



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
SUHU BIOGAS PADA *INPUT* PURIFIKASI DAN
*OUTPUT STORAGE***

**RIZKI AMALIA SURADI
NRP 2413 031 075**

**Dosen Pembimbing
Ir. Tutug Dhanardono, MT**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT - TF 145565

**DESIGN OF TEMPERATURE MONITORING
BIOGAS ON INPUT PURIFICATION DAN
OUTPUT STORAGE**

**RIZKI AMALIA SURADI
NRP 2413 031 075**

**Supervisor
Ir. Tutug Dhanardono, MT**

**DIPLOMA III METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTEMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU
BIOGAS PADA *INPUT* PURIFIKASI DAN *OUTPUT*
STORAGE**

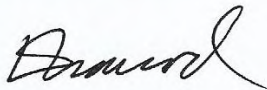
TUGAS AKHIR

Oleh :

**Rizki Amalia Suradi
NRP. 2413 031 075**

**Surabaya, 20 Juli 2016
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing



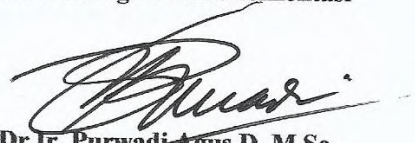
**Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
NIP: 19520613 198103 1 004**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI - ITS**



**Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1002**

**Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi**



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

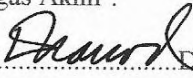
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU BIOGAS PADA *INPUT* PURIFIKASI DAN *OUTPUT* STORAGE

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 :
RIZKI AMALIA SURADI
NRP. 2413 031 075

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Tutug Dhanardono, M.T.  Dosen Pembimbing
2. Ir. Roekmono, M.T.  Ketua Tim Penguji
3. Ir. Harsono Hadi, M.T, Ph.D.  Penguji I
4. Arief Abdurrakhman, S.T., M.T.  Penguji II
5. Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T.  Penguji III

SURABAYA
20 Juli 2016

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU BIOGAS PADA *INPUT* PURIFIKASI DAN *OUTPUT* STORAGE

Nama Mahasiswa : RIZKI AMALIA SURADI
NRP : 2413 031 075
Jurusan : D III Metrologi Dan Instrumentasi,
Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing I : Ir Tutug Dhanardono., M.T

Abstrak

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikonversi menjadi energi listrik . Biogas juga perlu di ukur suhunya agar tidak terjadi *over heat* pada sistem. Oleh karena itu diperlukan suatu alat yang dapat memonitoring suhu biogas pada *input* dan *output* purifikasi. Sensor *Thermocouple* mendeteksi suhu, setelah itu hasil keluaran dari sensor-sensor tersebut masuk ke dalam ADC (*Analog To Digital Converter*) untuk mengubah pembacaan analog menjadi sinyal digital dengan menggunakan MAX6675 agar bisa diproses. Sinyal masuk ke pemrosesan sinyal pada Arduino Uno dan dimonitor dengan sistem komunikasi *Visual Studio* 2013. Pada sistem monitoring ini didapatkan *error* pembacaan suhu adalah sebesar 0,131 yaitu sebesar (0,254%) sedangkan nilai $U_{expand} = 1.1856075$ yaitu sebesar 0.00039%. Karakteristik statik dari alat ukur suhu ini antara lain resolusi=0.25, *sensitivitas* = 1,0345V/°C, $a = 0,735$ dan akurasi = 0.991 (99.009%). Jadi dapat disimpulkan bahwa alat ukur suhu ini layak digunakan karena memiliki $U_{expand} < 5\%$ dari pembacaan *standard*. Hasil pengujian suhu terendah pada *system purifikasi biogas* yaitu 32°C pada *input* dan 29.25 pada *output*, suhu tertinggi sebesar 34°C pada *input* dan 30.75 pada *output*.

Kata kunci : suhu, sensitivitas, karakteristik statik

DESIGN OF TEMPERATURE MONITORING BIOGAS ON INPUT PURIFICATION DAN OUTPUT STORAGE

Name of Student : RIZKI AMALIA SURADI
NRP : 2413 031 075
Departement : DIII Metrology and Instrumentation,
Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisor I : Ir. Tutug Dhanardono., M.T.

ABSTRACT

Biogas is one of the alternative energy sources that can be converted into electrical energy. Biogas is also necessary in measuring the temperature to avoid the over-heat on system. Therefore we need a tool which can monitor temperatures on the input and output biogas of purification. Thermocouple sensors detect temperature, then the output of the sensors entered into the ADC (Analog To Digital Converter) to convert analog readings into a digital signal using the MAX6675 to be processed. The incoming signal to the signal processing on the Arduino Uno and monitored with Visual Studio 2013 communication system. In this monitoring system temperature readings obtained error is equal to 0.131 or (0.254%), while the value $U_{\text{expand}} = 1.1856075$ or 0.00039%. Static characteristics of temperature measuring devices, among others resolution = 0:25, sensitivity = $1,0345V / ^\circ C$, $\alpha = 0,735$ and accuracy = 0.991 (99 009%). Therefore we can conclude that the temperature measuring devices is feasible to use because it has $U_{\text{expand}} < 5\%$ of the reading standard. The test results in the lowest temperature is $32^\circ C$ on biogas purification system at 29.25 at the input and output, the highest temperature of $34^\circ C$ at 30.75 at the input and output.

Keywords : temperature, sensitivity, static characteristic

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Biogas pada Input Purifikasi dan Output Storage”** dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan dan peran serta dari orangtua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Bapak Ir. Tutug Dhanardono, M.T. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Bapak Arief Abdurrahman, S.T., M.T. yang telah memberi arahan dan bimbingannya dengan tulus.
4. Bapak Dr.rer.nat.Ir. Aulia M. T. Nasution MSc selaku Dosen Wali penulis.
5. Seluruh Asisten Laboratorium Pengukuran Fisis dan Laboratorium Komputasi yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir penulis.
6. Biogas *Team* yang telah membantu pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman S1 Teknik Fisika dan D3 Metrologi dan Instrumentasi angkatan 2013 FTI-ITS.
8. Teman-teman GDGL yang selalu ada dan menemani seluruh kegiatan penulis, dari mulai pagi hingga pagi lagi.
9. Kedua orangtua dan wali penulis yang selalu memberi semangat dan masukan yang sangat membantu penulis pada saat pengerjaan laporan.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik

berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan lapiran ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 24 Juni 2016

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Suhu	7
2.2 Sistem Pengukuran	7
2.3 Karakteristik Statik	8
2.4 Analisa Ketidakpastian	12
2.5 <i>Thermocouple</i>	15
2.6 Arduino Uno	17
2.7 Visual Studio 200	19
2.8 XAMPP	20
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	23
3.1 Perancangan Dan Pembuatan Alat	23
3.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)	26
3.3 Prosedur Kalibrasi	29
3.4 Perhitungan Karkteristik Statik	30

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Analisa Data	33
4.2 Pembahasan	41
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
 DAFTAR PUSTAKA	
Lampiran A Data Kalibrasi Suhu pada <i>range</i> 30°C-60°C	
Lampiran B Data Ketidakpastian	
Lampiran C Pengujian Suhu Pada sistem purifikasi biogas	
Lampiran D <i>Listing Program</i> pada Arduino	
Lampiran E <i>Listing Program</i> pada <i>Visual Studio</i> 2013	
Lampiran F Datasheet MAX6675	
Lampiran G Datasheet Arduino	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Blok	7
Gambar 2.2	Karakteristik output instrumen linier	9
Gambar 2.3	Grafik non linieritas	10
Gambar 2.4	Penjelasan Akurasi dan Presisi	11
Gambar 2.5	Tabel <i>T-student</i>	15
Gambar 2.6	<i>Thermocouple</i> tipe k	16
Gambar 2.7	Arduino Uno	18
Gambar 2.8	Visual Studio 2013	19
Gambar 2.9	Software XAMPP	20
Gambar 2.10	Software mySQL	21
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Perancangan Alat	23
Gambar 3.2	Diagram Blok Alat ukur Suhu	24
Gambar 3.3	Rangkaian sensor <i>Thermocouple</i>	25
Gambar 3.4	Software Arduino	26
Gambar 3.5	<i>Software</i> Visual Studio 2013	27
Gambar 3.6	<i>Software</i> XAMPP	28
Gambar 3.7	<i>Display</i> Hasil pengukuran pada Visual Studio 2013	28
Gambar 3.8	Database suhu	29
Gambar 4.1	Perbandingan Suhu STD dan Alat	34
Gambar 4.2	Temperature pada sistem purifikasi	40
Gambar 4.3	Sistem Monitoring Suhu	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konfigurasi Termokopel dengan Arduino	18
Tabel 4.1 Hasil Data Pengujian Suhu Input Biogas	33
Tabel 4.2 Ketidakpastian Pembacaan <i>Temperature</i>	35
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Ketidakpastian <i>Temperature</i>	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan penggunaan energi semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk yang ada di Indonesia. Energi fosil masih menjadi energi dominan yang diproduksi di Indonesia. Dari total 2.824,5 kalau produksi energi pada 2012, peran energi fosil mencapai 85%, sedikit lebih rendah dibandingkan dengan porsi energi fosil pada periode sebelumnya sebesar 86% dari total produksi energi, sisanya adalah produksi yang berasal energi terbarukan (Kementerian ESDM, 2013). Indonesia, sebagai negara dengan kelimpahan sumber daya spesies flora dan fauna yang keduanya sumber biomassa (biomass), ditengah ancaman defisit energi sesungguhnya menyimpan potensi energi yang melimpah dan terbarukan yakni biogas. Biomassa adalah materi organik berusia relatif muda yang berasal dari makhluk hidup atau produk dan limbah industri budidaya (pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan dan perikanan). Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik (dalam lingkungan tanpa oksigen) oleh bakteri-bakteri metanogen. Pada tahun 2009, populasi sapi potong nasional tercatat sebesar 12,6 juta ekor. Melalui program swasembada daging sapi (PSDS), pemerintah berupaya meningkatkan populasi ternak sapi mencapai 14,2 juta ekor pada tahun 2014 untuk dapat mencukupi 90-95% dari permintaan daging nasional. Sejalan dengan PSDS, provinsi Nusa Tenggara Barat juga mencanangkan program NTB Bumi Sejuta Sapi (NTB-BSS) yang menargetkan peningkatan populasi dari 546.114 ekor pada tahun 2009

menjadi sekitar 1 juta ekor pada tahun 2013 atau total penambahan populasi sebanyak setengah juta ekor. Peningkatan populasi ternak sapi secara nasional dan regional akan meningkatkan limbah yang dihasilkan. Limbah ternak merupakan sisa buangan dari suatu kegiatan usaha meliputi : limbah padat dan cair seperti feses, urine dan sisa pakan. Semakin besar skala usaha, limbah yang dihasilkan semakin banyak. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan tercatat bahwa satu ekor sapi rata-rata menghasilkan kotoran rata-rata 10-25 kg/hari. Apabila dalam satu kandang kolektif dipelihara sebanyak 100 ekor sapi maka kotoran yang dapat dikumpulkan adalah 2.500 kg. Namun sampai saat ini kotoran sapi yang dihasilkan umumnya dibuang ke saluran air (Reza Phalevi, 2014). Oleh karena itu perlu penanganan khusus untuk limbah kotoran sapi ini, yaitu mengolahnya menjadi bahan dasar biogas.

Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Gas tersebut dapat dihasilkan melalui proses penumpukan kotoran ternak yang juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Unsur-unsur utama biogas diantaranya metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), beberapa unsur lain seperti amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), dan oksigen (O_2). Komposisi biogas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik biasanya sekitar 60 - 70 % CH_4 , sekitar 30 - 40% CO_2 , kurang dari 1% N_2 , dan sekitar 10 - 2000 ppm H_2S (Osorio & Torres, 2009). Kualitas biogas sendiri ditentukan dari gas metana yang dihasilkan, karena semakin besar kandungan gas metana suatu biogas maka semakin besar juga energi yang dihasilkan, namun jika kandungan gas metananya sedikit,

maka energi yang dihasilkan juga sedikit. Untuk meningkatkan kualitas biogas tersebut, maka dilakukan proses purifikasi atau pemurnian biogas. Proses purifikasi biogas telah dilakukan dengan berbagai metode, seperti pada metode proses absorpsi reaktif H_2S pada biogas dengan menggunakan larutan katalis Fe-EDTA (Zaky, 2009) menghasilkan efisiensi reduksi H_2S hingga 80,63%. Metode Purifikasi Biogas sistem kontinu menggunakan zeolit menghasilkan gas CH_4 74,8% dan hanya menghasilkan CO_2 21,5% (Sugiarto, 2013). Dan ada juga metode purifikasi dengan menggunakan ferrioksida sebagai penggosok biogas (Gordon Hirts, 2013). Adapun metode menggunakan CaO sebagai absorber yang digabung dengan *water scrubber* pada biogas sebagai pendukung dalam reduksi CO_2 , H_2S , dan PM (Abdurrahman, 2014). Hasil dari metode tersebut yaitu efisiensi reduksi kadar H_2S sebesar 98,24%, CO_2 mencapai 20,68%, dan peningkatan kadar methana sampai konsentrasi sekitar 65% pada biogas hasil purifikasi. Kekurangan dari metode tersebut yaitu efisiensi reduksi CO_2 yang hanya 20,68%, sehingga kurang efektif untuk biogas yang banyak mengandung CO_2 . Oleh karena itu pada penelitian ini akan digunakan metode absorpsi dengan *water scrubber* dengan sistem pendingin air untuk mengoptimasi konsentrasi CH_4 , mereduksi CO_2 dan H_2S .

Biogas yang sudah terpurifikasi akan dialirkan ke tabung mixing. Untuk proses selanjutnya yaitu biogas hasil purifikasi di mixing dengan hidrogen hasil elektrolisis. *Outputan* tersebut akan di masukan ke *storage* sebelum masuk ke generator biogas yang akan di ubah menjadi listrik. Sebelum masuk pada proses mixing biogas perlu di ukur suhunya untuk perhitungan pada tabung mixing dan sebelum masuk generator, biogas juga perlu di ukur suhunya

agar tidak terjadi *over heat* pada generator. Oleh karena itu diperlukan suatu alat yang dapat memonitoring suhu biogas pada *input* tabung mixing dan *input* generator agar dapat memperpanjang umur generator. Untuk mengetahui suhu pada plant dibutuhkan sensor suhu Termokopel tipe k yang peka terhadap suhu. Dan untuk tampilan indeks pada data yang dikirim ke PC/Notebook menggunakan tampilan visual basic, sedangkan pada alat menggunakan LCD yang sebelumnya diproses oleh mikrokontroler. Sistem ini diharapkan mampu memberikan kemudahan dalam memonitoring suhu pada generator. Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan dan pembuatan alat monitoring suhu generator dengan sensor Termokopel tipe k diimplementasikan pada sebuah miniplant berbasis mikrokontroler. Hasil dari monitoring suhu dapat langsung diketahui secara cepat dalam satuan $^{\circ}\text{C}$.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini yaitu :

1. Bagaimana perancangan sistem monitoring temperatur *input* dan *output* biogas pada pipa?
2. Bagaimana prinsip kerja sistem monitoring temperatur *input* dan *output* biogas pada pipa?
3. Bagaimana analisis hasil pengujian monitoring temperatur pada *input* dan *output* sistem purifikasi biogas?

1.3 Tujuan

Tujuan tugas akhir kali ini yaitu :

1. Menghasilkan rancangan alat sistem monitoring temperatur *input* dan *output* biogas pada pipa.

2. Mengetahui prinsip kerja sistem monitoring temperatur *input* dan *output* biogas pada pipa.
3. Mengetahui hasil kerja sistem monitoring temperatur pada *input* dan *output* sistem purifikasi biogas.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Alat yang dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi untuk mengukur suhu.
2. Komponen dari alat ini adalah Thermocouple tipe k sebagai sensor suhu, arduino sebagai data program, *software* Visual Studio 2013 yang berfungsi sebagai sistem komunikasi monitoring suhu.
3. *Supply* daya yang digunakan sebesar 5 volt.

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai sistem monitoring suhu dengan menggunakan sistem komunikasi Visual Studio 2013.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

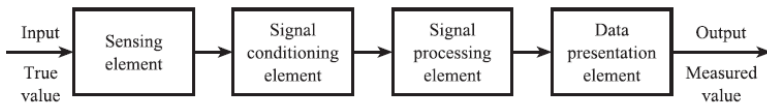
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suhu

Suhu atau temperature merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas suatu benda. Dimana semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda tersebut maka semakin tinggi pula suhunya. Suhu dapat dinyatakan dalam 4 macam besaran yaitu °Celcius, °Kelvin, °Fahnreheit dan °Reamur.

2.2 Sistem Pengukuran

Secara umum, sistem pengukuran disusun atas beberapa tahap, dan tahapan tersebut dijelaskan dengan diagram blok. Diagram blok sistem pengukuran terdiri atas empat aspek utama, yaitu *sensing element*, *signal conditioning element*, *signal processing element* dan *data presentationelement*. Berikut ini penjelasan dari diagram blok sistem pengukuran.



Gambar 2.1 Blok diagram sistem pengukuran (*Bentley, 2005*)

Berdasarkan blok diagram 2.1, 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.

2.3 Karakteristik Alat Ukur

Setiap Instrumen ukur mempunyai karakteristik yang melekat padanya. Terdapat dua karakteristik instrument ukur yang digunakan, yaitu karakteristik statik dan karakteristik dinamik.

2.3.1 Karakteristik Statik Alat ukur

Karakteristik statis instrumen merupakan hubungan antara *output* sebuah elemen (instrumen) dengan *inputnya* ketika *inputnya* konstan maupun berubah perlahan. Karakteristik statis tidak bergantung pada waktu. Yang termasuk dalam karakteristik statis adalah range, linieritas, sensitivitas, resolusi, akurasi, presisi, toleransi.

a. Range

Range adalah nilai minimum hingga maksimum suatu elemen. Range terdiri dari range *input* dan range *output*. Misalnya *thermocouple* mempunyai range *input* 0° C - 250° C dan *output* range 5-20 mV.

b. Span

Span merupakan selisih nilai maksimum dengan nilai minimum. Span terdiri dari span *input* dan span *output*. Contoh, *thermocouple* yang mempunyai range *input* 0° C-250° C dan range *output* 5-20 mV span *inputnya* 250° C, span *outputnya* 15 mV.

c. *Linieritas*

Pengukuran dapat dikatakan ideal saat hubungan antara *input* pengukuran (nilai sesungguhnya) dengan *output* pengukuran (nilai yang ditunjukkan oleh alat) berbanding lurus. Linieritas merupakan hubungan nilai *input* dan *output* alat ukur ketika terletak pada garis lurus. Garis lurus ideal merupakan garis yang menghubungkan titik minimum *input/output* dengan titik maksimum *input/output*. Berikut merupakan persamaannya:

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad (2.1)$$

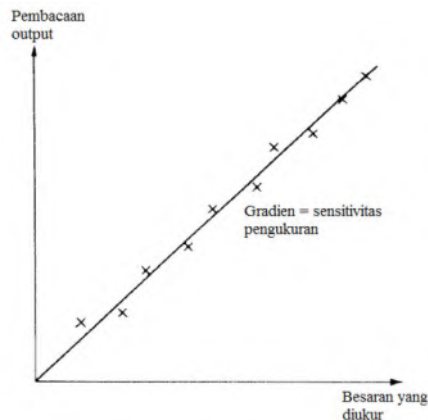
Dengan K adalah kemiringan garis, dapat diketahui melalui persamaan:

$$K = \frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \quad (2.2)$$

Dan a adalah pembuat nol (*zero bias*), dapat dihitung dengan persamaan:

$$a = O_{\text{min}} - KI_{\text{min}} \quad (2.3)$$

Berikut merupakan grafik karakteristik statis linier suatu instrumen:



Gambar 2.2 Karakteristik *output* instrumen linier

d. *Non – Linieritas*

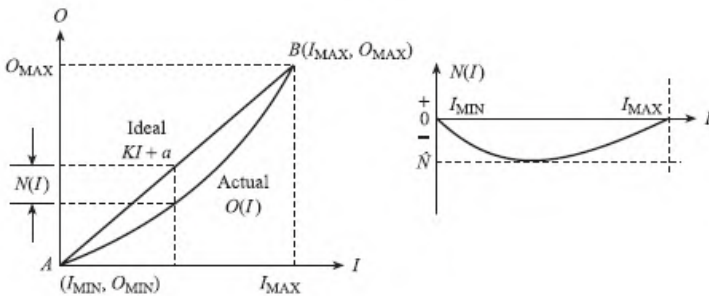
Dalam beberapa keadaan, bahwa dari persamaan linieritas muncul garis yang tidak lurus yang biasa disebut *non-linier* atau tidak linier. Didalam fungsi garis yang tidak linier ini menunjukkan perbedaan antara hasil pembacaan *actual* / nyata dengan garis lurus idealnya. Dengan persamaan sebagai berikut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

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

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

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

Prosentase maksimum Nonlinieritas dari defleksi skala penuh = $\frac{\hat{N}}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\%$ (2.6)



Gambar 2.3 Grafik non-linieritas (Bentley, 2005)

e. *Sensitivitas*

Sensitivitas diartikan seberapa peka sebuah sensor terhadap besaran yang diukur. Sensitivitas juga bisa diartikan sebagai perubahan *output* alat dibandingkan perubahan *input* dalam satu satuan. Sebagai contoh timbangan dengan kapasitas 700g mempunyai sensitivitas 1mg. Ini berarti timbangan dapat digunakan untuk mengukur hingga 700g dengan perubahan terkecil yang dapat terbaca sebesar 1mg.

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

f. Resolusi

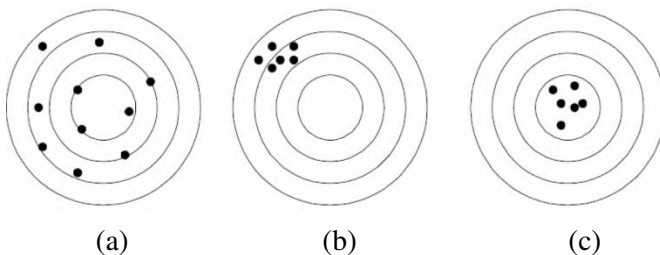
Resolusi merupakan perubahan terbesar dari *input* yang dapat terjadi tanpa adanya perubahan pada *output*. Suatu alat ukur dapat dikatakan mempunyai resolusi tinggi saat mampu mengukur dengan ketelitian yang lebih kecil. Misalkan, alat ukur yang mampu mengukur perubahan dalam mV mempunyai resolusi yang lebih tinggi dibanding alat ukur yang mengukur perubahan dalam skala volt.

g. Akurasi

Akurasi merupakan ketepatan alat ukur untuk memberikan nilai pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya. Karena pada eksperimen nilai sebenarnya tidak pernah diketahui oleh sebab itu diganti dengan suatu nilai standar yang diakui secara konvensional. Contohnya termometer dengan skala 0°-150°C mempunyai akurasi 1°C, ini berarti jika termometer menunjukkan nilai 80°C maka nilai sebenarnya adalah 79°C-81°C.

h. Presisi

Presisi adalah kemampuan instrument/elemen untuk menampilkan nilai yang sama pada pengukuran berulang singkat.



Gambar 2.4 Penjelasan Akurasi dan Presisi (a) akurasi rendah, presisi rendah (b) akurasi rendah, presisi tinggi (c) akurasi tinggi presisi tinggi

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 :

$$\sigma = \text{Standartdeviasi koreksi}$$

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 :

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

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

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

$$Y_{reg} = a + (bx_i) \quad (2.12)$$

$$a = \bar{y}_i + (bx_i) \quad (2.13)$$

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

Dimana :

t_i = Pembacaan standar

x_i = Pembacaan alat

y_i = Nilai koreksi

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

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

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

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).

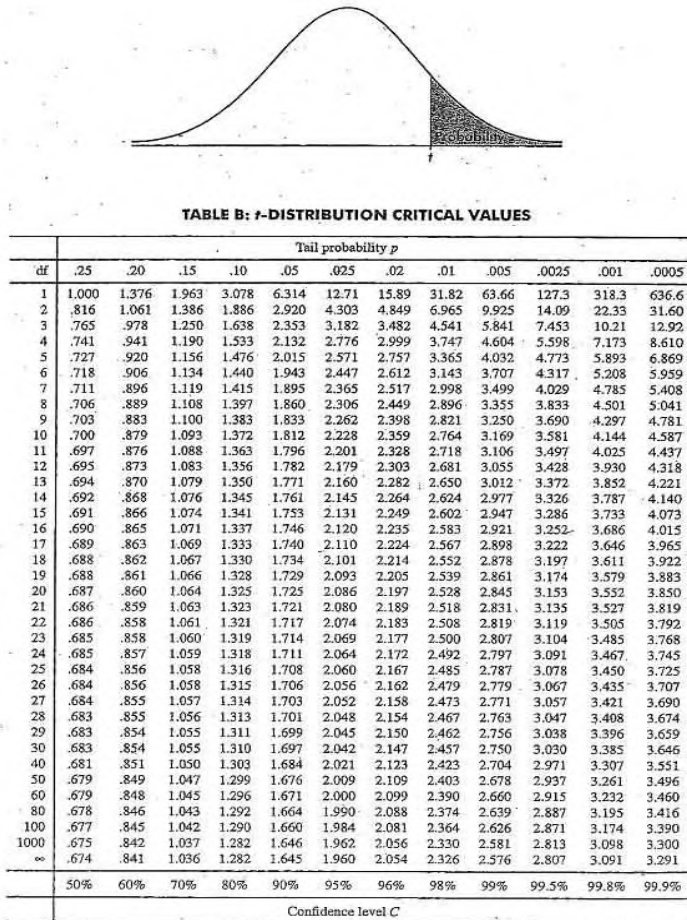
$$U_{exp} = k \times U_c \quad (2.20)$$

Dimana :

k = Faktor cakupan

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

Untuk mencari nilai k , maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level* 95%. Tabel T student dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Tabel T -student

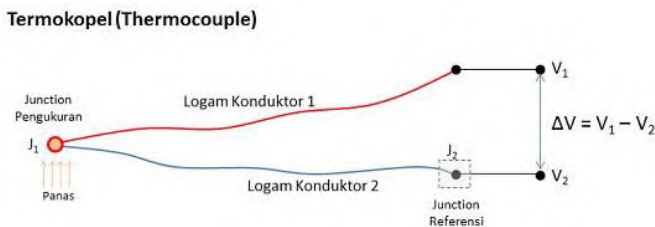
2.5 Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (Voltase). *Thermocouple* yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C

Thermocouple merupakan sensor yang mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dimana sensor ini dibuat dari sambungan dua bahan metallic yang berlainan jenis. Sambungan ini dikomposisikan dengan campuran kimia tertentu, sehingga dihasilkan beda potensial antar sambungan yang akan berubah terhadap suhu yang dideteksi.

Prinsip Kerja *Thermocouple*

Prinsip kerja *Thermocouple* cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya *Thermocouple* hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada *Thermocouple* akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. Untuk lebih jelas mengenai Prinsip Kerja *Thermocouple*, bisa lihat gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Thermocouple* tipe k

Berdasarkan Gambar diatas, ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1 \mu\text{V} - 70 \mu\text{V}$ pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.

2.6 Arduino

Arduino uno merupakan papan mikrokontroler yang di didalamnya tertanam *microcontroller* dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya. Untuk *microcontroller* yang digunakan pada arduino uno sendiri jenis ATmega328, sebagai otak dari pengendalian sistem alat. Arduino uno sendiri merupakan kesatuan perangkat yang terdiri dari berbagai komponen elektronika dimana penggunaan alat sudah dikemas dalam kesatuan perangkat yang dibuat oleh pemroduksi untuk di perdagangan. Dengan arduino uno dapat dibuat sebuah sistem atau perangkat fisik menggunakan *software* dan *hardware* yang sifatnya interaktif, yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. Konsep untuk memahami hubungan yang manusiawi antara lingkungan yang sifat alaminya adalah analog dengan dunia digital, disebut dengan *physical computing*. Pada prakteknya konsep ini diaplikasikan dalam desain alat atau projek-projek yang menggunakan sensor dan *microcontroller* untuk menerjemahkan *input* analog ke dalam

sistem software untuk mengontrol gerakan alat-alat elektro-mekanik.

Arduino dikatakan *open source* karena sebuah *platform* dari *physical computing*. *Platform* di sini adalah sebuah alat kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan IDE (*Integrated Development Environment*) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*. Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Gambar Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Arduino Uno

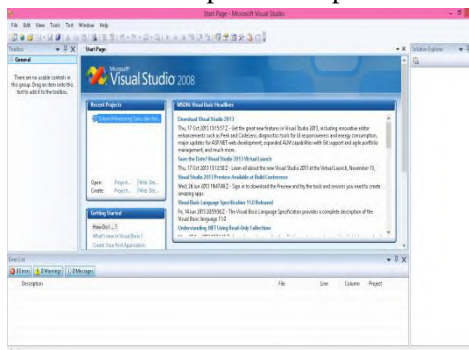
Pada tugas akhir ini arduino berfungsi sebagai pengolah data yang digunakan pada alat ukur suhu dan kelembaban. Sehingga data yang dihasilkan oleh *Thermocouple* maka akan diproses lebih lanjut ke Arduino. Berikut ini adalah tabel koneksi dari *Thermocouple* ke Arduino.

Tabel 2.1 Konfigurasi *Thermocouple* dengan Arduino

Arduino	<i>Thermocouple</i>
VCC	VCC
GND	GND
2	SO
3	CS
4	CLK
VCC	VCC
GND	GND
5	SO1
6	CS1
7	CLK1

2.7 Visual Studio 2013

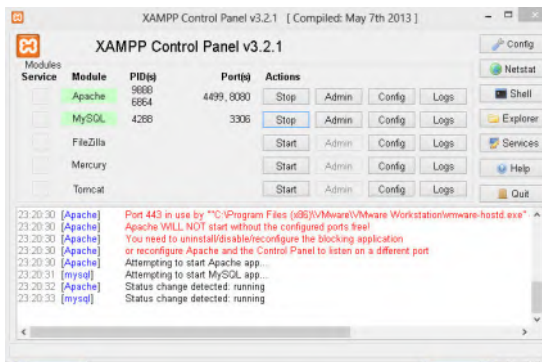
Program Visual Basic Net 2013 merupakan produksi dari Microsoft Corp dimana program ini merupakan program yang berorientasi objek, selain itu di dalam program ini juga terdapat program Java dan C++. Aplikasi dan komponen yang ditulis pada *software* VBNet 2013 memiliki akses penuh ke *Net Framework*. *Software* Visual studio 2013 dapat dilihat pada Gambar 2.8

**Gambar 2.8** Visual Studio 2013

Net Framework merupakan suatu kumpulan *library* yang telah terorganisir yang berguna sebagai fasilitas sistem dan aplikasi. Pada Tugas Akhir ini *software* Visual Studio 2013 berfungsi sebagai bahasa komunikasi untuk mengintegrasikan hasil pengukuran dari Alat ukur Suhu dan kelembaban dengan PC (*Personal Computer*) sehingga melalui *software* ini dapat dilakukan sistem monitoring suhu dan kelembaban pada *solar tracking system*.^[10]

2.8 XAMPP

XAMPP merupakan sebuah *tool* yang menyajikan *software* dalam satu paket, yaitu X (empat system operasi apapun), Apache, MySQL, PHP, Perl. Dimana Apache berisi tentang webserver, MySQL berisi tentang database, PHP berisi tentang *server side scripting*, Perl, FTP server, phpMyAdmin dan berbagai *software* lainnya. Dengan adanya XAMPP maka keempat paket tersebut akan terinstal dan akan terkonfigurasi secara otomatis. *Software* XAMPP dapat dilihat pada Gambar 2.9

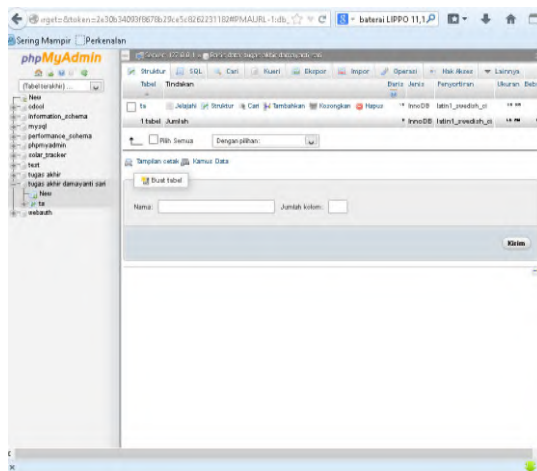


Gambar 2.9 *Software* XAMPP

Apache merupakan *software* yang bersifat *open source*, sehingga setiap orang bisa memakai, mengunduh ataupun mengubah kode dari programnya. Apache bertugas untuk menghasilkan halaman web yang benar sesuai kode PHP yang telah ditulis oleh pembuat.

PHP dapat dijalankan pada berbagai macam *Operating System*, seperti Windows, Mac OS dan Linux. Database pada PHP dapat menghasilkan halaman web yang dinamis. PHP sering digunakan bersamaan dengan MySQL.

MySQL merupakan sistem manajemen database yang diletakkan pada setiap tabel dan kolom yang berbeda sehingga database akan lebih mudah dikelola dan dimanipulasi dengan cepat. MySQL berfungsi untuk menambahkan, mengubah dan menghapus data yang berada dalam database yang telah dibuat. *Software* MySQL dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 *Software* MySQL

PhpMyAdmin merupakan *tool* untuk mengelola database dengan cara mengetikkan baris perintah yang sesuai dengan

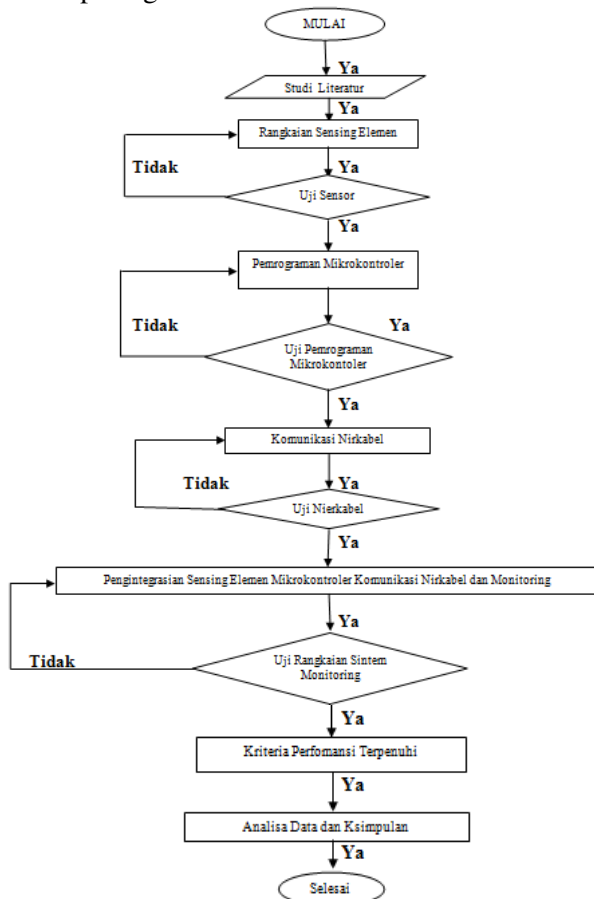
command line berdasarkan maksud dari yang diinginkan oleh pembuat *database*. Tabel dapat dibuat dengan cara mengisi data dan lain-lain dengan mudah tanpa perlu menghafalkannya pada PhpMyAdmin. PhpMyAdmin dapat diaktifkan dengan cara XAMPP harus terinstall terlebih dahulu, Apache dan MySQL diaktifkan, kemudian browser dijalankan dengan membuka *webpage* berikut <http://localhost/phpmyadmin/> pada address bar lalu tekan Enter. Setelah interface muncul, maka phpMyAdmin dapat dimulai dengan mengetik databasenya.

Perl sering digunakan dalam program-program CGI (*Common Gateway Interface*) dan berbagai macam protokol internet yang lainnya.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

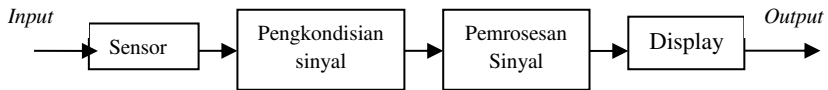
3.1 Perancangan Dan Pembuatan Alat

Pada perancangan alat ini terdapat *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart* Perancangan Alat

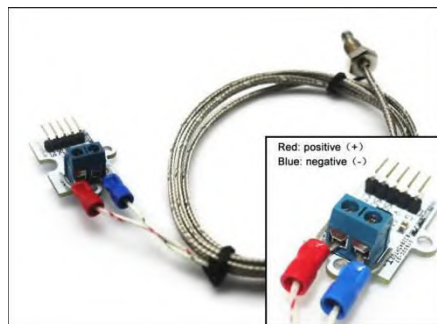
Pada perancangan sistem monitoring suhu ini terdapat diagram blok untuk merancang alat ukur suhu yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok Alat Ukur Suhu

Diagram blok tersebut menjelaskan mengenai alur pengukuran yang dilakukan oleh sensor. Mulai dari *input*, sensor (*sensing element*), pengkondisian sinyal (*signal conditioning element*), pemrosesan sinyal (*signal processing element*), dan penampil data (*data presentation element*). Prinsip kerja *Thermocouple* cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya *Thermocouple* hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada *Thermocouple* akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1\ \mu\text{V} - 70\ \mu\text{V}$ pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat

dimengerti. Setelah itu keluaran dari sensor *thermocouple* masuk ke modul MAX6675. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi suhu maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperature pada bagian yang lain. MAX6675 dapat melakukan koreksi atas perubahan pada temperature ambient dengan kompensasi *cold-junction*. Device mengkonversi temperature ambient yang terjadi ke bentuk tegangan menggunakan sensor temperature diode. Untuk dapat melakukan pengukuran actual, MAX6675 mengukur tegangan dari *output thermocouple* dan tegangan dari sensing diode. *Performance optimal* MAX6675 dapat tercapai pada waktu *thermocouple* bagian *cold-junction* dan MAX6675 memiliki temperature yang sama. Hal ini untuk menghindari penempatan komponen lain yang menghasilkan panas didekat MAX6675. Gambar 3.3 adalah gambar *thermocouple* tipe k dan modul MAX6675.



Gambar 3.3 *Thermocouple* dan MAX6675

Setelah itu data masuk ke pemrosesan sinyal dimana yang berfungsi sebagai pemroses sinyal adalah Arduino Uno. Pada arduino ini dibuat program agar data pengukuran suhu bisa ditampilkan.

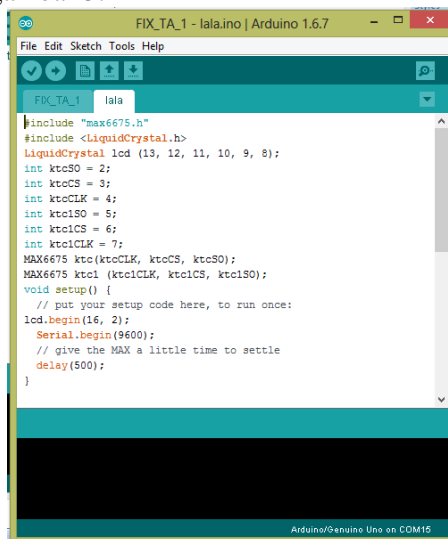
3.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pada perancangan alat ini terdapat dua *software* yang digunakan untuk dapat menampilkan hasil data pengukuran suhu dan kelembaban, yaitu *software* Arduino 1.0.5 dan Visual Studio 2013.

3.2.1 *Software* Arduino 1.0.5

Software ini berfungsi untuk mengintegrasikan data pengukuran pada Arduino Uno dengan LCD 4x20 agar dapat didisplaykan. Pada *software* ini berisi program yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran *Thermocouple*. Pada *software* ini juga berisi program untuk menyalakan LCD. Jika pada saat program yang telah dibuat *dirunning* tidak ada *error* maka program dapat berjalan.

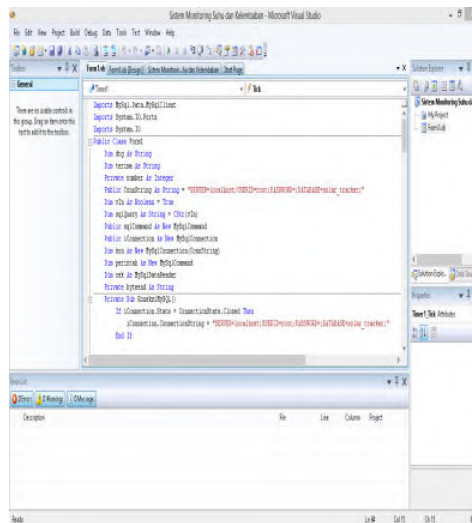
Berikut ini adalah gambar dari *software* Arduino 1.0.5 dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 *Software* Arduino 1.0.5

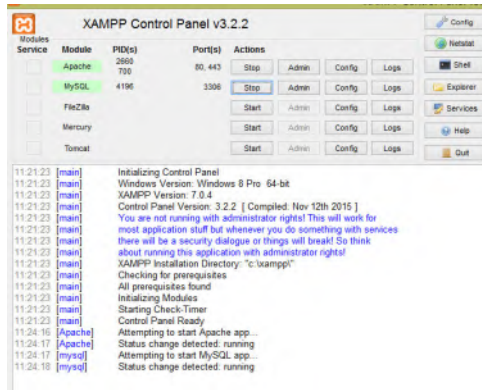
3.2.2 Software Visual Studio 2013

Software ini digunakan untuk komunikasi antara Arduino Uno dengan PC (*Personal Computer*) sehingga data pengukuran dapat dipantau pada PC karena semua data pengukuran telah masuk ke database dan dapat dilihat secara *online monitoring*. Berikut ini adalah gambar *software visual studio 2013* dapat dilihat pada gambar 3.5



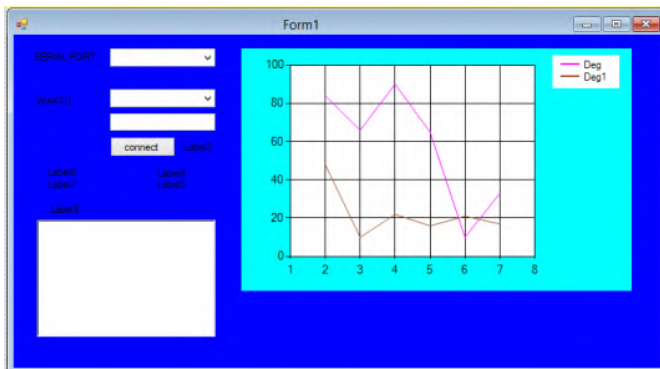
Gambar 3.5 *Software Visual Studio 2013*

Setelah membuat *listing program* pada *software Visual Studio 2013* langkah selanjutnya adalah menyalakan *software XAMPP* terlebih dahulu agar dapat menyimpan hasil data pengukuran pada database suhu. Apache dan MySQL harus diaktifkan. *Software XAMPP* dapat dilihat pada gambar 3.6.



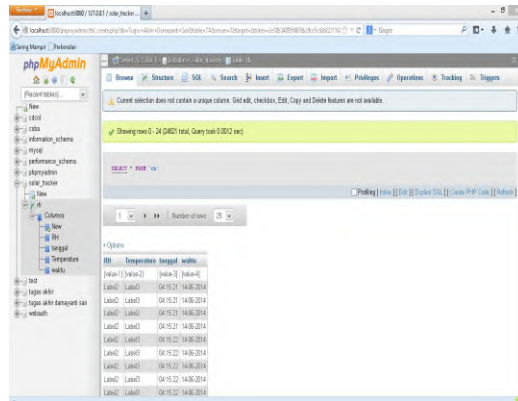
Gambar 3.6 *Software XAMPP*

Setelah itu masuk ke sistem monitoring dengan menggunakan sistem komunikasi Visual Studio 2013 melalui media ini hasil pengukuran suhu dan kelembaban dapat ditampilkan, dimana suhu dinyatakan dalam besaran $^{\circ}\text{C}$ dan Relative Humidity dinyatakan dalam besaran %. *Display* hasil pengukuran pada dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 *Display Hasil Pengukuran Pada Visual Studio 2013*

Setelah *software* XAMPP diaktifkan, maka membuka <http://localhost:8080/phpmyadmin> pada mozilla firefox. Database dari Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Database Suhu

3.2.2 Software Visual Studio 2013

Software ini digunakan untuk komunikasi antara Arduino Mega2560 dengan PC (*Personal Computer*) sehingga data pengukuran dapat dipantau pada PC karena semua data pengukuran telah masuk ke database dan dapat dilihat secara *online monitoring*.

3.3 Prosedur Kalibrasi

a. Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan dalam mengkalibrasi alat ukur suhu dan kelembaban antara lain:

1. Termometer digital Instrument sebagai alat ukur standard Suhu
2. Alat ukur suhu
3. Alat tulis

b. Prosedur kalibrasi

Setelah alat ukur Suhu jadi, maka langkah selanjutnya adalah mengkalibrasi dengan alat ukur standard, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Peralatan yang dibutuhkan dipersiapkan
2. *Range* pengukuran suhu dan kelembaban ditentukan
3. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap titik
4. Hasil pembacaan data dari alat ukur standard dan alat ukur dicatat dalam waktu yang bersamaan
5. Koreksi pengukuran dihitung dengan cara pembacaan standard-pembacaan alat
6. *Standard deviasi* dihitung, dengan rumus sebagai berikut:

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

dimana :

D_i = koreksi alat ukur

D' = rata-rata koreksi

n = Banyak range pengukuran

7. Ketidakpastian U_{a1} dihitung dengan persamaan:

$$U_{a1} = \frac{\sigma_{maks}}{\sqrt{n}}$$

8. Ketidakpastian U_{a2} dihitung dengan persamaan:

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

9. Ketidakpastian U_{b1} dihitung dengan persamaan:

$$U_{b1} = \frac{Resolusi/2}{\sqrt{3}}$$

10. Ketidakpastian U_{b2} dihitung dengan persamaan:

$$U_{b2} = \frac{a}{k}$$

Dimana :

k = faktor cakupan

11. Ketidakpastian kombinasi, U_c dihitung dengan persamaan:

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

12. Ketidakpastian diperluas, U_{expand} dihitung dengan persamaan:

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

Untuk memperoleh hasil perhitungan di atas, maka dihitung faktor lainnya, yaitu:

- Derajat kebebasan (v), dengan persamaan sebagai berikut:
 $V = n - 1$,
 dimana n = banyaknya pengukuran yang dilakukan.
- Faktor cakupan, k diperoleh dari *table T-student's*

3.4 Perhitungan Karakteristik Statik

a. Sensitivitas

Sensitivitas dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{sensitivitas} = \frac{(\text{Max pembacaan alat} - \text{Min pembacaan alat})}{(\text{Max pembacaan std} - \text{Min pembacaan std})}$$

b. a

a dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$a = (\text{Min pembacaan std} - (\text{sensitivitas} \times \text{Min pembacaan alat}))$$

c. Oideal

Oideal dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$O_{\text{ideal}} = (\text{sensitivitas} \times \text{pembacaan alat}) + a$$

d. Linearitas

Linearitas dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{linearitas} = ((\text{Max Oideal})/(\text{Max pembacaan alat}) - \text{Min pembacaan alat} * 100\%)$$

e. Akurasi

Akurasi dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = 1 - \text{Rata - Rata} \frac{(\text{pembacaan std} - \text{pembacaan alat})}{\text{pembacaan std}}$$

f. Akurasi (%)

Akurasi (%) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi (\%)} = 100 - (\text{Akurasi} * 100\%)$$

BAB IV

HASIL ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Pada Tugas Akhir Sistem Monitoring Suhu pada sistem purifikasi biogas dilakukan pengambilan data suhu *input* biogas dan *output* biogas. Berikut ini adalah pengambilan datanya. antara lain:

4.1.1 Pengujian alat ukur

A. Pengujian *Temperature* dengan *range* 30°C-50°C

Pengujian suhu pada *Thermocouple* tipe k dengan *range* 30°C-50°C dibandingkan dengan alat ukur *standard* Termometer digital Instruments dimana setiap titik pengukuran diukur sebanyak 5 kali. Data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.1

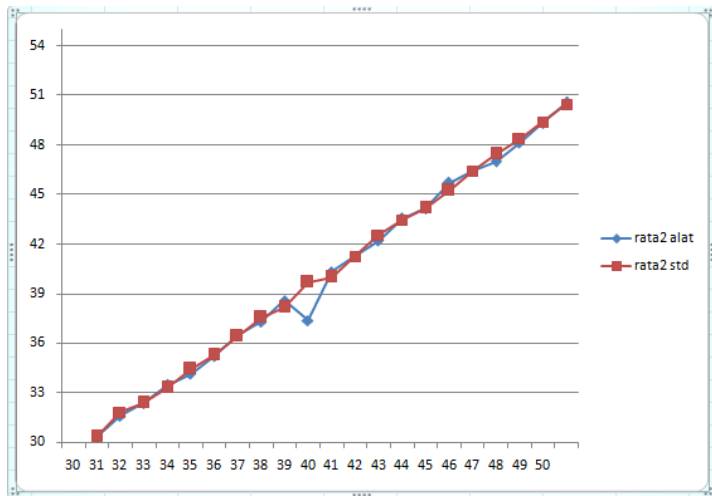
Tabel 4.1 Hasil Data Pengujian Suhu *Input* Biogas

No.	Suhu	Rata2 alat	Rata2 std	koreksi	Error
			(t)	(Y)	%
1	30	30,3	30,34	0,04	0,13183916
2	31	31,6	31,82	0,22	0,69138906
3	32	32,35	32,38	0,03	0,09264978
4	33	33,45	33,3	-0,15	0,45045045
5	34	34,15	34,44	0,29	0,84204413
6	35	35,2	35,28	0,08	0,22675737
7	36	36,45	36,42	-0,03	0,08237232
8	37	37,3	37,56	0,26	0,69222577
9	38	38,6	38,172	-0,428	-1,1212407
10	39	37,4	39,7	2,3	5,79345088
11	40	40,35	40,006	-0,344	0,85987102
12	41	41,25	41,27	0,02	0,04846135

Tabel Lanjutan 4.1 Hasil Data Pengujian Suhu Intut Biogas

13	42	42,2	42,56	0,36	0,84586466
14	43	43,6	43,48	-0,12	0,27598896
15	44	44,15	44,19	0,04	0,09051822
16	45	45,7	45,248	-0,452	0,99893918
17	46	46,45	46,46	0,01	0,02152389
18	47	47	47,466	0,466	0,98175536
19	48	48,15	48,394	0,244	0,50419473
20	49	49,35	49,426	0,076	0,15376522
21	50	50,6	50,492	-0,108	0,21389527
Rata2		40,26666667	40,40019	0,133524	0,33874675
Jumlah		845,6	848,404	2,937524	

Dari hasil pengukuran pada Tabel 4.1 maka dapat dilihat dalam bentuk grafik dan diketahui besar regresi linearnya. Grafik dari hasil pengukuran suhu dapat dilihat Gambar 4.1.

**Gambar 4.1** Perbandingan Suhu STD dan Alat

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa hubungan antara suhu standart dan alat tidak berbeda jauh. Hasil perhitungan Ketidakpastian *Temperature* dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Ketidakpastian Pembacaan *Temperature*

No.	Suhu	Ti ²	Ti*yi	Yreg	residu	Square residual	Y ²
1	920,5156	1,2136	0,135491	0,09549	0,0091186	0,0016	920,5156
2	1012,5124	7,0004	0,135202	0,084798	0,0071908	0,0484	1012,5124
3	1048,4644	0,9714	0,135092	0,10509	0,0110444	0,0009	1048,4644
4	1108,89	-4,995	0,134912	0,28491	0,081175	0,0225	1108,89
5	1186,1136	9,9876	0,134689	0,155311	0,0241214	0,0841	1186,1136
6	1244,6784	2,8224	0,134525	0,05453	0,002973	0,0064	1244,6784
7	1326,4164	-1,0926	0,134302	-0,1643	0,0269952	0,0009	1326,4164
8	1410,7536	9,7656	0,134079	0,125921	0,015856	0,0676	1410,7536
9	1457,1016	16,3376	0,13396	-0,56196	0,3157985	0,183184	1457,1016
10	1576,09	91,31	0,133661	2,166339	4,6930258	5,29	1576,09
11	1600,48	13,7621	0,133601	-0,4776	0,2281026	0,118336	1600,48
12	1703,2129	0,8254	0,133354	-0,11335	0,0128491	0,0004	1703,2129
13	1811,3536	15,3216	0,133101	0,226899	0,051483	0,1296	1811,3536
14	1890,5104	-5,2176	0,132922	-0,25292	0,0639693	0,0144	1890,5104
15	1952,7561	1,7676	0,132783	-0,09278	0,0086086	0,0016	1952,7561
16	2047,3815	-20,4521	0,132576	-0,58458	0,3417289	0,204304	2047,3815
17	2158,5316	0,4646	0,132339	-0,12234	0,0149668	0,0001	2158,5316
18	2253,0212	22,11916	0,132142	0,333858	0,1114611	0,217156	2253,0212
19	2341,9792	11,80814	0,131961	0,112039	0,0125528	0,059536	2341,9792
20	2442,9295	3,756376	0,131759	-0,05576	0,003109	0,005776	2442,9295
21	2549,4421	-5,45314	0,13155	-0,23955	0,0573844	0,011664	2549,4421
jml		35043,13	111,823				
Rta2					SSR=	6,093514	0,3080217

Setelah itu dicari ketidakpastian pengukuran dengan persamaan sebagai berikut:

a. Standard deviasi

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

$$\sigma = 0.551999$$

b. b

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

$$b = -0.0001956$$

c. a

$$a = Y' - bx'$$

$$a = 0.1414243$$

d. *Sum Square Residual*

$$SSR = \sqrt{(Y_i - Y_{reg})^2}$$

$$SSR = 6.0935142$$

e. **Ketidakpastian tipe A**

- Ua1

$$Ua1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$$

$$Ua1 = \frac{0.551999}{\sqrt{21}}$$

$$Ua1 = 0.1241011$$

- Ua2

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

$$Ua2 = 0.5663138$$

f. **Ketidakpastian tipe B**

Ub1

$$Ub1 = \frac{0.5 * Resolusi}{\sqrt{3}}$$

$$Ub1 = \frac{0.5 * 0.01}{\sqrt{3}}$$

$$Ub1 = 0.0028868$$

- Ub 2

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

$$Ub2 = 0$$

Karena belum memiliki sertifikat kalibrasi

g. U Kombinasi

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

$$U_c = 0.5797592$$

h. K (95%. $V_{eff} = 29.58867$)

$$K = 2.04 \text{ (dilihat pada Table } t \text{ student)}$$

i. U_{expand}

$$U_{expand} = k \cdot U_c$$

$$U_{expand} = 2.06 \cdot 0.5797592$$

$$U_{expand} = 1.1856075$$

$$U_{expand} (\%) = \frac{U_{expand}}{\text{Maximum pembacaan alat} \cdot 100}$$

$$U_{expand} (\%) = 1.1856075 : 30.3 \cdot 100$$

$$U_{expand} = 0.00039\%$$

Hasil perhitungan ketidakpastian *temperature* dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Ketidakpastian *Temperature*

Ua1	0.1241011
Ua2	0.5663138
Ub1	0.0028868
Ub2	0
Uc	0.5797592
Uexp	1.1856075
Stdev	0,551999
Veff	29.58867
K	2.045
Uexpand	0.00039%

Adapun perhitungan dari karakteristik statik antara lain:

- a. Resolusi = 0.01
- b. *Range* = 30°C-50°C
- c. Sensitivitas

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta \text{Output}}{\Delta \text{input}}$$

$$\text{Sensitivitas} = 1,0345$$

- d. $a = (\text{Min pembacaan STD} - (\text{sensitivitas} * \text{min pembacaan alat}))$

$$a = 30,03 - (1,0345 * 30)$$

$$a = -0,735$$

- e. *Oideal*

$$O_{ideal} = (\text{sensitivitas} * \text{pembacaan alat}) + a$$

$$O_{ideal} = 50,99$$

- f. Akurasi

$$\text{akurasi} = 1 - \text{Rata - Rata} \frac{(\text{pemb std} - \text{pemb alat})}{\text{pembacaan std}}$$

$$\text{akurasi} = 1 - 0.009$$

$$\text{akurasi} = 0.991$$

- g. Akurasi (%)

$$\text{akurasi} (\%) = 100 - (\text{akurasi} * 100\%)$$

$$\text{akurasi} (\%) = 100 - (0.991 * 100\%)$$

$$\text{akurasi} = 99.009\%$$

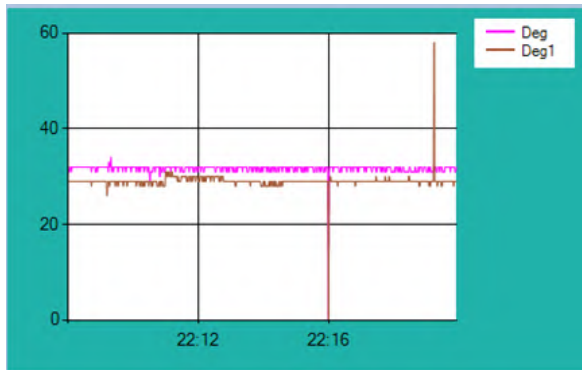
4.1.2 Pengujian Alat Ukur Pada Alat Purifikasi Biogas

Berikut ini adalah data dari suhu pada sistem purifikasi biogas baik *input* maupun *output*. Hasil analisa data dapat dilihat di tabel 4.5

Tabel 4.5 Sistem Monitoring Suhu pada purifikasi biogas

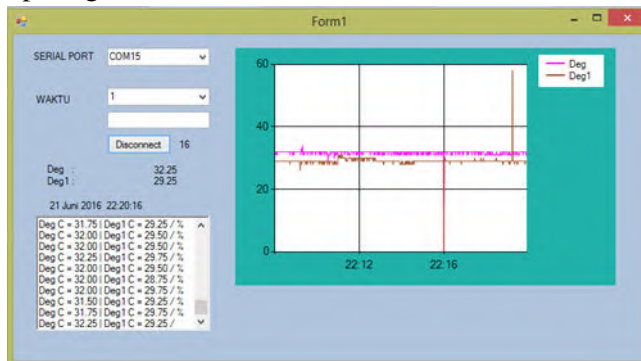
Tanggal	Waktu	Temperature	
		Deg	Deg l
19/06/2016	16:01:32	32	29.25
19/06/2016	16:02:32	31.75	30
19/06/2016	16:03:32	32.5	29.5
19/06/2016	16:04:32	32.75	30
19/06/2016	16:05:32	32.75	30
19/06/2016	16:06:32	34	29.75
19/06/2016	16:07:32	34	30
19/06/2016	16:08:32	34	30.75
19/06/2016	16:09:32	33.5	31.25
19/06/2016	16:10:32	32.75	30.5
19/06/2016	16:11:32	33	30.75
19/06/2016	16:12:32	32.25	29.5
19/06/2016	16:13:32	32.75	30
19/06/2016	16:08:32	34	30.75

Adapun grafik hubungan antara temperature dengan waktu mulai 16.01-16.13. grafik temperature dengan waktu dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.2 temperature pada sistem purifikasi biogas

Sistem Monitoring Suhu pada Sistem Purifikasi Biogas dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.3 Sistem Monitoring Suhu pada Sistem Purifikasi Biogas

4.2 Pembahasan

Prinsip kerja *Thermocouple* cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya *Thermocouple* hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada *Thermocouple* akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap)

sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. Bedapotensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1 \mu V - 70 \mu V$ pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.

Setelah elemen yang terukur *disensing* oleh sensor maka sinyal tersebut masuk ke *amplifier*. Dimana amplifier ini berfungsi sebagai penguat untuk *bandgap sensor* dan *capacitive sensor* karena *output* dari kedua sensor tersebut masih sangat kecil sehingga butuh penguat ini untuk menguatkan sinyal *output* dari kedua sensor tersebut agar bisa diproses lebih lanjut dan dapat ditampilkan. Setelah sinyal keluaran yang berupa *voltage* dari kedua sensor tersebut sudah cukup kuat maka selanjutnya sinyal ini masuk ke *Analog to Digital Converter* (ADC). ADC ini berfungsi sebagai pengubah data analog yang dibaca dari kedua sensor tersebut menjadi data digital agar dapat ditampilkan dan dapat terbaca hasil pengukurannya. Semua rangkaian ini tergabung dalam modul MAX6675 yang digunakan untuk menguatkan dan mengkonfersikan.

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa antara hasil pembacaan suhu pada alat ukur dengan alat ukur *standard* berhimpit oleh karena itu hubungan antara suhu standart dan alat tidak berbeda jauh. Dari tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa *error*

pembacaan suhu adalah sebesar 0,131 yaitu sebesar (0,254%) sedangkan nilai $U_{expand} = 1.1856075$ yaitu sebesar 0.00039%. Sehingga alat ukur ini dapat digunakan karena nilai $U_{expand} < 5\%$ dengan tingkat kepercayaan 95%.

Pada grafik Sistem monitoring suhu pada *sistem purifikasi biogas* dapat dilihat bahwa suhu pada pukul 16.01 sebesar 32°C pada *input* dan pada *output*an purifikasi 29.25, suhu tertinggi pada pukul 16.08 yaitu sebesar 34°C pada *input* dan 30.75 pada *output*, suhu terendah pada pukul 16.01 pada saat memulai untuk memonitoring suhu. Dari beberapa data yang diambil dapat disimpulkan bahwa suhu *input*an sistem purifikasi lebih tinggi dibandingkan suhu *output*annya, karena pada sistem purifikasi terdapat water scrubber yang berasal dari air dingin sehingga menurunkan suhu biogas. Kadar gas metan pada rentang suhu 30-60 celcius memiliki nilai bit tertinggi yaitu 50, sedangkan pada kadar gas karbon dioksida pada rentang suhu 28-35 celcius memiliki nilai bit tertinggi yaitu 66, oleh karena itu turunnya suhu biogas *input* ke *output* dapat di artikan juga sebagai penurunan kadar karbondioksida yang sudah di reduksi oleh water scrubber.

LAMPIRAN A

Data Kalibrasi Suhu pada *range* 16°C-50°C

Tabel B.1 Data Kalibrasi Suhu pada *range* 30°C-60°C

No.	suhu	pembacaan alat					pemb.std				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	30	30,5	30,25	30,25	30,5	30	30,3	30,1	30,1	30,4	30,8
2	31	31,5	31,5	31,5	31,75	31,75	31,7	31,8	31,8	31,9	31,9
3	32	32,25	32,25	32,25	32,5	32,5	32,1	32,1	32,5	32,6	32,6
4	33	33,5	33,5	33,25	33,5	33,5	33,3	33,3	33,1	33,3	33,5
5	34	34,25	34	34	34,25	34,25	34,6	34,3	34,3	34,5	34,5
6	35	35,25	35,5	35	35	35,25	35,3	35,3	35,1	35,1	35,6
7	36	36	36	36,75	36,75	36,75	36,2	36,2	36,4	36,5	36,8
8	37	37	37,25	37,25	37,5	37,5	37,3	37,5	37,5	37,6	37,9
9	38	38,5	38,5	38,5	38,75	38,75	38,15	38,1	38,1	38,25	38,26
10	39	39,25	39,25	39,5	39,5	39,5	39,6	39,6	39,7	39,8	39,8
11	40	40,5	40,75	40,75	39,75	40	39,85	40,3	40,3	39,79	39,79
12	41	41	41	41,25	41,5	41,5	40,76	40,79	41,5	41,5	41,8
13	42	42	42,25	42,25	42	42,5	42,3	42,7	42,8	42,5	42,5
14	43	43,5	43,5	43,75	43,5	43,75	43,2	43,5	43,5	43,5	43,7
15	44	44,25	44	44	44,25	44,25	44,5	44,1	44,1	44,12	44,13
16	45	45,25	45,5	45,5	46	46,25	44,89	44,88	44,97	45,75	45,75
17	46	46,25	46,25	46,5	46,75	46,5	46,35	46,37	46,56	46,43	46,59
18	47	46,75	47	47	47,25	47	47,3	47,5	47,5	47,9	47,13
19	48	48	48,25	48,25	48,25	48	48,5	48,3	48,5	48,7	47,97
20	49	49	49,5	49,25	49,25	49,75	49,7	49,15	49,9	49,13	49,25
21	50	50,5	50,75	50,25	50,5	51	50,45	50,57	50,32	50,37	50,75

LAMPIRAN B

Data Kalibrasi

Tabel B.1 Data Kalibrasi

No.	Suhu	Rata2 alat	Rata2 std	koreksi	Error
			(t)	(Y)	%
1	30	30,3	30,34	0,04	0,13183916
2	31	31,6	31,82	0,22	0,69138906
3	32	32,35	32,38	0,03	0,09264978
4	33	33,45	33,3	-0,15	0,45045045
5	34	34,15	34,44	0,29	0,84204413
6	35	35,2	35,28	0,08	0,22675737
7	36	36,45	36,42	-0,03	0,08237232
8	37	37,3	37,56	0,26	0,69222577
9	38	38,6	38,172	-0,428	-1,1212407
10	39	37,4	39,7	2,3	5,79345088
11	40	40,35	40,006	-0,344	0,85987102
12	41	41,25	41,27	0,02	0,04846135
13	42	42,2	42,56	0,36	0,84586466
14	43	43,6	43,48	-0,12	0,27598896
15	44	44,15	44,19	0,04	0,09051822
16	45	45,7	45,248	-0,452	0,99893918
17	46	46,45	46,46	0,01	0,02152389
18	47	47	47,466	0,466	0,98175536
19	48	48,15	48,394	0,244	0,50419473
20	49	49,35	49,426	0,076	0,15376522
21	50	50,6	50,492	-0,108	0,21389527
Rata2		40,26666667	40,40019	0,133524	0,33874675
Jumlah		845,6	848,404	2,937524	

Tabel Lanjutan B.1 Data Kalibrasi

No.	Suhu	Ti ²	Ti*yi	Yreg	residu	Square residual	Y ²
1	920,5156	1,2136	0,135491	0,09549	0,0091186	0,0016	920,5156
2	1012,5124	7,0004	0,135202	0,084798	0,0071908	0,0484	1012,5124
3	1048,4644	0,9714	0,135092	0,10509	0,0110444	0,0009	1048,4644
4	1108,89	-4,995	0,134912	0,28491	0,081175	0,0225	1108,89
5	1186,1136	9,9876	0,134689	0,155311	0,0241214	0,0841	1186,1136
6	1244,6784	2,8224	0,134525	0,05453	0,002973	0,0064	1244,6784
7	1326,4164	-1,0926	0,134302	-0,1643	0,0269952	0,0009	1326,4164
8	1410,7536	9,7656	0,134079	0,125921	0,015856	0,0676	1410,7536
9	1457,1016	16,3376	0,13396	-0,56196	0,3157985	0,183184	1457,1016
10	1576,09	91,31	0,133661	2,166339	4,6930258	5,29	1576,09
11	1600,48	13,7621	0,133601	-0,4776	0,2281026	0,118336	1600,48
12	1703,2129	0,8254	0,133354	-0,11335	0,0128491	0,0004	1703,2129
13	1811,3536	15,3216	0,133101	0,226899	0,051483	0,1296	1811,3536
14	1890,5104	-5,2176	0,132922	-0,25292	0,0639693	0,0144	1890,5104
15	1952,7561	1,7676	0,132783	-0,09278	0,0086086	0,0016	1952,7561
16	2047,3815	-20,4521	0,132576	-0,58458	0,3417289	0,204304	2047,3815
17	2158,5316	0,4646	0,132339	-0,12234	0,0149668	0,0001	2158,5316
18	2253,0212	22,11916	0,132142	0,333858	0,1114611	0,217156	2253,0212
19	2341,9792	11,80814	0,131961	0,112039	0,0125528	0,059536	2341,9792
20	2442,9295	3,756376	0,131759	-0,05576	0,003109	0,005776	2442,9295
21	2549,4421	-5,45314	0,13155	-0,23955	0,0573844	0,011664	2549,4421
jml		35043,13	111,823				
Rta2					SSR=	6,093514	0,3080217

LAMPIRAN C
Pengujian Suhu pada sistem purifikasi biogas

Tabel C-1 Pengujian Suhu pada sistem purifikasi biogas

Temperature (°C)		Waktu	Tanggal
Deg	Deg1		
32	29.25	16:01:32	19/06/2016
31.75	30	16:02:32	19/06/2016
32.5	29.5	16:03:32	19/06/2016
32.75	30	16:04:32	19/06/2016
32.75	30	16:05:32	19/06/2016
34	29.75	16:06:32	19/06/2016
34	30	16:07:32	19/06/2016
32	29.25	16:08:32	19/06/2016
34	30.75	16:09:32	19/06/2016
33.5	31.25	16:10:32	19/06/2016
32.75	30.5	16:11:32	19/06/2016
33	30.75	16:12:32	19/06/2016
32.25	29.5	16:13:32	19/06/2016
32.75	30	16:08:32	19/06/2016
34	30.75	16:09:32	19/06/2016
33.5	31.25	16:10:32	19/06/2016
32.75	30.5	16:11:32	19/06/2016

Lampiran D

Listing Program pada Arduino

```
#include "max6675.h"
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd (13, 12, 11, 10, 9, 8);
int ktcSO = 2;
int ktcCS = 3;
int ktcCLK = 4;
int ktc1SO = 5;
int ktc1CS = 6;
int ktc1CLK = 7;
MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktcSO);
MAX6675 ktc1 (ktc1CLK, ktc1CS, ktc1SO);
void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    lcd.begin(16, 2);
    Serial.begin(9600);
    // give the MAX a little time to settle
    delay(500);
}

void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
    Serial.print("% ");
    Serial.print("Deg C = ");
    Serial.print(ktc.readCelsius());
    Serial.print(" | ");
    Serial.print("Deg1 C = ");
    Serial.print(ktc1.readCelsius());
    Serial.println(" /");

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Deg C = ");
    lcd.setCursor(7,0);
```

```
lcd.print(ktc.readCelsius());  
lcd.setCursor(9,1);  
lcd.print(ktc1.readCelsius());  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Deg1 C = ");  
  
delay(1000);  
  
}
```

Lampiran E

Listing Program pada Visual Studio 2013

```
Imports MySql.Data
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class deg
    Private sqlConn As MySqlConnection 'variabel
koneksi
    Private sqlComm As MySqlCommand
    Public ii As Integer
    Public listPort As String()
    Private timeSamplingList As String() = {"1", "2",
"3", "4", "5"}
    Private timeSampling As Integer
    Private ss, sst, cntrr As Integer
    Dim deg, deg1 As String
    Private setT, hitSett As Integer
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles MyBase.Load
        ComboBox2.Items.AddRange(timeSamplingList)
        ComboBox2.SelectedIndex = 0
        ss = 0
        sst = 0
        cntrr = 0
        timeSampling = 0
        sqlConn = New MySqlConnection
        sqlConn.ConnectionString =
"server=127.0.0.1;database=tugas_akhir;uid=root;pwd="
        Try
            sqlConn.Open()
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try
        If Not SerialPort1.IsOpen Then
            Button1.Text = "Connect"
        End If
        GetPorts()
        ii = 0
        Try
            ComboBox1.Items.AddRange(listPort)
```

```

        Catch ex As Exception
            ComboBox1.Items.Clear()
        End Try
        setT = 0
        Label6.Text = "Deg  : "
        Label7.Text = "Deg1 : "
        Label4.Text = "0"
        Label5.Text = "0"
        Label3.Text = "0"
        Label8.Text = Now.ToLongDateString + " " +
Now.ToLongTimeString
    End Sub
    Sub GetPorts()
        ComboBox1.Items.Clear()
        Dim i As Integer = 0
        For Each portAvailable As String In
My.Computer.Ports.SerialPortNames
            ReDim Preserve listPort(i)
            listPort(i) = portAvailable
            i += 1
        Next
    End Sub
    Private Sub ComboBox1_click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles ComboBox1.Click
        GetPorts()
        Try
            ComboBox1.Items.AddRange(listPort)
        Catch ex As Exception
            ComboBox1.Items.Clear()
        End Try
    End Sub
    Private Sub SerialPort1_DataReceived(sender As
Object, e As IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs)
        Dim dataIn As String = SerialPort1.ReadLine
        Me.Invoke(New myDelegate(AddressOf olahData),
dataIn)
    End Sub
    Delegate Sub myDelegate(ByVal [DATA] As String)
    Sub olahData(ByVal datamasuk As String)
        Dim tanda As Integer = InStr(datamasuk, "%")
        If tanda <> 0 Then
            tanda = 0
        End If
    End Sub

```

```

        tanda = InStr(datamasuk, "/")
        If tanda <> 0 Then
            tanda = 0
            Dim pisah() As String =
datamasuk.Split(" ")
            deg = Val(pisah(4))
            deg1 = Val(pisah(9))
            Label4.Text = pisah(4)
            Label5.Text = pisah(9)
            ii += 1
            RichTextBox1.AppendText(datamasuk + ""
+ vbNewLine) 'ii.ToString + " " +
Now.ToString("yyyy/MM/dd HH:mm") + " " +
            RichTextBox1.ScrollToCaret()

Chart1.Series("Deg").Points.AddXY(Now.ToString("HH:mm")
, Val(deg))

Chart1.Series("Deg1").Points.AddXY(Now.ToString("HH:mm"
), Val(deg1))
            Chart1.ChartAreas(0).AxisY.Maximum = 60

Chart1.ChartAreas(0).RecalculateAxesScale()
        End If
    End If
End Sub
Sub simpan(ByVal sdeg As String, ByVal sdeg1 As
String)
    sqlComm = New MySqlCommand 'command baru
    Try
        With sqlComm
            .Connection = sqlConn
            .CommandText = "INSERT INTO
`temperatur`(`No`, `Tanggal`, `Waktu`, `Deg`, `Deg1`)
VALUES ('', '" + Now.ToString("yyyy/MM/dd") + "', '" +
Now.ToString("HH:mm:ss") + "', '" + deg + "', '" + deg1 +
"');" 'instruksi tambah data
            .ExecuteNonQuery()
        End With
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try

```

```

End Sub
Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button1.Click
    If SerialPort1.IsOpen Then
        SerialPort1.Close()
        If Not SerialPort1.IsOpen Then
            Button1.Text = "Connect"
            setopT()
        End If
    Else
        Try
            SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
            SerialPort1.BaudRate = 9600
            SerialPort1.Open()
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try
        If SerialPort1.IsOpen Then
            Button1.Text = "Disconnect"
            timeSampling = CDb1(ComboBox2.Text) *

60
            Timer1.Interval = 500
            cntrr = 0
            setT = 0
            If TextBox1.Text = Nothing Then
                setT = 0
            Else
                setT = CInt(TextBox1.Text)
            End If

            sst = CInt(Now.ToString("ss"))
            ss = sst
            AddHandler SerialPort1.DataReceived,
AddressOf SerialPort1_DataReceived
            Timer1.Start()
        End If
    End If
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Timer1.Tick
    ss = CInt(Now.ToString("ss"))

```



```

        Label18.Text = Now.ToLongDateString + " " +
Now.ToLongTimeString
        If ss <> sst Then
            sst = ss
            cntrr += 1
            Label13.Text = cntrr
            If cntrr Mod 60 = 0 Then
                hitSett += 1
            End If
            If cntrr = timeSampling Then

                simpan(deg.ToString, deg1.ToString)
                cntrr = 0
                If hitSett = setT Then
                    setopT()
                End If
            End If
        End If
    End Sub

    Sub setopT()
        Timer1.Stop()
        cntrr = 0
        setT = 0
        hitSett = 0
        Label13.Text = 0
        RemoveHandler SerialPort1.DataReceived,
AddressOf SerialPort1_DataReceived
    End Sub
End Class

```

LAMPIRAN F

DATASHEET MAX6675

39-2235; Rev 1; 5/02

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

MAX6675

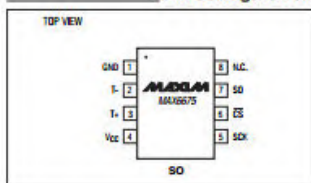
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

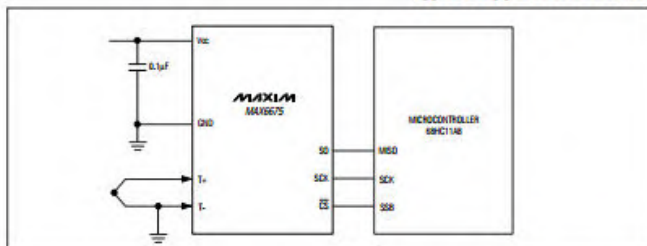
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND	-0.3V to V_{CC} + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SO Current	50mA	SO Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		Thermocouple = +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-5	+5	LSB
			V_{CC} = +5V	-8	+8	
		Thermocouple = 0°C to +700°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-8	+8	
			V_{CC} = +5V	-9	+9	
Thermocouple Conversion Constant		Thermocouple = +700°C to +1000°C, T_A = +25°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-17	+17	μ V/LSB
			V_{CC} = +5V	-19	+19	
Cold-Junction Compensation Error		T_A = -20°C to +85°C (Note 2)	V_{CC} = +3.3V	-3.0	+3.0	°C
			V_{CC} = +5V	-3.0	+3.0	
Resolution				0.25		°C
Thermocouple Input Impedance				60		k Ω
Supply Voltage	V_{CC}		3.0	5.5		V
Supply Current	I_{CC}			0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising	1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis				50		mV
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE						
Input Low Voltage	V_{IL}				0.3 x V_{CC}	V
Input High Voltage	V_{IH}			0.7 x V_{CC}		V
Input Leakage Current	I_{LEAK}	V_{IH} = GND or V_{CC}			±5	μ A
Input Capacitance	C_{IN}			5		pF

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

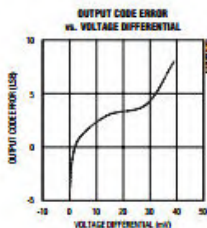
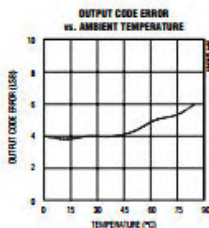
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{source} = 1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{sink} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SC}			4.3		MHz
SCK Pulse High Width	t _{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CS}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{OV}	C _L = 10pF		100		ns
CSB Rise to Output Disable	t _{tr}	C _L = 10pF		100		ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{CO}	C _L = 10pF		100		ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

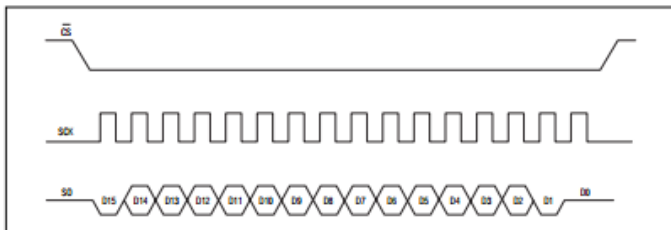


Figure 1a. Serial Interface Protocol

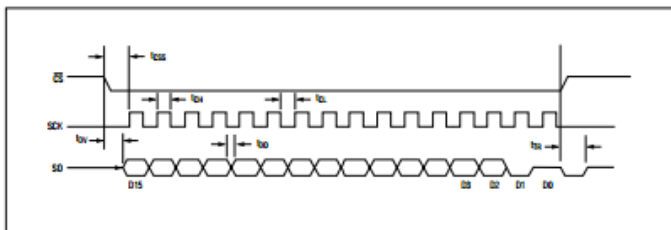


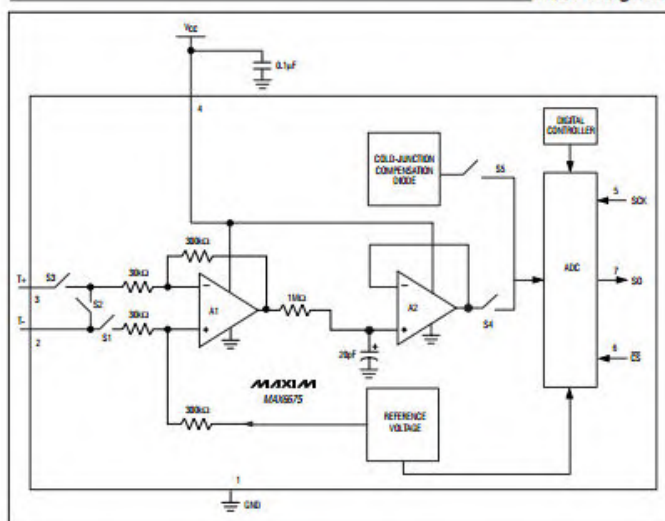
Figure 1b. Serial Interface Timing

BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
BR	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB												LSB		Three- state

Figure 2. SD Output

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

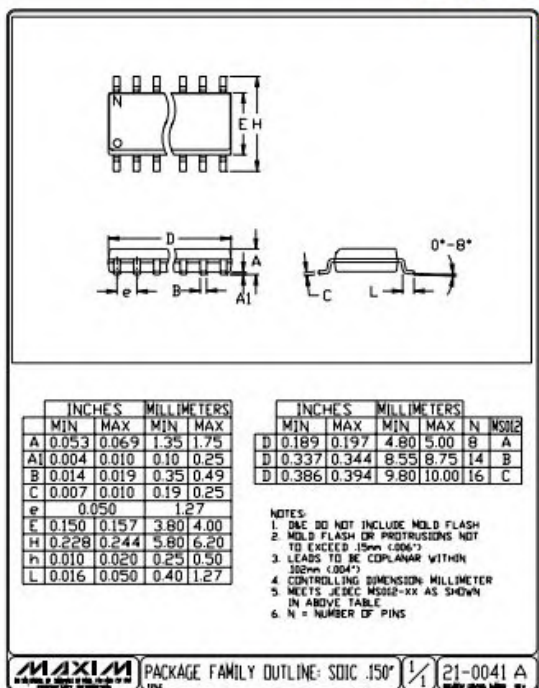
Block Diagram



MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Package Information



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

8 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600

© 2002 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

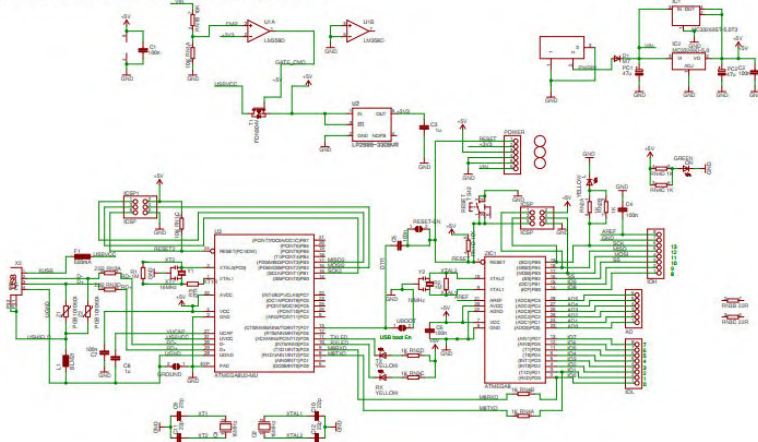
LAMPIRAN G

DATASHEET ARDUINO UNO

Arduino™ UNO Reference Design

Anytime Designers are PROVIDED "NOT WITH ALL FINALISTS" Assume DISCUMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

Anytime may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must rely on the accuracy of characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "unconfirmed." Anytime reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to these. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finish a design with the information.



Technical specs

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Technical Specification

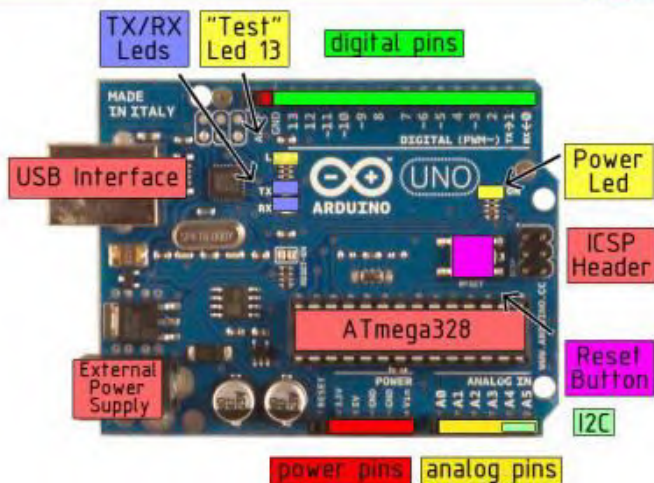


EAGLE files: [arduino-dumilando-arduino-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Telah dirancang alat ukur suhu menggunakan komponen antara lain sensor *Thermocouple*, Arduino Uno dan sistem monitoring suhu menggunakan sistem komunikasi *Visual Studio* 2013.
2. Hubungan antara suhu *input* dengan suhu *output* dari *Thermocouple* liner, semakin besar suhu *input* yang terukur maka semakin besar pula suhu *output* keluaran. *Error* pembacaan suhu adalah sebesar 0,131 yaitu sebesar (0,254%) Sedangkan $U_{expand} = 1,1856$ yaitu sebesar 0.00039%. Karakteristik statik dari alat ukur suhu ini antara lain resolusi = 0.25, sensitivitas = 1.0345V/°C, $a = 0.735$, akurasi = 0.991 (99.009%). Jadi Alat ukur ini layak digunakan karena $U_{expand} < 5\%$.
3. Hasil pengujian suhu pada sitem purifikasi biogas pada pukul 16.01 sebesar 32 °C pada *input* dan 29.25 °C pada *output*. Suhu tertinggi pada pukul 16.08 yaitu sebesar 34 °C pada *input* dan 30.75 pada *output*, suhu terrendah pada pukul 16.01 atau pada saat memulai monitoring suhu. Dari beberapa data yang diambil dapat disimpulkan bahwa suhu *input* sistem purifikasi lebih tinggi dibandingkan suhu *output* nya, karena pada sistem terdapat *water scrubber* yang berasal dari air dingin.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya pengujian antara suhu *input* dan *output* pada sistem purifikasi biogas dilakukan pada saat cuaca yang cerah.
2. Sebaiknya pengambilan seluruh data diintegrasikan dan dilakukan bersamaan.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Arief. 2014. **Analisis Karakterisasi Aliran Water Scrubber Sistem Pada Alat Purifikasi Biogas Tipe Kombinasi Spray Tower dan Tray Tower**". Surabaya : Institut Teknologi Surabaya
- Alfanz Rocky dkk. 2016. **"Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Produksi Biogas Pada Bio Digester. Issn : 2302 – 2949. Vol : 5, No. 1. Maret 2016**
- Bentley, Jhon P. 2005. **"Principles of Measurement System 4th Edition"**. London : Prentice Hall
- Kurniawan, Indra, dkk. 2015. **"Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Temperature pada Generator"**. Engineering Faculty, Tanjungpura Uiferesty. 22 Februari 2016
- Laboratorium Pengukuran Fisis. 2013. **"Modul Teknik Pengukuran dan Kalibrasi"**. ITS Surabaya

BIODATA PENULIS



Nama Lengkap penulis Rizki Amalia Suradi yang dilahirkan di Kota Cilacap pada tanggal 22 April 1995. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jalan Protokol Rt 01/02 Desa Paberasan Kec. Sampan Kab. Cilacap. Pada tahun 2006, penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SDN 01 Paberasan. Kemudian pada tahun 2009 penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 4 Kroya. Tahun 2012 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 Sampang Cilacap dan melanjutkan studi di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir maka dapat menghubungi penulis melalui email rizkiamaliasuradi4@gmail.com.