, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN PADA BEBAN DI PLTS MINI PLANT BERBASIS ATMEGA 8535”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui madeirmanirmalasari@gmail.com.