



TUGAS AKHIR – TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN AIR
DAN *MONITORING TEMPERATURE* UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS REDUKSI
KADAR H_2S PADA BIOGAS DENGAN *WATER
SCRUBBER SYSTEM***

DHIRGA KURNIAWAN
NRP 2413 031 047

Dosen Pembimbing
Arief Abdurrahman ST., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TF 145565

**DESIGN WATER COOLING SYSTEM AND
TEMPERATURE MONITORING TO INCREASE
EFFECTIVENESS OF REDUCTION CONCENTRATION
H₂S ON BIOGAS WITH WATER SCRUBBER SYSTEM**

DHIRGA KURNIAWAN
NRP 2413 031 047

Supervisor
Arief Abdurrakhman ST., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002

D3 Metrology and Instrumentation
Departement of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN AIR DAN
MONITORING *TEMPERATURE* UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS REDUKSI
KADAR H₂S PADA BIOGAS DENGAN *WATER
SCRUBBER SYSTEM***

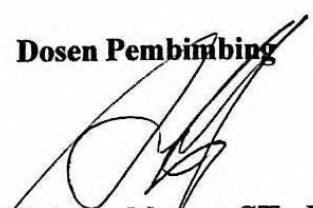
TUGAS AKHIR

Oleh :

**Dhirga Kurniawan
NRP. 2413 031 047**

**Surabaya, 28 Juni 2016
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing


Arief Abdurrahman ST., M.T.
NIP. 19870712 201404 1 002



**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**


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

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN AIR DAN
MONITORING *TEMPERATURE* UNTUK
MENINGKATKAN EFEKTIVITAS REDUKSI
KADAR H₂S PADA BIOGAS DENGAN *WATER
SCRUBBER SYSTEM***

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 :

Dhirga Kurniawan
NRP. 2413 031 047

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Arief Abdurrahman S.T., M.T. (Dosen Pembimbing I)
2. Ir. Roekmono , M.T. (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Tutug D. , M.T. (Dosen Penguji II)
4. Ir. Harsono H. M.sc, Ph.D. (Dosen Penguji III)
5. Murry R. , S.T., M.T. (Dosen Penguji IV)
6. Herry Sufyan H. S.T., M.T. (Dosen Penguji V)

**SURABAYA
JULI 2016**

RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGIN AIR DAN MONITORING TEMPERATURE UNTUK MENINGKATKAN EFEKTIVITAS REDUKSI KADAR H₂S PADA BIOGAS DENGAN WATER SCRUBBER SYSTEM

Nama Mahasiswa : DHIRGA KURNIAWAN
NRP : 2413 031 047
Jurusan : D III Metrologi Dan Instrumentasi,
Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Arief Abdurrahman ST., M.T.

Abstrak

Biogas terbuat dari proses anaerobik, gas metana (CH₄) sebagai unsur primer dengan beberapa unsur lain. Komposisi biogas yang ada pada eksperimen masih mengandung gas polutan H₂S sebesar 41,76ppm. Besarnya kandungan H₂S dapat mengurangi komposisi CH₄, sehingga telah banyak upaya untuk mereduksi H₂S dalam biogas. Salah satunya menggunakan *water scrubber system*, namun pada *water scrubber system* yang ada belum menggunakan sistem pendingin air yang dapat meningkatkan efektifitas reduksi H₂S. Penelitian yang lain menyatakan bahwa dengan *flow speed* pada air sebesar 5,5–11 liter/menit serta temperatur air sebesar 10–25°C, dapat mereduksi kandungan H₂S dalam biogas sampai menjadi 4,5 – 8 %, dari kandungan awal sebesar 37,8 - 43,6 %. Untuk itu perlu dirancang sistem pendingin air pada purifikasi biogas menggunakan *Thermoelectric cooling* sebagai elemen panas dingin yang ditempatkan antara heatsink fan sisi panas dan heatsink sisi dingin, semakin rendah suhu panas yang ada pada peltier, maka suhu pada heatsink sisi dingin yang terkena air akan semakin rendah, dengan tujuan suhu air yang semakin rendah akan meningkatkan efektifitas reduksi H₂S dengan temperature air 20-15°C. Dengan karakteristik statik sensor pada sistem monitoring menggunakan Range 15°C–20°C memiliki nilai Span 6°C, Resolusi 0,25, Non-linieritas 0.471%, Histerisis 0,0769%, Akurasi 99%, dan Kesalahan 1%. Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil uji saat suhu air 20°C parameter uji menunjukkan kandungan dari H₂S adalah 0.7ppm, pada saat suhu air 17°C parameter uji menunjukkan kandungan H₂S adalah 0.6ppm, pada saat suhu air 15°C parameter uji menunjukkan kandungan H₂S adalah 0.5ppm.

Kata kunci : purifikasi, biogas, pendingin

**DESIGN WATER COOLING SYSTEM AND TEMPERATURE
MONITORING TO INCREASE EFFECTIVENESS OF
REDUCTION CONCENTRATION H₂S ON BIOGAS WITH WATER
SCRUBBER SYSTEM**

Name of Student : DHIRGA KURNIAWAN
NRP : 2413 031 047
Departement : D III Metrology and Instrumentation ,
Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisor : Arief Abdurrahman ST., M.T..

ABSTRACT

Biogas is made from the anaerobic process, methane (CH₄) as a primary element with some other elements. The composition of biogas in the experiment still contains H₂S gas pollutants by 41,76ppm. The amount of H₂S content can reduce CH₄ composition, so it has a lot of efforts to reduce H₂S in biogas. One of them uses water scrubber system, but the water scrubber system that is not yet using a water cooling system that can improve the effectiveness of the reduction of H₂S. Another study states that the speed of the water flow of 5.5 to 11 liters / min and water temperature of 10-25 ° C, can reduce the H₂S content in biogas up to 4.5 - 8%, of the initial content by 37, 8 to 43.6%. For that need to be designed water cooling system on purifying biogas using thermoelectric cooling as an element of cold heat that is placed between the heatsink fan hot side and heatsink cooler side, the lower the temperature of the heat contained in the peltier, then the temperature on the heatsink cold side is exposed to water, the lower, with the aim that the lower the water temperature will increase the effectiveness of the reduction of H₂S with water temperature 20-15°C. With static characteristics monitoring system uses sensors on Range 15°C-20°C has a value Span 6°C, Resolution 0.25, 0471% Non-linearity, hysteresis 0.0769%, accuracy of 99%, and 1% error. From the experiments that have been carried out test results obtained when the water temperature 20°C test parameter indicates the content of H₂S is 0.7ppm, when the water temperature 17°C the test parameters showed H₂S content is 0.6ppm, when the water temperature 15 ° C test parameters show H₂S content is 0.5ppm.

Keywords : Purification, Biogas, cooler

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat.....	4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas	5
2.2 Proses Pemurnian Biogas	7
2.3 Suhu	8
2.4 Peltier Sebagai Elemen Pendingin.....	8
2.5 Heatsink	9
2.6 Arduino	10
2.7 Termokopel	11
2.8 Karakteristik Statik.....	15
2.9 Teori Ketidakpastian.....	16

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	19
3.2 Keterangan <i>Flowchart</i>	20
3.2.1 Studi literatur Rancang Bangun Pendingin Dan Monitoring Temperature	20

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> serta <i>Software</i>	20
3.2.3 Pembuatan Desain Rancang Bangun Pendingin dan Monitoring	24
3.2.4 Pengujian karakteristik statik	26
3.2.5 Pengambilan Data.....	26
3.2.6 Analisis Data dan Kesimpulan	26
3.3 Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Pada Heatsink	26

BAB IV. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian.....	29
4.1.1 Hasil Rancang Bangun Pendingin	29
4.1.2 Hasil Pengujian software monitoring temperature .	30
4.1.3 Pengujian Alat Ukur Temperature.....	31
4.1.4 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Heatsink.....	37
4.2 Pembahasan	44

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	48

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (Data Kalibrasi Suhu)

LAMPIRAN B (Data Hasil Pengukuran Kandungan Gas)

LAMPIRAN C (*Listing Program* pada Visual Studio 2013)

LAMPIRAN D (Data Record Hasil Monitoring)

LAMPIRAN E (DATASHEET MAX6675)

LAMPIRAN F (DATASHEET ARDUINO UNO)

LAMPIRAN G (Tabel Perpindahan Panas)

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Prinsip Kerja <i>Dry Scrubber</i>	6
Gambar 2.2 Prinsip Kerja <i>Water Scrubber</i>	7
Gambar 2.3 Peltier	9
Gambar 2.4 Heatsink	10
Gambar 2.5 Heatsink Fan	10
Gambar 2.6 Arduino	11
Gambar 2.7 Sensor <i>termokopel</i>	12
Gambar 2.8 Konstruksi Termokopel (<i>thermocouple</i>)	13
Gambar 2.9 Tabel T- <i>student</i>	18
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tugas Akhir	19
Gambar 3.2 Diagram Blok Alat ukur temperatur	20
Gambar 3.3 Sensor Termokopel	21
Gambar 3.4 <i>Display Hardware</i>	21
Gambar 3.5 Komponen Pendingin	22
Gambar 3.6 <i>Display Cooling Water Box</i>	22
Gambar 3.7 <i>Software</i> arduino 1.5.8	23
Gambar 3.8 Desain <i>Software</i>	24
Gambar 3.9 Desain <i>Software</i> login	24
Gambar 3.10 Desain <i>Software</i> monitoring	25
Gambar 3.11 Dimensi Heatsink Panas	27
Gambar 3.12 Dimensi Heatsink Dingin	27
Gambar 4.1 Grafik antara <i>Temperature</i> dan Waktu	30
Gambar 4.2 <i>Software</i> Monitoring Temperature	31
Gambar 4.3 Grafik pembacaan Alat dan Standar	31
Gambar 4.4 Grafik Histerisis	33
Gambar 4.5 Dimensi Heatsink Panas	38
Gambar 4.6 Grafik efisiensi sirip	41
Gambar 4.7 Dimensi Heatsink Dingin	41
Gambar 4.8 Grafik efisiensi sirip (bentuk penampang koreksi persegi, segitiga, dan parabola)	43

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.1 Hasil Uji 3 Variasi Suhu	29
Tabel 4.2 Data Pengujian Alat	31
Tabel 4.3 Data Kalibrasi	34
Tabel 4.4 Data Suhu Pada Heatsink	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini cadangan energi fosil sudah semakin menipis dan pencarian sudah sangat sulit dilakukan, bahkan diprediksi 2030 kita akan betul-betul menjadi *nett importer* energi (Kementerian ESDM, 2012). Sedangkan pertumbuhan konsumsi energi Indonesia lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan konsumsi dunia, berdasarkan data Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE) disebutkan dalam beberapa tahun terakhir pertumbuhan konsumsi energi Indonesia mencapai 7 persen pertahun sementara pertumbuhan konsumsi energi dunia hanya 2,6 persen pertahun. Berdasarkan kondisi tersebut, maka Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia merencanakan pada tahun 2025 peran energi terbarukan mencapai 17% dari total bauran energi primer. Salah satu energi terbarukan yang terdapat di Indonesia adalah biogas dengan skala rumah tangga, namun dalam penggunaannya saat ini masih banyak gas polutan yang terkandung di dalam produk biogas tersebut pada saat penggunaannya.

Biogas dihasilkan dari proses anaerobik dan terdiri dari beberapa unsur seperti hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), karbon monoksida (CO), jenuh atau terhalogenasi karbohidrat, oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) dengan produk utama berupa metana (CH_4). Komposisi biogas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik kurang-lebih 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). Gas metana menjadi unsur primer dan menjadi parameter utama dalam menentukan kualitas sebuah produk biogas.

Biogas telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia khususnya pada daerah peternakan sapi karena dapat

menjadi sumber alternative, lebih dari 70.000 orang Indonesia telah mendapatkan manfaat dari 14.173 reaktor biogas rumah (BIRU) yang terbangun sampai dengan awal tahun 2015 (Dirjen EBTKE, 2015). Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi dengan jumlah reaktor BIRU terbanyak secara nasional, yaitu sebesar 6.937 unit (Dirjen EBTKE, 2015). Pada 6 ribu lebih jumlah reaktor biogas yang ada di Jawa Timur tersebut, sekitar 95% tidak memiliki instalasi pemurnian gas untuk produk biogas (Paguyuban KUD Jawa Timur, 2015). Wilayah Nongkojajar, Pasuruan merupakan salah satu penyumbang reaktor terbesar di Jawa Timur, dan di daerah tersebut komposisi biogasnya masih mengandung gas polutan berupa CO₂ sebesar 26,93% dan H₂S sebesar 41,76 ppm (Abdurrahman, 2013). Kondisi ini akibat dari tidak adanya sistem purifikasi yang ada di biogas, sehingga dapat berdampak pada terancamnya kesehatan masyarakat pengguna biogas dan berkurangnya kualitas pembakaran

Adapun penelitian dari pemurnian biogas menggunakan absorber berupa CaO dan CaCl₂ dengan fokus pengamatan terhadap reduksi kadar CO₂ dan H₂S pada instalasi yang dibuat, ditambahkan water scrubber sebagai pendukung dalam reduksi CO₂, H₂S, dan PM. Hasil dari penelitian tersebut adalah efisiensi reduksi kadar H₂S sebesar 98,24%, efisiensi reduksi CO₂ mencapai 20,68%, dan peningkatan kadar methana sampai konsentrasi sekitar 65% pada biogas hasil purifikasi (Abdurrahman, 2014). Pada penelitian yang lain purifikasi biogas dengan flow speed pada air sebesar 5,5 – 11 liter/menit, dan temperatur air sebesar 10 – 25 C, telah mereduksi kandungan CO₂ dan H₂S dalam biogas sampai menjadi 4,5 – 8 %, dari kandungan awal sebesar 37,8 - 43,6 % (Lantella, 2011).

Dari beberapa tinjauan tersebut, maka dalam Tugas Akhir ini dirancang sistem pendingin air pada purifikasi biogas menggunakan water scrubber dengan tujuan meningkatkan efektifitas reduksi H₂S. Hal ini didasarkan pada teori Lantella, 2011, bahwa tingkat kelarutan gas H₂S oleh air akan semakin meningkat seiring dengan rendahnya temperatur air. Maka

temperature air yang akan digunakan sebesar 15-20 °C yang dapat dilihat melalui system monitoring suhu sehingga dapat mengetahui grafik kenaikan serta penurunan suhu.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang system pendingin air pada water scrubber system untuk mereduksi H₂S pada biogas ?
2. Bagaimana perancangan dan pembuatan system monitoring temperature pada water scrubber system ?
3. Bagaimana karakteristik statik pada sensor yang digunakan untuk sistem monitoring ?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 metrologi dan instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Merancang system pendingin air pada water scrubber untuk mereduksi gas H₂S pada biogas.
2. Mengetahui analisis system monitoring temperature pada water scrubber system.
3. Mengetahui karakteristik statik pada sensor yang digunakan untuk sistem monitoring.

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 mendinginkan suhu air.
2. Komponen dari alat ini adalah termokopel sebagai sensor suhu, arduino sebagai pengolah data, *software* Visual Studio 2013 yang berfungsi sebagai sistem komunikasi monitoring suhu.

3. Suhu ambien (suhu udara luar) memakai suhu pada daerah nongkojajar pasuruan - Jawa Timur

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai sistem monitoring suhu dengan menggunakan sistem komunikasi Visual Studio 2013 serta mengetahui hasil reduksi kandungan gas H₂S pada suhu air dingin yang di tentukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

Biogas mulai berkembang sejak abad 17 di Perancis. Biogas sendiri merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik dalam kondisi anaerobik atau minim oksigen. Bahan-bahan organik tersebut diantaranya bisa berupa daun-daun yang telah membusuk, kotoran manusia, kotoran ternak, dan masih banyak lagi selama masih tergolong bahan organik. Di Indonesia bahan organik untuk biogas yang paling banyak digunakan adalah dari kotoran hewan karena masih banyaknya peternakan. Sehingga potensi peternakan di Indonesia selain untuk kebutuhan pangan, juga bisa untuk pengembangan sumber daya terbarukan seperti biogas.

Biogas merupakan gas yang sangat mudah terbakar. 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). Biogas mudah terbakar karena kandungan gas metana didalamnya. Gas metana memiliki nilai kalor yang tinggi. Untuk gas metan murni (100 %) mempunyai nilai kalor 8900 Kkal/ m^3 . Ketika dibakar 1 ft^3 gas bio menghasilkan sekitar 10 BTU (2,52 Kkal) energi panas per persentase komposisi metan (Harahap, 1978).

Biogas memiliki berbagai keunggulan dibanding dengan bahan bakar lain. Biogas lebih ramah lingkungan karena tidak seperti bahan bakar dari fosil yang jika dilakukan pembakaran menghasilkan gas CO_2 . Sampah-sampah organik yang dibiarkan membusuk bisa menjadi gas metana yang berbahaya jika langsung lepas ke udara, sehingga dengan pemanfaatannya sebagai biogas bisa menekan polusi udara yang ditimbulkan oleh gas metana. Selain itu, dengan memanfaatkan kotoran hewan peternakan sebagai biogas, otomatis dapat menambah penghasilan para

peternak atau bisa mensejahterakan hidup para peternak dengan memanfaatkan biogas tersebut sendiri.

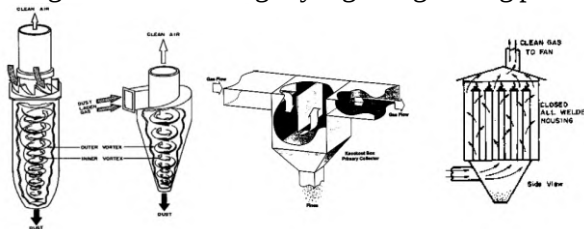
2.1.1 Scrubber

Dahulu *scrubber* merupakan bagian dari alat pengontrol polusi yang menggunakan liquid untuk membuang gas yang tidak dibutuhkan. Namun sekarang penggunaan *scrubber* lebih berkembang untuk memasukkan bahan aktif kedalam arus gas untuk ‘mencuci’ gas asam. Sehingga scrubber lebih dipergunakan sebagai pengontrol emisi gas asam.

Terdapat 2 jenis *scrubber* yaitu *Dry Scrubber* dan *Wet Scrubber*. Perbedaan dari kedua jenis scrubber tersebut yaitu penggunaan fluida cair serta pengendalian temperaturnya.

a. Dry Scrubber

Dry Scrubber merupakan pengontrol polusi yang berlangsung dalam proses kering sehingga penggunaannya lebih banyak untuk partikel padat. Hal ini juga disebabkan karena dalam proses kerja *Dry Scrubber* hanya bisa memproses emisi padat seperti *fly ash* (partikel padat). Proses kerja dari *Dry Scrubber* tidak banyak berpengaruh terhadap pengendalian gas karena hanya fokus dalam pengendalian partikel padat. Prinsip kerjanya yaitu dengan mengendalikan aliran gas yang mengandung partikel padat.

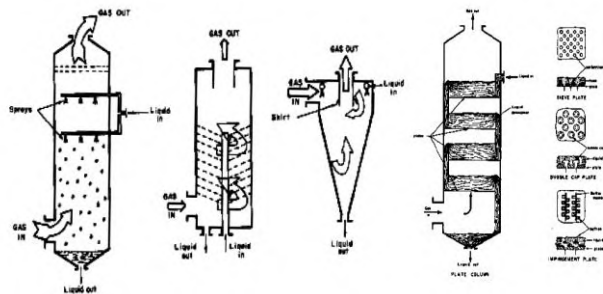


Gambar 2.1 Prinsip Kerja *Dry Scrubber*

b. Water Scrubber

Sesuai dengan namanya, *Water Scrubber* menggunakan fluida cair pada proses kerjanya. Kebanyakan fluida yang digunakan adalah air. Hal inilah yang menjadi perbedaan antara

Dry Scrubber dengan *Wet Scrubber*. Penggunaan fluida tersebut memberi kelebihan pada sistem *Water Scrubber* karena dapat mengontrol gas yang dapat larut seperti Sox, NOx, H₂S, yang pada *Dry Scrubber* polutan tersebut tidak dapat dikontrol dengan baik. Kelebihan yang lain yaitu kontrol temperatur karena pada sistem *Water Scrubber* terjadi penggabungan 2 jenis fluida yang berbeda temperaturnya. Untuk cara kerja *Water Scrubber* lebih efisien dibandingkan *Dry Scrubber* karena mampu menangkap partikel dalam bentuk kecil serta dapat mengikat gas. Cara kerjanya yaitu mengalirkan fluida cair pada aliran gas sehingga langsung difiltrasi oleh fluida cair tersebut.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja *Water Scrubber*

2.2 Proses Pemurnian Biogas

Unsur-unsur utama pada biogas diantaranya metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), beberapa unsur lain seperti amonia (NH₃), hidrogen sulfida (H₂S), karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂), nitrogen (N₂), dan oksigen (O₂). Suatu biogas dapat dilihat kualitasnya dari banyaknya gas metana yang dikandung, karena semakin banyak kandungan metana, maka energi yang dihasilkan juga semakin besar. Namun adanya gas pengotor yang berupa air, CO₂, dan H₂S membuat kualitas dari biogas tersebut tidak maksimal. Peningkatan kualitas biogas bisa dilakukan dengan menghilangkan gas pengotor tersebut terutama CO₂ dan H₂S. Hal ini disebabkan karena hidrogen sulfur mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi. Jika biogas mengandung senyawa ini, maka akan menimbulkan gas yang berbahaya. Jika biogas dibakar,

H_2S akan membentuk senyawa baru berupa bersama oksigen berupa sulfur dioksida (SO_2) atau sulfur trioksida (SO_3). Kedua senyawa ini lebih beracun darip H_2S . Dan jika terus dilanjutkan, maka akan terbentuk sulfur acid (H_2SO_3) yang bersifat lebih korosif daripada H_2S . Selain itu, pembakaran gas yang masih mengandung H_2S juga akan menghasilkan senyawa asam (H_2SO_4) yang bisa menimbulkan hujan asam. Hal ini dapat menimbulkan kerugian besar karena bersifat korosif dan mencemari lingkungan hidup. Sedangkan CO_2 memiliki sifat yang dapat menghambat proses pembakaran yang sempurna, beracun, dan dapat menyebabkan korosi.

2.3 Suhu

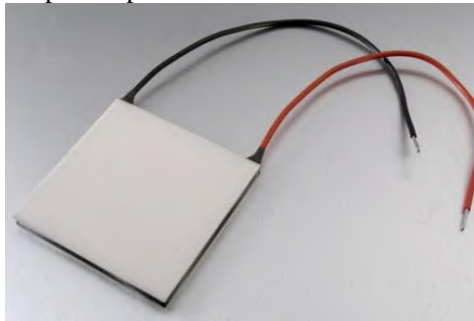
Suhu atau temperature merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas suatu benda. Dimana semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda tersebut maka semakin tinggi pula suhunya. Suhu dapat dinyatakan dalam 4 macam besaran yaitu $^{\circ}Celsius$, $^{\circ}Kelvin$, $^{\circ}Fahnreheit$ dan $^{\circ}Reamur$.

2.4 Peltier sebagai Elemen Pendingin

Pendingin atau Refrigeransi merupakan suatu proses pengambilan panas suatu benda atau bahan sehingga temperaturnya menjadi lebih rendah dari sekelilingnya. Salah satu elemen pendingin yang banyak digunakan adalah peltier atau termoelektrik. Pendingin termoelektrik bisa menjadi alternatif bagi sistem pendingin selain sistem kompresi uap. Dibandingkan dengan teknologi kompresi uap yang masih menggunakan *refrigerant* sebagai media penyerap panas, teknologi termoelektrik relatif lebih ramah lingkungan, tahan lama, dan bisa digunakan dalam skala besar. Pada dasarnya prinsip kerja peltier sama dengan semikonduktor ekstrinsik dimana tersusun atas 2 jenis semikonduktor yaitu jenis n dan jenis p. Pada semikonduktor tipe n elektron yang bertindak sebagai *carrier*, sedangkan pada semikonduktor tipe p *hole* (lubang) yang bertindak sebagai *carrier*. Prinsip kerja peltier ini yaitu bila ada dua kawat material berbeda masing-masing ujung kawat material membentuk sambungan satu

sama lain. Sambungan tersebut apabila diberi beda tegangan akan menghasilkan perbedaan temperatur. Perbedaan temperatur tersebut sebanding dengan jumlah arus searah yang dialirkan sehingga nantinya akan ada sambungan yang menyerap kalor dan ada sambungan yang melepaskan kalor.

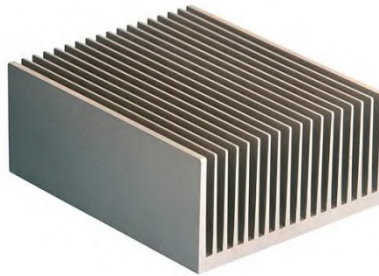
Bagian penting dari sistem pendingin termoelektrik adalah alat penukar panas (*heat exchanger*), seperti *heatsink*, *heatpipe*, dll. Bagian ini sangat diperlukan, sebab jika sisi panas peltier dapat dipertahankan konstan, maka sisi dingin dari elemen peltier akan mampu menyerap panas secara konstan pula. Sistem pendingin termoelektrik membutuhkan *heatsink* yang berfungsi untuk menyerap panas pada sisi dingin elemen peltier dan membuang panas pada sisi panas peltier.



Gambar 2.3 Peltier

2.5 HeatSink

Heatsink adalah logam dengan design khusus yang terbuat dari alumunium atau tembaga (bisa merupakan kombinasi kedua material tersebut) yang berfungsi untuk memperluas transfer panas dari sebuah prosesor. Perpindahan panas terjadi menggunakan aliran udara di dalam casing. jadi metode pendinginan ini tidak cukup efektif, karena sangat bergantung kepada aliran udara di dalam casing. jika aliran udaranya terganggu, maka bisa dipastikan prosesor akan kepanasan.



Gambar 2.4 Heatsink

heatsink fan (HSF). Cara kerja dari HSF mirip seperti pada pendinginan menggunakan heatsink, tetapi pada HSF ditambahkan sebuah kipas untuk mempercepat proses transfer panas. HSF bekerja lebih baik daripada Heatsink. pada masa kini HSF menggunakan teknologi heatpipe yaitu pipa tembaga kecil untuk transfer panas dengan menggunakan konsep kapilaritas.



Gambar 2.5 Heatsink Fan

2.6 Arduino

Physical Computing yaitu membuat sebuah sistem dengan menggunakan software dan hardware yang interaktif. Interaktif dalam hal ini diartikan dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan dapat merespon balik rangsangan tersebut. Pada prakteknya, *physical computing* digunakan pada desain-desain alat atau proyek yang menggunakan sensor dan mikrokontroler sebagai

penerjemah input analog ke dalam software untuk mengontrol gerakan alat-alat seperti valve, motor dan sebagainya.

Arduino merupakan papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terpasang komponen utama yaitu chip mikrokontroler jenis AVR dari Atmel. Mikrokontroler adalah IC (*integrated circuit*) yang menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Sehingga bisa dikatakan mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input dan output sebuah rangkaian elektronik. Kelebihan Arduino diantaranya:

- Tidak perlu perangkat chip programmer lagi.
- Memiliki sarana komunikasi USB.
- Bahasa pemrograman relative mudah karena software Arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada board Arduino.



Gambar 2.6 Arduino

2.7 Termokopel

Pada dunia elektronika, termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan. Termokopel (Thermocouple) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu

melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “Thermo-electric”. Efek Thermo-electric pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (junction) ini dinamakan dengan Efek “Seeback”.

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (Temperature). Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200°C hingga 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan.



Gambar 2.7 Sensor Termokopel

2.7.1 Prinsip Kerja Termokopel (*Thermocouple*)

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

Termokopel (Thermocouple)



Gambar 2.8 Konstruksi Termokopel (*thermocouple*)

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.

2.7.2 Tipe-Tipe Termokopel

Tersedia beberapa jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya diantaranya adalah :

- Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy)/Alumel (Ni-Al alloy))
Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy))
Tipe E memiliki output yang besar ($68 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.
- Tipe J (Iron / Constantan)

Rentanganya terbatas (-40 hingga $+750$ °C) membuatnya kurang populer dibanding tipe K

- Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy))

Stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas 1200 °C. Sensitifitasnya sekitar $39 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ pada 900 °C, sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K

- Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitifitasnya rendah (sekitar $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi (>300 °C).

- Tipe B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh)

Cocok mengukur suhu di atas 1800 °C. Tipe B memberi output yang sama pada suhu 0 °C hingga 42 °C sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu 50 °C.

- Tipe R (Platinum /Platinum with 7% Rhodium)

Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

- Tipe S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium)

Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C).

- Tipe T (Copper / Constantan)

Cocok untuk pengukuran antara -200 to 350 °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitifitas $\sim 43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$

2.8 Karakteristik Statik

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*.^[5] Karakteristik statik terdiri dari:

a. Range

Range merupakan selisih antara nilai minimum dan maksimum yang terukur oleh suatu instrument atau alat ukur.

b. Akurasi

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

c. Toleransi

Toleransi menunjukkan kesalahan maksimum yang diperbolehkan pada hasil pembacaan alat ukur.

d. Sensitivitas

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.

e. Repeatability

Repeatability merupakan kemampuan *instrument* dalam menampilkan ulang output pengukuran yang sama pada pengukuran yang berulang.

f. Linearitas

Linearitas merupakan grafik yang menampilkan pengukuran nilai sebenarnya (input) yang dapat menghasilkan output nilai yang ditunjukkan oleh instrument (output). Pengukuran yang baik adalah ketika input pengukuran dan output pengukuran berbanding lurus (linear). Linearitas dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$O - O_{\min} = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} (I - I_{\min})$$

Persamaan Linearitas :

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad 2.2^{[5]}$$

Dimana:

$$K = \frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \quad 2.3^{[5]}$$

Dan

$$a = O_{\text{min}} - KI_{\text{min}} \quad 2.4^{[5]}$$

dimana :

$$O = 1.6 \times 10^{-3}I + 4.0 \quad 2.5^{[5]}$$

2.9 Teori 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

$$\text{Koreksi} = \text{Pembacaan standard} - \text{Pembacaan alat} \quad 2.6^{[6]}$$

b. Standard deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (D_i - D')^2}}{n-1} \quad 2.7^{[6]}$$

dimana :

D_i = koreksi alat ukur

D_i' = rata-rata koreksi

n = Banyak range pengukuran

c. Analisa Type A, (U_a)

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$U_{a1} = \frac{\sigma_{\text{maks}}}{\sqrt{n}} \quad 2.8^{[6]}$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad 2.10^{[6]}$$

d. Analisa Type B, (U_b)

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

$$Ub1 = \frac{Resolusi/2}{\sqrt{3}} \quad 2.9^{[6]}$$

Dimana :

SSR = *Sum Square Residual*

$$Ub2 = \frac{a}{k} \quad 2.11^{[6]}$$

e. Ketidakpastian Kombinasi (UC)

Uc merupakan Ketidakpastian kombinasi dari ketidakpastian tipe A dan ketidakpastian tipe B. Adapun persamaan dari ketidakpastian kombinasi adalah: $UC = \sqrt{Ua1^2 + Ua2^2 + Ub1^2 + Ub2^2}$ $2.12^{[6]}$

f. Ketidakpastian Diperluas

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui *Uexpand*. Persamaan *Uexpand* adalah:

$$Uexpand = k \cdot Uc^{[6]} \quad 2.13^{[6]}$$

Untuk mencari nilai k, maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level* 95%. Tabel T *student* dapat dilihat pada gambar 2.1

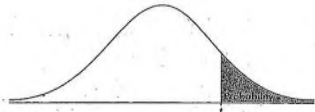


TABLE B: t-DISTRIBUTION CRITICAL VALUES

df	Tail probability p										
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	15.89	31.82	63.66	127.3	318.3
2	.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.09	22.33
3	.765	.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.21
4	.741	.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173
5	.727	.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893
6	.718	.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208
7	.711	.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785
8	.706	.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501
9	.703	.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297
10	.700	.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144
11	.697	.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025
12	.695	.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.990
13	.694	.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852
14	.692	.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787
15	.691	.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552
21	.686	.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.133	3.527
22	.686	.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505
23	.685	.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.485
24	.685	.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467
25	.684	.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450
26	.684	.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435
27	.684	.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.158	2.473	2.771	3.057	3.421
28	.683	.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408
29	.683	.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396
30	.683	.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385
40	.681	.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307
50	.679	.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261
60	.679	.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232
80	.678	.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195
100	.677	.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174
1000	.675	.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098
∞	.674	.841	1.036	1.282	1.645	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091

Confidence level C

Gambar 2.9 Tabel T-student

g. V efektif

$$V_{\text{eff}} = \frac{(Uc)4}{\frac{\sum(Ui)4}{Vi}} \quad 2.14$$

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Diagram Alir (*Flowchart*)

Tahapan penelitian Tugas Akhir ini, secara umum dapat digambarkan dalam *flowchart* seperti dibawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* Tugas Akhir

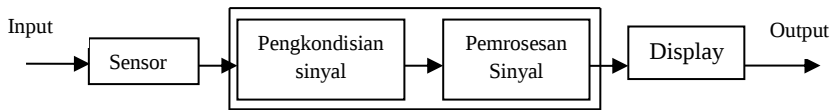
3.2. Keterangan Flowchart

3.2.1 Studi Literatur Rancang Bangun Pendingin dan Monitoring Temperature

Mempelajari literatur dari penelitian – penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai rancang bangun pendingin temperatur serta proses monitoring.

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan *Hardware* serta *Software*

Pada perancangan dan pembuatan *hardware* serta *software* terdapat beberapa tahap, yaitu pembuatan rancang bangun pendingin dan pemilihan sensor termokopel, kemudian masuk ke pemrograman mikrokontroler arduino untuk pengolahan data dari sensor. Pada perancangan sistem monitoring temperatur terdapat diagram blok pengukuran. Berikut merupakan diagram blok sistem pengukuran secara umum.



Gambar 3.2 Diagram Blok Temperatur

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 display (*data presentation element*).

a. Perancangan dan Pembuatan Alat (*Hardware*)

Alat ukur temperatur ini menggunakan sensor termokopel. Berfungsi sebagai sensor untuk mengukur temperatur



Gambar 3.3 Sensor termokopel

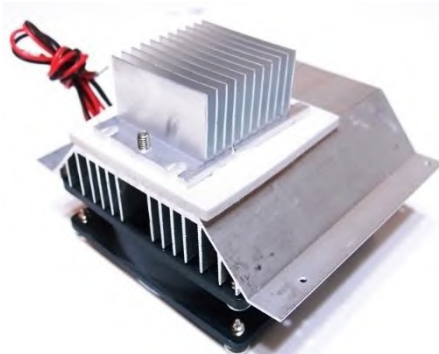
Setelah *sensing element* dan *signal conditioning*, tahap selanjutnya adalah masuk ke *signal processing*. *Signal processing* dilakukan oleh mikrokontroler arduino uno. *Signal processing* bekerja dengan koding program IDE Arduino. Hasil data dari pemrosesan sinyal akan ditampilkan oleh LCD (*Liquid Crystal Display*) seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4 Display Hardware

Pembuatan cooling water box dibuat menggunakan cold heatsink, peltier, heatsink fan yang dapat dilihat pada gambar 3.5. masing-masing memiliki kegunaan tersendiri dengan fungsi sebagai berikut:

- Cold heatsink menerima dingin yang diperoleh dari peltier dan meneruskannya ke air yang ada didalam box pendingin sehingga dingin dapat tersalurkan
- Peltier merupakan elemen panas dingin yang menjadi komponen paling utama untuk mendinginkan air , namun terdapat pula panas yang ditimbulkan dari peltier ini
- Heatsink Fan merupakan susunan heatsink dan fan, dimana sisi heatsink yang terkena panas peltier secara langsung dan fan berfungsi untuk membuang panas yang ada pada heatsink agar panas dapat di minimalisir sehingga suhu dingin pada peltier dapat terus meningkat



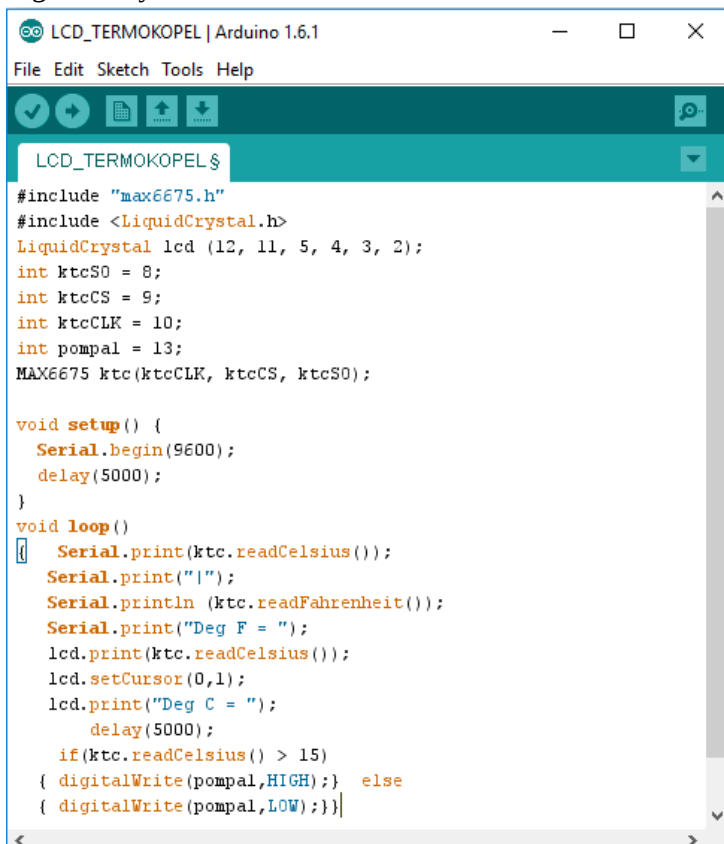
Gambar 3.5 Komponen Pendingin



Gambar 3.6 Display Cooling water box

b. Perancangan dan Pembuatan Alat (*Software*)

Perancangan *software* pada tahap ini untuk pemrosesan sinyal. Rangkaian pemrosesan sinyal pada alat ini menggunakan arduino Uno. Untuk membuat program dibutuhkan *software* arduino 1.6.1. Pada program ini, akan diberikan koding untuk mengolah sinyal masukan



```

LCD_TERMOKOPEL | Arduino 1.6.1
File Edit Sketch Tools Help

LCD_TERMOKOPEL $
#include "max6675.h"
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd (12, 11, 5, 4, 3, 2);
int ktcS0 = 8;
int ktcCS = 9;
int ktcCLK = 10;
int pompal = 13;
MAX6675 ktc(ktcCLK, ktcCS, ktcS0);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(5000);
}

void loop()
{
  Serial.print(ktc.readCelsius());
  Serial.print("|");
  Serial.println (ktc.readFahrenheit());
  Serial.print("Deg F = ");
  lcd.print(ktc.readCelsius());
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Deg C = ");
  delay(5000);
  if(ktc.readCelsius() > 15)
  { digitalWrite(pompal,HIGH);} else
  { digitalWrite(pompal,LOW);}
}

```

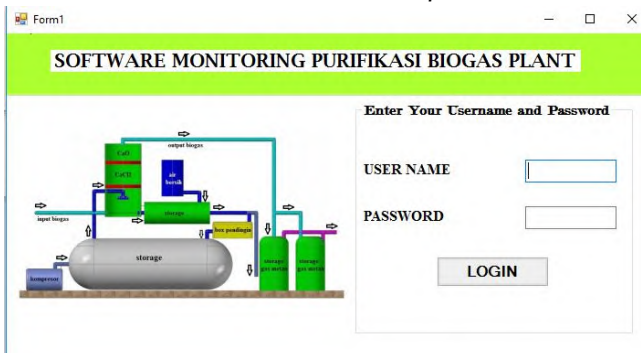
Gambar 3.7 *Software* arduino 1.5.8

3.2.3 Pembuatan Desain Rancang Bangun Pendingin dan Monitoring

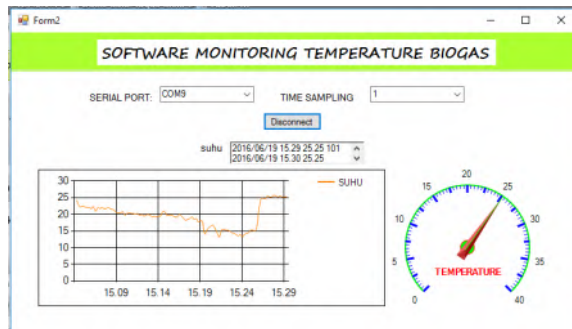
Setelah dilakukan pengujian sistem pengukuran *software programming* dan *hardware*, maka dilakukan pembuatan tampilan pada (*Personal Computer*) PC serta penyimpanan data secara *real time*. Pembuatan tampilan ini menggunakan *software* visual studio 2013. Data yang akan ditampilkan secara *real time* adalah data temperatur. Desain yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.8 Desain *Software*



Gambar 3.9 Desain *Software* login



Gambar 3.10 Desain Software monitoring

Pada visual studio terdapat “SerialPort1.BaudRate = 9600” perbedaan antara baudrate dan bitrate adalah

- Bitrate

Bitrate merupakan satuan data yang dibaca oleh program dalam satu kali waktu. Semakin besar, seharusnya kualitas output yang dihasilkan semakin baik. Jika pada citra terdapat pixel maka audio menggunakan bitrate, bitrate merupakan jumlah bit yang dikirim dalam satuan detik, contohnya 192 kbps, berarti dalam satu detik file audio tersebut membaca informasi sebesar 192kb atau 24 kB.

- Baudrate

Baud rate adalah jumlah kali per detik sinyal dalam perubahan data komunikasi analog. Misalnya, seribu baud rate berarti bahwa ia dapat mengubah seribu kali per detik. Baudrate juga mengacu pada status koneksi, misalnya, tegangan, frekuensi atau fasetingkat. Dalam hal sangat sederhana, baud rate adalah kecepatan data yang dikirim. Baud rate dihubungkan dengan modem, televisi digital, telepon dan perangkat teknis lainnya. Baudrate yang lebih tinggi lebih disukai karena mengirim transmisi lebih cepat.

Sedangkan BaudRate 9600 pada coding visual studio diperoleh dari coding termokopel pada arduino dengan mensamakan

kecepatan data pada arduino dan juga visual studio, pemakaian data kecepatan komunikasi data yang di gunakan pada koding arduino yaitu “Serial.begin(9600)” maka pada koding visual studio memakai baudrate 9600.

3.2.4 Pengujian karakteristik statik

Pengujian karakteristik statik diperlukan untuk mengetahui nilai dari Range Span Resolusi Non-linieritas Histerisis Akurasi Kesalahan

3.2.5 Pengambilan Data

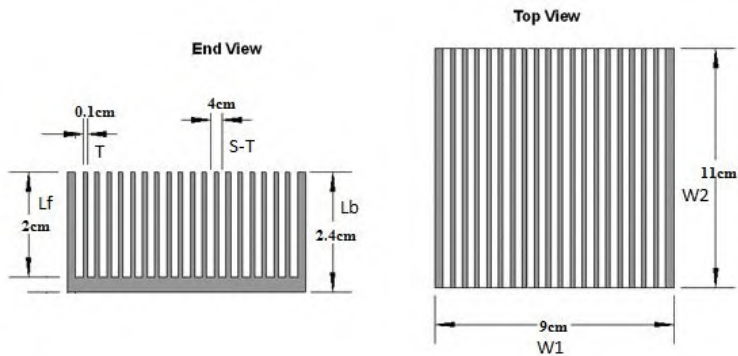
Dalam tahap ini merupakan melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem monitoring yang telah dibuat. Dimana dengan keterangan data tersebut dapat dilihat bagus atau tidaknya performansi karakter sistem monitoring ini. Pada karakteristik statik alat yang dicari yaitu nilai *range*, *span*, *resolusi*, *sensitivitas*, *linieritas*, serta prosentase akurasi. Sedangkan untuk data kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran ketika menggunakan perangkat ini.

3.2.6 Analisis Data dan Kesimpulan

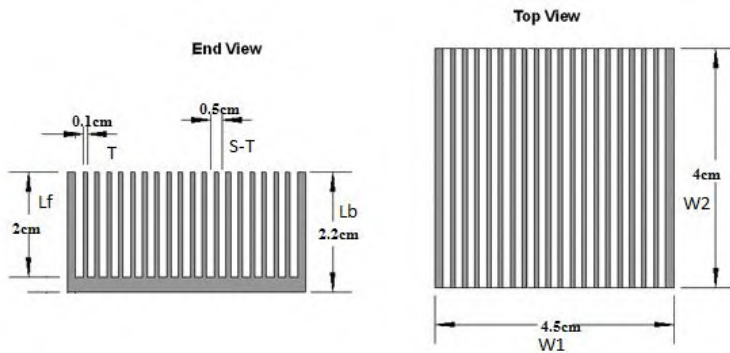
Kemudian ditahap terakhir terdapat analisis data yang dihasilkan dari sistem rancang bangun pendingin mengenai pengaruh air dingin yang dapat dihasilkan terhadap kandungan gas serta monitoring temperatur untuk mengetahui berapa lama alat ini dapat mendinginkan air, setelah data terkumpul dan dapat diolah dilakukan penarikan kesimpulan yang sesuai dengan data yang telah diperoleh.

3.3 Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Pada Heatsink

- a. Pengambilan data suhu pada fin heatsink
- b. Menghitung dimensi heatsink



Gambar 3.11 Dimensi Heatsink Panas



Gambar 3.12 Dimensi Heatsink Dingin

- L_f = Panjang sisi fin
- L_b = Panjang sisi fin heatsink
- W_1 = Lebar sisi heatsink
- W_2 = Panjang sisi heatsink
- T = Lebar fin
- $S-T$ = Jarak antar fin

- c. Menentukan nilai sifat bahan (heatsink)
- d. Menghitung luasan total (A_t) dan luasan fin (A_f)

- e. Menghitung reynould number (Re) dan nusselt number (Nu_L)
- f. Menghitung efisiensi fin
- g. Menghitung heat rate sisi panas dan sisi dingin

BAB IV

HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Pada Tugas Akhir rancang bangun pendingin dan sistem monitoring suhu pada Biogas plant dilakukan pengujian mengenai pengaruh suhu terhadap kandungan gas. Berikut ini adalah pengujian sistemnya, antara lain:

4.1.1 Hasil pengujian rancang bangun pendingin

Alat rancang bangun pendingin dapat menampung air sebanyak 1,300L serta dapat mendinginkan air sesuai dengan set point yang telah ditentukan yaitu 15°C , untuk mendinginkan air agar dapat mencapai set point tersebut terdapat pada hasil monitoring yang tersimpan pada database, dari data yang tersimpan dibutuhkan jangka waktu selama 18menit, data monitoring tersebut dapat dilihat pada Lampiran D.

Fungsi utama dari air dingin adalah untuk mereduksi gas pengotor yang ada pada biogas terutama H₂S. Pada percobaan air dingin ini memiliki 3 variasi suhu yang berbeda. Berikut adalah data yang diperoleh

Tabel 4.1 Hasil uji 3 variasi suhu

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Pengukuran	Metode Analisis
1	H ₂ S P : 15psia, T : 20 °C	ppm	0,3	Ionization Merk Photovac Type 2020 ppb pro
2	H ₂ S P : 17psia, T : 20 °C	ppm	0,5	
3	H ₂ S P : 22psia, T : 20 °C	ppm	0,7	
4	H ₂ S T : 17 °C	ppm	0,6	
5	H ₂ S T : 15 °C	ppm	0,5	

Dari tabel 4.1 menunjukkan parameter uji terhadap kandungan H₂S dengan tekanan yang sama 22psia dengan perbedaan variasi suhu yang semakin menurun menunjukkan bahwa pada saat suhu air 20°C parameter uji menunjukkan

kandungan dari H₂S adalah 0.7ppm, pada saat suhu air 17°C parameter uji menunjukkan kandungan dari H₂S adalah 0.6ppm, pada saat suhu air 15°C parameter uji menunjukkan kandungan dari H₂S adalah 0.5ppm. semakin dingin air yang digunakan maka akan semakin menurun kandungan gas pengotor.

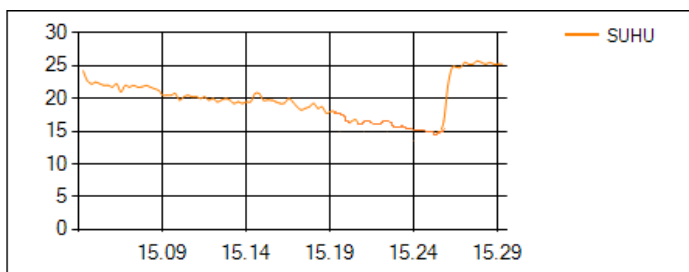
PPM merupakan kependekan dari 'part per million' bisa dalam volume (ppm volume) atau massa/berat (ppm mass/weight), yaitu sebuah satuan untuk konsentrasi larutan di mana konsentrasi partikel yang dimaksud sangat kecil dibandingkan dengan partikel yang menjadi pelarutnya. Kalau tidak disebutkan apa-apa hanya 'ppm', umumnya diartikan sebagai ppm volume. Contoh dari satu dari sepersejuta bagian adalah 1 detik dalam 280 jam(1.008.000)

Dalam penelitian ini H₂S dapat diartikan sebagai berikut:

0,5 ppm volume berarti kadar / konsentrasi adalah 0,5/ 1juta dalam volume

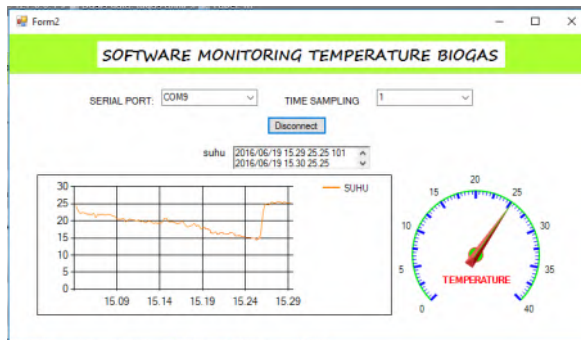
4.1.2 Pengujian software monitoring temperature

Berikut ini adalah data *temperature* yang telah dimonitoring dengan *visual basic* mulai pukul 15.07-15.29 yang direcord pada grafik setiap 1detik. Grafik antara *temperature* dan waktu dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik antara *temperature* dan waktu

Adapun tampilan utama dari visual studio yang di pergunakan dalam monitoring temperature adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 software monitoring temperature

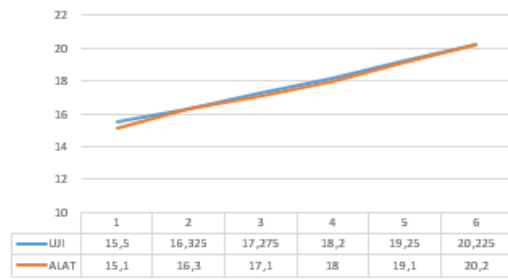
4.1.3 Pengujian alat ukur *temperature*

Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian alat, dan grafiknya pada Gambar 4.2.

Tabel 4.2 Data Pengujian Alat

No.	SUHU	STANDAR	PEMBACAAN UJI		RATA RATA
			NAIK	TURUN	
1	15	15,1	15,8	15,2	15,5
2	16	16,3	16,5	16,15	16,325
3	17	17,1	17,25	17,3	17,275
4	18	18	18,15	18,25	18,2
5	19	19,1	19,2	19,3	19,25
6	20	20,2	20,35	20,1	20,225
jumlah		105,8	107,25	106,3	106,775
rata rata		17,63333	17,875	17,71667	17,79583

GRAFIK PEMBACAAN ALAT DAN UJI



Gambar 4.3 Grafik pembacaan Alat dan Pembacaan Standar

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa persamaan pengujian dari alat yang dibandingkan dengan alat ukur yang standar,

a. Data Spesifikasi Alat

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

Sehingga menghasilkan nilai :

- a. *Range* : 15°C – 20°C
- b. *Span* : 6°C
- c. *Resolusi* : 0,25
- d. *Non-linieritas* : 0.471%
- e. *Histerisis* : 0,0769%
- f. *Akurasi* : 99%
- g. *Kesalahan* : 1%

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur temperature berdasarkan data pada Tabel 4.1

Sensitivitas (dari data pengujian alat) :

- sensitivitas $= \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{20,35-15,8}{20,1-15,2} = 0,9285$

- *non – Linieritas*

$$(N(I)) = O(I) - (KI + a)$$

*data yang dihitung adalah pembacaan temperature naik

Non – linieritas maksimum per unit

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

Dimana :

$$K \text{ (sensitivitas)} = 0,9285$$

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

$$a = 15,1 - (0,9285)(15,8)$$

$$a = -0,0364$$

$$N \text{ (Non Linieritas Maksimum)} = 2,143$$

sehingga :

Non-linieritas maksimum per unit

$$= \frac{2,143}{20,35 - 15,8} \times 100\% = 0,471\%$$

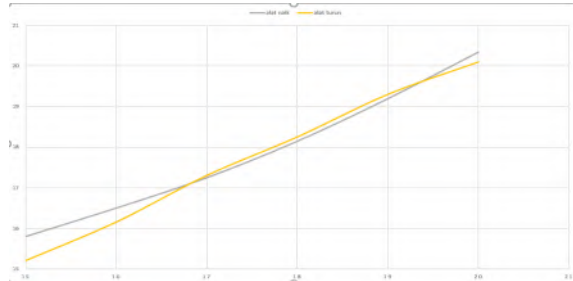
Histerisis :

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

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

$$= \frac{0,35}{20,35 - 15,8} \times 100\% = 0,0769\%$$

Dari histerisis tersebut dapat dijadikan grafik. Berikut ini merupakan grafik histerisis dari pengukuran naik dan turun tersebut.



Gambar 4.4 Grafik Histerisis

Akurasi :

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

Dengan : Y_n = Pembacaan Standar
 X_n = Pembacaan Alat

$$A = 1 - \left| 0,0092 \right| \times 100\% = 99\%$$

Setelah diketahui karakteristik statik dari alat temperature, langkah berikutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah termokopel k. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.3 Data Kalibrasi

No.	SUHU	STANDAR (s)	rata-rata		rata-rata	ti^2	yi^2	ti*yi	Yreg	Residu (R)	ssr
			naik	turun							
1	15	15,1	15,8	15,2	15,5	228,01	0,25	-7,55	-0,41688	0,173788569	0,030202
2	16	16,3	16,5	16,15	16,325	265,69	0,105625	-5,2975	-0,35954	0,12927036	0,016711
3	17	17,1	17,25	17,3	17,275	292,41	0,075625	-4,7025	-0,32132	0,103244454	0,010659
4	18	18	18,15	18,25	18,2	324	0,04	-3,6	-0,27831	0,077458396	0,006
5	19	19,1	19,2	19,3	19,25	364,81	0,0625	-4,775	-0,22575	0,05096484	0,002597
6	20	20,2	20,35	20,1	20,225	408,04	0,050625	-4,545	-0,17319	0,029996297	0,0009
jumlah		105,8	107,25	106,3	106,775	1882,96	0,584375	-30,47	-1,775	0,564722916	0,06707
rata-rata		17,63333	17,875	17,71666667	17,79583		0,097396			0,094120486	0,011178

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.2.

- Nilai ketidakpastian tipe A :

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

Dimana :

$$\sigma = 0,341869858$$

Sehingga nilai ketidakpastian tipe A adalah :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{0,341869858}{\sqrt{6}} = 0,139567785$$

- Sedangkan nilai ketidakpastian regresi U_{a2} adalah

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

Dimana :

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

SR = R^2 (*Residu*)

Yi (*Nilai koreksi*) = Pemb. standar (ti) – Pemb. alat (xi)

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

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

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

y_i = Nilai koreksi, n = Jumlah data

$$b = \frac{(6 \times -30,47) - (-1,775 \times 105,8)}{(6 \times 1882,96) - (105,8)^2}$$

$$b = 0,047781406$$

Sehingga nilai :

$$a = -0,29583333 + (0,047781406 \times 17,63333)$$

$$a = -1,1383$$

Jadi, persamaan regresi menjadi

$$Y_{reg} = (-1,1383) + (ti \times 0,047781406)$$

Yang menghasilkan nilai SSR = 0,094120486

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{0,094120486}{6-2}}$$

$$U_{a2} = 0,153395311$$

- Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar *termokopel* (U_{B2}). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,25}{\sqrt{3}} = 0,072168784$$

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

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 :

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

$$U_c = \sqrt{0,139567785^2 + 0,153395311^2 + 0,072168784^2 + 0^2}$$

$$U_c = 0,219585112$$

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

$V = n-1$, sehingga :

$V1 = 5$; $V2 = 5$; $V3 = \infty$; $V4 = 60$ (berdasarkan table T)

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

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

V_{eff}

$$= \frac{(0,219585112)^4}{(0,13956)^4/5 + (0,1533)^4/5 + (0,07216)^4/\infty + (0,00)^4/60}$$

$V_{eff} = 14,94$, sehingga jika dibulatkan menjadi 15, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2,131.

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 2,131 \times 0,219585112 = 0,4679$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 0,4679$. dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

4.1.4 Perhitungan Perpindahan Panas Pada Heatsink

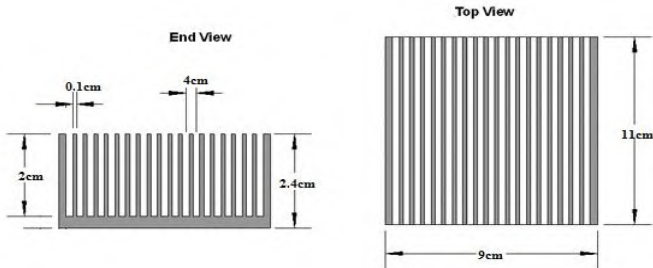
a. Pengambilan data suhu

Tabel 4.4 Data Suhu Pada Heatsink

menit ke-	suhu fin dingin (Ts)	suhu fin panas (Ts)	suhu dalam box (T ∞)	suhu luar bebas (T ∞)
1	22	21,25	22	22
2	20,5	21,25	20,5	22
3	19,75	21,5	19,75	22
4	20,25	21,5	20,25	22
5	20	21,75	20	22
6	19,75	21,75	19,75	22
7	19,5	22	19,5	22
8	19,75	22	19,75	22,5
9	19,25	22,25	19,25	22,5
10	18,75	22,25	18,75	22,5
11	19,25	22,5	19,25	22
12	19,25	22,5	19,25	22
13	17,5	22,75	17,5	22
14	17	22,75	17	22
15	16,25	22,75	16,25	22,5
16	15,5	22,75	15,5	22
17	15,25	23	15,25	22
18	15	23	15	22

- **Heatsink sisi panas**

b. Menghitung dimensi heatsink panas



Gambar 4.5 Dimensi Heatsink Panas

$$L_f = 2 \quad \text{cm}$$

$$W_1 = 9 \quad \text{cm}$$

$$T = 0,1 \quad \text{cm}$$

$$L_b = 2,4 \quad \text{cm}$$

$$W_2 = 11 \quad \text{cm}$$

$$S-T = 0,4 \quad \text{cm}$$

Kecepatan udara masuk 0.81m/s

Temperature kondisi maksimal

$$T_{\infty} = 23^{\circ}\text{C} = 23 + 273 = 296^{\circ}\text{K}$$

$$T_s = 15^{\circ}\text{C} = 15 + 273 = 288^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Suhu rata-rata } T_f = \frac{296 + 288}{2} = 292$$

c. Menentukan nilai sifat

Dilihat pada Lampiran G Table (A5.1. Physical Properties of Air at Atmospheric Pressure)

Maka didapatkan :

$$V \text{ udara} = 9,49 + \frac{292 + 250}{300 - 250} (16,84 - 9,49) 10^{-6} \text{ W/m}^3\text{K}$$

$$= 89,164 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K \text{ udara} = 22,2 + \frac{292 + 250}{300 - 250} (26,2 - 22,2) 10^{-3} \text{ W/m}^3\text{K}$$

$$= 65,56 \times 10^{-3} \text{ W/m}^3\text{K}$$

$$Pr \text{ udara} = 0,722 + \frac{292 + 250}{300 - 250} (0,708 - 0,722) 10^{-3} \text{ W/m}^3\text{K}$$

$$= 0,57024$$

Untuk mencari koefisien konduksi Heatsink (khs) dapat dicari dengan Table A.8-a1. Thermal properties of selected metallic solids pada Lampiran G pada suhu 288°K

$$\begin{aligned} K_{hs} &= 237 + \frac{288-200}{400-200} (240 - 237) \text{ W/m}^2\text{K} \\ &= 280,32 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

- d. Menghitung luasan total (A_t) dan luasan fin (A_f)

$$\begin{aligned} A_f &= 2W_2(L_f + (t/2)) \\ &= 2 \times 0,11 \text{ m} (0,02 + (0,001/2)) \\ &= 0,00451 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas selimut sirip (A_s)

$$\begin{aligned} A_s &= (N-1)(S-T)W_2 \\ &= (25-1)(0,004)(0,11) \\ &= 0,01056 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_t &= NA_f + A_s \\ &= 25 \times 0,00451 \times 10^{-3} + 0,01056 \\ &= 0,01067275 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- e. Menghitung reynould number (Re) dan nusselt number (Nu_L)

$$\begin{aligned} Re &= V_{\infty} \times L / \nu \\ &= 0,81 \times 0,02 / 15,11 \\ &= 1072,137657 \text{ (aliran laminar)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu_L &= 0,332 \times Re^{1/2} \times Pr^{1/3} \\ &= 0,332 \times (1072,137657)^{1/2} \times (0,57024)^{1/3} \\ &= 22,5529 \end{aligned}$$

- f. Menghitung efisiensi fin

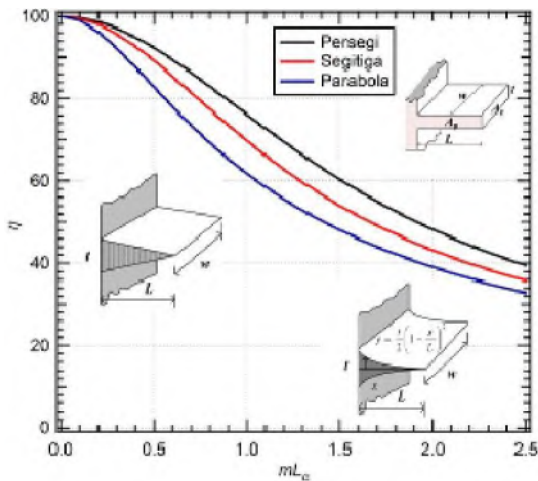
$$\begin{aligned} H &= K \times Nu_L / L \\ &= 65,56 \times 10^{-3} \times 22,5529 / 0,02 \\ &= 73,928 \text{ W/m}^2\text{K} \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai dari

$$\begin{aligned} L_c &= L + t/2 \\ &= 0,02 + 0,001/2 \\ &= 0,0205 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_p &= L_c \times t \\ &= 0,0205 \times 0,001 \\ &= 0,0000205 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_c &= L_c^{3/2} (h/K_{hs} A_p)^{1/2} \\ &= 0,0205^{2/3} (73,928/280,32 \times 0,0000205)^{1/2} \\ &= 0,0277 \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Grafik efisiensi sirip (bentuk penampang koreksi persegi, segitiga, dan parabola)

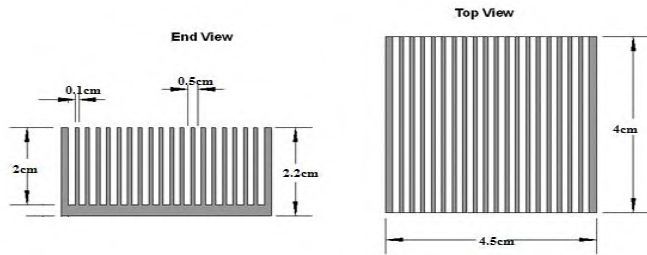
Berdasarkan grafik pada nilai efisiensi fin didapatkan nilai $\eta_f = 97,2\% = 0,972$

- g. Menghitung heat rate sisi panas

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= N \times n_f \times h \times A_f \theta_b + h A_s \theta_b \\
 &= 25 \times 0,972 \times 73,928 \times 0,00000451 (296-288) + \\
 &\quad 73,928 \times 0,01067275 (296-288) \\
 &= 6,310327971 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

• **Heatsink sisi dingin**

- a. Menghitung dimensi heatsink dingin



Gambar 4.7 Dimensi Heatsink Dingin

$L_f = 2$	cm	$L_b = 2,2$	cm
$W_1 = 4,5$	cm	$W_2 = 4$	cm
$T = 0,1$	cm	$S-T = 0,5$	cm

Kecepatan air masuk 1 L/m

Temperature kondisi maksimal

$$T_{\infty} = 22^{\circ}\text{C} = 22 + 273 = 295^{\circ}\text{K}$$

$$T_s = 15^{\circ}\text{C} = 15 + 273 = 288^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Suhu rata-rata } T_f = \frac{295+288}{2} = 291.5$$

- a. Menentukan nilai sifat

Dilihat pada Lampiran G Table (Table A5.2. Physical Properties of Saturated Liquid Water)

Maka didapatkan :

$$V \text{ udara} = 1,788 + \frac{18,5+0}{20-0} (1,006 - 1,788) 10^{-6} \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,06465 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \\
 K \text{ udara} &= 1,308 + \frac{18,5+0}{20-0} (0,597 - 0,552) 10^{-3} \text{ W/m}^{\circ}\text{C} \\
 &= 1,349625 \times 10^{-3} \text{ W/m}^{\circ}\text{K} \\
 Pr \text{ udara} &= 13,6 + \frac{18,5+0}{20-0} (7,02 - 13,6) 10^{-3} \text{ W/m}^{\circ}\text{C} \\
 &= 7,5135
 \end{aligned}$$

Untuk mencari koefisien konduksi Heatsink (khs) dapat dicari dengan Table A.8-a1. Thermal properties of selected metallic solids pada Lampiran G pada suhu 288°K

$$\begin{aligned}
 Khs &= 237 + \frac{288+200}{400-200} (240 - 237) \text{ W/m}^{\circ}\text{K} \\
 &= 280,32 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung luasan total (A_t) dan luasan fin (A_f)

$$\begin{aligned}
 A_f &= 2W_2(L_f + (t/2)) \\
 &= 2 \times 0,04 \text{ m} (0,02 + (0,001/2)) \\
 &= 0,00000164 \times 10^{-3} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas selimut sirip (A_s)

$$\begin{aligned}
 A_s &= (N-1)(S-T)W_2 \\
 &= (7-1)(0,005)(0,04) \\
 &= 0,0012 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_t &= N A_f + A_s \\
 &= 7 \times 0,00000164 \times 10^{-3} + 0,0012 \\
 &= 0,00121148 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- c. Menghitung reynould number (Re) dan nusselt number (Nu_L)

$$\begin{aligned}
 Re &= V_{\infty} \times L / \nu \\
 &= 1 \times 0,02 / 1,14 \times 10^{-3} \\
 &= 17,5438596 \text{ (aliran laminar)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nu_L &= 0,332 \times Re^{1/2} \times Pr^{1/3} \\
 &= 0,332 \times (17,5438596)^{1/2} \times (7,5135)^{1/3} \\
 &= 4,86253801
 \end{aligned}$$

d. Menghitung efisiensi fin

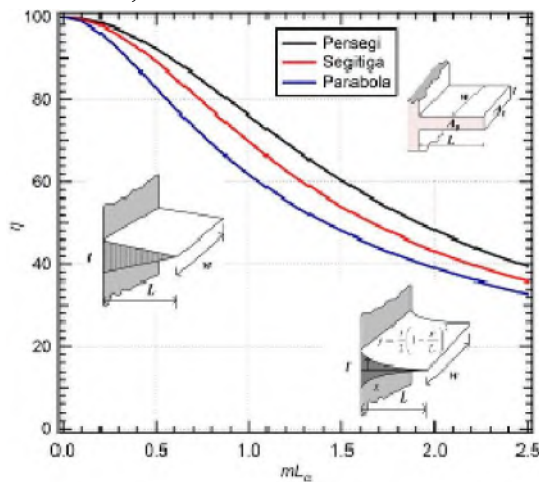
$$\begin{aligned}
 H &= K \times Nu_L / L \\
 &= 1,349625 \times 10^{-3} \times 4,86253801 / 0,02 \\
 &= 0,3281 \text{ W/m}^2\text{'K}
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai dari

$$\begin{aligned}
 L_c &= L + t/2 \\
 &= 0,02 + 0,001/2 \\
 &= 0,0205
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_p &= L_c \times t \\
 &= 0,0205 \times 0,001 \\
 &= 0,0000205
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ML_c &= L_c^{3/2} (h/Khs \times A_p)^{1/2} \\
 &= 0,0205^{2/3} (0,3281 / 280,32 \times 0,0000205)^{1/2} \\
 &= 0,00012298
 \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Grafik efisiensi sirip (bentuk penampang koreksi persegi, segitiga, dan parabola)

Berdasarkan grafik pada nilai efisiensi fin didapatkan nilai $\eta_f = 99,98\% = 0,999$

- e. Menghitung heat rate sisi panas

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= N \times \eta_f \times h \times A_f \theta_b + h A_s \theta_b \\ &= 7 \times 0,999 \times 0,3281 \times 0,00000164 (295-288) + \\ &\quad 0,3281 \times 0,0012 (295-288) \\ &= 0,00278266 \text{ watt} \end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

Rancang bangun sistem pendingin air ini bertujuan untuk mendinginkan air yang akan digunakan oleh scrubber guna mereduksi gas H_2S pada kandungan biogas dan sistem monitoring temperature sendiri bertujuan untuk mengetahui berapa lama jangka waktu yang diperlukan untuk dapat mendinginkan air untuk mencapai set point yang telah ditentukan.

Prinsip kerja dari rancang bangun pendingin air yaitu mendinginkan air utama yang akan dipergunakan untuk proses purifikasi biogas, air dingin berasal dari peltier yang merupakan sumber pendingin pada cooling box, peltier merupakan elemen panas dingin dimana sisi dingin dapat bekerja secara optimal apabila sisi panas pada peltier dapat diredam atau dibuang, untuk meneruskan dingin yang berasal dari peltier ke air diperlukan heatsink sebagai media utamanya, cara untuk membuang sisi panas pada peltier yaitu dengan menggunakan heatsink sebagai media untuk penghantar panas secara langsung terhadap peltier, panas yang terdapat pada heatsink akan di buang menggunakan kipas 12v 0.1ampere

Pada sistem monitoring temperature, sensor yang dipergunakan adalah termokopel dengan output berupa bilangan digital yang di proses oleh mikrokontroller berupa arduino uno r3 untuk menjadi display pada LCD dan software visual studio 2013 sebagai interface. Dari percobaan yang telah di uji sistem monitoring temperature dapat dilihat pada gambar 4.3 dimana

proses pendinginan air direkam pada grafik setiap detiknya dengan penurunan suhu air dengan kondisi awal memiliki suhu 22°C hingga menjadi 15°C yang merupakan nilai set point dari percobaan rancang bangun pendingin, untuk mencapai nilai setpoint diperlukan waktu selama 18 menit yang di rekam dalam data base locallhost setiap 1 menit data tersebut dapat dilihat pada lampiran D.

Hasil perhitungan heat rate yang dibutuhkan untuk mendinginkan air 1,3Liter pada water cooling box dalam jangka waktu 18 menit pada heatsink sisi panas membutuhkan daya sebesar 6,310327971watt dan pada heatsink sisi dingin membutuhkan daya sebesar 0,00278266watt dengan perhitungan ini total heat rate yang dipergunakan selama proses pendinginan air yaitu sebesar 6,31311watt. Dengan total daya sebesar 6,31311watt mampu mendinginkan air hingga 15°C, sehingga peltier atau *Thermoelectric cooling* sangat direkomendasikan untuk penggunaan dalam suatu proses pendinginan, terutama untuk pendinginan air pada proses purifikasi biogas karena daya yang di butuhkan cukup sedikit sehingga dapat menghemat pemakaian daya.

Selain itu hasil optimasi terbaik yang telah dilakukan oleh M.Fhaq 2012 saat jam 3 pagi saat temperature ambient rendah (23°C) dengan nilai persen reduksi 99,80% dan menghasilkan 1 ppm H₂S. Saat temperatur ambient tinggi pada jam 1 siang, menunjukkan 98,60% nilai ppm H₂S mencapai 7 ppm H₂S.

Dari berbagai referensi yang ada maka telah dilakukan percobaan dengan variasi suhu air yang berbeda mulai dari suhu air normal 20°C suhu air yang lebih turun lagi menjadi 17°C dan yang terakhir dengan suhu sesuai dengan set point yaitu 15°C, dari ketiga variasi suhu ini menunjukkan perbedaan kandungan gas H₂S yang keluar dari hasil purifikasi biogas, pada saat suhu air 20°C parameter uji menunjukkan kandungan dari H₂S adalah 0.7ppm, pada saat suhu air 17°C parameter uji menunjukkan kandungan dari H₂S adalah 0.6ppm, pada saat suhu air 15°C

parameter uji menunjukkan kandungan dari H₂S adalah 0.5ppm. hasil ini diperoleh dari data uji yang dilakukan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM ITS) yang dapat dilihat pada Lampiran B.

LAMPIRAN A

Data Kalibrasi Suhu

Tabel A.1 Data Kalibrasi kenaikan Suhu pada *range*
15°C-20°C

no	STD	SHT
	Suhu	Suhu
1	15,10	15,75
	15,10	15,75
	15,00	15,75
	15,20	15,75
	15,10	16
Rata-Rata	15,10	15,8
2	16,3	16,75
	16,3	16,25
	16,3	16,25
	16,3	16,75
	16,3	16,5
Rata-Rata	16,3	16,5
3	17,10	17,25
	17,10	17,50
	17,20	17,25
	17,10	16,75
	17,00	17,50
Rata-Rata	17,10	17,25
4	18,00	18,25
	18,10	18,25
	18,00	17,75
	18,00	18,25
	17,90	19,25
Rata-Rata	18	18,35

Tabel A.1 Lanjutan

no	STD	SHT
	Suhu	Suhu
5	19,10	19,25
	19,10	19,25
	19,00	19,00
	19,10	19,25
	19,20	19,25
Rata-Rata	19,10	19,2
6	20,00	20,50
	20,20	20,25
	20,30	20,00
	20,30	20,75
	20,20	20,25
Rata-Rata	20,20	20,35

Tabel A.2 Data Kalibrasi penurunan Suhu pada *range*
20°C-15°C

no	STD	SHT
	Suhu	Suhu
1	20.2	20.25
	20.2	20
	20.4	20.25
	20.2	20
	20	20
Rata-Rata	20.2	20.1
2	19.1	19.75
	19.1	19.25
	19.1	19.25
	19.1	19
	19.1	19.25
Rata-Rata	19.1	19.3

Tabel A.2 Lanjutan

no	STD	SHT
	Suhu	Suhu
3	18	18,5
	18	18.5
	18	18.25
	18	18
	18	18
Rata-Rata	18	18,25
4	17.1	17.75
	17.1	17.25
	17.1	17.25
	17.1	17
	17.1	17.25
Rata-Rata	17.1	17,3
5	16.3	16
	16.3	16.25
	16.3	16.25
	16.3	16.25
	16.3	16
Rata-Rata	16.3	16.15
6	15.1	15.25
	15.1	15
	15.1	15.5
	15.1	15
	15.1	15.25
Rata-Rata	15.1	15.2

Tabel A.3 Perhitungan kalibrasi

No.	SUHU	STANDAR (ti)	PEMBACAAN UJI		RATA RATA	non linier	beda histerisis
			NAIK	TURUN			
1	15	15,1	15,8	15,2	15,5	2,14365	0,6
2	16	16,3	16,5	16,15	16,325	1,72945	0,35
3	17	17,1	17,25	17,3	17,275	1,73665	-0,05
4	18	18	18,15	18,25	18,2	1,801	-0,1
5	19	19,1	19,2	19,3	19,25	1,82965	-0,1
6	20	20,2	20,35	20,1	20,225	1,9583	0,25
jumlah		105,8	107,25	106,3	106,775		
rata rata		17,63333	17,875	17,71667	17,79583		

ERROR/KOREKSI (yi)	ti ²	y ²	ti*yi	Yreg	Residu (R)	ssr
-0,5	228,01	0,25	-7,55	- 0,41688	0,173788569	0,030202
-0,325	265,69	0,105625	-5,2975	- 0,35954	0,12927036	0,016711
-0,275	292,41	0,075625	-4,7025	- 0,32132	0,103244454	0,010659
-0,2	324	0,04	-3,6	- 0,27831	0,077458396	0,006
-0,25	364,81	0,0625	-4,775	- 0,22575	0,05096484	0,002597
-0,225	408,04	0,050625	-4,545	- 0,17319	0,029996297	0,0009
-1,775	1882,96	0,584375	-30,47	-1,775	0,564722916	0,06707
-0,29583333		0,097396			0,094120486	0,011178

LAMPIRAN B

Data Hasil Pengukuran Kandungan Gas



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
Telp : 031 - 5953759, 5936940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

FR/LL-ITS/5.10-02
Lampiran : 1

LAPORAN HASIL ANALISA

1. Nomor Laboratorium : 0167/A/VI/2016
2. Nama : ARIEF ABDURRAKHMAN
3. Alamat : Jl. Kyai Abdul Karim No. 10-A Rungkut, Surabaya
5. Nama Sampel : Gas
6. Kode Sampel : LL-ITS-0111
7. Hasil Pengukuran :

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Pengukuran	Metode Analisis
1	H ₂ S P : 15psia, T : 20 °C	ppm	0,3	Ionization Merk Photovac Type 2020 ppb pro
2	H ₂ S P : 17psia, T : 20 °C	ppm	0,5	
3	H ₂ S P : 22psia, T : 20 °C	ppm	0,7	
4	H ₂ S T : 17 °C	ppm	0,6	
5	H ₂ S T : 15 °C	ppm	0,5	

Keterangan :

- Hasil Uji hanya dari Sampling Gas H₂S yang diukur di tempat pengukuran
- Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga
- Laporan hasil pengujian tidak dapat digunakan sebagai alat bukti Hukum
- Laporan hasil Pengujian hanya diperbanyak secara utuh

Surabaya, 20 Juni 2016
Kepala Laboratorium Lingkungan LPPM-ITS


Siti Nurkhamidah, ST., MS., PhD
NIP. 19840508 200912 2 004

Lampiran C

Listing Program pada Visual Studio 2013

```
Public Class Form1

    Private Sub LOGIN_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles LOGIN.Click
        If USERNAME.Text = "D" And PASSWORD.Text = "D"
Then
            Form2.Show()
        Else
            MsgBox("SILAHKAN COBA LAGI")
        End If
    End Sub

End Class

Imports MySql.Data
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class Form2
    Private sqlConn As MySqlConnection
    Private sqlComm As MySqlCommand
    Public ii As Integer
    Public listPort As String()
    Private timeSamplingList As String()
    Private timeSampling As Integer
    Private ss, mm, sst, mmt As Integer
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles MyBase.Load
        For i As Integer = 1 To 5
            ReDim Preserve timeSamplingList(i - 1)
            timeSamplingList(i - 1) = i.ToString
        Next
        ComboBox2.Items.AddRange(timeSamplingList)

        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
    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 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"
            End If
        Else
            Try
                SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
                SerialPort1.BaudRate = 9600
                SerialPort1.Open()
            Catch ex As Exception
                MsgBox(ex.Message)
            End Try
        End Try
    End Sub

```

```

        If SerialPort1.IsOpen Then
            MsgBox("success")
            timeSampling = CInt(ComboBox2.Text)
            Button1.Text = "Disconnect"
            sst = (Now.ToString("ss") +
timeSampling)
            mmt = (Now.ToString("mm") +
timeSampling) Mod 10
        End If
    End If
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)
Handles SerialPort1.DataReceived
    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)
    mm = CInt(Now.ToString("mm")) Mod 10
    ss = CInt(Now.ToString("ss"))

    If mm = mmt And ss = sst Then
        simpan(datamasuk)
        sst = (Now.ToString("ss") + timeSampling)
        mmt = (Now.ToString("mm") + timeSampling)
Mod 10
    End If

```

```

        ii += 1
        RichTextBox1.AppendText(ii.ToString + " " +
Now.ToString("yyyy/MM/dd HH:mm") + " " + datamasuk + ""
+ vbNewLine)
        RichTextBox1.ScrollToCaret()

Chart1.Series("SUHU").Points.AddXY(Now.ToString("HH:mm"
), Val(datamasuk))
    End Sub
    Sub simpan(ByVal datamasuk As String)
        Label1.Text = datamasuk
        sqlComm = New MySqlCommand
        Try
            With sqlComm
                .Connection = sqlConn
                .CommandText = "INSERT INTO `TUGAS
AKHIR`(`TANGGAL` / `WAKTU`, `SUHU`) VALUES ('" +
Now.ToString("yyyy/MM/dd HH:mm") + "', '" + datamasuk +
"')"
                .ExecuteNonQuery()
            End With
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try
    End Sub

End Class

```

LAMPIRAN D

Data Record Hasil Monitoring

localhost / 127.0.0.1 / tu × +

← → ↺ | localhost/phpmyadmin/#PMAURL-4:tbl_replace.php?db=tugas+akhir&table=tugas+akhir&s

phpMyAdmin

Terbaru Favorit

- New
- coba
- d
- information_schema
- mysql
- performance_schema
- phpmyadmin
- tugas akhir
 - New
 - rh
 - temperatur gas
 - tugas akhir
- webauth

Server: 127.0.0.1 » Basis data: tugas akhir » Tabel: tugas akhir

[Jelajahi](#)
[Struktur](#)
[SQL](#)
[Cari](#)
[Tambahkan](#)

	no	TANGGAL / WAKTU	SUHU
☐ Ubah Salin Hapus	1	2016/06/19 15.08	22
☐ Ubah Salin Hapus	2	2016/06/19 15.09	20,5
☐ Ubah Salin Hapus	3	2016/06/19 15.10	19,75
☐ Ubah Salin Hapus	4	2016/06/19 15.11	20,25
☐ Ubah Salin Hapus	5	2016/06/19 15.12	20
☐ Ubah Salin Hapus	6	2016/06/19 15.13	19,75
☐ Ubah Salin Hapus	7	2016/06/19 15.14	19,5
☐ Ubah Salin Hapus	8	2016/06/19 15.15	19,75
☐ Ubah Salin Hapus	9	2016/06/19 15.16	19,25
☐ Ubah Salin Hapus	10	2016/06/19 15.17	18,75
☐ Ubah Salin Hapus	11	2016/06/19 15.18	19,25
☐ Ubah Salin Hapus	12	2016/06/19 15.19	18,25
☐ Ubah Salin Hapus	13	2016/06/19 15.20	17,5
☐ Ubah Salin Hapus	14	2016/06/19 15.21	17
☐ Ubah Salin Hapus	15	2016/06/19 15.22	16,25
☐ Ubah Salin Hapus	16	2016/06/19 15.23	15,5
☐ Ubah Salin Hapus	17	2016/06/19 15.24	15,25
☐ Ubah Salin Hapus	18	2016/06/19 15.25	15
☐ Ubah Salin Hapus	19	2016/06/19 15.26	14,75
☐ Ubah Salin Hapus	20	2016/06/19 15.27	25,5
☐ Ubah Salin Hapus	21	2016/06/19 15.28	25,5
☐ Ubah Salin Hapus	22	2016/06/19 15.42	25,25

LAMPIRAN E

DATASHEET MAX6675

19-0235; Rev 1; 3/02

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 0.5°C 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

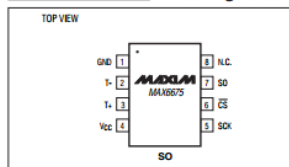
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675SA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

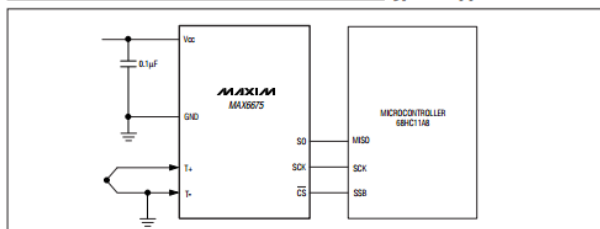
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

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)	471mW	Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (dissipate 5.88mW/°C above +70°C)		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		$T_{THERMOCOUPLE} = +700^{\circ}\text{C}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3\text{V}$	-5	+5	LSB
			$V_{CC} = +5\text{V}$	-6	+6	
		$T_{THERMOCOUPLE} = 0^{\circ}\text{C}$ to $+700^{\circ}\text{C}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3\text{V}$	-8	+8	
			$V_{CC} = +5\text{V}$	-9	+9	
		$T_{THERMOCOUPLE} = +700^{\circ}\text{C}$ to +1000°C, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3\text{V}$	-17	+17	
			$V_{CC} = +5\text{V}$	-19	+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		$\mu\text{V}/\text{LSB}$
Cold-Junction Compensation Error		$T_A = -20^{\circ}\text{C}$ to +85°C (Note 2)	$V_{CC} = +3.3\text{V}$	-3.0	+3.0	°C
			$V_{CC} = +5\text{V}$	-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}	$V_{IN} = \text{GND or } V_{CC}$			±5	μA
Input Capacitance	C_{IN}			5		pF

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

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

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

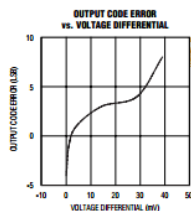
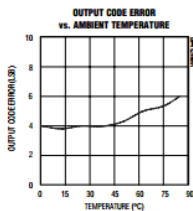
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.6mA	VCC - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 1.6mA		0.4		V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SCL}			4.3		MHz
SCK Pulse High Width	t _{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CSB}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{OE}	C _L = 10pF		100		ns
CSB Rise to Output Disable	t _{OD}	C _L = 10pF		100		ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{DO}	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

(VCC = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



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

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	CS	Chip Select. Set CS low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

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

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force CS low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing CS low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing CS high.

Force CS low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14-D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T₋ must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1μF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

MAX6675

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

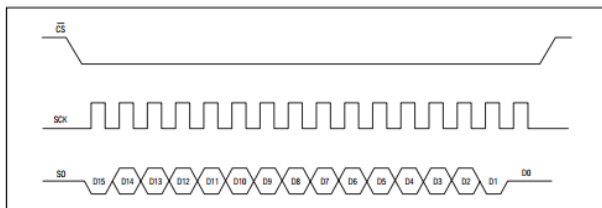


Figure 1a. Serial Interface Protocol

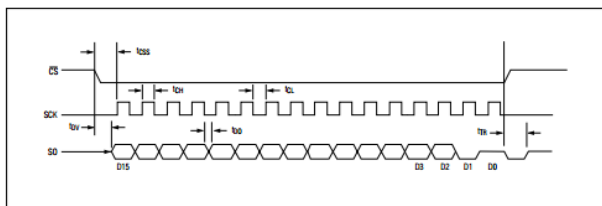


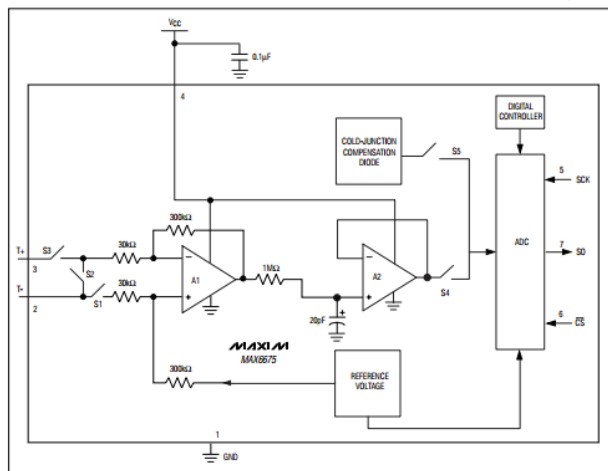
Figure 1b. Serial Interface Timing

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

Figure 2. SO Output

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

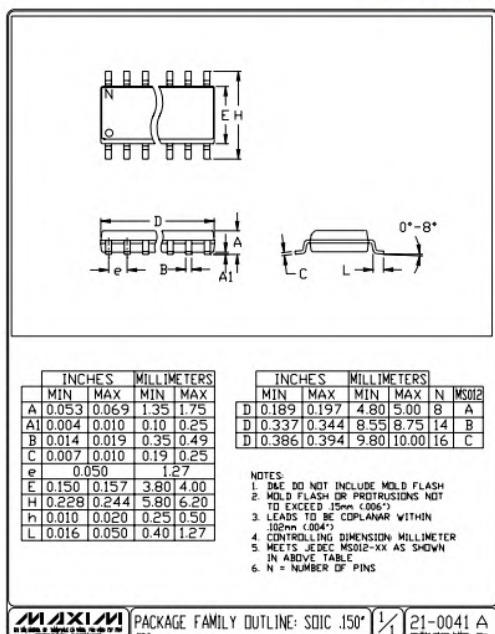
Block Diagram



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 F

DATASHEET ARDUINO UNO

Arduino UNO



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



radiospares RADIONICS



Technical Specification

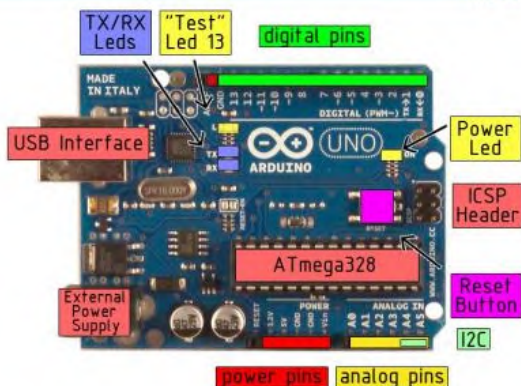


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

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



radiospares

RADIONICS



Table A5.1. Physical Properties of Air at Atmospheric Pressure

Notes: T = temperature, ρ = density, c_p = specific heat capacity, μ = viscosity, $\nu = \mu/\rho$ = kinetic viscosity, k = thermal conductivity, $\alpha = c_p \rho / k$ = heat (thermal) diffusivity, Pr = Prandtl number

Table A.8-a1. Thermal properties of selected metallic solids

Table A.8-a1. Thermal properties of selected metallic solids

Composition	Properties at various temperatures (K)												
	Melting point (K)	Properties at 300 K/353 K [†]					$k(\text{W/m K}) c_p(\text{J/kg K})$						
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg K)	k (W/m K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)		100	200	400	500	600	700	800
Aluminum	933	2702	906	237	97.1	302	237	240	237	232	226	220	
Pure			901 [†]	240 [†]		485	802	935	996	1042	1091	1149	
Alloy 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186		186			
Alloy 195, Case (4.5% Cu)		2790	883	168	68.2		473	787	925	1042			
								174		185			
										—			
Copper													
Pure	1358	8933	386	398	117	483	413	392	388	383	377	371	
			398 [†]	394 [†]		252	356	400	404	414	423	438	
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14		42	52		59			
							785	460		545			
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)	1104	8780	355	54	17		41	65		74			
								—		—			
Cartridge brass (70% Cu, 30% Zn)	1188	8530	380	110	33.9	75	95	137		149			
							360	395		425			
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	1493	8920	384	23	6.71	17	19						
							237	362					
Iron													
Pure	1810	7870	443	80.3	23.1	132	94.0	69.4	61.3	54.7	48.7	43.3	
			441 [†]	74.1 [†]		216	385	486	495	566	619	686	
Armco		7870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7		53.1		42.2	

Tabel Viskositas Air

Temperatur (°C)	Viskositas (x 10 ⁻³ N.s/m ²)
0	1,79 x 10 ⁻³
5	1,51 x 10 ⁻³
10	1,31 x 10 ⁻³
15	1,14 x 10 ⁻³
20	1,00 x 10 ⁻³
25	8,91 x 10 ⁻⁴
30	7,96 x 10 ⁻⁴
35	7,20 x 10 ⁻⁴
40	6,53 x 10 ⁻⁴
50	5,47 x 10 ⁻⁴
60	4,66 x 10 ⁻⁴
70	4,04 x 10 ⁻⁴
80	3,54 x 10 ⁻⁴
90	3,15 x 10 ⁻⁴
100	2,82 x 10 ⁻⁴

Tabel Viskositas Udara

Suhu - t - ($^{\circ}C$)	Kerapatan - ρ - (kg/m^3)	Panas jenis - c_p - (kJ/kg K)	Konduktivitas termal - k - ($W/m K$)	Kekentalan kinematik - ν - (m^2/s) $\times 10^{-6}$	Koeffisien pemuaian - β - ($1/K$) $\times 10^{-3}$	Bilangan Prandtl's - Pr -
-150	2.793	1.026	0.0116	3.08	8.21	0.76
-100	1.980	1.009	0.0160	5.95	5.82	0.74
-50	1.534	1.005	0.0204	9.55	4.51	0.725
0	1.293	1.005	0.0243	13.30	3.67	0.715
20	1.205	1.005	0.0257	15.11	3.43	0.713
40	1.127	1.005	0.0271	16.97	3.20	0.711
60	1.067	1.009	0.0285	18.90	3.00	0.709
80	1.000	1.009	0.0299	20.94	2.83	0.708
100	0.946	1.009	0.0314	23.06	2.68	0.703
120	0.898	1.013	0.0328	25.23	2.55	0.70
140	0.854	1.013	0.0343	27.55	2.43	0.695
160	0.815	1.017	0.0358	29.85	2.32	0.69
180	0.779	1.022	0.0372	32.29	2.21	0.69
200	0.746	1.026	0.0386	34.63	2.11	0.685
250	0.675	1.034	0.0421	41.17	1.91	0.68
300	0.616	1.047	0.0454	47.85	1.75	0.68
350	0.566	1.055	0.0485	55.05	1.61	0.68
400	0.524	1.068	0.0515	62.53	1.49	0.68

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil purifikasi biogas menggunakan *water scrubber system* dengan *water cooling* pada suhu air 20°C dan parameter uji menunjukkan kandungan H₂S adalah 0.7ppm, pada suhu air 17°C parameter uji menunjukkan kandungan H₂S adalah 0.6ppm, pada suhu air 15°C parameter uji menunjukkan kandungan gas H₂S adalah 0.5ppm. Hasil perhitungan heat rate yang dibutuhkan untuk mendinginkan air 1,3Liter pada *water cooling box* dalam jangka waktu 18 menit pada heatsink sisi panas membutuhkan daya sebesar 6,310327971watt dan pada heatsink sisi dingin membutuhkan daya sebesar 0,00278266watt dengan perhitungan ini total *heat rate* yang dipergunakan selama proses pendinginan air yaitu sebesar 6,31311watt
2. Perancangan system monitoring temperature pada *water scrubber system* menggunakan visual studio 2013 dan menggunakan locallhost sebagai media penyimpanan data, penyimpanan data pada locallhost dapat ditentukan secara manual mulai dari 1 menit hingga 5 menit data akan tersimpan pada locallhost secara otomatis. Pada percobaan sistem monitoring suhu awal yang terlampir adalah 22°C dan dapat mencapai set point pada suhu 15°C dengan jangka waktu 18menit.
3. Karakteristik statik pada sensor yang digunakan untuk sistem monitoring memiliki nilai Range 15°C – 20°C , Span 6°C , Resolusi 0,25 , Non-linieritas 0.471% , Histerisis 0,0769% , Akurasi 99% , Kesalahan 1%. Sehingga sensor yang dipergunakan dalam rancang bangun sistem pendingin

air dan monitoring ini masih cukup baik karena hanya memiliki error 1%.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya agar hasil yang dicapai dapat memenuhi harapan, antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya pengujian dilakukan pada suhu udara luar yang cukup dingin agar proses pendinginan air dalam box dapat lebih cepat untuk mencapai set point.
2. Sebaiknya pengambilan seluruh data diintegrasikan dan dilakukan bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Arief, dkk. (2013), *Rancang Bangun Alat Purifikasi Biogas dengan Menggunakan CaO dan Water Scrubber*. Seminar Nasional Pascasarjana XIII – ITS. Surabaya.
- Abdurrahman, A., Soehartanto, T., (2014), Analisis Karakterisasi Water Scrubber pada Alat Purifikasi Biogas Tipe Kombinasi Spray Tower dan Tray Tower. Seminar Nasional Teknologi Terapan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Paguyuban KUD Jawa Timur, (2011), Laporan Biogas untuk Rumah Tangga (BIRU), Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur.
- Läntelä, J., Rasi, S., Lehtinen J., Rintala J., (2011), Landfill gas upgrading with pilot-scale water scrubber: Performance assessment with absorption water recycling. Published by Elsevier Ltd.
- Osorio, F. & Torres, J.C., (2009), *Biogas Purification From Anaerobic Digestion In A Waste Water Treatment Plant for Biofuel Production*. Renewable Energy, 34, 2164-2171
- Laboratorium Pengukuran Fisis. 2013. “Modul Teknik Pengukuran dan Kalibrasi”. ITS. Surabaya
- Kementerian ESDM, (2013), Supply Demand Energi. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian ESDM. Jakarta.
- Osorio, F. & Torres, J.C., (2009), *Biogas Purification From Anaerobic Digestion In A Waste Water Treatment Plant for Biofuel Production*. Renewable Energy, 34, 2164-2171
- Zaky, (2009), Simulation Of H₂S Reactive Absorption to Biogas With Using Fe-Edta Solution in Packed Column Packed Column, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Surabaya, 24 Desember 1994. Diberi nama terbaik Dhirga Kurniawan. Bapak bernama Prajitno, Ibu bernama Sunarti. Merupakan anak bungsu dari 4 bersaudara. Alamat asli rumah di Surabaya Jl. Medayu Utara Gg xiii No. 13 Surabaya Timur. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar pada tahun 2007 di SDN Kalirungkut II/514 Surabaya, tahun 2010 penulis menamatkan SMP N 35 Surabaya dan pada tahun 2013 penulis menamatkan sekolah menengah di SMA N 16 Surabaya. Penulis mempunyai minat terhadap bidang riset teknologi dan karya tulis ilmiah, penulis berhasil menjadi Ketua Pekan Keilmiahan Mahasiswa-Karsa Cipta(PKM-KC) untuk tahun 2014 yang didanai oleh Dikti dengan judul “RANCANG BANGUN PROTOTYPE S.A.D (SAUCE AUTOMATIC DISPENSER) SEBAGAI PERKEMBANGAN SAUCE SQUEEZER YANG LEBIH CANGGIH DAN HIGIENIS”. Tahun 2015 (PKM-T) didanai oleh Dikti dengan judul “RELAY CHICKEN FOOD (LAYKENFOOD) DENGAN METODE PENGOLAH, PENAKAR DAN PENYAJI SECARA OTOMATIS”. Tahun 2015 penulis menjadi Juara 1 Nasional dalam perlombaan Karya Tulis Unej Creative Competition(UCC) 2015 dengan judul “RANCANG BANGUN PURIFIKASI BIOGAS MENGGUNAKAN SISTEM KONTROL PENDINGINAN AIR PADA WATER SCRUBBER”. 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 Pendingin Air dan Monitoring Temperature Untuk Meningkatkan Efektivitas Reduksi Kadar CO₂ dan H₂S Pada Biogas dengan *Water Scrubber System*”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email dhirgak@gmail.com.