



TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN AKUISISI DATA PADA PANEL SURYA

INDRA MAYA SANTI
NRP. 2413 031 071

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

Program Studi Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN OF TEMPERATURE MONITORING
SYSTEM AND DATA ACQUISITION OF
PHOTOVOLTAIC***

INDRA MAYA SANTI
NRP. 2413 031 071

Supervisor
Dr. Ridho Hantoro, ST,MT

Metrology and Instrumentation
Department of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN AKUISISI DATA PADA PANEL SURYA

TUGAS AKHIR

Oleh:

INDRA MAYA SANTI
NRP: 2413 031 071

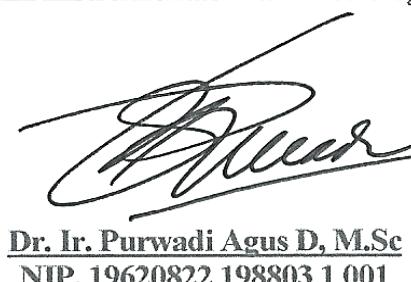
Surabaya, 29 Juli 2016
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing ,



Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T
NIP: 19761223 200501 1 001

Ketua Program Studi
DIII Instrumentasi Dan Metrologi



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

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU DAN AKUISISI DATA PADA PANEL SURYA

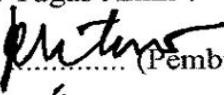
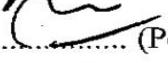
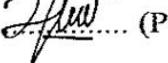
TUGAS AKHIR

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

Oleh :

INDRA MAYA SANTI
NRP. 2413 031 071

Disetujui oleh Tim Pengaji Tugas Akhir :

1. Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T  (Pembimbing)
2. Ir. Roekmono, M.T  (Ketua Pengaji)
3. Ir. Harsono Hadi, M.Sc, Ph.D  (Pengaji I)
4. Agus M. Hatta, S.T, Msi. Ph.D  (Pengaji II)
5. Arief Abdurrahman, S.T, M.T  (Pengaji III)
6. Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T  (Pengaji IV)

SURABAYA
JULI 2016

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN AKUISISI DATA SUHU PADA PANEL SURYA

Nama : Indra Maya Santi
NRP : 2413031071
**Jurusan : D3 Metrologi dan Intrumentasi
Teknik Fisika, FTI - ITS**
Pembimbing I : Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T

Abstrak—

Teknologi photovoltaic menjadi salah satu alternatif energi terbarukan yang cocok digunakan dengan kondisi Indonesia saat ini. Pembuatan photovoltaic membutuhkan sinar matahari sebagai sumber utama pencahayaan, namun sumber pencahayaan ini dirasa kurang efektif dibandingkan dengan penggunaan sumber pencahayaan buatan. hal ini disebabkan karena matahari tidak dapat memberikan intensitas cahaya matahari yang tetap. Karakteristik sel surya lebih akurat mendekati model jika menggunakan lampu sebagai pengganti sinar matahari dibanding dengan iradiasi langsung ke matahari dikarenakan menghindari panas yang berlebihan akibat iradiasi secara kontinu. Oleh karena itu dibutuhkan suatu perancangan alat untuk mengetahui nilai suhu. Pada penelitian kali ini telah dibuat sebuah rancang bangun sistem monitoring suhu panel dan suhu lingkungan menggunakan lampu halogen dengan sensor LM35 diintegrasikan pada visual basic 2013 dan akuisisi data pada microsoft excel. Alat ukur hasil rancang bangun ini memiliki ketidakpastian sebesar masing-masing $\pm 1,13^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 1,39^{\circ}\text{C}$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Selain itu berdasarkan hasil perhitungan pengujian alat di dapat error masing-masing sebesar 0,031% dan 0,54%. Dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring suhu menggunakan sensor LM35 terancang dengan baik.

Kata Kunci— Panel surya, Temperature, Monitoring

DESIGN OF TEMPERATURE MONITORING SYSTEM AND DATA ACQUISITION OF PHOTOVOLTAIC

Name : Indra Maya Santi
NRP : 2413031071
*Department : Metrologi and Instrumentation,
Engineering Physics, FTI,ITS*
Supervisor : Dr. Ridho Hantoro, S.T, M.T

Abstract—

Photovoltaic technology is the one of renewable energy which appropriates for Indonesia's current condition. Photovoltaic needs sunlights as light source, but it's not effective enough compares to the synthetic lights. It happened because sun can not supply the light intensity constantly. The characteristic of photovoltaic will be more accurating, if it uses lamp as lights source comopared to the direct irradiation to the sun in order to avoid overload heat due to irradiation continuly. Therefore it needs a device design to determine the temperature in the Pholtovoltaic. This research has been conducted a design of temperature monitoring system and data acquisition in photovoltaic using lights of halogens's lamp with LM35 sensor and integrating with the visual studio 2013 software and the data acquisition using Microsoft Excel. The measurement system result has the uncertainty $\pm 1.13^{\circ}\text{C}$ for photovoltaic's temperature and $\pm 1.39^{\circ}\text{C}$ for environment's temperature with confidence level of 95%. Based on the calculation temperature, it has the error value of 0,03% and 0,54%. It can be concluded that the photovoltaic's temperature monitoring system using LM 35 sensor works properly

Key Word —

Photovoltaic, Temperature, Monitoring

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
Abstract.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Laporan.....	2
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Suhu	5
2.2 Photovoltaic	5
2.3 Sensor Suhu LM35.....	8
2.4 Lampu Halogen.....	9
2.5 Kalibrasi	10
2.5.1 Struktur Sistem Pengukuran	11
2.6 Karakteristik Pengukuran.....	12
2.6.1 Karakteristik Statik	12
2.7 Analisa Ketidakpastian.....	13
BAB III.....	17
METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Persiapan Peralatan	18
3.3 Keterangan Flowchart	18
3.3.1 Studi Literatur	18

3.3.2	Uji Lampu dan karaterisasi lampu	18
3.3.3	Desain dan integrasi hardware dan software ..	20
3.3.4	Uji Alat Dan Kalibrasi	21
3.3.5	Pengambilan Data dan Analisa Data.....	23
BAB IV	.....	25
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	.....	25
4.1	Analisa Data.....	25
4.1.1	Hasil Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu	25
4.1.2	Karakterisasi Lampu Halogen.....	26
4.1.2	Pengujian Alat	28
4.1.3	Spesifikasi Alat Ukur.....	32
4.1.4	Data Kalibrasi Alat Ukur Suhu	37
4.1.5	Monitoring Suhu Panel Surya dan Suhu Lingkungan Area Plan.	44
4.2	Pembahasan.....	46
BAB V	.....	49
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	.....	1

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Keluaran Voltase LM35	28
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Alat Ukur Suhu Panel	30
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Alat Ukur Suhu Ruangan	31
Tabel 4. 4 Pengujian Karakteristik Alat Ukur Suhu Panel...	33
Tabel 4. 5 Karakteristik Alat Ukur Suhu Panel.....	33
Tabel 4. 6 Pengujian Karakteristik Alat Ukur Suhu Ruangan	35
Tabel 4. 7 Data Pengujian Karakteristik Statis.....	36
Tabel 4. 8 Data Kalibrasi Alat Ukur Suhu Panel.....	37
Tabel 4. 9 Data Kalibrasi Alat Ukur T- Lingkungan.....	41
Tabel 4. 10 Data Monitoring Suhu	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Photovoltaic	5
Gambar 2. 2 Komponen Pada Panel Surya	6
Gambar 2. 3 Sensor LM35	8
Gambar 2. 4 Lampu Halogen	10
Gambar 2. 5 Digram Blok Pengukuran	11
Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir	17
Gambar 3. 2 Optic Power Meter.....	18
Gambar 3. 3 Tampilan Software OPM.....	19
Gambar 3. 4 Pyranometer.....	19
Gambar 3. 5 LM35	20
Gambar 3. 6 Software Arduino Uno.....	21
Gambar 3. 7 Termometer Digital APPA 51	22
Gambar 4. 1 Rancang Bangun Monitoring Suhu	25
Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran Keluaran Lampu Halogen	27
Gambar 4. 3 Grafik Pengujian Irradiasi	27
Gambar 4. 4 Grafik Voltase Terhadap Suhu	29
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian Alat Terhadap Alat Standar	30
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Alat Terhadap Standar.....	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dengan intensitas matahari yang sangat besar dan mempunyai potensi energi tenaga surya yang tinggi. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar $4,5 \text{ kWh/m}^2$ tiap hari dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar $5,1 \text{ kWh/m}^2$ tiap hari, dengan demikian potensi matahari rata – rata Indonesia yaitu sebesar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ tiap hari. Dengan berlimpahnya energi surya tersebut maka pengembangan listrik tenaga surya yang berbasis kepada efek fotovoltaik dari piranti sel surya sebagai salah satu sumber tenaga listrik yang bebas polusi dan alami menjadi suatu pilihan yang tepat untuk diterapkan di Indonesia^[1].

Teknologi *photovoltaic* menjadi salah satu alternatif energi terbarukan yang cocok digunakan dengan kondisi Indonesia saat ini. Pembuatan *photovoltaic* membutuhkan sinar matahari sebagai sumber utama pencahayaan, namun sumber pencahayaan ini dirasa kurang efektif dibandingkan dengan penggunaan sumber pencahayaan buatan. hal ini disebabkan karena matahari tidak dapat memberikan intensitas cahaya matahari yang tetap^[2]. Kondisi ini dapat disimulasikan dengan membuat sebuah rancang bangun menggunakan pencahayaan buatan dari lampu . Keuntungan penggunaan lampu sebagai pengganti sinar matahari yaitu untuk bisa memodelkan intensitas radiasi matahari kepada sel surya tanpa dipengaruhi cuaca dan temperatur sekitar. Selain itu karakteristik sel surya lebih akurat mendekati model jika menggunakan lampu sebagai pengganti sinar matahari dibanding dengan iradiasi langsung ke matahari dikarenakan menghindari panas yang berlebihan akibat iradiasi secara kontinu^[3]. Oleh karena itu , pada tugas akhir ini akan dibuat

sebuah rancang bangun sistem monitoring suhu pada panel surya dan suhu lingkungan dengan sumber cahaya lampu halogen menggunakan sensor LM35 serta melakukan karakterisasi lampu halogen.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merancang sebuah rancang bangun monitoring dan akuisisi data suhu menggunakan LM35 serta bagaimana melakukan karakterisasi lampu halogen yang digunakan sebagai pengganti sinar matahari.

1.3 Batasan Masalah

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

- a. Alat yang dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi untuk mengukur suhu.
- b. Sensor yang digunakan adalah sensor LM35.
- c. Lampu yang digunakan adalah lampu halogen dengan jumlah maksimal 10 buah lampu.
- d. Karakterisasi lampu halogen meliputi panjang gelombang yang sesuai untuk panel surya dan keluaran intensitas radiasi.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merancang dan membangun alat ukur suhu yang telah terkalibrasi sesuai alat ukur standar serta merancang sistem monitoring dan akuisisi data suhu, serta didapat karakter dari lampu halogen.

1.5 Sistematika Laporan

Adapun laporan ini disusun secara sistematis seperti berikut :

- Bab I

Bab I pendahuluan membahas mengenai latar belakang tugas akhir ini dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, dan juga tujuan dari penggerjaan tugas akhir ini.

- Bab II

Bab II Dasar Teori membahas mengenai teori penunjang yang berhubungan dengan judul tugas akhir yang dibuat .

- Bab III

Bab III metodologi penelitian membahas mengenai proses penggerjaan tugas akhir dan digambarkan dalam diagram flowchart yang berisi mengenai langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian. Langkah-langkah penggerjaan *software* dan *hardware* alat ukur. Mulai dari desain, pembuatan, kalibrasi, integrasi alat, pengambilan dan pengolahan data.

- Bab IV

Bab IV analisis data dan pembahasan membahas mengenai pengujian dan analisa yang berisi mengenai proses pengolahan dan analisa data dari alat yang telah dibuat.

- Bab V

Bab V yaitu penutup berisi kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan data yang telah diperoleh, serta saran sebagai pengembangan selanjutnya.

Halaman Ini Sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suhu

Suhu adalah besaran fisika yang menyatakan nilai panas suatu zat. Suhu juga merupakan ukuran energi kinetik rata-rata yang dimiliki oleh molekul-molekul zat yang bergerak. Dimana semakin tinggi energi kinetik atom-atom penyusun benda tersebut maka semakin tinggi pula suhunya.

2.2 Photovoltaic

Photovoltaic adalah salah satu energi terbarukan yang dapat mengkonversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Listrik yang dihasilkan dapat disimpan atau langsung digunakan, serta penggunaan oleh perusahaan listrik atau dikombinasikan dengan generator sumber energi terbarukan yang lain.^[4]

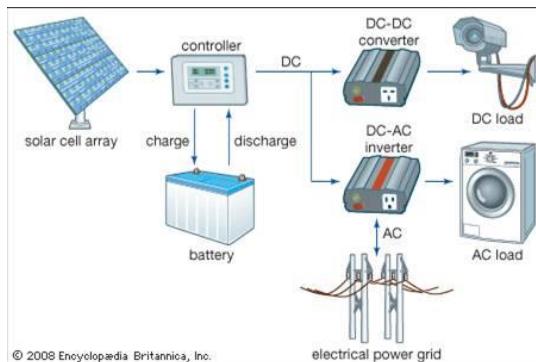


Gambar 2. 1 Photovoltaic

Photovoltaic merupakan energi terbarukan yang memiliki nilai reliability yang tinggi, dan bersih, dapat diaplikasikan dalam skala kecil (rumah tangga) hingga skala besar (industri).

Jenis-jenis *photovoltaic* antara lain:

1. *Single crystalline* yaitu kristal yang mempunyai satu jenis macamnya, tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi.
2. *Polycrystalline cell* merupakan kristal yang banyak macamnya, terbuat dari kristal silikon dengan efisiensi 10-12 persen.
3. *Amorphous Silikon Cell Amorphous* berarti tidak memakai kristal struktur atau non kristal, bahan yang digunakan berupa proses film yang tipis dengan efisiensi sekitar 4-6 persen.^[5]



Gambar 2. 2 Komponen Pada Panel Surya

Photovoltaic sendiri memiliki beberapa komponen yang harus disesuaikan dengan spesifikasi jenis panel surya yang digunakan, lokasi penggunaan, dan pengaplikasianya. Komponen utama yang digunakan pada sistem panel surya seperti **Gambar 2. 2** adalah sebagai berikut :

1. Modul *Photovoltaic* yang digunakan untuk mengkonversi sinar matahari menjadi tegangan DC.
2. Kontroler yang digunakan untuk mengatur tegangan dan arus yang dihasilkan dari modul PV menuju baterai mencegah pengisian yang berlebihan dan memperpanjang masa pakai baterai.

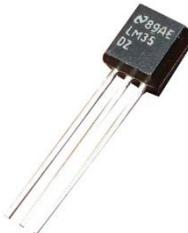
3. Inverter yang digunakan untuk mengkonversi output dari panel yang berupa tegangan DC menjadi AC.
4. Baterai yang digunakan untuk menyimpan energi dan menyalirkannya ketika ada permintaan.
5. Load adalah peralatan listrik yang terhubung ke sistem PV surya seperti lampu , radio , tv , komputer , dll.
6. Sumber energi tambahan meliputi generator diesel atau sumber energi terbarukan lainnya.

Photovoltaic merupakan suatu perangkat semi konduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah energi. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah Kristal silicon.

Prinsip kerja adalah ketika energi foton pada cahaya matahari mengenai bahan semikonduktor pada panel yang memiliki prinsip seperti dioda sebagai p-n junction. Pada semikonduktor *p-n junction* terdapat semikonduktor jenis p yang membentuk *hole* (pembawa muatan positif) dimana jumlahnya lebih banyak dibanding jumlah elektron, sebaliknya dengan jenis n yang memiliki jumlah elektron lebih banyak. Ketika bagian P pada *p-n junction* dihubungkan dengan kutub positif dan N pada kutub negatif , maka arus dapat mengalir melewati *p-n junction*, kondisi ini disebut *forward bias*. Sedangkan jika N pada *p-n junction* dihubungkan dengan kutub positif dan P dengan negatif menyebabkan arus tidak dapat mengalir , kondisi ini disebut *reverse bias*. Penyerapan energi cahaya pada kondisi *reverse bias* menghasilkan arus listrik pada p-n junction yang disebut efek *photovoltaic*.^[6]

2.3 Sensor Suhu LM35

LM35 adalah sensor suhu yang mampu mengubah nilai besaran voltase menjadi besaran suhu. LM35 merupakan IC (*Integrated Circuit*) dimana LM35 memiliki 3 buah pin kaki, pin 1. untuk input tegangan positif (+), pin 2 output, dan pin 3 input tegangan negatif/ Ground (-).



Gambar 2. 3 Sensor LM35

Sensor ini mempunyai range pengukuran dari -55°C sampai dengan 150°C. Kelebihan dari LM 35 adalah harganya yang terjangkau, kemampuan menyimpan memori, kemampuan pengolahan dan komunikasi dari node sensor lain. Selain itu sensor LM35 memiliki nilai presisi yang tinggi dan terintegrasi dengan baik pada rangkaian, dimana nilai suhu yang tercatat linier dengan nilai tegangan yang diterima. LM35 sendiri tidak memerlukan kalibrasi yang periodik. Output impedansi dari LM35 termasuk rendah sehingga nilai output cenderung bernilai linier. Karena LM35 membutuhkan arus 60 μ A sensor ini mengalami pemanasan sirkuit yang rendah (kurang dari 0,10 suhu udara). Berdasarkan data sheet LM35 berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35 :

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mV/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5° C pada suhu 25 °C.
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.

4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari $60 \mu\text{A}$.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari $0,1^\circ\text{C}$ pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu $0,1 \text{ W}$ untuk beban 1 mA .
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}^\circ\text{C}$.

Prinsip kerja sensor LM35 adalah mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dengan kata lain panas yang ditangkap oleh LM35 sebagai sensor suhu akan diubah menjadi tegangan. Sedangkan proses berubahnya panas menjadi tegangan dikarenakan di dalam LM35 ini terdapat termistor berjenis PTC (*Positive Temperature Coefisient*), yang mana termistor inilah yang menangkap adanya perubahan panas. Prinsip kerja dari PTC ini adalah nilai resistansinya akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperature suhu. Resistansi yang semakin besar tersebut akan menyebabkan tegangan output yang dihasilkan semakin besar.

2.4 Lampu Halogen

Lampu halogen pada hakikatnya adalah sebuah variasi atas lampu pijar standar, bukan lampu pendar. Sebuah lampu pijar berisi sebuah filamen tungsten yang dilindungi oleh sebuah bola kaca yang juga diisi gas. Ketika arus listrik dinaikkan, filamen mengalami pemanasan sangat tinggi sampai berpijar dan memancarkan cahaya putih. Dalam bola lampu pijar biasa, gas di dalamnya adalah gas lembab (tidak reaktif) seperti argon atau kripton dengan tambahan sedikit nitrogen.



Gambar 2. 4 Lampu Halogen

Tugas halogen dalam bola lampu pijar adalah menurunkan laju penguapan tungsten dengan cara yang sangat menarik. Mula-mula uap Iodium bereaksi dengan atom-atom tungsten yang menguap sebelum mereka sempat mengembun di bawah permukaan kaca kemasian mengubah mereka menjadi tungsten iodida, senyawa kimia berwujud gas. Molekul-molekul tungsten iodida selanjutnya melayang-layang dalam bola lampu sampai bertemu dengan filamen yang sedang berpijar.^[6]

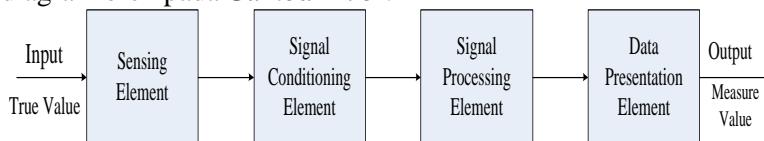
2.5 Kalibrasi

Kalibrasi adalah kegiatan yang dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran alat ukur uji dengan hasil pengukuran alat ukur standar untuk tujuan alat ukur yang diuji memiliki kemampuan baca yang sesuai. Menurut *ISO/IEC Guide 17025:2005* dan *Vocabulary of International Metrology (VIM)*. Kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan

untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampotelusur (*traceable*) ke standar nasional untuk satuan ukuran dan/atau internasional.

2.5.1 Struktur Sistem Pengukuran

Berikut ini merupakan struktur penyusunan sistem pengukuran secara umum yang digambarkan pada sebuah diagram blok pada **Gambar 2. 5** :



Gambar 2. 5 Digram Blok Pengukuran

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

- Input adalah besaran yang diukur sesuai dengan nilai sebenarnya.
- *Sensing element / elemen penyensor* adalah suatu elemen yang berhubungan langsung dengan proses dan memberikan output sesuai variabel besaran yang terukur.
- *Signal conditioning element / elemen pengondisionan sinyal* adalah elemen yang mendapatkan input dari output pengondisionan sinyal yang kemudian dikonversi ke bentuk yang sesuai dengan sinyal elemen penampil agar data diproses ke data selanjutnya.
- *Data presentation element / elemen penampil data* adalah suatu elemen sebagai penampil hasil nilai pengukuran yang dapat dilihat atau dikenali oleh pengamat.

2.6 Karakteristik Pengukuran

Karakteristik pada elemen sistem pengukuran digolongkan menjadi dua, yaitu: karakteristik statik dan karakteristik dinamik. Karakteristik statik merupakan hubungan antara *output* [O] dan *input* [I] ketika *input* bernilai konstan maupun berubah. Karakteristik statik tidak bergantung pada waktu.

2.6.1 Karakteristik Statik

Karakteristik statik adalah Karakteristik statik pengukuran merupakan karakteristik yang ditentukan melalui perhitungan matematik atau secara grafik. Karakteristik statik merupakan karakter yang menggambarkan parameter dari sebuah instrument pada saat keadaan steady.^[6] Karakteristik statik terdiri dari:

- a. *Range* merupakan selisih antara nilai minimum dan maksimum yang terukur oleh suatu instrument atau alat ukur.
- b. *Span* merupakan nilai variasi maksimum input maupun output. Nilai tersebut didapat dengan mengurangi nilai maksimum dengan nilai nilai minimu.
- c. Sensitivitas menunjukkan perubahan output instrument yang terjadi saat diberi kualitas pengukuran yang berbeda. Sensitivitas diperoleh dari $\Delta O / \Delta I$, dimana O adalah *output* dan I adalah *input*.
- d. Akurasi ukuran seberapa dekat suatu hasil pengukuran dengan nilai yang benar atau diterima dari kuantitas besaran yang diukur. Sedangkan presisi adalah ukuran dari seberapa dekat serangkaian pengukuran satu sama lain
- e. Linieritas berhubungan dengan besarnya nilai *input* dan *output*. Pengukuran yang ideal adalah jika hubungan antara *input* pengukuran (nilai sesungguhnya) dengan *output* pengukuran (nilai yang

ditunjukkan alat ukur) adalah berbanding lurus, dan dinyatakan dalam persamaan garis sebagai berikut:

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad \text{Persamaan 1}$$

dengan K adalah kemiringan garis = $\frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}$
 a adalah pembuat nol (*zero bias*) = $O_{\text{min}} - KI_{\text{min}}$

- f. Histerisis menunjukkan perbedaan nilai *output* pembacaan saat menggunakan nilai *input* naik (dari rendah ke tinggi), dengan nilai *output* pembacaan saat menggunakan nilai *input* turun (dari tinggi ke rendah).

2.7 Analisa Ketidakpastian

Ketidakpastian pengukuran merupakan tingkat seberapa besar ketidakpastian yang dihasilkan oleh suatu alat ukur. Dalam menghitung ketidakpastian pengukuran ada beberapa langkah yang harus dihitung, antara lain:

- a. Koreksi

Koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

Koreksi = Pembacaan standard-Pembacaan alat

- b. Standar Deviasi

Standar deviasi diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Xi - Xi')^2}{n - 1}}$$

dimana :

Xi = koreksi alat ukur

Xi' = rata-rata koreksi

n = Banyak range pengukuran

c. Analisa Type A

Tipe A merupakan 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 sebanyak n-kali, dimana dari pengukuran tersebut akan mendapatkan nilai rata-rata, standar deviasi, dan data keterulangan. Dimana rumus umum ketidakpastian tipe A sebagai berikut :

$$Ua1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

dimana ;

σ = Standart deviasi koreksi

n = Jumlah data

$$Ua2 = \sqrt{\frac{SSR}{n - 2}}$$

dimana :

d. Analisa Type B

Analisa tipe B ini diperoleh berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat ukur. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Ub1 = \frac{resolusi / 2}{\sqrt{3}}$$

$$Ub2 = \frac{a}{k}$$

dimana :

UB1 = Nilai ketidakpastian resolusi

UB2 = Nilai ketidakpastian dari alat standar/kalibrator

e. Ketidakpastian Kombinasi

Uc merupakan Ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B.

Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2}$$

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

f. Derajat Kebebasan effektif

Derajat kebebasan efektif ini berfungsi sebagai pemilihan faktor pengali untuk distribusi *Student's T* serta sebagai penunjuk perkiraan kehandalan ketidakpastian (*ISO GUM B2.15; VIM 3.5 dalam KAN DP.01.23*). Derajat kebebasan disimbolkan dengan v, dengan rumus sebagai berikut:

g. Ketidakpastian Diperluas

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui U_{expand} . Persamaan U_{expand} adalah:

$$U_{\text{exp}} = k \cdot U_c$$

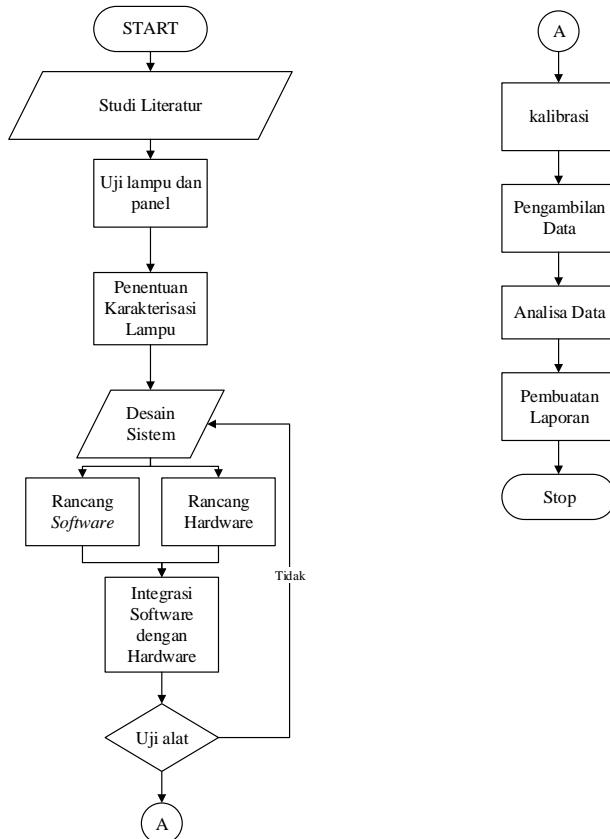
Halaman Ini Sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan beberapa tahapan-tahapan yang digambarkan dalam diagram flowchart. Berikut adalah diagram *flowchart* perancangan dan pembuatan alat :



Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Persiapan Peralatan

Berikut merupakan peralatan yang dibutuhkan untuk perancangan sistem monitoring temperatur pada panel surya:

- a. Peralatan sensor temperatur :
 - LM35 (Sensor Temperatur)
 - Kabel Jumper
- b. Peraltan sebagai kontroller :
 - Arduino UNO
 - *PCB Dot Matrix*
- c. Peralatan penampil :
 - LCD 2 x 16

3.3 Keterangan Flowchart

3.3.1 Studi Literatur

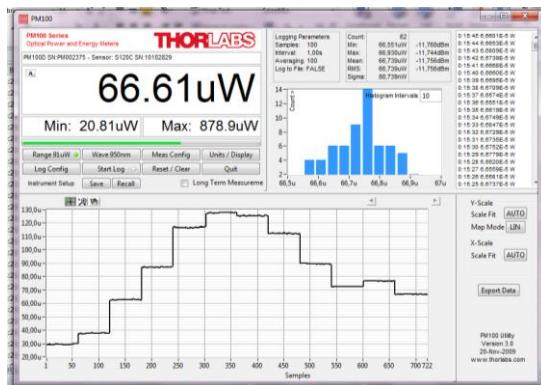
Pada bagian studi literatur, dilakukan pengkajian mengenai materi-materi yang berhubungan dengan judul tugas akhir yang dibuat. Materi yang didapat berasal dari jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Selain itu juga berasal dari buku-buku yang membahas mengenai materi mengenai *photovoltaic*.

3.3.2 Uji Lampu dan karaterisasi lampu

Uji lampu dilakukan dengan menguji panjang gelombang lampu halogen menggunakan OPM (*Optic Power Meter*), OPM adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya yang dihasilkan cahaya pada panjang gelombang tertentu.



Gambar 3. 2 *Optic Power Meter*



Gambar 3. 3 Tampilan Software OPM

Selain panjang gelombang, dilakukan pengukuran irradiasi pada cahaya lampu halogen menggunakan *pyranometer*. *Pyranometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh radiasi cahaya pada permukaan bidang dengan satuan W/m^2 .



Gambar 3. 4 Pyranometer

Prinsip kerja *pyranometer* adalah ketika cahaya mengenai sensor yang terdapat pada permukaan *pyranometer* akan dikonversi menjadi *fluks*. Nilai maksimum yang memberikan *fluks* terbesar jika cahaya menghantam sensor sejajar dengan bidang vertikal dan nilai terkecil *fluks* cahaya adalah saat cahaya jatuh sejajar bidang horizontal, sehingga besarnya simpangan *fluks* bergantung pada sudut *cosinus* terhadap sumbu vertikal selain dari besarnya muatan elektron yang menghantam sensor dari radiasi cahaya. Dengan adanya

muatan elektron tersebut dapat diukur dengan rumus medan listrik sehingga simpangan fluks magnet berbanding lurus dengan peningkatan arus akibat penumpukan elektron.

3.3.3 Desain dan integrasi hardware dan software

Hardware berupa rangkaian alat ukur suhu dibuat menggunakan sensor suhu LM35, yang kemudian LM35 dihubungkan pada arduino uno untuk memperoleh *supply* sebesar 5V. LM35 merupakan sensor suhu yang mampu merubah suhu menjadi tegangan agar terbaca pada mikrokontroller.



Gambar 3.5 LM35

Pada arduino tersebut akan diberikan program untuk mengukur suhu dalam satuan celcius (°C). Berikut salah satu tampilan program yang dibuat pada arduino.

```

coba_lm35 | Arduino 1.6.7
File Edit Sketch Tools Help
coba_lm35
int val;
int tempPin = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  val = analogRead(tempPin);
  float mv = (val)*500;
  float mv1 = mv/1023.0;

  //float fahr = (cel*9)/5 + 32;

  Serial.print("TEMPRATURE = ");
  Serial.print(mv1);
  Serial.print("*C");
  Serial.println();
  delay(1000);

  /* uncomment this to get temperature in farenhite
  Serial.print("TEMPRATURE = ");
  Serial.print(fahr);
}

```

Arduino/Genuino Uno on COM30

Gambar 3. 6 Software Arduino Uno

Selain hardware juga dibuat *software* sebagai tampilan monitoring suhu menggunakan *Visual studio 2013*.

3.3.4 Uji Alat Dan Kalibrasi

Sebelum dilakukan integrasi antara *hardware* yang berupa rangkain sensor suhu dengan *software Microsoft Visual Studio 2013* maka dilakukan pengujian alat ukur suhu dengan sensor LM35. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan yang keluar dari LM35 apakah sesuai dengan datasheet pada titik nilai tertentu. Dalam pengujian sensor dilakukan dengan bantuan *mikrokontroller* Arduino sebagai Vin untuk LM35 dan termometer digital sebagai alat

pembanding serta pemanas air sebagai media yang akan diukur nilai temperatur nya, berikut adalah spesifikasi dari termometer digital yang digunakan :



Gambar 3. 7 Termometer Digital APPA 51

Berikut merupakan spesifikasi dari termometer digital APPA 51 :

- Thermocouple tipe K
- Resolusi 1 oC atau 0.1 oC (1 oF atau 0.1 oF)
- Akurasi sebesar 0.3 % + 1 oC
- Menggunakan baterai 9 Volt
- Fungsi pembacaan hold
- Range pembacaan sebesar -500 °C sampai 1300 °C

Setelah dilakukan uji alat selanjutnya dilakukan kalibrasi dengan menggunakan objek *heater* dan alat ukur standar termometer. Kalibrasi dilakukan dengan prosedur yang sudah ada, selain itu dilakukan pengambilan data sebanyak 10 kali dengan menentukan range nilai tertentu. Data yang telah didapat diolah dan didapat hasil apakah alat ukur sudah bekerja dengan baik atau tidak.

3.3.5 Pengambilan Data dan Analisa Data

Pada tahap pengambilan data merupakan tahap untuk melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem monitoring yang telah dibuat. Dimana dengan keterangan data tersebut dapat diketahui nilai *range*, *span*, *k*, sensitivitas, *non-linieritas*, *hysteresis*, serta akurasi. Pengambilan data ini dilakukan dengan pengambilan data menggunakan *hardware* dari sistem monitoring yang sudah dirancang. Setelah nilai spesifikasi yang didapat, kemudian pada sistem monitoring ini dilakukan pengambilan data temperatur di panel surya secara *real-time* dan penyimpanan *database*. Untuk analisa data dilakukan analisa pada hasil pengambilan data, kemudian dapat ditarik kesimpulan.

Halaman Ini Sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

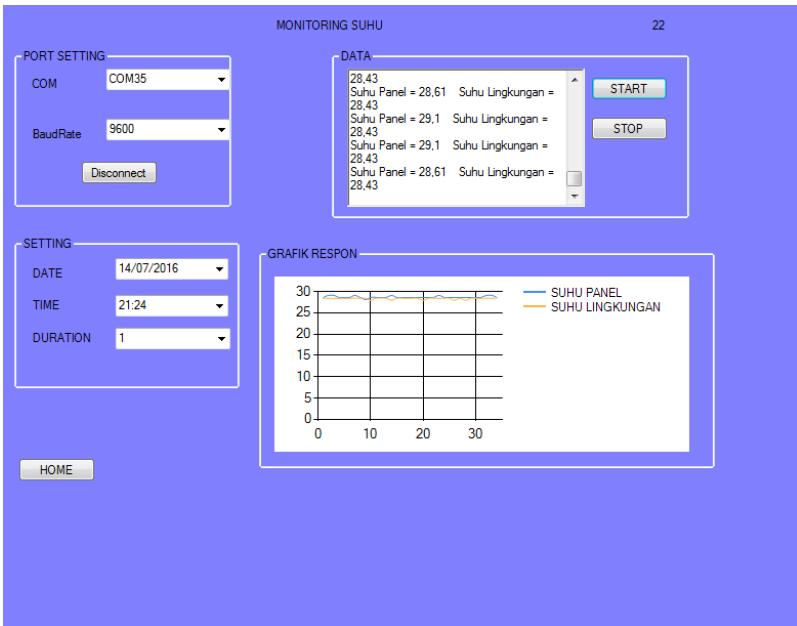
4.1.1 Hasil Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu

Pada Tugas Akhir Sistem Monitoring Suhu dan pada panel surya dilakukan pengambilan data suhu. Pada Gambar 4.1 merupakan *plant* tugas akhir yang telah dikerjakan.



Gambar 4. 1Rancang Bangun Monitoring Suhu

Monitoring suhu yang dibuat adalah menggunakan LCD 16 x 2 sebagai tampilan pada *plant*, selain itu monitoring dilakukan menggunakan *software Visual Studio 2013*.

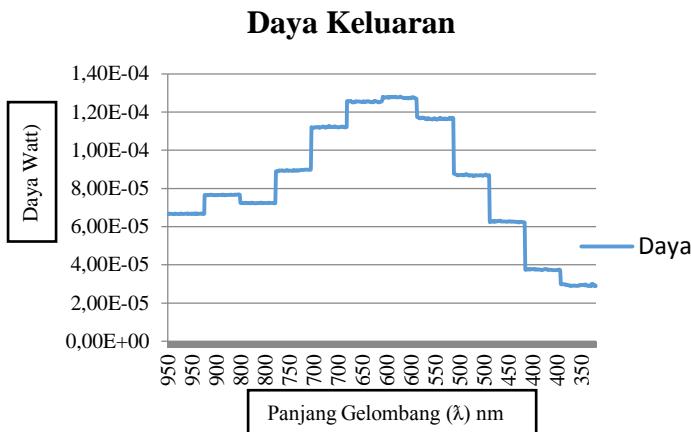


Gambar 4. 2 Monitoring Suhu Menggunakan Visual Studio 2013

Pada **Gambar 4. 2** diketahui bahwa tampilan monitoring menggunakan *Visual Studio 2013* terdapat data suhu panel maupun suhu ruangan yang tercatat oleh alat dan juga diplotkan dalam bentuk grafik. Selanjutnya data yang tercatat akan disimpan pada *Microsoft Excel 2010*.

4.1.2 Karakterisasi Lampu Halogen

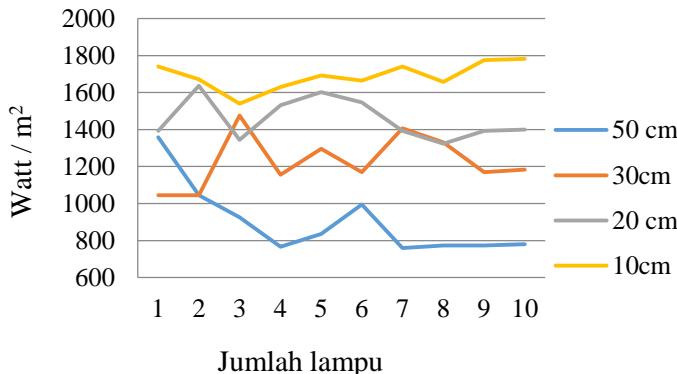
Karakterisasi lampu halogen dilakukan dengan mengukur nilai keluaran daya cahaya lampu pada panjang gelombang cahaya tampak 350 nm – 700 nm dengan menggunakan *optic power meter*. Lampu halogen merupakan jenis lampu yang memiliki cahaya polikromatik sehingga untuk mengukur daya keluarannya menggunakan monokromator. Berikut hasil pengukuran lampu halogen :



Gambar 4. 3Grafik Pengukuran Keluaran Lampu Halogen

Dari data **Gambar 4. 3** diketahui bahwa keluaran daya tertinggi ada pada panjang gelombang 600 nm.

Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai intensitas radiasi menggunakan pyranometer. Pengukuran dilakukan dengan memanipulasi jumlah lampu yang menyala serta variasi jarak antara pyranometer dengan lampu.



Gambar 4. 4Grafik Pengujian Intensitas Radiasi

Berdasarkan **Gambar 4. 4** nilai intensitas radiasi mengalami kenaikan seiring jumlah lampu ditambahkan dan juga jarak antara lampu dengan pyranometer diperkecil.

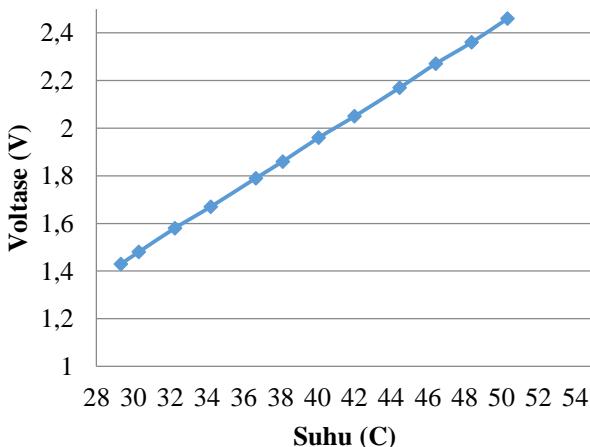
4.1.2 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan mengukur nilai *voltase* dari keluaran sensor LM35 yang digunakan pada alat monitoring temperatur. Nilai *voltase* yang didapat adalah nilai voltase keluaran yang terukur pada LM35 sebelum diubah menjadi nilai temperatur. Pengujian nilai *voltase* keluaran pada LM35 bertujuan untuk mengetahui bahwa alat ukur suhu menggunakan LM35 telah sesuai dengan *datasheet*. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan :

Tabel 4. 1 Data Keluaran Voltase LM35

No	Suhu standar	Suhu terukur	voltase
1	29	29,33	1,43
2	30	30,3	1,48
3	32	32,26	1,58
4	34	34,21	1,67
5	36	36,66	1,79
6	38	38,12	1,86
7	40	40,08	1,96
8	42	42,03	2,05
9	44	44,48	2,17
10	46	46,43	2,27
11	48	48,39	2,36
12	50	50,34	2,46

Dari data keluaran *voltase* yang didapat pada **Tabel 4. 1**, maka dapat digambarkan dalam grafik suhu terhadap *voltase* sebagai berikut :



Gambar 4. 5 Grafik Voltase Terhadap Suhu

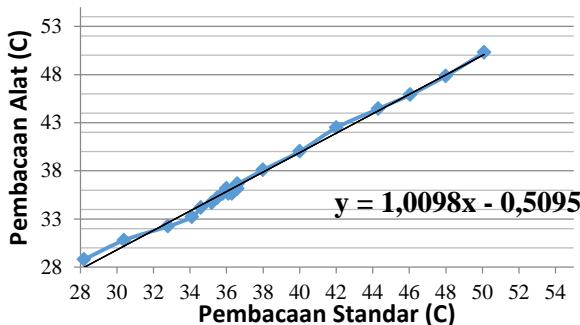
Pada **Gambar 4. 5** diatas diketahui bahwa setiap kenaikan suhu akan diiringi dengan kenaikan *voltase*. Hal ini sesuai dengan karakteristik LM35 yaitu setiap kenaikan 10mV terjadi kenaikan suhu sebesar 1°C .

Setelah dilakukan pengujian nilai *voltase* LM35 selanjutnya dilakukan pengujian alat ukur LM35 dengan nilai kenaikan suhu sebesar 2°C , dimulai dari suhu 28°C sampai 50°C . Alat ukur yang telah dirangkai dibandingkan dengan alat yang sudah standar yaitu termometer digital APPA 51 dengan pengambilan data sebanyak 10 kali Berikut hasil pengujian alat ukur suhu yang standar dibandingkan dengan alat ukur suhu yang telah dirangkai :

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Alat Ukur Suhu Panel

Suhu Standart	rata - rata suhu sensor	Error
28,2	28,8	-0,6
30,4	30,8	-0,4
32,8	32,23	0,57
34,1	33,2	0,9
36	36,16	-0,16
38	38,09	-0,09
40,02	40,04	-0,02
42,01	42,48	-0,47
44,3	44,43	-0,13
46,05	45,9	0,15
48	47,85	0,15
50,1	50,29	-0,19

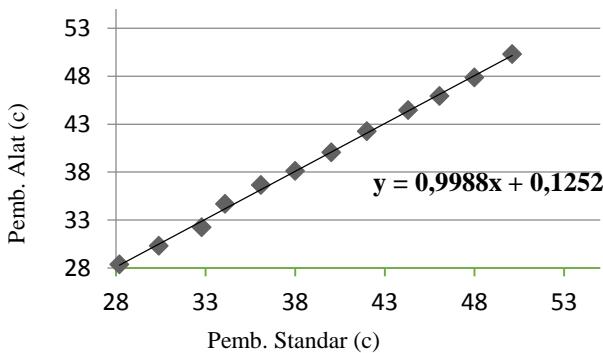
Dari data **Tabel 4. 2** pengujian alat ukur suhu panel terhadap alat ukur standar termometer digital APPA51 didapat grafik sebagai berikut :

**Gambar 4. 6** Grafik Pengujian Alat Terhadap Alat Standar

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Alat Ukur Suhu Ruangan

Suhu standart	Rata-rata suhu alat ukur	error
28,2	28,35	0,15
30,4	30,3	-0,1
32,8	32,23	-0,57
34,1	34,67	0,57
36,1	36,62	0,52
38	38,09	0,09
40,02	40,04	0,02
42,01	42,24	0,23
44,3	44,43	0,13
46,05	45,9	-0,15
48	47,85	-0,15
50,1	50,29	0,19

Dari data **Tabel 4. 3** pengujian alat ukur suhu panel terhadap alat ukur standar termometer digital APPA51 didapat grafik sebagai berikut :

**Gambar 4. 7** Grafik Pengujian Alat Terhadap Standar

Pada **Gambar 4. 6** merupakan grafik pengujian alat yang dibandingkan terhadap alat standar dan didapat persamaan garis $y = 1,0098x - 0,05095$, sedangkan pada **Gambar 4. 7** didapat persamaan garis $y = 1,0189x - 0,9525$. Persamaan tersebut akan dimasukkan ke dalam perintah program mikrokontroller *Arduino Uno*, hal ini bertujuan sebagai nilai acuan konversi keluaran sensor yang sesuai dengan besaran fisis yang diukur.

4.1.3 Spesifikasi Alat Ukur

Dalam melakukan pengujian diambil banyak data untuk menentukan spesifikasi alat ukur suhu yang dibuat. Data diambil dengan range suhu minimum 28 °C dan maksimum 50°C dalam pembacaan naik maupun turun. Berikut data yang didapat untuk mengetahui karakteristik alat ukur yang telah dirancang :

Tabel 4. 4 Pengujian Karakteristik Alat Ukur Suhu Panel

Suhu	standar	uji		Beda hysterisis	Oideal	non linieritas
		naik	turun			
28	28,8	28,81	28,32	0,49	28,81	0
30	30,1	30,27	30,76	0,49	30,12	0,15
32	32,1	32,23	32,71	0,48	32,137	0,092
34	34,1	34,18	34,67	0,49	34,15	0,025
36	36,2	36,13	36,62	0,49	36,27	0,14
38	38	38,09	38,57	0,48	38,08	0,002
40	40	40,04	40,53	0,49	40,105	0,065
42	42,4	42,48	42,97	0,49	42,52	0,044
44	44	44,43	44,32	0,11	44,13	0,29
46	46,2	46,39	46,39	0	46,35	0,032
48	48,1	48,34	48,34	0	48,273	0,067
50	50,1	50,29	50,29	0	50,29	7E-15
Jumlah	470,1	471,68	474,49	0,49		0,2916
rata2	39,175	39,30	39,540			

Berdasarkan **Tabel 4. 4** dapat diketahui karakteristik alat ukur adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Karakteristik Alat Ukur Suhu Panel

Range	28 °C- 50°C
Span	21,48
Resolusi	0,01
Sensitivitas	1,008
Hysterisis	2,28%
Non-linieritas	1,35%
Keakurasian	99,66%
Error	0,03%

Berikut perhitungan dari nilai karakteristik alat ukur yang didapat :

- sensitivitas $\frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{50,1 - 28,8}{50,29 - 28,8} = 1,008$

- *Hysterisis*

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

maksimum histerisis didapat sebesar

$$\% \text{ maks.histerisis} = \frac{\hat{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

$$\% \text{ maks.histerisis} = \frac{0,49}{50,29 - 28,82} \times 100\% = 2,28\%$$

- Non-linieritas

$(N(I)) = O(I) - (KI + a)$; data diambil pada saat pembacaan naik.

$$\text{non-linieritas}_{\max} = \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

dimana diketahui nilai $a = -0,23$ dan nilai $k = 1,008$ dan nilai non-linieritas maksimum sebesar 0,191 sehingga didapat nilai non linieritas maksimum per unit sebesar :

$$\text{non-linieritas}_{\max} = \frac{0,291}{50,29 - 28,81} \times 100\%$$

$$\text{non-linieritas}_{\max} = 1,35\%$$

- Keakurasian

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - Y_x}{Y_n} \right| \times 100\%$$

$$A = 1 - \left| \frac{39,17 - 39,3}{39,17} \right| \times 100\%$$

$$A = 99,6\%$$

- Error

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,996$$

$$e = 0,0031$$

Tabel 4. 6 Pengujian Karakteristik Alat Ukur Suhu Ruangan

suhu	standar	Uji		beda hysteresis	(STD-alat)/STD	Oideal	non-linieritas
		naik	turun				
28	28,1	28,1	28,61	0,51	-0,018	28,1	0
30	30	30,09	30,58	0,49	-0,016	30,05	0,036
32	32,7	32,06	32,04	0,02	0,00062	32,82	0,77
34	34,6	33,55	34,06	0,51	-0,015	34,78	1,23
36	36	35,52	36,01	0,49	-0,013	36,22	0,70
38	38,3	38,48	37,99	0,49	0,013	38,58	0,10
40	40,4	39,96	40,46	0,5	-0,012	40,74	0,78
42	42,4	41,96	42,9	0,94	-0,022	42,80	0,84
44	44,1	44,4	44,9	0,5	-0,011	44,55	0,15
46	46,2	45,88	46,37	0,49	-0,010	46,7	0,83
48	48,2	47,86	48,35	0,49	-0,010	48,76	0,90
50	50,2	50,82	50,3	0,52	0,010	50,82	0
jumlah	471,2	468,68	472,57		-0,107		1,24
rata-rata	39,27	39,057	39,38		-0,0089		

Berdasarkan **Tabel 4. 6** didapatkan karakteristik statis untuk alat ukur suhu ruangan sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Data Pengujian Karakteristik Statis

Range	28 °C- 50°C
Span	22,72
Resolusi	0,01
Sensitivitas	1,028
<i>Hysterisis</i>	4,13%
<i>Non-linieritas</i>	5,42%
Keakuriasan	99,465%
Error	0,054%

Berikut perhitungan dari nilai karakteristik alat ukur yang didapat :

- sensitivitas $\frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{50,82 - 28,1}{50,2 - 28,1} = 1,028$

- *Hysterisis*

$H(I) = O(I)_{I\uparrow} - O(I)_{I\downarrow}; \hat{H} = H(I)_{\max}$; sehingga maksimum histerisis didapat sebesar

$$\% \text{maks.histerisis} = \frac{\hat{H}}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

$$\% \text{maks.histerisis} = \frac{0,94}{50,82 - 28,1} \times 100\% = 4,13\%$$

- Non-linieritas

$(N(I)) = O(I) - (KI + a)$; data diambil pada saat pembacaan naik.

$$\text{non-linieritas}_{\max} = \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

dimana diketahui nilai $a = -0,78$ dan nilai $k = 1,028$ dan nilai non-linieritas maksimum sebesar 1,23 sehingga didapat nilai non linieritas maksimum per unit sebesar :

$$\text{non-linieritas}_{\max} = \frac{1,23}{50,82 - 28,1} \times 100\%$$

$$\text{non-linieritas}_{\max} = 5,42\%$$

- Keakurasan

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - Y_x}{Y_n} \right| \times 100\%$$

$$A = 1 - \left| \frac{39,26 - 39,05}{39,26} \right| \times 100\%$$

$$A = 99,46\%$$

- Error

$$e = 1 - A$$

$$e = 1 - 0,994$$

$$e = 0,006$$

4.1.4 Data Kalibrasi Alat Ukur Suhu

Setalah mengetahui spesifikasi alat ukur, selanjutnya dilakukan kalibrasi alat ukur suhu dengan membandingkan dengan alat ukur suhu yang standar yaitu termometer APPA 51. Data kalibrasi diambil sebanyak 12 titik (28°C - 50°C) dengan pengambilan 10 data. Berikut pengambilan data kalibrasi alat ukur suhu panel:

Tabel 4.8 Data Kalibrasi Alat Ukur Suhu Panel

suhu	Pemb. standar	Rata-rata pembacaan uji	koreksi	yreg	R	R ²
28	28,81	28,93	-0,125	-0,157	0,03	0,001
30	30	30,21	-0,216	-0,161	-0,05	0,002
32	32,1	32,07	0,0023	-0,169	0,19	0,037
34	34,1	34,2	-0,1	-0,176	0,07	0,005
36	36,9	36,65	0,25	-0,186	0,43	0,19
38	38	38,43	-0,43	-0,19	-0,24	0,06
40	40	40,57	-0,57	-0,197	-0,38	0,145
42	42,4	42	0,39	-0,206	0,59	0,358
44	44,2	44,68	-0,58	-0,231	-0,2	0,074
46	45,9	46,45	-0,5	-0,219	-0,033	0,112
48	48,5	48,6	-0,1	-0,22	0,12	0,016
50	50,1	50,51	-0,41	-0,23	-0,17	0,03
Jumlah	471,01	473,35	-2,343			
Rata-rata	39,25	39,44	-0,195			

Dari data **Tabel 4. 8** maka dapat ditentukan nilai ketidakpastian alat ukur, berikut merupakan perhitungannya :

- Nilai ketidakpastian Tipe A

$$UA1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

dimana σ = standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

$\sigma = 0,337$, sehingga didapat nilai $Ua1$ sebagai berikut :

$$UA1 = \frac{0,337}{\sqrt{12}}$$

$$UA1 = 0,106$$

Sedangkan nilai $UA2$ didapat sebagai berikut :

$$UA2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-1}}$$

Dimana :

$$SSR = \sum SR$$

$$SR = R^2$$

Y_i (nilai koreksi) = Pemb. Standar – Pemb. Alat

$$Y_{reg} = a + (bxti)$$

$$a = \bar{Y}_i - (bxti)$$

$$b = \frac{n \sum t_i Y_i - \sum y_i t_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

t_i = Pembacaan standar

Y_i = nilai koreksi

n=jumlah data

$$b = \frac{12(-99,01) - (-2,343.471,010)}{12(19049,32) - 221850,4}$$

$$b = -0,0125$$

selanjutnya menentukan nilai a sebagai berikut :

$$a = -0,19525 - (-0,0125 \cdot 39,25)$$

$$a = -0,19525 + 0,49$$

$$a = 0,295$$

Setelah diketahui nilai a dan b, maka dapat ditentukan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y_{reg} = 0,295 - 0,0125ti$$

dari persamaan regresi tersebut didapat nilai SSR sebesar = 0,991, maka didapat nilai U_{A2} sebesar :

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{0,991}{12 - 2}}$$

$$U_{A2} = 0,314$$

- Analisa ketidakpastian tipe B

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} resolusi}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = 0,0028$$

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

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{A1} + U_{A2} + U_{B1} + U_{B2}}$$

$$U_c = \sqrt{0,106^2 + 0,314^2 + 0,0028^2 + 0^2}$$

$$U_c = 0,565$$

selanjutnya ditentukan nilai V_{eff} , dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{Uc^4}{\sum U_i^4} \\ Vi$$

Dengan nilai V atau derajat kebebasan dari 2 tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

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

$V_1 = 11; V_2 = 11; V_3 = \infty; V_4 = 60$ (berdasarkan tabel T Student)

$$V_{eff} = \frac{0,565^4}{\frac{0,09}{11} + \frac{0,31}{11} + \frac{0,002}{\infty} + \frac{0,0}{60}}$$

$$V_{eff} = 62$$

Hasil dari nilai V_{eff} digunakan untuk menentukan nilai faktor cakupan k pada tabel T-student. Berdasarkan nilai $V_{eff} = 62$ dan dengan tingkat kepercayaan 95 % maka didapat nilai K sebesar 1,99. Dan didapat nilai ketidakpastian sebagai berikut :

$$U_{exp} = k \cdot u_c$$

$$U_{exp} = 1,99 \cdot 0,568$$

$$U_{exp} = 1,13$$

Selanjutnya dilakukan kalibrasi alat ukur suhu lingkungan dengan pengambilan data masing-masing 10 data antara suhu 28°C - 50°C . Berikut hasil pengambilan data untuk kalibrasi alat ukur suhu ruangan menggunakan LM35 :

Tabel 4. 9 Data Kalibrasi Alat Ukur T- Lingkungan

suhu	Pemb. standar	Rata-rata pembaca an uji	koreksi	yreg	R	R ²
28	28,1	27,97	0,131	0,055	0,075	0,005
30	30	29,99	0,01	0,07	-0,063	0,004
32	32,7	31,86	0,83	0,09	0,74	0,54
34	34,6	33,08	0,79	0,11	0,68	0,46
36	36	35,88	0,115	0,12	-0,01	9x10 ⁻⁵
38	38,3	38,13	0,165	0,14	0,02	410 ⁻⁴
40	40,4	40,33	0,064	0,16	-0,09	0,009
42	42,4	42,39	0,01	0,18	-0,18	0,034
44	44,1	44,58	-0,48	0,19	-0,68	0,46
46	46,2	45,78	0,42	0,21	0,2	0,04
48	48,2	48,21	-0,01	0,23	-0,25	0,062
50	50,2	50,38	-0,19	0,24	-0,43	0,189
Jumlah	471,2		1,837			1,82
Σ	39,26		0,15			

Dari data **Tabel 4. 9** maka dapat ditentukan nilai ketidakpastian alat ukur, berikut merupakan perhitungannya :

- Nilai ketidakpastian Tipe A

$$UA1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

dimana σ = standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

$\sigma = 0,376$, sehingga didapat nilai Ua1 sebagai berikut :

$$UA1 = \frac{0,376}{\sqrt{12}}$$

$$UA1 = 0,11$$

Sedangkan nilai UA2 didapat sebagai berikut :

$$UA2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-1}}$$

Dimana :

$$SSR = \sum SR$$

$$SR = R^2$$

Y_i (nilai koreksi) = Pemb. Standar – Pemb. Alat

$$Y_{reg} = a + (bxti)$$

$$a = \bar{Y_i} - (bxti)$$

$$b = \frac{n \sum t_i Y_i - \sum Y_i \sum t_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$$

t_i = Pembacaan standar

Y_i = nilai koreksi

n = jumlah data

$$b = \frac{12(59,23) - (1,83.471,2)}{12(19071,4) - 222029,44}$$

$$b = 0,008$$

selanjutnya menentukan nilai a sebagai berikut :

$$a = 0,153 - (0,008.39,26)$$

$$a = -0,189$$

Setelah diketahui nilai a dan b, maka dapat ditentukan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y_{reg} = -0,189 + 0,008ti$$

dari persamaan regresi tersebut didapat nilai SSR sebesar = 1,825, maka didapat nilai U_{A2} sebesar :

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{1,825}{12 - 2}}$$

$$U_{A2} = 0,477$$

- Analisa ketidakpastian tipe B

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} resolusi}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = 0,0028$$

dikarenakan pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat

kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{B2} = 0$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,11 + 0,477 + 0,0025 + 0}$$

$$U_c = 0,7$$

selanjutnya ditentukan nilai V_{eff} , dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{\sum U_i^4}{\sum V_i}$$

Dengan nilai V atau derajat kebebasan dari 2 tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n - 1$, sehingga :

$V1 = 11$; $V2 = 11$; $V3 = \infty$; $V4 = 60$ (berdasarkan tabel T Student)

$$V_{eff} = \frac{0,7^4}{\frac{0,11}{11} + \frac{0,477}{11} + \frac{0,002}{\infty} + \frac{0,0}{60}}$$

$$V_{eff} = 42$$

Hasil dari nilai V_{eff} digunakan untuk menentukan nilai faktor cakupan k pada tabel T-student. Berdasarkan nilai $V_{eff} = 42$ dan dengan tingkat kepercayaan 95 % maka didapat nilai K sebesar 1,99. Dan didapat nilai ketidakpastian sebagai berikut :

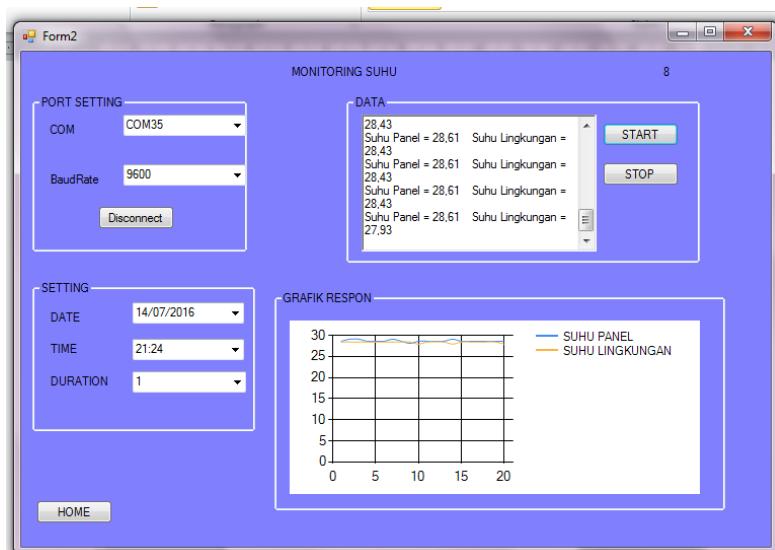
$$U_{\text{exp}} = k \cdot u_c$$

$$U_{\text{exp}} = 1,99 \cdot 0,7$$

$$U_{\text{exp}} = 1,39$$

4.1.5 Monitoring Suhu Panel Surya dan Suhu Lingkungan Area Plan.

Setelah dilakukan pengujian dan kalibrasi selanjutnya alat ukur digunakan untuk memonitoring suhu pada plan. Suhu yang dimonitoring adalah suhu panel dan juga suhu lingkungan plan, suhu dimonitoring menggunakan *software visual studio 2013* seperti pada *Gambar 4. 8*.



Gambar 4. 8 Monitoring pada Visual Studio 2013

Berikut data monitoring suhu yang diambil dalam waktu tiap 5 menit dengan variasi lampu :

Tabel 4. 10 Data Monitoring Suhu

Tanggal	jam	n-lampu	T.panel	T.ling	I	V	Daya
20/06/2016	22:10:00	1	29,1	29,43	0,36	15,89	5.64
20/06/2016	22:15:00	2	29,6	30,42	0,37	15,63	5.85
20/06/2016	22:20:00	3	30,09	30,92	0,38	15,32	5.82
20/06/2016	22:25:00	4	31,08	31,92	0,36	14,97	5.32
20/06/2016	22:30:00	5	35,03	33,91	0,36	14,8	5.35
20/06/2016	22:35:00	6	41,94	35,9	0,34	14,8	5.07
20/06/2016	22:40:00	7	45,88	36,4	0,33	15,03	4.96
20/06/2016	22:45:00	8	48,83	37,89	0,32	15,38	4.88
20/06/2016	22:50:00	9	49,83	37,89	0,33	15,72	5.19
20/06/2016	22:55:00	10	52,79	37,39	0,31	15,12	4.7

Berdasarkan **Tabel 4. 10** diketahui bahwa monitoring dilakukan pada suhu panel (T-panel) dan suhu lingkungan (T-ling). T-panel diukur dengan menentukan 1 sampel tempat pada permukaan *photovoltaic*, pun dengan T-Lingkungan diukur dengan menentukan 1 titik pada area plan. Didapat pula informasi bahwa suhu yang terukur pada permukaan lebih tinggi dibanding suhu lingkungan hal ini dikarenakan cahaya lampu yang dipancarkan menuju permukaan panel memiliki energi panas dan energi panas tersebut mengenai permukaan panel yang kemudian diserap sehingga permukaan panel menjadi panas. Sedangkan untuk suhu lingkungan masih dipengaruhi suhu yang ada di sekitar plan.

Selain itu tercatat pula nilai keluaran arus, tegangan , dan daya, didapat informasi bahwa suhu meningkat daya yang dihasilkan menurun.

4.2 Pembahasan

Sistem monitoring pada tugas akhir ini adalah memonitoring suhu. Suhu yang dimonitoring ialah suhu panel dan suhu lingkungan dengan menggunakan alat ukur dengan sensing element LM35, digunakan 2 alat ukur suhu dengan sensing element yang sama. Hasil pengukuran suhu dimonitoring menggunakan *software visual studio 2013* dan juga tampilan LCD 16x2.

Prinsip kerja alat ukur suhu menggunakan LM35 adalah dengan mengubah nilai tegangan yang didapat menjadi besaran suhu dengan konversi perhitungan setiap kenaikan voltase 10mV akan terjadi kenaikan suhu sebesar 1°C . Nilai tegangan didapat dari keluaran sensor LM35, nilai tegangan tersebut dikuatkan dengan menggunakan rangkaian penguatan non-inverting yang terdapat pada mikrokontroller Arduino Uno. Selain dikuatkan pada mikrokontroler arduino juga mengubah signal analog menjadi digital (ADC) kemudian dikonversi menjadi besaran suhu.

Pada **Tabel 4. 5** dan **Tabel 4. 6** didapat informasi bahwa untuk alat ukur suhu panel memiliki karakteristik statis *hysterisis* sebesar 2,28%, *non-linieritas* = 0,89%, dan *error* = 0,00031. Sedangkan untuk alat ukur suhu ruangan memiliki karakteristik *hysterisis* = 4,13%, *non-linieritas* = 6,27% dan *error*= 0,99%.

Dari **Tabel 4. 8** dan **Tabel 4. 9** tabel kalibrasi alat ukur suhu panel diketahui bahwa ketidakpastian diperluas (U_{expand}) = 1,13. Nilai ketidakpastian tersebut menunjukkan bahwa ketika kita mendapatkan nilai pengukuran temperatur sebesar $34,5\ ^{\circ}\text{C}$ maka dapat dituliskan $(34,4 \pm 1,13)\ ^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk alat ukur suhu lingkungan diketahui bahwa ketidakpastian diperluas (U_{expand}) = 1,39. Nilai ketidakpastian tersebut menunjukkan bahwa ketika kita mendapatkan nilai pengukuran temperatur sebesar $34,5\ ^{\circ}\text{C}$ maka dapat dituliskan $(34,4 \pm 1,39)\ ^{\circ}\text{C}$ Ketidakpastian

diperluas tersebut didapatkan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% yang terdapat di dalam tabel T-Student.

Halaman Ini Sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

1. Pemeriksaan Skala

No.	Pembacaan Alat	Pembacaan Standart	Koreksi
1	28,2	28,3	0,1
2	30,4	30,42	0,02
3	32,4	32,5	0,1
4	34,1	34,47	0,37
5	36,1	36,32	0,22
6	38	38,09	0,09
7	40,02	40,04	0,02
8	42,01	42,04	0,03
9	44,3	44,28	-0,02
10	46,05	46,1	0,05
11	48	48,2	0,2
12	50,1	50,29	0,19
Jumlah	469,68	471,05	1,37
Rata-rata	39,14	39,25416667	0,114167
Standart Deviasi Koreksi			0,111881
Ua1 =			0,03538
Nilai Minimum Koreksi =			-0,02
Nilai Maksimum Koreksi =			0,37

Tabel Data Kalibrasi

No.	Pemb. Stand(t)	Pembacaan Alat									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28,81	28,58	28,58	28,58	28,58	28,58	28,16	28,87	28,97	28,97	29,1
2	30	30,05	29,57	29,98	30,49	29,48	29,48	29,48	30,49	30,49	30,49
3	32,1	31,541	31,54	32	32,00	32,00	31,57	32,03	32,03	32,03	32,03

4	34,1	33,41	33,62	33,6	34,02	34,02	34,22	34,2	34,32	34,32	34,42
5	36,9	36,45	35,94	35,72	36,55	36,04	36,55	36,8	36,95	36,95	36,95
6	38	37,95	37,95	38,0	38,26	38,26	38,26	38,77	38,77	38,77	37,95
7	40	39,92	39,92	39,92	40,41	40,41	40,41	40,91	40,91	40,91	40,9
8	42,4	41,37	41,39	41,80	41,80	41,7	41,80	42,30	42,3	42,30	42,30
9	44,2	44,35	44,35	44,83	44,32	44,32	44,62	44,83	44,83	44,83	44,83
10	45,9	46,33	46,33	46,33	46,33	46,33	46,34	46,34	46,54	46,54	46,54
11	48,5	48,26	48,76	48,76	48,26	48,26	48,26	48,76	48,76	48,76	48,76
12	50,1	50,1	50,68	50,18	50,18	50,48	50,68	50,48	50,68	50,68	50,68
Σ	471,01										
Rata	39,25										

	Rata-Rata Pemb. Alat (x)	Koreksi (y)	ti^2	$ti * yi$	Yreg	Residu (R)	Square Residual (SR)
	28,70	0,10	830,0	2,907	0,162405	-0,06147	0,003778
	30,00	-0,002	900	-0,0785	0,135652	-0,13827	0,01911
	31,8	0,21	1030,41	7,002467	0,088441	0,129705	0,01682
	34,02	0,074	1162,81	2,534994	0,043477	0,030863	0,000952
	36,4	0,40	1361,61	14,77218	-0,01947	0,419801	0,17623
	38,30	-0,30	1444	-11,5589	-0,0442	-0,25998	0,06759
	40,46	-0,46	1600	-18,687	-0,08916	-0,37801	0,1428
	41,91	0,48	1797,76	20,76844	-0,14312	0,632942	0,40061
	44,61	-0,41	1953,64	-18,3175	-0,18359	-0,23084	0,0532
	46,4	-0,50	2106,81	-22,9848	-0,22181	-0,27895	0,07781
	48,5	-0,06	2352,25	-3,23883	-0,28026	0,213478	0,04557
	50,4	-0,39	2510,01	-19,8144	-0,31623	-0,07927	0,006
Σ	471,8	-0,86	19049,32	-46,6939			1,01095
Rata2	39,323	-0,07					

Tabel Pengukuran Irradiance

n-lampu	jarak	Voutput (μ V)	IR (W/m ²)
1	50	19,5	1357,938719
2		15	1044,568245
3		13,3	926,183844
4		11	766,0167131
5		12	835,6545961
6		14,3	995,821727
7		10,9	759,0529248
8		11,1	772,9805014
9		11,1	772,9805014
10		11,2	779,9442897
1	30	15	1044,568245
2		15	1044,568245
3		21,2	1476,32312
4		16,6	1155,988858
5		18,6	1295,264624
6		16,8	1169,916435
7		20,2	1406,685237
8		19,1	1330,083565
9		16,8	1169,916435
10		17	1183,844011
1	20	20	1392,75766
2		23,5	1636,490251
3		19,3	1344,011142
4		22	1532,033426
5		23	1601,671309
6		22,2	1545,961003

7		20	1392,75766
8		19	1323,119777
9		20	1392,75766
10		20,1	1399,721448
1	10	25	1740,947075
2		24	1671,309192
3		22,1	1538,997214
4		23,4	1629,526462
5		24,3	1692,200557
6		23,9	1664,345404
7		25	1740,947075
8		23,8	1657,381616
9		25,5	1775,766017
10		25,6	1782,729805

Tabel Pengambilan Data Monitoring Dengan Jarak 20 cm

Waktu	n-lampu	Suhu Panel	Suhu Ling,
20:10:01	1	28,61	28,43
20:10:02	1	28,61	28,43
20:10:03	1	29,1	28,43
20:10:04	1	29,1	28,43
20:10:05	1	29,1	28,43
20:10:06	1	29,1	28,43
20:10:07	1	29,1	28,43
20:10:08	1	29,1	28,43
20:10:09	1	28,61	28,43
20:10:10	1	28,61	28,43
20:10:11	1	29,1	28,43
20:10:12	1	29,1	28,43

20:10:13	1	29,1	28,93
20:10:14	1	28,61	28,43
20:10:15	1	29,1	28,43
20:10:16	1	29,1	28,43
20:10:17	1	28,61	28,43
20:10:18	1	29,1	28,43
20:10:19	1	28,61	28,43
20:10:20	1	29,1	28,43
20:10:21	1	28,61	28,43
20:10:22	1	29,1	28,93
20:10:23	1	29,1	28,43
20:10:24	1	29,1	28,93
20:10:25	1	29,1	28,43
20:10:26	1	29,1	28,43
20:10:27	1	29,1	28,43
20:10:28	1	29,1	28,43
20:10:29	1	29,1	28,43
20:10:30	1	29,1	28,43
20:10:31	1	29,1	28,43
20:10:32	1	29,1	28,43
20:10:33	1	29,1	28,43
20:10:34	1	29,1	28,93
20:10:35	1	29,1	28,43
20:10:36	1	29,1	28,43
20:10:37	1	29,1	28,93
20:10:38	1	29,1	28,43
20:10:39	1	29,1	28,43
20:10:40	1	29,1	28,43
20:10:41	1	29,1	28,43

20:10:42	1	29,1	28,43
20:10:43	1	29,1	28,43
20:10:44	1	29,1	28,93
20:10:45	1	29,1	28,43
20:10:46	1	29,1	28,43
20:10:47	1	29,1	28,43
20:10:48	1	29,1	28,43
20:10:49	1	29,1	28,43
20:10:50	1	29,1	28,43
20:10:51	1	29,1	28,93
20:10:52	1	29,1	28,43
20:10:53	1	29,1	28,43
20:10:54	1	29,1	28,43
20:10:55	1	29,1	28,43
20:10:56	1	29,1	28,43
20:10:57	1	29,1	28,43
20:10:58	1	29,1	28,43
20:10:59	1	29,1	28,43
20:11:00	1	29,1	28,93
20:11:01	2	30,09	28,93
20:11:02	2	30,58	28,93
20:11:03	2	30,58	28,93
20:11:04	2	30,58	28,93
20:11:05	2	30,58	28,93
20:11:06	2	30,58	28,93
20:11:07	2	30,58	28,93
20:11:08	2	31,08	28,93
20:11:09	2	31,08	28,93
20:11:10	2	31,08	28,93

20:11:11	2	31,08	28,93
20:11:12	2	31,08	28,93
20:11:13	2	31,08	28,93
20:11:14	2	31,08	28,93
20:11:15	2	31,08	28,93
20:11:16	2	31,57	28,93
20:11:17	2	31,57	28,93
20:11:18	2	31,57	28,93
20:11:19	2	31,57	28,93
20:11:20	2	31,57	28,93
20:11:21	2	31,57	28,93
20:11:22	2	31,57	28,93
20:11:23	2	31,57	28,93
20:11:24	2	31,57	28,93
20:11:25	2	31,57	28,93
20:11:26	2	31,57	28,93
20:11:27	2	31,57	28,93
20:11:28	2	31,57	28,93
20:11:29	2	31,57	28,93
20:11:30	2	31,57	28,93
20:11:31	2	31,57	28,93
20:11:32	2	32,06	28,93
20:11:33	2	32,56	28,93
20:11:34	2	32,56	28,93
20:11:35	2	32,56	28,93
20:11:36	2	32,56	28,93
20:11:37	2	32,56	28,93
20:11:38	2	32,56	28,93
20:11:39	2	32,56	28,93

20:11:40	2	32,56	28,93
20:11:41	2	32,56	28,93
20:11:42	2	32,56	28,93
20:11:43	2	32,56	28,93
20:11:44	2	32,56	28,93
20:11:45	2	32,56	28,93
20:11:46	2	32,56	28,93
20:11:47	2	32,56	28,93
20:11:48	2	32,56	28,93
20:11:49	2	33,05	28,93
20:11:50	2	33,05	28,93
20:11:51	2	33,05	28,93
20:11:52	2	33,05	28,93
20:11:53	2	33,05	28,93
20:11:54	2	33,05	28,93
20:11:55	3	34,04	29,43
20:11:56	3	34,04	29,43
20:11:57	3	34,04	29,43
20:11:58	3	34,04	29,43
20:11:59	3	34,04	29,43
20:12:00	3	34,04	29,43
20:12:01	3	34,04	29,43
20:12:02	3	34,04	29,43
20:12:03	3	34,53	29,43
20:12:04	3	34,53	29,43
20:12:05	3	34,53	29,43
20:12:06	3	34,53	29,43
20:12:07	3	34,53	29,43
20:12:08	3	34,53	29,43

20:12:09	3	34,53	29,43
20:12:10	3	34,53	29,43
20:12:11	3	34,53	29,43
20:12:12	3	34,53	29,43
20:12:13	3	34,53	29,43
20:12:14	3	34,53	29,43
20:12:15	3	34,53	29,43
20:12:16	3	35,05	29,43
20:12:17	3	35,05	29,43
20:12:18	3	35,05	29,43
20:12:19	3	35,05	29,43
20:12:20	3	35,05	29,43
20:12:21	3	35,05	29,43
20:12:22	3	35,05	29,43
20:12:23	3	35,05	29,43
20:12:24	3	35,05	29,43
20:12:25	3	35,05	29,43
20:12:26	3	35,05	29,43
20:12:27	3	35,05	29,43
20:12:28	3	35,05	29,43
20:12:29	3	35,05	29,43
20:12:30	3	35,52	29,43
20:12:31	3	35,52	29,43
20:12:32	3	35,52	29,43
20:12:33	3	35,52	29,43
20:12:34	3	35,52	29,43
20:12:35	3	35,52	29,43
20:12:36	3	35,52	29,43
20:12:37	3	35,52	29,43

20:12:38	3	35,52	29,43
20:12:39	3	35,52	29,43
20:12:40	3	35,52	29,43
20:12:41	3	35,52	29,43
20:12:42	3	35,52	29,43
20:12:43	3	35,52	29,43
20:12:44	3	35,52	29,43
20:12:45	3	35,52	29,43
20:12:46	3	35,52	29,43
20:12:47	3	35,52	29,43
20:12:48	3	35,52	29,43
20:12:49	3	35,52	29,43
20:12:50	3	35,52	29,43
20:12:51	4	36,51	29,92
20:12:52	4	36,51	29,92
20:12:53	4	36,51	29,92
20:12:54	4	36,51	29,92
20:12:55	4	36,51	29,92
20:12:56	4	36,51	29,92
20:12:57	4	36,51	29,92
20:12:58	4	36,51	29,92
20:12:59	4	36,51	29,92
20:13:00	4	36,51	29,92
20:13:01	4	36,51	29,92
20:13:02	4	36,51	29,92
20:13:03	4	37	29,92
20:13:04	4	37	29,92
20:13:05	4	37	29,92
20:13:06	4	37	29,92

20:13:07	4	37	29,92
20:13:08	4	37	29,92
20:13:09	4	37	29,92
20:13:10	4	37	29,92
20:13:11	4	37	29,92
20:13:12	4	37	29,92
20:13:13	4	37	29,92
20:13:14	4	37	29,92
20:13:15	4	37	29,92
20:13:16	4	37	29,92
20:13:17	4	37,49	29,92
20:13:18	4	37,49	29,92
20:13:19	4	37,49	29,92
20:13:20	4	37,49	29,92
20:13:21	4	37,49	29,92
20:13:22	4	37,49	29,92
20:13:23	4	37,49	29,92
20:13:24	4	37,49	29,92
20:13:25	4	37,49	29,92
20:13:26	4	37,49	29,92
20:13:27	4	37,49	29,92
20:13:28	4	37,49	29,92
20:13:29	4	37,49	29,92
20:13:30	4	37,49	29,92
20:13:31	4	37,49	29,92
20:13:32	4	37,49	29,92
20:13:33	4	37,49	29,92
20:13:34	4	37,49	29,92
20:13:35	4	37,49	29,92

20:13:36	4	37,49	29,92
20:13:37	4	37,49	29,92
20:13:38	4	37,49	29,92
20:13:39	4	37,49	29,92
20:13:40	4	37,49	29,92
20:13:41	4	37,49	29,92
20:13:42	4	37,49	29,92
20:13:43	4	37,49	29,92
20:13:44	4	37,49	29,92
20:13:45	4	37,49	29,92
20:13:46	4	37,49	29,92
20:13:47	4	37,49	29,92
20:13:48	4	37,49	29,92
20:13:49	4	37,49	29,92
20:13:50	4	37,49	29,92
20:13:51	4	37,49	29,92
20:13:52	5	38,48	30,42
20:13:53	5	38,48	30,42
20:13:54	5	38,48	30,42
20:13:55	5	38,48	30,42
20:13:56	5	38,48	30,42
20:13:57	5	38,48	30,42
20:13:58	5	38,48	30,42
20:13:59	5	38,48	30,42
20:14:00	5	38,48	30,42
20:14:01	5	38,48	30,42
20:14:02	5	38,48	30,42
20:14:03	5	38,48	30,42
20:14:04	5	38,48	30,42

20:14:05	5	38,48	30,42
20:14:06	5	38,48	30,42
20:14:07	5	38,48	30,42
20:14:08	5	38,48	30,42
20:14:09	5	38,48	30,42
20:14:10	5	38,48	30,42
20:14:11	5	38,48	30,42
20:14:12	5	38,48	30,42
20:14:13	5	38,48	30,42
20:14:14	5	38,97	30,42
20:14:15	5	38,97	30,42
20:14:16	5	38,97	30,42
20:14:17	5	38,97	30,42
20:14:18	5	38,97	30,42
20:14:19	5	38,97	30,42
20:14:20	5	38,97	30,42
20:14:21	5	38,97	30,42
20:14:22	5	38,97	30,42
20:14:23	5	38,97	30,42
20:14:24	5	38,97	30,42
20:14:25	5	38,97	30,42
20:14:26	5	38,97	30,42
20:14:27	5	38,97	30,42
20:14:28	5	38,97	30,42
20:14:29	5	38,97	30,42
20:14:30	5	38,97	30,42
20:14:31	5	38,97	30,42
20:14:32	5	38,97	30,42
20:14:33	5	38,97	30,42

20:14:34	5	38,97	30,42
20:14:35	5	38,97	30,42
20:14:36	5	38,97	30,42
20:14:37	5	38,97	30,42
20:14:38	6	40,46	30,92
20:14:39	6	40,46	30,92
20:14:40	6	40,46	30,92
20:14:41	6	40,46	30,92
20:14:42	6	40,46	30,92
20:14:43	6	40,46	30,92
20:14:44	6	40,46	30,92
20:14:45	6	40,46	30,92
20:14:46	6	40,46	30,92
20:14:47	6	40,46	30,92
20:14:48	6	40,46	30,92
20:14:49	6	40,46	30,92
20:14:50	6	40,46	30,92
20:14:51	6	40,46	30,92
20:14:52	6	40,46	30,92
20:14:53	6	40,46	30,92
20:14:54	6	40,46	30,92
20:14:55	6	40,46	30,92
20:14:56	6	40,46	30,92
20:14:57	6	40,46	30,92
20:14:58	6	41,94	30,92
20:14:59	6	41,94	30,92
20:15:00	6	41,94	30,92
20:15:01	6	41,94	30,92
20:15:02	6	41,94	30,92

20:15:03	6	41,94	30,92
20:15:04	6	41,94	30,92
20:15:05	6	41,94	30,92
20:15:06	6	41,94	30,92
20:15:07	6	41,94	30,92
20:15:08	6	41,94	30,92
20:15:09	6	41,94	30,92
20:15:10	6	41,94	30,92
20:15:11	6	41,94	30,92
20:15:12	6	41,94	30,92
20:15:13	6	41,94	30,92
20:15:14	6	41,94	30,92
20:15:15	6	41,94	30,92
20:15:16	7	42,43	31,42
20:15:17	7	42,43	31,42
20:15:18	7	42,43	31,42
20:15:19	7	42,43	31,42
20:15:20	7	42,43	31,42
20:15:21	7	42,43	31,42
20:15:22	7	42,43	31,42
20:15:23	7	42,43	31,42
20:15:24	7	42,43	31,42
20:15:25	7	42,43	31,42
20:15:26	7	42,43	31,42
20:15:27	7	42,43	31,42
20:15:28	7	42,43	31,42
20:15:29	7	42,43	31,42
20:15:30	7	42,43	31,42
20:15:31	7	42,43	31,42

20:15:32	7	42,43	31,42
20:15:33	7	42,43	31,42
20:15:34	7	42,43	31,42
20:15:35	7	42,43	31,42
20:15:36	7	42,43	31,42
20:15:37	7	42,43	31,42
20:15:38	7	42,43	31,42
20:15:39	7	42,43	31,42
20:15:40	7	42,43	31,42
20:15:41	7	42,43	31,42
20:15:42	7	42,43	31,42
20:15:43	7	42,43	31,42
20:15:44	7	42,43	31,42
20:15:45	7	42,43	31,42
20:15:46	7	42,43	31,42
20:15:47	7	42,43	31,42
20:15:48	7	43,42	31,42

LAMPIRAN B

LISTING PROGRAM ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>
float val1,val2;
int tempPin = 0;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(A0,INPUT);
    pinMode(A1,INPUT);
    lcd.begin(16, 2);
    Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
    val1 = analogRead(A0);
    val2 = analogRead(A1);
    float mv = (val1)*500;
    float mv1 = mv/1023.0;
    mv=0;
    mv = (val2)*500;
    float mv2 = mv/1023.0;
    float mv3 = (mv1)*1.0098-0.5095;
    float mv4 = (mv2)*1.0189-0.9525;
    //float farh = (cel*9)/5 + 32;
    //Serial.print ("Suhu Panel = ");
    Serial.print (mv3);
    //Serial.println ("C");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("T.Panel= ");
```

```
lcd.print(mv3);
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("|");
Serial.println (mv4);
//Serial.println ("*C");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("T.Ling.= ");
lcd.print(mv4);
//lcd.setCursor (13,1);
//lcd.print("*C");
lcd.setCursor(0,1);
delay(1000);
}
```

LISTING PROGRAM VISUAL BASIC 2015

```
Public Class Form1
    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button2.Click
        Me.Hide()
        Form3.Show()
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button1.Click
        Me.Hide()
        Form2.Show()
    End Sub
End Class
Imports System.IO.Ports.SerialPort
Imports System.Data.OleDb
Imports System.Data
Public Class Form2
    Private myPortList As String()
    Private baudList As String() = {"300", "600", "1200",
"2400", "4800", "9600"}
```

```
Private WithEvents myserial As New IO.Ports.SerialPort
Private timer, counter As Integer
Private conString As String =
"Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;Data Source=" &
Application.StartupPath & "\Suhu.xlsx;Extended Properties =
""Excel 12.0 Xml;HDR=YES"";""
Private koneksi As System.Data.OleDb.OleDbConnection
Private perintah As System.Data.OleDb.OleDbCommand
Private recording As Boolean = False
Private suhupanel, suhuling As Double
Private timeSampling As Integer

Private Sub Form2_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles MyBase.Load
    ComboBox4.Text = Date.Now.ToShortDateString
    ComboBox5.Text = Date.Now.ToShortTimeString
    findPort()
    If (myPortList.Count >= 1) Then
        ComboBox1.Items.AddRange(myPortList)
        ComboBox1.SelectedIndex = myPortList.Count - 1
    End If
    ComboBox2.Items.AddRange(baudList)
    ComboBox2.SelectedIndex = 5
    ComboBox3.SelectedIndex = 0
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_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles ComboBox1.Click
    findPort()
    ComboBox1.Items.Clear()
    If (Not myPortList Is Nothing) Then
        ComboBox1.Items.AddRange(myPortList)
    End If
End Sub
```

```
Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button3.Click
    Chart1.Series("SUHU PANEL").Points.Clear()
    Chart1.Series("SUHU LINGKUNGAN").Points.Clear()
    counter = 0
    recording = True
    timer = 0
    Timer1.Interval = 1000
    Timer1.Start()
```

```
koneksi = New OleDbConnection
koneksi.ConnectionString = conString
Try
    koneksi.Open()
    MsgBox("Database Opened")
Catch ex As Exception
    MsgBox("1" & ex.Message)
End Try

timeSampling = CInt(ComboBox3.Text) * 60
AddHandler myserial.DataReceived, AddressOf
myserial_dataReceive
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick
    timer += 1
    Label7.Text = timer.ToString
    ComboBox4.Text = Date.Now.ToShortDateString
    ComboBox5.Text = Date.Now.ToShortTimeString
    If timer = timeSampling Then
        stop_recording()
        RemoveHandler myserial.DataReceived, AddressOf
myserial_dataReceive
    End If
End Sub
Sub stop_recording()
    Timer1.Stop()
    recording = False
    koneksi.Close()
End Sub
Sub simpan_data(pressure As String, flow As String)
    perintah = New OleDb.OleDbCommand
    With perintah
        .Connection = koneksi
        .CommandText = "INSERT INTO [Sheet1$]
([Tanggal], [Waktu], [Suhu Panel], [Suhu Lingkungan])
VALUES (" + Date.Now.ToShortDateString + ", " +
Date.Now.ToShortTimeString + ", " + suhupanel.ToString +
", " + suhuling.ToString + ")"
    End With
    Try
        perintah.ExecuteNonQuery()
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
End Sub
```

```
Private Sub myserial_dataReceive(sender As Object, e As
IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs)
    Dim dataReceive As String = myserial.ReadLine
    Me.Invoke(New oper(AddressOf olahdata), dataReceive)
End Sub
Delegate Sub oper(ByVal [data] As String)
Sub olahdata(ByVal dataIn As String)
    counter += 1
    Dim strArr() As String = dataIn.Split("|")
    'Dim pisah1 As String() = strArr(0).Split("*")
    'Dim pisah2 As String() = strArr(1).Split("*")

    'suhupanel = Val(pisah1(0))
    'suhuling = Val(pisah2(0))
    suhupanel = Val(strArr(0))
    suhuling = Val(strArr(1))

    RichTextBox1.AppendText("Suhu Panel = " +
suhupanel.ToString + " Suhu Lingkungan = " +
suhuling.ToString + vbNewLine)
    RichTextBox1.ScrollToCaret()
    Chart1.Series("SUHU PANEL").Points.AddXY(counter,
suhupanel)
    Chart1.Series("SUHU
LINGKUNGAN").Points.AddXY(counter, suhuling)
    If recording = True Then
        simpan_data(suhupanel, suhuling)
    End If
End Sub
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button1.Click
    If Not myserial.IsOpen Then
        timer = 0
        myserial.PortName = ComboBox1.Text
        myserial.BaudRate = CInt(ComboBox2.Text)
```

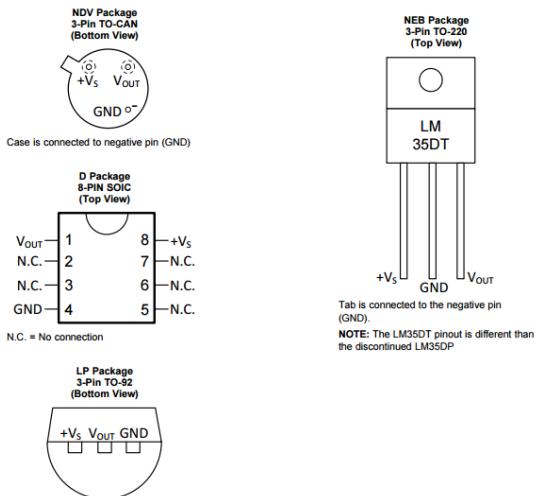
```
Try
    myserial.Open()
    counter = 0
Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.Message)
End Try
If (myserial.IsOpen) Then
    Button1.Text = "Disconnect"
End If
Else
    myserial.Close()
    If Not myserial.IsOpen Then
        Button1.Text = "Connect"
    End If
End If
End Sub
```

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

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

LAMPIRAN C

DATASHEET SENSOR LM35



- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full -55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 V to 30 V
- Less than 60- μ A Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only $\pm\frac{1}{4}$ °C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan tentang monitoring suhu pada plan panel surya menggunakan sinar cahaya lampu halogen didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang alat ukur suhu menggunakan sensor LM35, *Arduino Uno*.
2. Telah dibuat sistem monitoring suhu dan akuisisi data menggunakan sistem komunikasi *Visual Studio 2013*.
3. Pada karakterisasi lampu halogen didapat karakter lampu halogen yaitu mampu menghasilkan daya tertinggi sebesar 0,000128 Watt pada panjang gelombang 600nm (range cahaya tampak), selain itu untuk nilai irradiasi didapat semakin kecil jarak antara sumber cahaya dengan *pyranometer* maka semakin besar nilai irradiasinya.
4. Hubungan antara suhu dengan tegangan keluaran dari *photovoltaic* semakin besar suhu yang terukur maka semakin besar pula tegangan keluaran namun daya semakin menurun. Error pembacaan suhu panel adalah sebesar 0,031% dan memiliki U_{exp} sebesar $\pm 1,13$. Untuk alat ukur suhu lingkungan memiliki error pembacaan sebesar 0,06% dan ketidakpastian diperluas (U_{exp}) sebesar $\pm 1,39$.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan *charging* untuk keluaran dari *photovoltaic*.

Halaman Ini Sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Bentley, John P. 2005. *Principles of Measurement System 4th Edition.* London : Prentice Hall
- Diputra, Wibeng. 2008. *Simulator Algoritma Pendekripsi Kerusakan Modul Surya Pada Rangkaian Modul Surya.* Jakarta. Universitas Indonesia
- Helmi, Muhammad dkk. 2010. *Pemanfaatan Energi Matahari Menggunakan Solar Cell Sebagai Energi Alternatif Untuk Menggerakkan Konveyor.* Surabaya. PENS ITS
- Muchammad, Eflita Yohana. 2010. *Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Module 50 Watt Peak Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor Dengan Variasi Sudut Reflektor 00, 50°, 60°, 70°, 80°.* Semarang. Universitas Diponegoro.
- Sidopekso, Satwiko dkk. 2011. *Pengukuran I-V Dengan Menggunakan Sun Simulator Sederhana.* Jakarta. Universitas Negeri Jakarta
- The Project Need. 2015. *Exploring Photovoltaics Student Guide.* Mannasas. National Energy Education Development.
- Wibiyanti, Puspa Indah. 2008. *Kajian Pencahayaan Pada Ruangan Tertutup.* Jakarta. Universitas Indonesia.



BIODATA PENULIS

Nama lengkap penulis Indra Maya Santi yang dilahirkan di Kota Sidoarjo pada tanggal 26 Agustus 1994 dari ayah bernama Munadi dan ibu bernama Kuma'iyah. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di SDN Majoruntut III. Pada tahun 2010 penulis menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 1 Wonoayu. Tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan tingkat atas di SMAN 4 Sidoarjo. Dan pada tahun 2016 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Akuisisi Data Pada Panel Surya”**. Selama perkuliahan penulis pernah menjadi staff HMTF-ITS 2014/2015 di Departemen Komunikasi dan Informasi serta aktif menjadi Asisten Laboratorium di Laboratorium Pengukuran Fisis Teknik Fisika, FTI-ITS. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui email indramaya09@gmail.com.