



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

38441/H/10



RSP
629.89
Tuh
F-1
2009

TUGAS AKHIR RF0469

**RANCANG BANGUN TEMPERATURE PANEL
INDICATOR BERBASIS MIKROKONTROLER DI
SIMULATOR SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR**

Mario Roberto Alesandro Tuhusula
NRP 2406 030 027

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
Suyanto ST, MT

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2009



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT RF0469

***DESIGNING OF TEMPERATURE PANEL INDICATOR
BASED OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM
SIMULATOR MICROCONTROLLER***

Mario Roberto Alesandro Tuhusula
NRP 2406 030 027

Advisors Lecturer:
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
Suyanto ST, MT

STUDY PROGRAM D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING
Department of Physics Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya
2009

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN *TEMPERATURE PANEL INDICATOR* BERBASIS MIKROKONTROLER DI
SIMULATOR SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR**

OLEH:

MARIO ROBERTO ALESANDRO T.
NRP. 2406 030 027

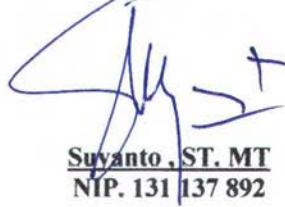
Surabaya, Juni 2009
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I



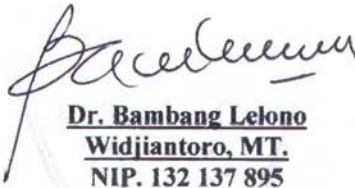
DR. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 131 879 399

Pembimbing II




Suyanto, ST. MT
NIP. 131 137 892

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Dr. Bambang Lelono
Widjiantoro, MT.
NIP. 132 137 895

Ketua Program Studi
D3 T. Instrumentasi



Hendra Cordova, ST. MT
NIP. 132 125 672

**RANCANG BANGUN *TEMPERATURE PANEL*
INDICATOR BERBASIS MIKROKONTROLER DI
SIMULATOR SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR**




TUGAS AKHIR

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

Oleh:

MARIO ROBERTO ALESANDRO T.
Nrp. 2406 030 027

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| 1. DR. Ir. Totok Soehartanto, DEA |  | (Pembimbing I) |
| 2. Suyanto ST, MT |  | (Pembimbing II) |
| 3. Ir. Matradji, M.Sc. |  | (Penguji I) |

SURABAYA
Juni, 2009

**RANCANG BANGUN *TEMPERATURE PANEL*
INDICATOR BERBASIS MIKROKONTROLER DI
SIMULATOR SISTEM PENGENDALIAN
TEMPERATUR**

Nama : Mario Roberto Alesandro T.
NRP : 2406 030 027
Jurusan : D3 Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing :1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
2. Suyanto ST, MT

Abstrak

Temperature Panel Indicator merupakan suatu system indicator pengukuran suatu tempertur pada sebuah plant. Dimana hasil pengukuran temperature ini dapat ditampilkan pada PC (personal computer) dan atau workstation serta DCS (distribute Control System) .Alat ini digunakan untuk memonitor keadaan temperature pada sebuah plant pengendalian temperatur. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan *Temperature* pada simulator sistem pengendalian *temperature*, dimana sensor yang dipergunakan untuk mengukur variabel *temperature* adalah thermocouple. Hasil *monitoring* secara *online* ini diolah oleh *microcontroller AVR* guna menghasilkan *output* untuk mengindikasikan kondisi proses dalam keadaan temperature naik ataupun turun berupa tampilan hasil pengukuran pada computer monitor. Dari implementasi *temperature panel indicator* berbasis mikrokontroller pada simulator sistem pengendalian *temperature* dapat diperoleh sebuah sensor sebuah sensor temperature dengan nilai resolusi tegangan sebesar 15.625 mVolt.

Kata kunci : *Temperature Panel Indicator* ,Mikrokontroler ATmega8535, DS2760, thermocouple

**DESIGNING OF TEMPERATURE PANEL INDICATOR
BASED OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM
SIMULATOR MICROCONTROLLER**

Name : *Mario Roberto Alesandro T.*
NRP : *2406 030 027*
Department : *Diploma of Instrumentation
Engineering*
Advisor Lecturer : *1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
2. Suyanto ST, MT*

Abstract

Temperature panel indicator is a temperature system indicator that used to indicated a temperature in plant. Where the temperature measurement results can be displayed on the PC (personal computer) and / or workstation and DCS (Distribute Control System). The tool is used to monitor the temperature in the temperature control of a plant.. At this final project will be done scheme of temperature panel indicator on temperature control system simulator, where utilized censored for measuring temperature variable is thermocouple. This monitoring result online controlled by microcontroller AVR to give an output for indicating the condition of temperature process in a state of maximum or minimum using computer monitor. From implementation Temperature panel indicator based on microcontroller temperature control system simulator have a temperature censored with voltage resolution value of 15.625 mVolt

Key words : *Temperature Panel Indicator ,Mikrokontroler
ATMega8535, DS2760, thermocouple*

*Kupersembahkan Untuk Ayah Ibu dan
keluargaku*

*"The fear of the Lord is the beginning of
knowledge"*

(Proverbs 1:7)

KATA PENGANTAR

Penulis bersyukur kepada Tuhan Yesus. Karena kasih dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul: **“RANCANG BANGUN *TEMPERATURE PANEL INDICATOR* BERBASIS MIKROKONTROLER DI SIMULATOR SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR”**

Tidak lupa penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada pihak- pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini:

1. Tuhan Yesus yang telah memberkati saya dengan kasih dan kuasa-Nya. Thanks Lord
2. Bapak Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bapak Ir. Aulia Muhammad Taufik N, Msc selaku kaprodi D3 Teknik Instrumentasi , Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
4. Bapak Dr Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku pembimbing I tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan, kesabaran dalam menghadapi segala masalah penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Suyanto ST, MT selaku pembimbing II tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan, kesabaran dalam menghadapi segala masalah penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan juga sebagai kalab laboratorium simulasi dan komputasi Teknik Fisika
6. Pak Herry Justiono sebagai dosen wali penulis yang telah menuntun penulis hingga bisa menjadi seperti ini.
7. Papa dan mama yang dengan setia mendoakan dan membantu penulis mulai dari awal penulis berkuliah hingga detik- detik akhir penulis menyelesaikan sidang Tugas akhir

8. Mami dan Oma ku yang penulis sayangi dan senantiasa mendoakan penulis selama kuliah hingga menyelesaikan kuliahnya
9. Om Aris dan Om Jojo. Terima kasih atas bantuannya. Tuhan memberkati keluarga om Aris dan Om Jojo
10. Kak Dwight dan Daniel, kakak dan adik penulis yang juga senantiasa mendoakan penulis selama menyelesaikan tugas akhir. God Bless You all Bro
11. Untuk Windy Anggraini yang telah penulis anggap sebagai adik sendiri dan telah membantu penulis selama penyusunan tugas akhir dan dalam perkuliahan. I love you too sis.
12. Watashi no aisuru, Michiyo chan. Trim's ya untuk bantuan dan doanya. Keep wait for me.
13. Para penghuni miniatur rumah sakit jiwa "E-205 LABKOM TF crew " yang gokil abis, Yudi, Yayan, Bashir, Mat Arip, Boim, Adit , Ike, Kermit (hidup korad), Banteng (jangan lupa belajar and kurangi main Dota), Faiz, Adim (sukses ya sama jaringan computer), Windi, TOG, Kipod , Arie, Purwanto, Aziz, Aul, dan Kurid yang telah mensupport penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
14. My Friend Putra , Agung Pujo, Vikha, Risa dan semua pengurus workshop Instrumentasi. Thank's Bro.
15. khusus seseorang MABA 2008 yang telah menyemangati penulis walaupun secara tidak langsung.
16. Teman- teman angkatan 2006. Vivat solidarity together forever
17. Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika a.k.a HMTF yang telah memberikan arti dari kehangatan keluarga, together forever
18. Seluruh dosen, karyawan dan mahasiswa Jurusan Teknik Fisika.
19. Dan semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Surabaya, Juni 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR TABEL	xiii
Bab I Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Tujuan	1
1.4 Batasan Permasalahan	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Laporan	4
Bab II Dasar Teori	
2.1 <i>Thermocouple</i>	5
2.1.1 Efek Seebeck	8
2.1.2 Efek Peltier	9
2.2 <i>DT-AVR</i>	9
2.3 <i>Rangkaian ADC</i>	10
2.3.1 Analog to digital Converter	10
2.3.2 SAR (successive Aproximation Register) ADC	12
2.3.3 Analog to Digital Converter dalam bentuk IC	13
2.4 Interfacing menggunakan LPT	16
2.5 DCS (Distribute Control System)	18
2.6 Error, Presisi dan akurasi	22
Bab III Perancangan dan Pembuatan Alat	25
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat	25
3.2 Perancangan <i>Hardware Sistem Akusisi Temperatur</i>	26
3.2.1 Perancangan <i>power Supply</i>	26

3.2.2	Perancangan <i>rangkaian thermocouple Kit</i>	28
3.2.3	Perancangan Rangkaian Mikrokontroler	31
3.2.4	Perancangan Software dan Program	32
3.3	Tabel Perbandingan	37
Bab IV	Pengujian dan Analisa Data	39
4.1	Pengujian Alat	44
4.2	Analisa Data	
Bab V	Kesimpulan dan Saran	47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	48

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Flowchart Metodologi Penelitian	3
Gambar 2.1	sistem termokopel 3 kawat	6
Gambar 2.2	seebeck emf	8
Gambar 2.3	Blok Diagram Counter Ramp ADC	11
Gambar 2.4	Diagram Blok SAR ADC	12
Gambar 2.5	Timing Diagram Trace	12
Gambar 2.6	Pin ADC 0804 8-bit	13
Gambar 2.7	<i>Rangkaian dengan IC ADC 0804</i>	15
Gambar 2.8	<i>Rangkaian ADC</i>	16
Gambar 2.9	konfigurasi port serial DB-9	17
Gambar 2.10	Operator pada ruang Control DCS	18
Gambar 2.11	DCS	20
Gambar 2.12	Distribute Control System Architecture	21
Gambar 2.12	DCS Architecture	22
Gambar 3.1	Diagram blok rangkaian alat ukur temperatur dengan sensor thermocouple berbasis mikrokontroler	25
Gambar 3.2	Rangkaian alat ukur temperature dengan sensor thermocouple berbasis mikrokontroler	26
Gambar 3.3	Rangkaian power supply 5V dan 12 V	27
Gambar 3.4	Blok diagram rancang bangun <i>temperature panel indicator</i> berbasis mikrokontroler di simulator pengendalian temperatur	29
Gambar 3.5	Thermocouple kit	30
Gambar 3.6	Tata letak dan konfigurasi jumper	32
Gambar 3.7	Program Code Vision AVR	33
Gambar 3.8	Lembar kerja Code Vision AVR	34
Gambar 3.9	Tampilan interfacing pada layar komputer	34
Gambar 3.10	Flowchart progrmsistem pengukuran temperatur	35
Gambar 4.1	Tampilan interfacing pada Thermocouple DS2760	42

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Perbandingan pengukuran 1 temperatur turun	41
Grafik 4.1	Perbandingan pengukuran 2 temperatur turun	42
Grafik 4.1	Perbandingan pengukuran 3 temperatur turun	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel thermocouple	17
Tabel 2.1	Tabel Polynomial coefficients	18
Tabel 2.1	Konfigurasi pin dan nama sinyal konektor DB 9	17
Tabel 3.2	Hubungan pin-pin pada <i>thermocouple kit</i>	29
Tabel 3.1	Tabel 1 untuk Thermocouple type T	37
Tabel 3.3	Tabel 2 untuk Thermocouple type T	38
Tabel 4.1	Pengukuran 1 temperatur	39
Tabel 4.2	Pengukuran 2 temperatur	40
Tabel 4.3	Pengukuran 3 temperatur	41
Tabel 4.4	Prosen Error	43
Tabel 4.5	Prosen Presisi	43
Tabel 4.6	Prosen akurasi	43

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di workshop Instrumentasi akan dibangun simulator sistem pengendalian temperatur pada tangki vertikal dan tangki horizontal dimana , dimana variable proses yang akan dikendalikan pada tangki vertical adalah level dan temperature dengan mempergunakan DCS(*Distribute Control System*) . untuk itu perlu dirancang LCU (*Local Control Unit*) pada *local area* yang disertai dengan *Local Indicator*. Pada penelitian ini difokuskan pada perancangan Local Panel Indicator variable temperatur dikoneksikan dengan workstation atau DCS (*Distribute Control System*). Oleh sebab itu, perlu dirancang dan dibangun local control unit temperatur pada simulator tersebut. Untuk melakukan pengendalian tersebut maka perlu dibuat indicator temperatur yang dapat menampilkan hasil pengukurannya pada computer PC (*personal computer*) berbasis mikrokontroller .

1.2 Permasalahan

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan yang timbul adalah bagaimana merancang bangun *Local Indicator Panel Temperature* yang dapat menampilkan hasil pengukurannya pada Layar monitor dan Workstation

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah a merancang dan membuat alat local indicator panel berbasis mikrokontroller yang dapat memvisualisasikan dan mengirim data ke workstation . Tugas akhir ini diharapkan dapat membuat suatu Local indicator panel temperature yang dapat terkoneksi pada workstation pada simulator atas pengendalian temperature dan level pada tangki vertical dan tangki horizontal.

1.4 Batasan Permasalahan

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan dengan tujuan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan tugas akhir ini. Adapun batasan permasalahan dari sistem yang dirancang ini adalah :

1. LCU berbasis micro yang dapat diimplementasikan pada pengukuran temperatur
2. Local Indicator Unit merupakan bagian dari LCU yang dapat menampilkan hasil pengukuran pada LCD ataupun Personal Computer
3. Local Control unit memiliki koneksi ke data bus dan dapat diimplementasikan pada DCS (distributed Control System)
4. Penggunaan Thermocouple kit yang bertujuan untuk meminimalkan error pada pengukuran temperatur

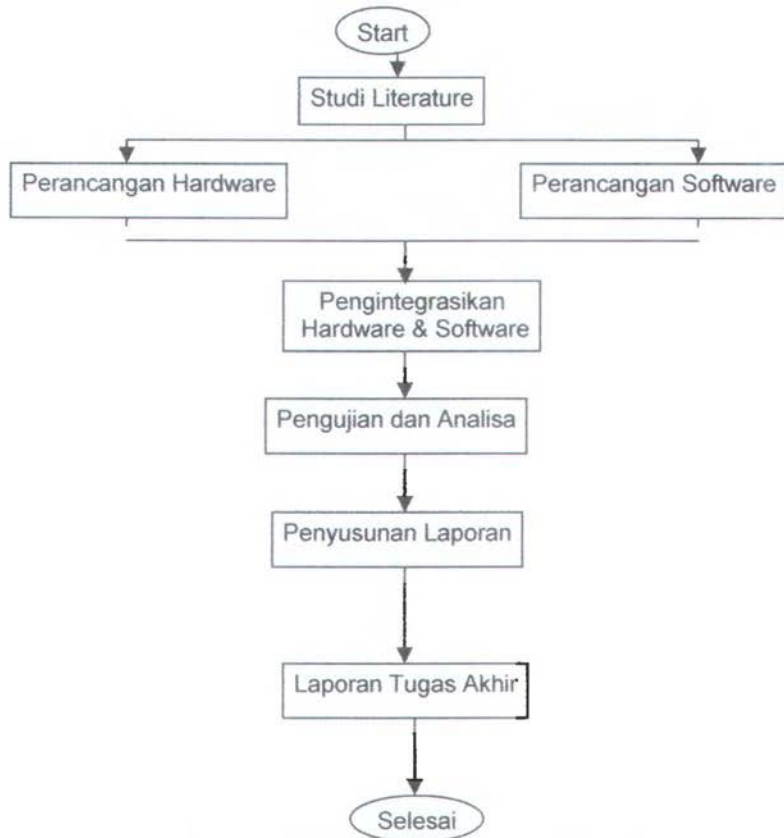
1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Studi Literatur mengenai pengukuran dan akuisisi data temperatur pada plant
- Pada software mempelajari bahasa pemrograman C dan Delphi untuk interfacing pada monitor PC (*personal computer*) atau workstation pada plant.
- Mempelajari sistem pengukuran temperatur pada Tangki heater dengan pengukuran yang bervariasi pada kelipatan 10% hingga 100%.
- Perancangan dan pembuatan sistem monitoring Temperatur untuk variasi pada kelipatan 10% hingga 100% baik dari pembuatan *hardware* maupun *software* berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan.
- Mengaplikasikan serta mengintegrasikan perancangan hardware dan software ke plant melalui hubungan antarmuka menggunakan *Personal Computer (PC)*.



- Melakukan pengujian dan analisa sistem di atas baik *software* maupun *hardware*nya.
- Penyusunan laporan dan buku tugas akhir.



Gambar 1.1 Flowchart Metodologi Penelitian

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri atas lima bab, yaitu :

BAB I. Pendahuluan

Berisi latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan permasalahan, Metodologi penelitian dan sistematika laporan.

BAB II. Teori Penunjang

Berisi teori rangkaian penguat (OpAmp) , Micro AVR , prinsip kerja Thermocouple, teori seebeck, teori peltier , DCS, ADC, komunikasi serial DB9, error, resolusi, presisi dan akurasi.

BAB III. Desain Sistem

Berisi rancangan sistem secara keseluruhan, rancangan perangkat keras *Local Indicator Panel Temperature* dan rancangan perangkat lunak untuk antarmuka PC (personal Computer) dengan *hardware* maupun *software*

BAB IV. Pengujian Dan Analisa Data

Berisi pengujian sistem dan analisa data

BAB V. Kesimpulan Dan Saran

Berisi kesimpulan dan saran.

BAB II TEORI PENUNJANG

Pada bab ini akan dijelaskan dasar teori yang digunakan untuk mendesain temperature panel indicator dengan menggunakan mikrokontroller. Akan dijelaskan secara berurutan dengan urutan sebagai berikut. :

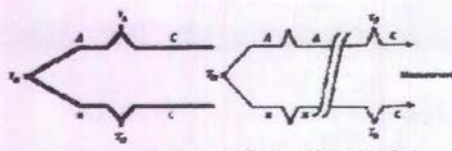
- Thermocouple
 - *Efek seebeck*
 - *Efek peltier*
- DT- AVR low cost Micro system
- Rangkaian ADC
- Konfigurasi serial port
- DCS (Distributed Control System)
- Error, Presisi dan akurasi

2.1 Thermocouple

Perubahan tahanan didasarkan pada variabel parameter pada pengukuran tahanan. Ada ketergantungan lain dari tingkah laku listrik dari bahan pada suhu yang dibentuk oleh basis pengukuran suhu. Efek ini dikarakterisasi oleh transduser penghasil tegangan dalam emf yang diproduksi yang sebanding dengan suhu. Emf ditentukan hampir linier dengan suhu dan dapat diperbaharui untuk konstanta bahan. Perangkat yang mengukur suhu pada basis termoelektrik disebut termokopel.

Teori dasar dari efek termokopel ditemukan dari sifat perpindahan listrik dan panas dari logam yang berbeda. Dalam keadaan tertentu, ketika suhu yang berbeda diberikan pada logam, vibrasi dan pergerakan atom elektron diakibatkan dalam cara perbedaan potensial pada bahan. Perbedaan potensial ini dihubungkan dengan fakta bahwa elektron lebih panas. arus yang bervariasi untuk logam yang berbeda pada suhu yang sama disebabkan perbedaan konduktivitas panasnya. Jika rangkaian tertutup oleh hubungan konduktor, arus akan ditemukan yang mengalir pada loop tertutup. Deskripsi yang tepat tentang efek ini adalah emf

(electromagnetic field) ada karena keberadaan arus yang mengalir dalam rangkaian. Untuk menggunakan efek seebeck sebagai dasar dari transduser suhu, kita perlu menetapkan hubungan antara emf terukur dari termokopel dan suhu yang tidak diketahui. Kita pertama melihat bahwa satu temperatur harus bisa diketahui karena tegangan seebeck sebanding dengan differensial suhu pada sambungan. Lebih jauh setiap sambungan dari logam yang berbeda yang dibuat dengan loop termokopel untuk perangkat pengukuran, perluasan, dan sebagainya akan memberikan kontribusi emf tergantung pada perbedaan logam, dan variasi suhu sambungan. Untuk menyediakan keluaran yang pasti berdasar suhu yang diukur, digunakan sebuah susunan seperti pada gambar 2.1. gambar ini menjelaskan bahwa pengukuran sambungan TM terbuka ke lingkungan yang suhunya akan diukur. Sambungan ini dibentuk oleh dua logam A dan B. Dua sambungan yang lain dibentuk oleh logam C, yang kemudian dihubungkan ke perlengkapan pengukuran.



Gambar 2.1 (a) sistem termokopel tiga kawat, (b) sistem termokopel dengan perluasan^[1]

Tabel termokopel secara sederhana memberikan tegangan yang dihasilkan oleh termokopel ketika sambungan referensi berada pada referensi suhu tertentu, dan pengukuran sambungan pada suhu yang ditentukan. Berdasarkan tabel, sebagai contoh kita lihat untuk tipe J pada suhu 210oC dengan referensi 0oC, maka tegangannya adalah :

Tabel 2.1 tabel thermocouple

$$V(210^{\circ}\text{C}) = 11.34 \text{ mV}$$

Type	Bahan	Kisaran Normal
J	Iron-konstantan	-190 - 760 °C
T	Copper-konstantan	-200 - 371 °C
K	Chromel-alumel	-190 - 1260 °C
E	Chromel-konstantan	-100 - 1260 °C
S	90% platinum-10% rhodium-platinum	0 -1482 °C
R	87% platinum - 13% rhodium - platinum	0 - 1482 °C

Table 2.2 Polynomial Coefficients

Type K Polynomial Coefficients	
n	a _n
0	0.226584602
1	24152.10900
2	67233.4248
3	2210340.682
4	-860963914.9
5	4.83506x10 ¹⁰
6	-1.18452x10 ¹²
7	1.38690x10 ¹³
8	-6.33708x10 ¹³

Hubungan perubahan antara perbedaan temperatur dengan tegangan output pada thermocouple yang non linier dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$\Delta T = \sum_{n=0}^N a_n v^n \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana: ΔT = perbedaan temperature

A_n = koefisien polynomial temperature

V^n = output tegangan

Selain persamaan diatas juga ada persamaan yang mengatur mengenai perbedaan potensial elektrik melalui junction yang dinamakan contact potensial. Dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

$$E_{T}^{AB} = a_1 T + a_1 T + a_1 T + a_1 T + \dots \dots \dots (2.1)$$

$$E_{T_1 T_2}^{AB} = E_{T_1}^{AB} - E_{T_2}^{AB} \\ = a_1 (T_1 - T_2) + a_2 (T_1^2 - T_2^2) + a_3 (T_1^3 - T_2^3) + \dots \dots \dots (2.2)$$

Sumber electromagnetic menghasilkan $E_{T_2,0}$ dikenal sebagai rangkaian automatic reference junction yang dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$E_{T_2,0} = a_1 T_2 + a_2 T_2^2 + a_3 T_2^3 + \dots \dots \dots (2.3)$$

$$E_{T_2,0} = a_1 T_2 + a_2 T_2^2 + a_3 T_2^3 + \dots \dots \dots (2.4)$$

Sehingga

$$v_s \frac{R_2}{R_3} = \frac{a_1}{a} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.1.1 EFEK SEEBECK

Dengan menggunakan teori zat padat kondisi diatas dapat dianalisa untuk menunjukkan bahwa emf dapat diberikan dengan integral temperatur.

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT \dots \dots \dots (2.6)$$

$$V = \int_{T_1}^{T_2} (S_B(T) - S_A(T)) dT \dots \dots \dots (2.7)$$

$$V = (S_B - S_A) \cdot (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana

ε = emf yang dihasilkan dalam volt

T_1, T_2 = temperatur ssambungan dalam oK

QA, QB= konstanta perpindahan panas dari dua logam

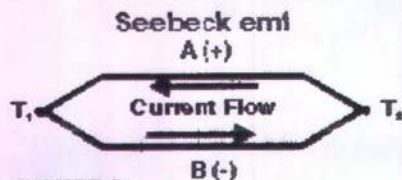


FIGURE 3.

Gambar 2.2 seebeck emf

Persamaan tersebut, yang menggambarkan efek seebeck, menunjukkan bahwa emf yang dihasilkan sebanding dengan perubahan temperatur, dan perbedaan konstanta perpindahan panas. Sehingga jika logamnya sama maka emf sama dengan nol, dan jika temperatur sama emf juga nol.

2.1.2 EFEK PELTIER

Sesuatu yang menarik dan kadang-kadang diperluakan untuk perluasan yang mempunyai sifat sama dengan termoelektrik yang telah didiskusikan di atas terjadi ketika efek seebeck balik dipertimbangkan. Dalam kasus ini, kita membuat lup tertutup dari dua logam yang berbeda, A dan B ebagaimana sebelumnya. Sekarang tegangan eksternal diberikan ke sistem untuk menghasilkan arus yang mengalir dalam rangkaian. karena perbedaan sifat perpindahan elektrotermal dari logam, maka ditemukan bahwa salah satu sambungan akan terpanaskan dan sambungan yang alain akan menjadi terdinginkan, sehingga perangkat ini disebut refrigerator. Proses ini berdasarkan pada efek peltier.

$$\dot{Q} = \Pi_{AB}I = (\Pi_B - \Pi_A) I \dots\dots\dots(2.9)$$

2.2 DT- AVR

Low cost Micro System merupakan sebuah modul single chip dengan basis mikrokontroler AVR dan memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial secara UART RS-232 serta pemrograman memori melalui ISP (In-System Programming). Modul ini cocok untuk aplikasi – aplikasi sederhana hingga menengah. Contoh aplikasinya adalah pengendali tampilan LED, pengendali driver motor, voltmeter digital, komunikasi data antara modul dengan PC, dan lain – lain.

2.3 Rangkaian ADC

2.3.1 Analog To digital Converter

Konverter analog ke digital atau ADC (Analog to Digital Converter), adalah alat yang berfungsi untuk mengubah tegangan analog pada input menjadi tegangan digital pada outputnya, sehingga data tersebut akan terbaca oleh peralatan interface dan dapat diproses oleh mikroprosesor.

ADC mengambil input sinyal kontinyu yang tidak diketahui, seringkali tegangan V_{in} , dan mengkonversinya ke dalam bilangan biner n -bit. Bilangan n -bit adalah fraksi biner yang menunjukkan rasio antara sinyal input, tegangan V_{in} , dan pengkonversi tegangan penuh, V_{fs} .

Sistem mikroprosesor hanya dapat mengolah (memproses) data dalam bentuk biner saja, atau lebih sering disebut besaran digital, oleh sebab itu setiap data analog yang akan diproses oleh mikrokomputer harus diubah terlebih dahulu kedalam bentuk kode biner (digital).

Tegangan analog yang merupakan masukan dari ADC berasal dari transducer. Transducer inilah yang mengubah besaran kontinue seperti temperatur, tekanan, kecepatan, ataupun putaran motor menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transducer yang berubah secara kontinyu pada suatu range tertentu disebut tegangan analog, dan tegangan analog ini diubah oleh ADC menjadi bentuk digital yang sebanding dengan tegangan analognya. Ada 3 karakteristik yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen ADC, antara lain :

- Resolusi.

Merupakan spesifikasi terpenting untuk ADC, yaitu jumlah langkah dari sinyal skala penuh yang dapat dibagi, dan juga ukuran dari langkah-langkah. Boleh juga dinyatakan dalam jumlah bit yang ada dalam satu kata (digital word), ukuran LSB (langkah terkecil) sebagai persen dari skala penuh atau dapat juga LSB dalam mV (untuk skala penuh yang diberikan).

- Akurasi.

Adalah jumlah dari semua kesalahan, misalnya kesalahan non linieritas, skala penuh, skala nol dll. Dapat juga menyatakan perbedaan antara tegangan input analog secara teoritis yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan input nyata yang menghasilkan tegangan kode biner tsb.

- Waktu konversi.

Waktu yang dibutuhkan untuk mendigitalkan setiap sampel atau yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu konversi.

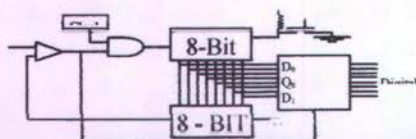
Ada beberapa konsep dasar dari ADC adalah dengan cara Counter Ramp ADC, Successive Aproximation ADC dan lain sebagainya.

Pada gambar 4-8, ditunjukkan blok diagram Counter Ramp ADC didalamnya terdapat DAC yang diberi masukan dari counter, masukan counter dari sumber Clock dimana sumber Clock dikontrol dengan cara meng AND kan dengan keluaran Comparator. Comparator membandingkan antara tegangan masukan analog dengan tegangan keluaran DAC, apabila tegangan masukan yang akan dikonversi belum sama dengan tegangan keluaran dari DAC maka keluaran comparator = 1 sehingga Clock dapat memberi masukan counter dan hitungan counter naik.

Misal akan dikonversi tegangan analog 2 volt, dengan mengasumsikan counter reset, sehingga keluaran pada DAC juga 0 volt. Apabila konversi dimulai maka counter akan naik dari 0000 ke 0001 karena mendapatkan pulsa masuk dari Clock oscillator dimana saat itu keluaran Comparator = 1, karena mendapatkan kombinasi biner dari counter 0001 maka tegangan keluaran DAC naik dan dibandingkan lagi dengan tegangan masukan demikian seterusnya nilai counter naik dan keluaran tegangan DAC juga naik hingga suatu saat tegangan masukan dan tegangan keluaran DAC sama yang mengakibatkan keluaran komparator = 0 dan Clock tidak dapat masuk. Nilai counter saat

itulah yang merupakan hasil konversi dari analog yang dimasukkan.

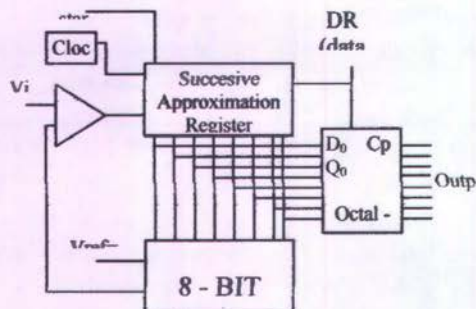
Kelemahan dari counter tersebut adalah lama, karena harus melakukan trace mulai dari 0000 hingga mencapai tegangan yang sama sehingga butuh waktu.



Gambar 2.3 Blok Diagram Counter Ramp ADC [3]

2.3.2 SAR (Successive Approximation Register) ADC

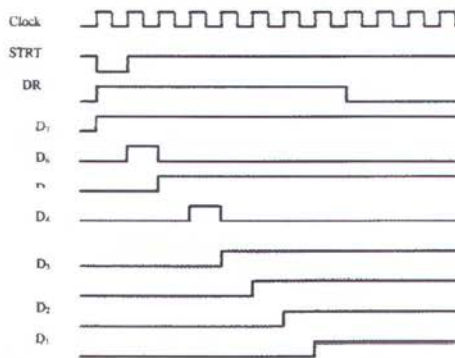
Pada gambar 2.7 ditunjukkan diagram ADC jenis SAR, yaitu dengan memakai konfigurasi yang hampir sama dengan counter ramp tetapi dalam melakukan trace dengan cara tracking dengan mengeluarkan kombinasi bit MSB = 1 \implies 1000 0000. Apabila belum sama (kurang dari tegangan analog input maka bit MSB berikutnya = 1 \implies 1100 0000) dan apabila tegangan analog input ternyata lebih kecil dari tegangan yang dihasilkan DAC maka langkah berikutnya menurunkan kombinasi bit \implies 1010 0000.



Gambar 2.4 Diagram Blok SAR ADC [3]

Untuk mempermudah pengertian dari metode ini diberikan contoh seperti pada timing diagram gambar 4-10. Misal diberi tegangan analog input sebesar 6,84 volt dan tegangan referensi ADC 10 volt sehingga apabila keluaran tegangan sbb :

Jika D7 = 1 Vout=5 volt	Jika D3 = 1 Vout=0,3125 volt
Jika D6 = 1 Vout=2,5 volt	Jika D2 = 1 Vout=0,1625 volt
Jika D5 = 1 Vout=1,25 volt	Jika D1 = 1 Vout=0,078125 volt
Jika D4 = 1 Vout=0,625 volt	Jika D0 = 1 Vout=0,039062 volt



Gambar 2.5 Timing diagram urutan Trace^[3]

Setelah diberikan sinyal start maka konversi dimulai dengan memberikan kombinasi 1000 0000 ternyata menghasilkan tegangan 5 volt dimana masih kurang dari tegangan input 6,84 volt, kombinasi berubah menjadi 1100 0000 sehingga Vout=7,5 volt dan ternyata lebih besar dari 6,84 sehingga kombinasi menjadi 1010 0000 tegangan Vout = 7,5 volt kombinasi naik lagi 1011 0000 demikian seterusnya hingga mencapai tegangan 6,8359 volt dan membutuhkan hanya 8 clock.

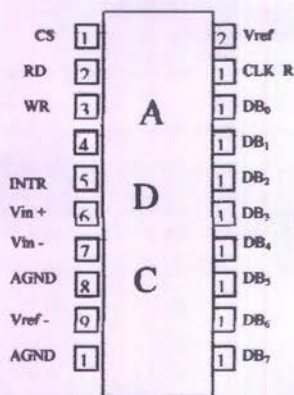
2.3.3 Analog to Digital Converter dalam bentuk IC

Chip ADC yang banyak digunakan serta tersedia dipasar adalah jenis ADC 0804 ADC 0808 dan 0809 chip ini dibuat

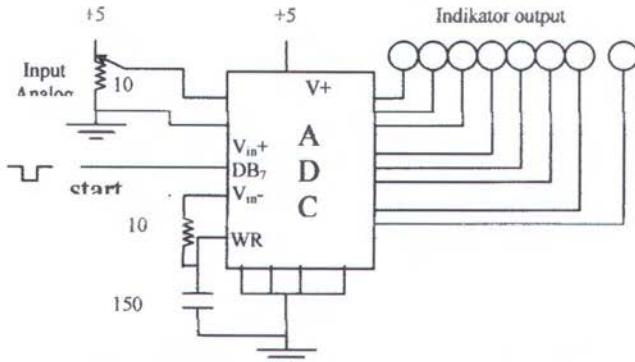
dengan teknologi CMOS mempunyai kemampuan melakukan konversi sebanyak 8 buah chanel input analog secara multiplexing. Adapun data keluaran digital yang dihasilkan adalah 8 bit bersifat tristate output. Chip ini menawarkan beberapa keistimewaan antara lain high speed (kecepatan tinggi), konsumsi daya yang rendah. Karenanya chip ini banyak digunakan pada proses control peralatan mesin-mesin serta aplikasi automotif.

Sebuah contoh diagram pin ADC 0804 adalah ditunjukkan pada gambar 4-11, IC ADC 0804 adalah sebuah CMOS 8-bit dan IC ADC ini bekerja dibawah 100 us. Gambar 4-12 ditunjukkan sebuah pengetes rangkaian yang menggunakan IC ADC 0804 dimana input tegangan analog dimasukkan dengan mengatur potensio 10 Kohm yang dihubungkan dengan ground dan tegangan (+5 volt). Hasil dari ADC adalah $1/255 (2^8 - 1)$ dari skala penuh tegangan 5 Volt. Untuk setiap penambahan 0,02 volt ($1/255 \times 5 \text{ volt} = 0,002 \text{ volt}$). Jika input analog diberi 0,1 volt maka keluaran binernya = 0000 0101 ($0,1 \text{ volt}/0,002 \text{ volt} = 5$ maka binernya = 0000 0101).

Di bawah ini merupakan gambar Pin ADC 0804 8-bit, yang penjelasannya telah dijelaskan dalam uraian di atas.



Gambar 2.6 Pin ADC 0804 8-bit ^[4]



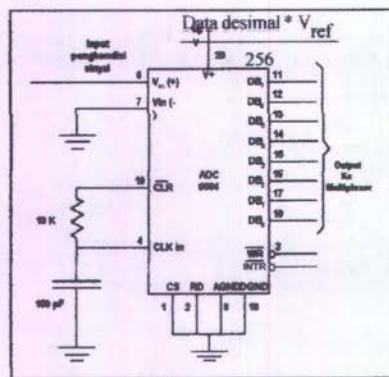
Gambar 2.7 Rangkaian dengan IC ADC 0804^[4]

Kebanyakan tipe ADC yang digunakan adalah ADC 0804. ADC tipe ini memakai metode pendekatan berturut-turut (Successive Aproximation) untuk mengkonversi masukan analog (0 – 5 Volt DC) menjadi data digital 8-bit. Pada gambar (4.1) dapat dilihat hubungan pin-pin IC ADC 0804 yang dihubungkan dalam pemenuhan kebutuhan sinyal digital untuk masukan pada PPI 8255. Pada ADC 0804 ini memiliki input Vcc sebesar 5 Volt DC, resolusi 8-bit dan total error $\pm \frac{1}{4}$ LSB, $\pm \frac{1}{2}$ LSB, dan ± 1 LSB. Pada rangkaian ini ADC diset dalam mode free-running, artinya dalam pengoperasiannya tidak diperlukan sinyal kontrol seperti start converting (SC) dan end of converting (EOC). Dikarenakan kaki Vref dibiarkan terbuka sehingga nilai Vref sama dengan tegangan sumber yaitu 5,02 V maka perubahan sebesar:

$$\frac{1}{2^8} \times 5,02 \text{ Volt} = 19,53125 \text{ mV} \dots\dots\dots (2.9)$$

menyebabkan perubahan 1 bit pada keluaran ADC. Dikarenakan keluaran dari ADC adalah biner 8-bit dengan desimal 0-255 maka konversi dari keluaran ADC ke tegangan

dimana;



.....(2.10)

Gambar 2.8 Rangkaian ADC^[4]

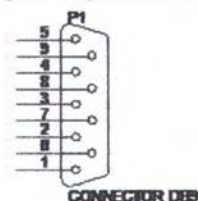
2.4 Interfacing menggunakan LPT

Standar sinyal komunikasi serial yang banyak digunakan ialah standar RS232. Standar ini hanya menyangkut komunikasi data antara komputer (*Data Terminal Equipment* – DTE) dengan alat – alat pelengkap komputer (*Data Circuit-Terminating Equipment* – DCE). Standar RS232 inilah yang biasa digunakan pada serial port IBM PC *Compatibel*. Standar sinyal serial RS232 memiliki ketentuan level tegangan sebagai berikut:

- Logika '1' disebut '*mark*' terletak antara -3 volt hingga -25 volt.
- Logika '0' disebut '*space*' terletak antara +3 volt hingga +25 volt.
- Daerah tegangan antara -3 volt hingga +3 volt adalah invalid level, yaitu daerah tegangan yang tidak memiliki level logika pasti sehingga harus dihindari. Demikian juga level tegangan lebih negatif dari -25 volt atau lebih positif dari +25 volt juga harus dihindari karena dapat merusak *line driver* pada saluran RS232.

2.4.1 Konfigurasi Serial Port.

Gambar 2.9 adalah gambar konektor port serial DB 9. Pada komputer IBM PC *Compatibel* biasanya kita dapat menemukan dua konektor DB 9 yang bisanya dinamakan COM1 dan COM2.



Gambar 2.9 Konfigurasi Serial port DB9

Tabel 2.2. Konfigurasi pin dan nama sinyal konektor serial DB 9

Nomor Pin	Nama Sinyal	Direction	Keterangan
1	DFD	In	Data Carrier Detect, Receiver Data
2	RxD	In	Receive Data
3	TxD	Out	Transmit Data
4	DTR	Out	Data Terminal Ready
5	GND		Ground
6	DSR	In	Data Set Ready
7	RTS	Out	Request To Send
8	CTS	In	Clear To Send
9	RI	In	Ring Indicator

Keterangan mengenai fungsi saluran RS232 pada konektor DB9 adalah sebagai berikut:

- *Receive Line signal detect*, dengan saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa pada terminal masukkan ada data masuk.
- *Receive Data*, digunakan DTE menerima data dari DCE.
- *Transmit Data*, digunakan DTE mengirimkan data ke DCE.

- *Data Terminal Ready*, pada saluran ini DTE memberitahukan kesiapan terminalnya.
- *Signal Ground*, saluran ground.
- *Ring Indicator*, pada saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa sebuah stasiun menghendaki berhubungan dengannya.
- *Clear To Send*, dengan saluran ini DCE memberitahukan bahwa DTE boleh mulai mengirim data.
- *Request To Send*, dengan saluran ini DCE diminta mengirim data oleh DTE.
- *DCE Ready*, sinyal aktif pada saluran ini menunjukkan bahwa DCE sudah siap.

2.5 DCS (Distribute Control System)

DCS merupakan sistem kontrol yang mampu menghimpun (mengakuisisi) data dari lapangan dan memutuskan akan diapakan data tersebut, secara singkat DCS -> ambil/baca data + lakukan pengontrolan berdasar data tersebut. Data-data yang telah diakuisisi (diperoleh) dari lapangan bisa disimpan untuk rekaman atau keperluan-keperluan masa datang, atau digunakan dalam proses-proses saat itu juga, atau bisa juga, digabung dengan data-data dari bagian lain proses, untuk kontrol lanjutan dari proses yang bersangkutan. DCS terdiri atas:



Gambar 2.10 operator pada ruang control DCS^[6]

- **Operator Console**
 Alat ini mirip monitor komputer. Digunakan untuk memberikan informasi umpan balik tentang apa yang sedang dikerjakan atau dilakukan dalam pabrik, selain itu juga bisa menampilkan perintah yang diberikan pada sistem kontrol. Melalui konsol ini juga, operator memberikan perintah pada instrumen-instrumen di lapangan.
- **Engineering Station**
 Ini adalah stasiun untuk para teknisi yang digunakan untuk mengkonfigurasi sistem dan juga mengimplementasi algoritma pengendalian.
- **History Module**
 Alat ini mirip dengan harddisk pada komputer. Alat ini digunakan untuk menyimpan konfigurasi DC dan juga konfigurasi semua titik di pabrik. Alat ini juga bisa digunakan untuk menyimpan berkas-berkas grafik yang ditampilkan di konsol dan banyak sistem saat ini mampu menyimpan data-data operasional pabrik.
- **Data Historian**
 Biasanya berupa perangkat lunak yang digunakan untuk menyimpan variabel-variabel proses, set point dan nilai-nilai keluaran. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan laju scan yang tinggi dibandingkan History Module.
- **Control Modules**
 Ini seperti otaknya DCS. Disinilah fungsi-fungsi kontrol dijalankan, seperti kontrol PID, kontrol perbandingan, kontrol rasio, operasi-operasi aritmatika sederhana maupun kompensasi dinamik. Saat ini sudah ada peralatan modul kontrol yang lebih canggih dengan kemampuan yang lebih luas.
- **I/O**
 Bagian ini digunakan untuk menangani masukan dan keluaran dari DCS. Masukan dan keluaran tersebut bisa analog, bisa juga digital. Masukan/keluaran digital seperti

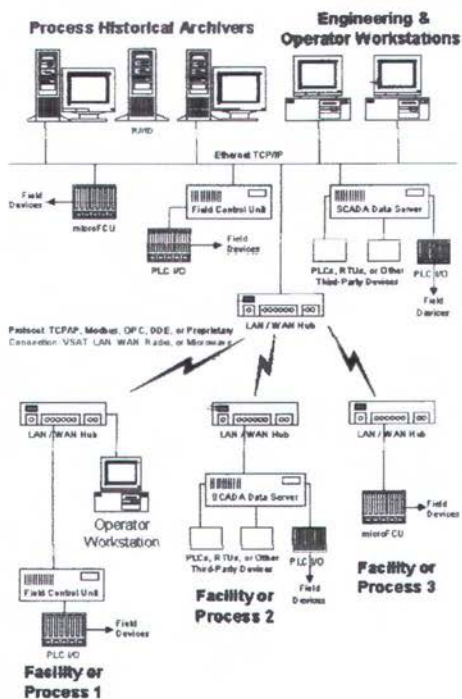
sinyal-sinyal ON/OFF atau Start/Stop. Kebanyakan dari pengukuran proses dan luaran terkontrol merupakan jenis analog.

Semua elemen-elemen yang telah dijelaskan tersebut terhubung dalam satu jaringan (saat ini sudah menggunakan teknologi Ethernet atau bahkan wireless, WiFi atau WiMax).



Gambar 2.11 DCS^[6]

Saat ini batasan teknologi maupun perbedaan antara DCS, PLC atau Kontrol menggunakan komputer semakin kabur. Yang membedakan lebih banyak dalam tingkat perangkat lunak. Berikut adalah arsitektur dari system DCS (Distribute Control System)



Gambar 2.12 *Distribute Control System Architecture*^[6]

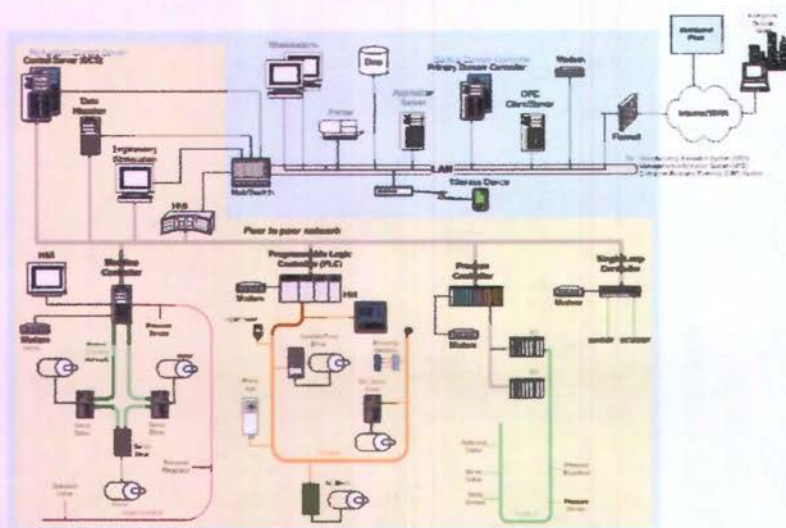


Figure 1: Generic Industrial Control System Network Architecture - DCS

Gambar 2.13 DCS architecture^[6]

2.6 Error, Presisi, dan Akurasi

Error atau kesalahan adalah penyimpangan nilai dari suatu pengukuran terhadap harga sebenarnya, dapat dinyatakan dalam persen error. dimana :

$$\text{Prosen Error } \% = 100\% \cdot \frac{|Y_n - \bar{X}_n|}{Y_n} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Y_n = nilai sebenarnya

X_n = nilai hasil pengukuran

Presisi atau ketelitian adalah keterdekatan hasil pengukuran yang dilakukan berulang-ulang terhadap rata-rata pengukuran. Persamaan nilai presisi :

$$\text{Prosen presisi } \% = 100\% - \left| \frac{\bar{X}_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Akurasi didefinisikan sebagai keterdekatan hasil pengukuran suatu alat ukur terhadap suatu nilai standart yang disepakati, atau terhadap suatu nilai yang benar (*true value*).

$$\text{Akurasi } (A) = 1 - \left| \frac{\bar{Y}_n - \bar{X}_n}{\bar{Y}_n} \right| \dots\dots\dots(2.13)$$

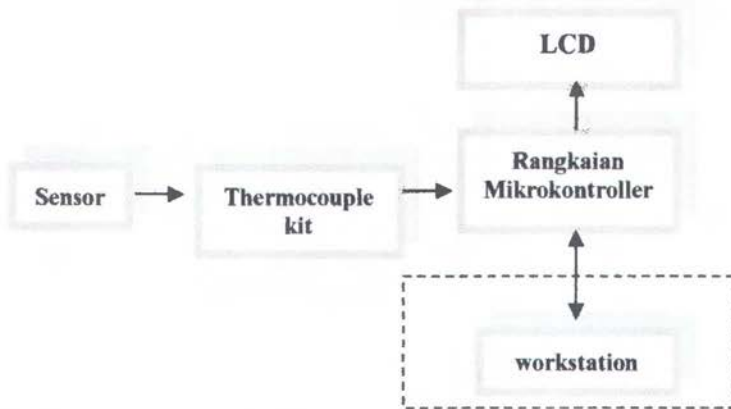
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

Bab ini menjelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat yang meliputi penentuan komponen yang digunakan, perancangan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*), serta perancangan dan pembuatan perangkat lunak (*software*). Dimana *hardware* terdiri dari komponen-komponen elektronika, yaitu : Power Supply, Sensor Capacitance, ADC, Mikrokontroler dan Personal Computer. Sebelum dilakukan pembuatan alat, terlebih dahulu dilakukan perancangan terhadap sistem kerja dari alat ukur yang dibuat.

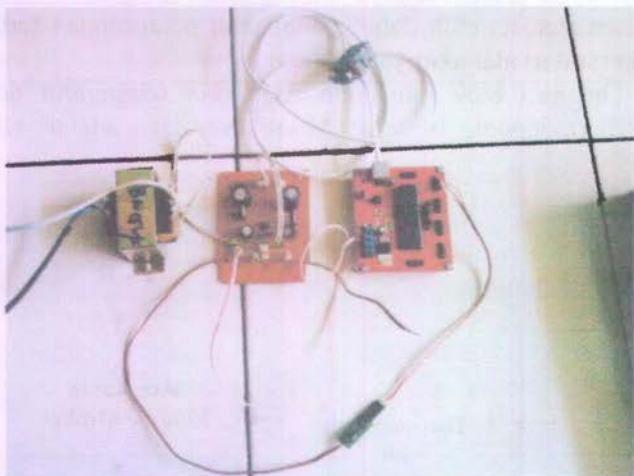
Diagram blok rangkaian Alat ukur temperatur dengan Sensor thermocouple berbasis Mikrokontroler adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram blok rangkaian alat ukur temperatur dengan Sensor thermocouple berbasis Mikrokontroler

Sesuai dengan diagram blok rangkaian yang ditunjukkan dalam gambar 3.1, maka peralatan yang dirancang dapat dibagi dalam bagian sebagai berikut :

- Sensor sebagai pendeteksi awal nilai temperatur suatu fluida.
- Rangkaian thermocouple kit sebagai pengubah data dari analog ke digital dan pengkondisi sinyal.
- Rangkaian controller yang terdiri dari rangkaian mikrokontroler
- Monitor komputer sebagai penampil data



Gambar 3.2 rangkaian alat ukur temperatur dengan Sensor thermocouple berbasis Mikrokontroler

3.2 Perancangan *Hardware* Sistem akuisisi *Temperature*

3.2.1 Perancangan *Power Supply*

Suplai daya adalah sumber tenaga yang dibutuhkan suatu rangkaian elektronik untuk bekerja. Besar suplai daya ini tergantung oleh spesifikasi dari alat masing-masing. Pada perancangan *rancang bangun temperature panel indicator berbasis mikrokontroler di simulator sistem pengendalian*

temperatur daya digunakan untuk mengaktifkan rangkaian sensor temperatur, PC, dan minimum sistem Mikrokontroler ATmega8535. Pada rangkaian *Power Supply* pada umumnya sering menggunakan IC Regulator dalam mengontrol tegangan yang diinginkan. Regulator tegangan menjadi sangat penting gunanya apabila kita mengaplikasikan *system power* tersebut untuk rangkaian – rangkaian yang membutuhkan tegangan yang sangat stabil. Misalkan untuk sistem digital, terutama untuk minimum sistem Mikrokontroler yang sangat membutuhkan tegangan dan arus yang sangat stabil. IC Regulator yang umum digunakan untuk, mengontrol tegangan adalah IC keluarga 78XX. IC ini dapat mengontrol tegangan dengan baik. Keluaran tegangan yang diinginkan tinggal melihat tipe yang ada. Misalkan tipe 7805 dapat memberikan keluaran tegangan 5 Volt dengan toleransi ± 1 , dengan arus keluaran maksimal 1500 mA.



Gambar 3.3 rangkaian power supply 5 V dan 12 V

• Rangkaian Tegangan 5 Volt

Rangkaian ini merupakan aplikasi dari regulator tegangan IC 7805, yang dapat mengeluarkan tegangan 5 Volt DC. Rangkaian ini dibangun dari beberapa komponen yakni, dioda 2N 4002 yang merupakan dioda yang dapat melewati arus maksimal 3 Ampere, selain itu dioda ini juga berfungsi untuk menjadikan

sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang. Kemudian selain itu dibangun oleh kapasitor yang berfungsi untuk memperhalus sinyal DC keluaran dari dioda. Setelah itu sinyal DC keluaran dari kapasitor akan diinputkan pada regulator 7805. Hasil keluaran dari IC 7805 adalah tegangan 5 Volt dengan arus 2 A. Rangkaian ini nantinya akan digunakan untuk memberikan tegangan pada sensor

• Rangkaian Tegangan 12 Volt

Rangkaian ini merupakan aplikasi dari regulator tegangan IC 7812, yang dapat mengeluarkan tegangan 12 Volt DC. Rangkaian ini dibangun dari beberapa komponen yakni, dioda 2N 4002 yang merupakan dioda yang dapat melewatkan arus maksimal 3 Ampere, selain itu dioda ini juga berfungsi untuk menjadikan sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang. Kemudian selain itu dibangun oleh kapasitor yang berfungsi untuk memperhalus sinyal DC keluaran dari dioda. Setelah itu sinyal DC keluaran dari kapasitor akan diinputkan pada regulator 7812. Hasil keluaran dari IC 7812 adalah tegangan 12 Volt. Rangkaian ini nantinya akan digunakan untuk memberikan tegangan pada rangkaian minimum sistem Mikrokontroler ATMEGA8535

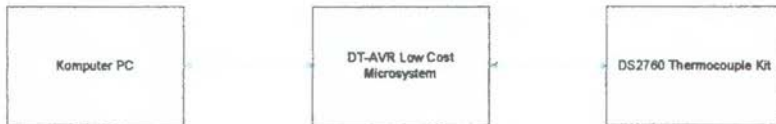
3.2.2 Perancangan rangkaian thermocouple kit

Thermocouple sangat populer karena harganya yang relatif murah dan dapat mengukur suhu yang tinggi, tetapi tantangan terbesar dalam penggunaan thermocouple ini adalah pengkonversi tegangan output-nya yang relatif sangat kecil (dalam orde milivolt) secara akurat dan menyediakan kompensasi suhu untuk cold junction. Dengan bantuan DS2760 Thermocouple Kit, masalah tersebut telah teratasi sebab modul ini menyediakan kompensasi suhu cold junction dan memiliki output digital melalui antarmuka I-Wire®. DS2760 Thermocouple Kit akan dihubungkan ke modul mikrokontroler AVR® dan data pengukurannya akan diteruskan ke komputer.

Pemrograman mikrokontrolernya menggunakan bahasa C CodeVisionAVR[®] sehingga cukup mudah dimengerti. Aplikasi ini membutuhkan:

- 1 DT-AVR Low Cost Micro System,
- 1 DS2760 Thermocouple Kit dengan thermocouple tipe K,L , M
- 1 Resistor 4K7 ohm

Adapun blok diagram secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 Blok diagram rancang bangun *temperature panel indicator* berbasis mikrokontroler di simulator sistem pengendalian temperature

Hubungan antara modul- modul tersebut adalah sebagai berikut:

Table 3.1 hubungan pin –pin pada thermocouple kit

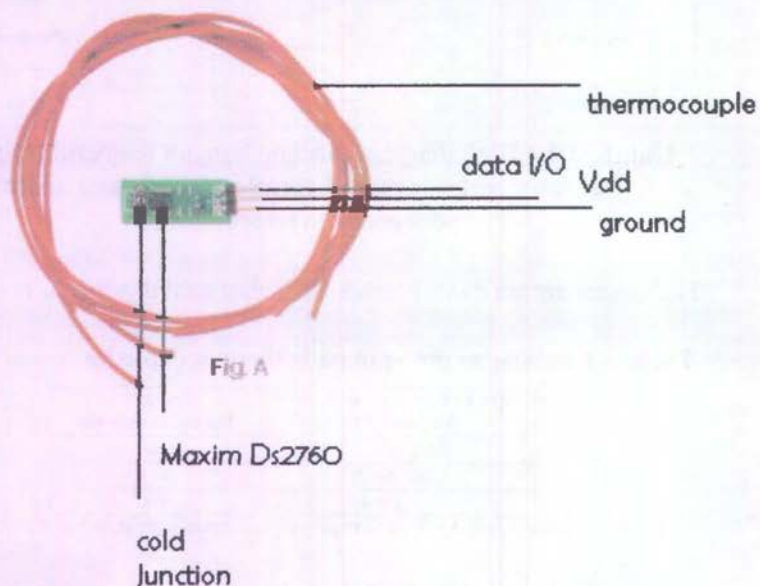
DT-AVR Low Cost Micro System (J10)	DS2760 Thermocouple Kit
GND (pin 1)	pin -
VCC (pin 2)	pin +
PA.1 (pin 4)*	pin D

* tidak mutlak dan dapat diganti dengan pin yang lain, tetapi juga harus mengubah program.

Pin PA.1 pada DT-AVR Low Cost Micro System harus diberi *strong pull-up* menggunakan resistor 4k7 ohm, pin ini digunakan untuk berkomunikasi dengan DS2760 Thermocouple Kit secara 1-Wire[®]. Hubungkan thermocouple tipe K ke *board* DS2760 Thermocouple Kit sesuai dengan petunjuk pada manual DS2760 Thermocouple Kit. Gunakan kabel serial DT-AVR Low Cost Micro System untuk menghubungkan modul dengan komputer. Aturlah jumper J4 dan J5 DT-AVR Low Cost Micro System pada posisi 1-2 agar komunikasi serial UART RS-232 dapat

digunakan. Setelah semua rangkaian dan sumber tegangan terhubung dengan tepat, programlah **Ending.HEX** ke DT-AVR Low Cost Micro System dengan bantuan **DT-HiQ AVR In System Programmer** atau *in-system programmer* lain yang mendukung ATmega8535 dan berkonektor ISP 10-pin standar Atmel.

Dengan menggunakan DS2760 kita dapat mengukur tegangan Seebeck dari thermocouple dengan resolusi sebesar $15.625 \mu\text{V}$, dengan resolusi pada pengukuran cold junction sebesar $0.125 \text{ }^\circ\text{C}$



Gambar 3.5 Thermocouple Kit

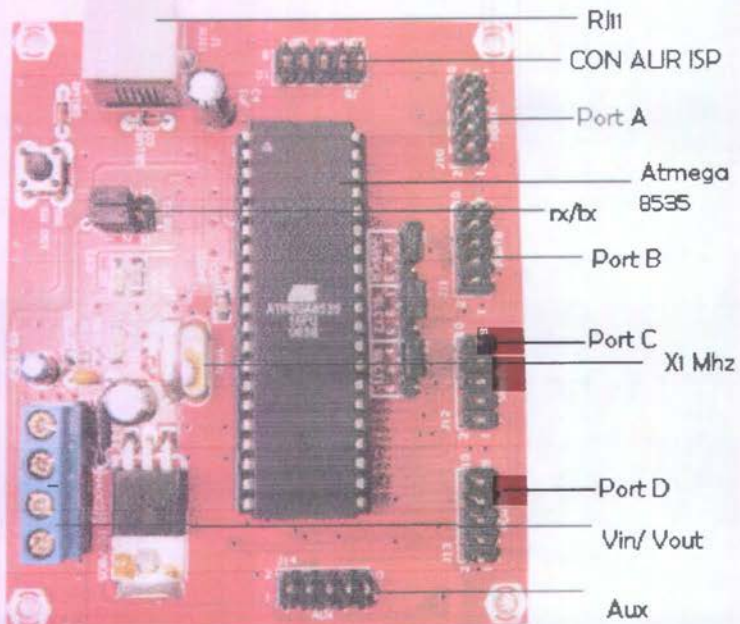
Spesifikasi static dari sensor thermocouple kit ini adalah sebagai berikut:

- 1-Wire® interface allows multiple devices with just one Stamp IO pin
- 16 bytes of general purpose SRAM

- Active Current: normal operation 60 μ A sleep typical 1 μ A
- Type K, Chrome/Alumel thermocouple min/max temperature = 0C to +1000C (+32F to +1832F)
- Type J, Iron/Constantan thermocouple min/max temperature = 0C to +1010C (+32F to +1850F)
- Type T, Copper/Constantan thermocouple min/max temperature = 0C to +400C (+32F to +752F)
- Cold Junction measurement: 0°C to +127°C (0.125°C resolution)
- Low power consumption:
 - Active current: 90 μ A max
 - Sleep current: 2 μ A max
- Power supply input (2.5 – 5.5 V)

3.2.3 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler

Low cost Micro System merupakan sebuah modul single chip dengan basis mikrokontroler AVR dan memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial secara UART RS-232 serta pemrograman memori melalui ISP (In-System Programming). Modul ini cocok untuk aplikasi – aplikasi sederhana hingga menengah. Contoh aplikasinya adalah pengendali tampilan LED, pengendali driver motor, voltmeter digital, komunikasi data antara modul dengan PC, dan lain – lain.



Gambar 3.6 Tata letak dan konfigurasi jumper

3.2.4 Perancangan *Software/ Program*

Perancangan *software* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah dengan Code Vision dan Delphi dibuat dan disesuaikan dengan keberadaan *hardware* yang digunakan. Perancangan *software* pada dasarnya terdiri dari beberapa bagian pokok yaitu :

1. *Software* yang dipakai untuk pembacaan Mikrokontroler
2. *Software* yang dipakai untuk pembacaan Output sinyal dari sensor oleh mikrokontroler yang digunakan sebagai data pengolahan data
3. *Software* penampil ke display PC

Perancangan *software* digunakan untuk mendukung kerja dari perangkat *hardware*. Pada Proses Pengisian kita menggunakan Program Code Vision yang dijalankan pada Operating System Windows.



HP InfoTech

CodeVisionAVR

C Compiler, Integrated Development Environment,
Automatic Program Generator and In-System Programmer
for the Atmel AVR Family of Microcontrollers

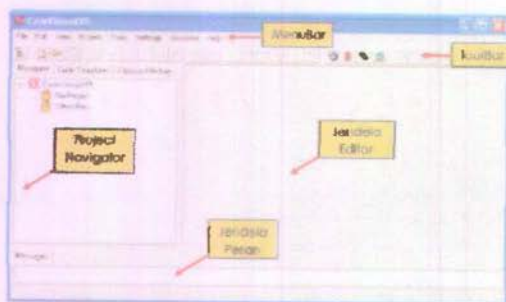
Version 1.24.8d Professional
© Copyright 1998-2006 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Licensed to: F4CG
F4CG
2684-A65F-468E-CA9C

Gambar 3.7 Program Code Vision AVR

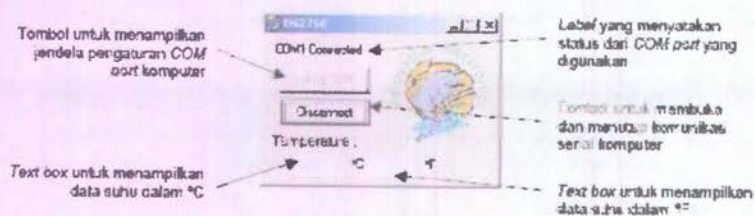
Prosedur Pengisian Program Pada Chip Mikrokontroler

- Program yang sudah dibuat dengan menggunakan code wizard AVR disimpan dengan nama tertentu yang diakhiri dengan ekstensi `.c`, `.cwp`, dan `.prj`.
- Menuliskan tambahan listing program pada layar kerja dan kemudian decompile untuk melihat apakah terjadi error atau warning.
- Mengkonfigurasi program yang telah dibuat untuk didownload ke Mikrokontroler.



Gambar 3.8 lembar kerja Code Vision AVR

Perancangan software digunakan untuk mendukung kerja dari perangkat hardware. Perancangan software ini dibuat dengan menggunakan program sebagai display data dan program interface dan Program C



Gambar 3.9 tampilan interfacing pada layar komputer



Gambar 3.10 Flowchart program sistem pengukuran temperatur. Secara garis besar, program `Ending.c` akan diproses sebagai berikut:

1. Proses yang pertama dilakukan adalah deklarasi variabel `DataCurrent`, `DataTemp`, dan `TempC`. `DataCurrent` digunakan untuk menampung data hasil pembacaan *current register* (alamat register `0Eh` dan `0Fh`) `DS2760` yang merupakan data keluaran thermocouple. `DataTemp` digunakan untuk menampung data hasil pembacaan *temperature register* (alamat register `18h` dan `19h`) `DS2760` yang merupakan data *cold junction*. `TempC` digunakan untuk menampung data hasil pembacaan suhu berdasarkan *lookup table* `T_Tabel`. Selain itu program juga melakukan deklarasi konstanta

T_Tabel yang merupakan *lookup table* untuk thermocouple tipe T dan berisi nilai fisik dari keluaran DS2760. Aplikasi ini menggunakan *lookup table* karena keluaran DS2760 tidak linier.

2. Program melakukan konfigurasi *port I/O* ATmega8535 yang akan digunakan untuk komunikasi 1-Wire®, serta melakukan konfigurasi *port UART* untuk berkomunikasi dengan komputer.
3. Setelah itu program akan menunggu datangnya 1 byte data dari komputer sebagai *trigger* dimulainya pembacaan data suhu. Pengiriman data secara serial dari komputer dapat dilakukan dengan bantuan program Terminal© dengan pengaturan *baudrate* 9600bps, 8 bit data, tanpa bit *parity*, 1 bit stop, dan tanpa *flow control*. Dalam AN ini telah disediakan program aplikasi Window (dikembangkan dengan Borland Delphi 5.0©), yaitu Ending.EXE, untuk mengirimkan *trigger* dan menampilkan data hasil pembacaan DS2760 dalam °Celcius dan °Fahrenheit.
4. Setelah 1 byte data *trigger* diperoleh, maka DT-AVR Low Cost Micro System akan segera mengambil data thermocouple dan *cold junction* yang dihasilkan pada proses pengukuran suhu oleh DS2760 (melalui protokol 1-Wire®). DS2760 akan melakukan pengukuran suhu secara terus menerus, sehingga tidak perlu diberikan instruksi untuk memulai pengukuran suhu.
5. Program akan mengkompensasi data pembacaan thermocouple menggunakan data *cold junction* agar mendapatkan data pembacaan thermocouple yang sesungguhnya.
6. Data pembacaan thermocouple ini akan disesuaikan dengan data-data yang terdapat dalam *lookup table* T_Tabel hingga memperoleh data yang sesuai (atau mendekati). Setelah itu program akan mengambil indeks dari data yang sesuai (atau mendekati) tersebut sebagai data hasil pembacaan suhu. Indeks data dari T_Tabel ini disimpan dalam variabel

TempC, dan data tersebut kemudian dikirimkan ke komputer. Program Ending.EXE akan menampilkan data suhu ini dalam derajat Fahrenheit dengan menggunakan konversi: $y^{\circ}\text{F} = (x^{\circ}\text{C} * 1.8) + 32^{\circ}$.

- Setelah itu program kembali ke langkah 3.

3.3 Tabel Perbandingan

Pengolahan data dari keluaran DS2760 Thermocouple Kit ini menggunakan metode lookup table, yaitu menggunakan sebuah tabel konversi untuk mendapatkan hasil yang tepat. Aplikasi ini menggunakan tabel *lookup* untuk thermocouple tipe T dan hanya dapat digunakan untuk memonitor suhu antara 0°C hingga 126°C sebab tabel *lookup* yang disertakan dalam program Ending.c hanya 127 byte saja.

Tabel 3.2 Tabel 1 untuk thermocouple type T

ITS-90 Table for Type T Thermocouple (Ref Junction 0°C)		Temperature	
°C	mV	°C	mV
0	0.000	0	0.000
1	0.010	1	0.010
2	0.020	2	0.020
3	0.030	3	0.030
4	0.040	4	0.040
5	0.050	5	0.050
6	0.060	6	0.060
7	0.070	7	0.070
8	0.080	8	0.080
9	0.090	9	0.090
10	0.100	10	0.100
11	0.110	11	0.110
12	0.120	12	0.120
13	0.130	13	0.130
14	0.140	14	0.140
15	0.150	15	0.150
16	0.160	16	0.160
17	0.170	17	0.170
18	0.180	18	0.180
19	0.190	19	0.190
20	0.200	20	0.200
21	0.210	21	0.210
22	0.220	22	0.220
23	0.230	23	0.230
24	0.240	24	0.240
25	0.250	25	0.250
26	0.260	26	0.260
27	0.270	27	0.270
28	0.280	28	0.280
29	0.290	29	0.290
30	0.300	30	0.300
31	0.310	31	0.310
32	0.320	32	0.320
33	0.330	33	0.330
34	0.340	34	0.340
35	0.350	35	0.350
36	0.360	36	0.360
37	0.370	37	0.370
38	0.380	38	0.380
39	0.390	39	0.390
40	0.400	40	0.400
41	0.410	41	0.410
42	0.420	42	0.420
43	0.430	43	0.430
44	0.440	44	0.440
45	0.450	45	0.450
46	0.460	46	0.460
47	0.470	47	0.470
48	0.480	48	0.480
49	0.490	49	0.490
50	0.500	50	0.500
51	0.510	51	0.510
52	0.520	52	0.520
53	0.530	53	0.530
54	0.540	54	0.540
55	0.550	55	0.550
56	0.560	56	0.560
57	0.570	57	0.570
58	0.580	58	0.580
59	0.590	59	0.590
60	0.600	60	0.600
61	0.610	61	0.610
62	0.620	62	0.620
63	0.630	63	0.630
64	0.640	64	0.640
65	0.650	65	0.650
66	0.660	66	0.660
67	0.670	67	0.670
68	0.680	68	0.680
69	0.690	69	0.690
70	0.700	70	0.700
71	0.710	71	0.710
72	0.720	72	0.720
73	0.730	73	0.730
74	0.740	74	0.740
75	0.750	75	0.750
76	0.760	76	0.760
77	0.770	77	0.770
78	0.780	78	0.780
79	0.790	79	0.790
80	0.800	80	0.800
81	0.810	81	0.810
82	0.820	82	0.820
83	0.830	83	0.830
84	0.840	84	0.840
85	0.850	85	0.850
86	0.860	86	0.860
87	0.870	87	0.870
88	0.880	88	0.880
89	0.890	89	0.890
90	0.900	90	0.900
91	0.910	91	0.910
92	0.920	92	0.920
93	0.930	93	0.930
94	0.940	94	0.940
95	0.950	95	0.950
96	0.960	96	0.960
97	0.970	97	0.970
98	0.980	98	0.980
99	0.990	99	0.990
100	1.000	100	1.000
101	1.010	101	1.010
102	1.020	102	1.020
103	1.030	103	1.030
104	1.040	104	1.040
105	1.050	105	1.050
106	1.060	106	1.060
107	1.070	107	1.070
108	1.080	108	1.080
109	1.090	109	1.090
110	1.100	110	1.100
111	1.110	111	1.110
112	1.120	112	1.120
113	1.130	113	1.130
114	1.140	114	1.140
115	1.150	115	1.150
116	1.160	116	1.160
117	1.170	117	1.170
118	1.180	118	1.180
119	1.190	119	1.190
120	1.200	120	1.200
121	1.210	121	1.210
122	1.220	122	1.220
123	1.230	123	1.230
124	1.240	124	1.240
125	1.250	125	1.250
126	1.260	126	1.260

Tabel 3.3 Tabel 2 untuk thermocouple type T

ITS-90 Table for Type T Thermocouples (Reference 1°C)

°C	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.397	0.794	1.191	1.588	1.985	2.382	2.779
20	0.794	1.588	2.382	3.176	3.970	4.764	5.558
30	1.191	2.382	3.573	4.764	5.955	7.146	8.337
40	1.588	3.176	4.764	6.352	7.940	9.528	11.116
50	1.985	3.970	5.955	7.940	9.925	11.910	13.895
60	2.382	4.764	6.749	8.734	10.709	12.684	14.659
70	2.779	5.558	7.543	9.528	11.513	13.498	15.484
80	3.176	6.352	8.337	10.312	12.297	14.272	16.258
90	3.573	7.146	9.102	11.087	13.062	15.037	17.032
100	3.970	7.940	9.867	11.852	13.827	15.792	17.807
110	4.367	8.734	10.622	12.617	14.582	16.547	18.582
120	4.764	9.528	11.377	13.382	15.337	17.302	19.357
130	5.161	10.312	12.132	14.147	16.092	18.057	20.132
140	5.558	11.087	12.887	14.912	16.847	18.812	20.907
150	5.955	11.852	13.642	15.677	17.602	19.567	21.682
160	6.352	12.617	14.397	16.442	18.357	20.322	22.457
170	6.749	13.382	15.152	17.207	19.112	21.077	23.232
180	7.146	14.147	15.907	17.972	19.867	21.832	24.007
190	7.543	14.912	16.662	18.737	20.622	22.587	24.782
200	7.940	15.677	17.417	19.502	21.377	23.342	25.557
210	8.337	16.442	18.172	20.267	22.132	24.097	26.332
220	8.734	17.207	18.927	21.032	22.887	24.852	27.107
230	9.131	17.972	19.682	21.797	23.642	25.607	27.882
240	9.528	18.737	20.437	22.562	24.397	26.362	28.657
250	9.925	19.502	21.192	23.327	25.152	27.117	29.432
260	10.312	20.267	21.947	24.092	25.907	27.872	30.207
270	10.709	21.032	22.702	24.857	26.662	28.627	30.982
280	11.106	21.797	23.457	25.622	27.417	29.382	31.757
290	11.503	22.562	24.212	26.387	28.172	30.137	32.532
300	11.900	23.327	24.967	27.152	28.927	30.892	33.307
310	12.297	24.092	25.722	27.917	29.682	31.647	34.082
320	12.694	24.857	26.477	28.682	30.437	32.402	34.857
330	13.091	25.622	27.232	29.447	31.192	33.157	35.632
340	13.488	26.387	27.987	30.212	31.947	33.912	36.407
350	13.885	27.152	28.742	30.977	32.702	34.667	37.182
360	14.282	27.917	29.497	31.742	33.457	35.422	37.957
370	14.679	28.682	30.252	32.507	34.212	36.177	38.732
380	15.076	29.447	31.007	33.272	34.967	36.932	39.507
390	15.473	30.212	31.762	34.037	35.722	37.687	40.282
400	15.870	30.977	32.517	34.802	36.477	38.442	41.057
410	16.267	31.742	33.272	35.567	37.232	39.197	41.832
420	16.664	32.507	34.027	36.332	37.987	39.952	42.607
430	17.061	33.272	34.782	37.097	38.742	40.707	43.382
440	17.458	34.037	35.537	37.862	39.497	41.462	44.157
450	17.855	34.802	36.292	38.627	40.252	42.217	44.932
460	18.252	35.567	37.047	39.392	41.007	42.972	45.707
470	18.649	36.332	37.802	40.157	41.762	43.727	46.482
480	19.046	37.097	38.557	40.922	42.517	44.482	47.257
490	19.443	37.862	39.312	41.687	43.272	45.237	48.032
500	19.840	38.627	40.067	42.452	44.027	45.992	48.807
510	20.237	39.392	40.822	43.217	44.782	46.747	49.582
520	20.634	40.157	41.577	43.982	45.537	47.502	50.357
530	21.031	40.922	42.332	44.747	46.292	48.257	51.132
540	21.428	41.687	43.087	45.512	47.047	49.012	51.907
550	21.825	42.452	43.842	46.277	47.802	49.767	52.682
560	22.222	43.217	44.597	47.042	48.557	50.522	53.457
570	22.619	43.982	45.352	47.807	49.312	51.277	54.232
580	23.016	44.747	46.107	48.572	50.067	52.032	55.007
590	23.413	45.512	46.862	49.337	50.822	52.787	55.782
600	23.810	46.277	47.617	50.102	51.577	53.542	56.557
610	24.207	47.042	48.372	50.867	52.332	54.297	57.332
620	24.604	47.807	49.127	51.632	53.087	55.052	58.107
630	25.001	48.572	49.882	52.397	53.842	55.807	58.882
640	25.398	49.337	50.637	53.162	54.597	56.562	59.657
650	25.795	50.102	51.392	53.927	55.352	57.317	60.432
660	26.192	50.867	52.147	54.692	56.107	58.072	61.207
670	26.589	51.632	52.902	55.457	56.862	58.827	61.982
680	26.986	52.397	53.657	56.222	57.617	59.582	62.757
690	27.383	53.162	54.412	56.987	58.372	60.337	63.532
700	27.780	53.927	55.167	57.752	59.127	61.092	64.307
710	28.177	54.692	55.922	58.517	59.882	61.847	65.082
720	28.574	55.457	56.677	59.282	60.637	62.602	65.857
730	28.971	56.222	57.432	60.047	61.392	63.357	66.632
740	29.368	56.987	58.187	60.812	62.147	64.112	67.407
750	29.765	57.752	58.942	61.577	62.902	64.867	68.182
760	30.162	58.517	59.697	62.342	63.657	65.622	68.957
770	30.559	59.282	60.452	63.107	64.412	66.377	69.732
780	30.956	60.047	61.207	63.872	65.167	67.132	70.507
790	31.353	60.812	61.962	64.637	65.922	67.887	71.282
800	31.750	61.577	62.717	65.402	66.677	68.642	72.057
810	32.147	62.342	63.472	66.167	67.432	69.397	72.832
820	32.544	63.107	64.227	66.932	68.187	70.152	73.607
830	32.941	63.872	64.982	67.697	68.942	70.907	74.382
840	33.338	64.637	65.737	68.462	69.697	71.662	75.157
850	33.735	65.402	66.492	69.227	70.452	72.417	75.932
860	34.132	66.167	67.247	69.992	71.207	73.172	76.707
870	34.529	66.932	68.002	70.757	71.962	73.927	77.482
880	34.926	67.697	68.757	71.522	72.717	74.682	78.257
890	35.323	68.462	69.512	72.287	73.472	75.437	79.032
900	35.720	69.227	70.267	73.052	74.227	76.192	79.807
910	36.117	69.992	71.022	73.817	74.982	76.947	80.582
920	36.514	70.757	71.777	74.582	75.737	77.702	81.357
930	36.911	71.522	72.532	75.347	76.492	78.457	82.132
940	37.308	72.287	73.287	76.112	77.247	79.212	82.907
950	37.705	73.052	74.042	76.877	78.002	79.967	83.682
960	38.102	73.817	74.797	77.642	78.757	80.722	84.457
970	38.499	74.582	75.552	78.407	79.512	81.477	85.232
980	38.896	75.347	76.307	79.172	80.267	82.232	86.007
990	39.293	76.112	77.062	79.937	81.022	82.987	86.782

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Dilakukan pengukuran temperatur pada *water heater* sebagai simulasi pengukuran temperatur dengan menggunakan thermocouple DS2760 dan ditampilkan pada monitor komputer sebagai interfacing. Berikut adalah tabel pengukuran sensor thermocouple sebagai pengukur temperatur dalam keadaan temperatur naik maupun dalam keadaan temperatur turun.

4.1.1 Pengujian Hardware

Pengujian terhadap sensor thermocouple dilakukan dengan cara mencelupkan sensor ke dalam *water heater* yang berisi fluida cair. Data diambil dengan cara mengukur output sensor thermocouple yang tertampil pada layar monitor computer dan dikalibrasi dengan thermometer analog. Pengujian ini menggunakan power supply sebesar 12 Volt DC dan kawat thermocouple tipe T. Simulasi pengendalian temeperatur ini menggunakan *water heater*. Hasil pengujian data selengkapanya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 pengukuran 1 *Temperature*

No.	Temperatur naik			Temperatur turun		
	Termometer °C	Thermocouple °C	Tegangan (mV)	Termometer °C	Thermocouple °C	Tegangan (mV)
1	30	30.02	1.196	85	85.5	3.539
2	35	35.15	1.403	80	80.11	3.358
3	40	40.18	1.612	75	75	3.132
4	45	45.49	1.823	70	70.29	2.909
5	50	50.12	2.079	65	65.4	2.643
6	55	55.04	2.251	60	60.72	2.468
7	60	60.21	2.468	55	55.62	2.279
8	65	65.21	2.643	50	50.45	2.079
9	70	70.5	2.909	45	45.34	1.823
10	75	75.62	3.132	40	40.55	1.612

Lanjutan Tabel 4.1 Pengukuran 1 temperature

11	80	80.18	3.358	35	35.42	1.403
12	85	85.3	3.539	30	30.55	1.196

Pengujian kedua dalam pengukuran temperature air yang dipanaskan dan kemudian diturunkana suhunya. Berikut data yang telah diperoleh dari hasil pengukuran tersebut baik dari tampilan di computer maupun pada thermometer.

Tabel 4.2 pengukuran 2 Temperature

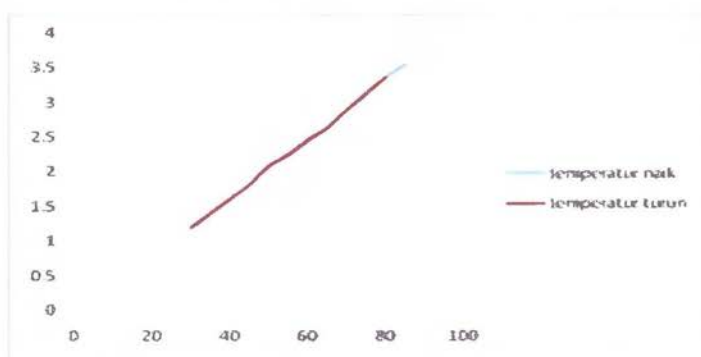
No.	Temperatur naik			Temperatur turun		
	Termometer °C	Thermo couple °C	Tegangan (mV)	Termometer °C	Thermo couple °C	Tegangan (mV)
1	30	30.5	1.196	85	85.35	3.539
2	35	35.86	1.403	80	80.17	3.358
3	40	40.25	1.612	75	75	3.132
4	45	45.4	1.823	70	70.56	2.909
5	50	50.51	2.079	65	65.7	2.643
6	55	55.2	2.251	60	60.5	2.468
7	60	60.21	2.468	55	55.32	2.251
8	65	65.4	2.643	50	50.65	2.079
9	70	70.2	2.909	45	45.44	1.823
10	75	75	3.132	40	40.42	1.612
11	80	80.16	3.358	35	35.43	1.403
12	85	85.33	3.539	30	30.62	1.196

Pengujian ketiga dalam pengukuran temperature air yang dipanaskan dan kemudian diturunkana suhunya. Berikut data yang telah diperoleh dari hasil pengukuran tersebut baik dari tampilan di computer maupun pada thermometer.

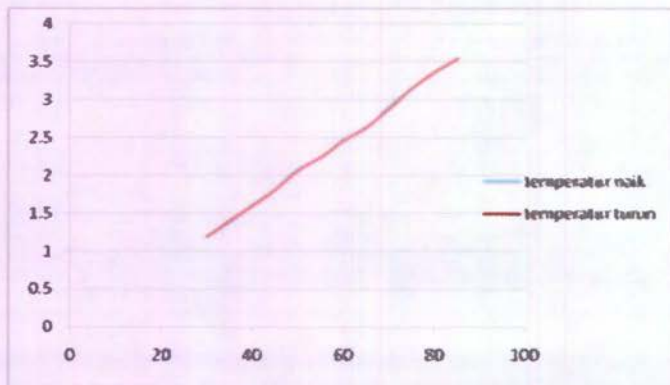
Tabel 4.3 Pengukuran 3 temperature

No.	Temperatur naik			Temperatur turun		
	Termometer °C	Thermocouple °C	Tegangan (mV)	Termometer °C	Thermocouple °C	Tegangan (mV)
1	30	30.25	1.196	85	85.35	3.539
2	35	35.65	1.403	80	80.17	3.358
3	40	40.4	1.612	75	75	3.132
4	45	45.43	1.823	70	70.92	2.909
5	50	50.23	2.079	65	65.43	2.643
6	55	55.61	2.251	60	60.56	2.468
7	60	60.2	2.468	55	55.42	2.251
8	65	65.64	2.643	50	50.62	2.079
9	70	70.4	2.909	45	45.44	1.823
10	75	75	3.132	40	40.62	1.612
11	80	80.16	3.358	35	35.2	1.403
12	85	85.33	3.539	30	30.43	1.196

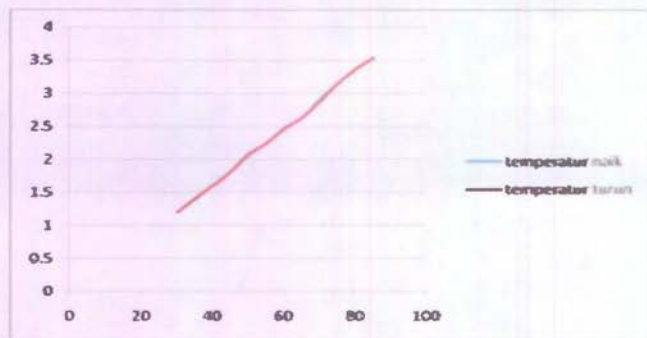
Setelah dilakukan pengukuran data baik dalam keadaan temperatur naik ataupun temperatur turun, maka dibuatlah grafik dengan perbandingan antara tegangan sensor dengan hasil pengamatan pada thermocouple.



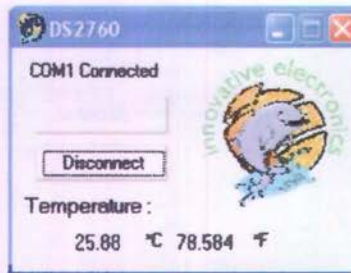
Grafik 4.1 grafik pengukuran 1 temperatur



Grafik 4.2 grafik pengukuran 2 temperatur



Grafik 4.3 grafik pengukuran 3 temperatur



Gambar 4.1 tampilan interfacing pada thermocouple DS2760

Kemudian dihitung besarnya prosen error pengukuran. Hasil perhitungan besarnya nilai error seperti tercantum pada

Tabel. 4.4 prosen error

Pengu kuran	Temperatur naik		Temperatur turun	
	Thermocouple °C	Termo meter	Thermocouple °C	Termo meter
1	693.02	690	694.95	690
2	694.02	690	695.16	690
3	694.3	690	695.16	690
Prosen error % =		1.005478		0.992677

Kemudian dihitung pula persentase nilai presisi dari sensor thermocouple ini.. Hasil perhitungan besarnya nilai presisi seperti tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 prosen presisi

No. Pengu kuran	Temperatur naik		Temperatur turun	
	Thermocouple °C	Termo meter	Thermocouple °C	Termo meter
1	693.02	690	694.95	690
2	694.02	690	695.16	690
3	694.3	690	695.16	690
Prosen presisi % =		1 %	1 %	

Dihitung pula nilai akurasi dari sensor thermocouple ini. Hasil perhitungan besarnya nilai akurasi seperti tercantum pada table dibawah ini.

Tabel 4.6 prosen akurasi

No. Pengu kuran	Temperatur naik		Temperatur turun	
	Thermocouple °C	Termo meter	Thermocouple °C	Termo meter
1	693.02	690	694.95	690



Lanjutan Tabel 4.6 akurasi

2	694.02	690	695.16	690
3	694.3	690	695.16	690
Prosen akurasi % =		0.99 %		0.99 %

4.2 Analisa Data

Sistem pengukuran *temperature* pada rancang bangun rancang bangun *temperature panel indicator* berbasis mikrokontroler di simulator sistem pengendalian temperatur dimana sensor yang dipakai dalam pengukuran ini adalah *thermocouple* tipe T pada pengukuran temperatur di water heater. Nilai yang dihasilkan dari pengukuran temperature tersebut ditampilkan pada PC. Untuk pengujian alat, yang diukur adalah suhu yang ditampilkan pada PC dan dicocokkan pada table ketetapan *thermocouple type T* sebagai pembanding antara tegangan sensor dengan pengukuran temperature, pengukuran menggunakan thermometer sebagai kalibrator.

Untuk pengambilan nilai temperatur, didapatkan dari pengukuran suhu melalui *water heater* dengan *thermometer* sebagai pengukuran suhu pembanding. Sehingga dari kedua nilai tersebut, dapat diketahui nilai perbedaannya. Berdasarkan nilai yang PC didapatkan hasil yang mendekati nilai yang sebenarnya, namun masih terdapat perbedaan nilai yang ditunjukkan. Perbedaan dengan nilai dari hasil pengukuran menggunakan *thermocouple* dengan nilai yang sebenarnya yang menggunakan thermometer. Perbedaan ini dapat kita lihat yang dapat diambil sampel dari tabel pengukuran. sebagai contoh: pada suhu awal pengukuran, nilai yang terukur sebesar 30.28 °C dan nilai sebenarnya adalah 30°C pada suhu naik 85.3 °C untuk nilai yang terukur pada computer dan 85 °C dengan nilai yang sebenarnya. Perbedaan ini terjadi dikarenakan ketika dilakukan pengambilan data suhu temperature, suhu yang tertampil pada layar computer adalah suhu ruangan dan 30°C merupakan suhu dari air pada water heater. Oleh sebab itu dimungkinkan adanya perbedaan



sehingga dapat dilihat komparasi atau perbandingan pengukuran antar thermocouple dengan thermometer analog.

Dari nilai yang telah didapatkan dari hasil pengukuran temperature, dibuatkan grafik perbandingan antara suhu naik dan suhu turun. Nilai yang dibandingkan pada grafik ini adalah perbandingan antara nilai tegangan sensor dengan nilai dari pengukuran thermocouple. Dari hasil grafik ini terlihat bahwa grafik kenaikan temperature memiliki perbedaan . dimana grafik temperature naik memiliki grafik kenaikan yang tidak begitu linier dibandingkan dengan grafik penurunan temperature yang lebih linier. Hal ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan nilai awal dari sensor temperature yang dipakai dan juga suhu di dalam ruangan pengukuran juga turut mengambil peranan. Dari pengukuran suhu ini didapatkan suatu titik pertemuan antara suhu naik dengan suhu turun. Titik pertemuan tersebut terletak pada suhu 75°C .

Nilai yang ditampilkan pada monitor computer didapat dari *lookup table K* karena keluaran DS270 ini tidak linier. Sebagai contoh: jika dalam pengukuran didapat nilai 56.9°C pada computer, berarti tegangan yang dikeluarkan dari sensor tersebut sebesar 0.992 mV . Hal ini berdasar pada tabel perbandingan yang telah ditetapkan. Pengukuran menggunakan multimeter tidak dapat digunakan dikarenakan inputan yang dikeluarkan dari rangkaian DS2760 thermocouple kit ini sebesar 5 V dan pada keadaan non aktif sebesar 0 V dikarenakan keluaran dari rangkaian ini sudah menjadi nilai Digital dan telah dikonversi dan dikuatkan oleh IC Maxim DS2760 ini.

Dari hasil pengukuran sensor dengan membandingkan pada alat kalibrasi yaitu thermometer lalu dihitung nilai error dan tingkat kepresisian yang didapat. Dari hasil perhitungan nilai error didapatkan bahwa nilai suhu naik adalah sebesar 1.008% dan nilai suhu turun sebesar $0,992\%$. Hal ini membuktikan bahwa nilai error yang dihasilkan dari thermocouple ini kecil juga terhadap suatu nilai presisi dari alat tersebut dimana tingkat nilai presisi ini tergolong cukup besar dimana nilai presisi dari

pengukuran suhu ini sebesar 1%. nilai dari keakurasian pada saat suhu naik dan turun adalah 0.99%

Komunikasi yang digunakan pada sensor ini adalah 1-wire dimana pinpengirimana data diberi strong pull-up menggunakan resistor 4k7 ohm, pin ini digunakan untuk berkomunikasi dengan DS2760 thermocouple kit secara 1-wire. Agar komunikasi dapat berjalan dengan baik maka pada rangkaian DT-AVR low cost microsystem diatur posisi jumper j4 dan j5 pada posisi 1-2 agar komunikasi serial UART RS-232 dapat digunakan .

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Telah berhasil dirancang *temperature panel indicator* berbasis mikrokontroler di simulator sistem pengendalian temperatur sebagai indicator pengukuran temperature
- Pada pengukuran *temperatur* digunakan sebuah *thermocouple* sebagai sensor yang diimplementasikan dengan rangkaian Type *DS2760* yang memiliki resolusi *thermocouple* sebesar $15.625\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan resolusi *cold junction* sebesar $0.125\text{ }^{\circ}\text{C}$. dengan persentase nilai error yang sangat kecil. Nilai keluaran yang ditampilkan pada layar PC (personal Computer) didapat dari perbandingan antar nilai *V_{in}*, *Cold Junction* dengan tabel *thermocouple* tipe T. range tegangan sensor minimal 1.1 mV dan maksimum sebesar 3.5 mV
- Nilai persen error yang dihasilkan pada pengukuran ini adalah sebesar 0.0078% - 0.0078% , sedangkan nilai persen presisi dan akurasi adalah sebesar 0.66% dan 0.0077% . range pengukuran temperature ini dengan menggunakan *thermocouple* tipe T adalah sebesar $30 - 95\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Pada *pengukuran temperature* ini ini dimonitor melalui personal computer melakukan monitoring proses pengukuran temperature yang sedang berlangsung

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelanjutan penelitian pada *Miniplant* ini, antara lain :

- Dalam perancangan *temperature panel indicator* untuk dilakukan penelitian lebih lanjut tentang aplikasi ini pada

sistem monitoring sekaligus dapat juga mengendalikan sistem plant melalui PC.

- Perancangan *temperature panel indikator* dalam hal *pengukuran temperature* hanya dilakukan secara portabel, maka pada perancangan selanjutnya diharapkan mampu merancang suatu system pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adi, Wisnu P, “ **Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535**”, ANDI, Yogyakarta, 2002
2. Winoto, Adi, “**Mikrokontroler Atmega 8/32/16/8535**”, Informatika, Bandung, 2008.
3. “**Modul Praktikum Mikroprocessor**”, D3 Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika. FTI-ITS. Surabaya, 2009.
4. Supriyanto, Farit, **Rancang Bangun Local Control Unit (LCU) Temperature Pada Distributed Control System (DCS) Miniplant Workshop Instrumentasi**. Surabaya, 2007.
5. Raharjo, Budi. “ Pemrograman C dan Implementasinya”, Informatika, Bandung, 2006.
6. Standish, Thomas A, “ Data Structures, Algorithms & Software Principles in C”, Computer Science Departement university of California, Irvine, 1994
7. Yuliati, weni, “**perancangan emergency s hutdown system Pada simulator sistem monitoring pressure dan temperature di workshop instrumentasi**” . Surabaya, 2009
8. Datasheet DS2760 thermocouple kit
9. <http://www.itelkom.ac.id/library/index.php?view=article&catid=16%3Amikroprocessorkontroller&id=288%3Akomunikasi-serial-rs232&option>

DAFTAR PUSTAKA

1. Adi ,Wisnu P, “ **Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535**”, ANDI, Yogyakarta,2002
2. Winoto, Adi, “**Mikrokontroler Atmega 8/32/16/8535**”, Informatika, Bandung, 2008.
3. “**Modul Praktikum Mikroprocessor**”, D3 Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika. FTI-ITS. Surabaya, 2009.
4. Supriyanto, Farit, **Rancang Bangun Local Control Unit (LCU) Temperature Pada Distributed Control System (DCS) Miniplant Workshop Instrumentasi**. Surabaya, 2007.
5. Raharjo, Budi. “ Pemrograman C dan Implementasinya”, Informatika, Bandung, 2006.
6. Standish, Thomas A, “ Data Structures, Algorithms & Software Principles in C”, Computer Science Departement university of California, Irvine, 1994
7. Yuliati, weni, “**perancangan emergency shutdown system Pada simulator sistem monitoring pressure dan temperature di workshop instrumentasi**” . Surabaya, 2009
8. Datasheet DS2760 thermocouple kit
9. <http://www.ittelkom.ac.id/library/index.php?view=article&catid=16%3Amikroprocessorkontroller&id=288%3Akomunikasi-serial-rs232&option>

=com_content&Itemid=15

10. <http://darry.wordpress.com/2008/08/24/aplikasi-mikrokontroler-dari-innovative-electronics-part-3/>
11. <http://www.myc2a.com/dcs.htm>
12. <http://pondokjitu.com/index.php/pengukur-suhu-berbasis-mikrokontroler.html>
13. <http://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/index.php/2008/12/distributed-control-system-dcs/>
14. <http://www.ivcity.com/jesse/thermocouple/>
15. <http://www.opnode.org/dokuwiki/doku.php?id=old:opn-one>
16. <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>
17. www.wika.ca/wika/techlib/supportfiles/Calibration/ThermocoupleConversionTable.pdf
18. <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/776AB03E065228408625727B00034E20>

LAMPIRAN A (Program Mikro pada Atmega 8535)

```
/* Chip type      : ATmega8535
   Clock frequency : 4,000000 MHz
   Memory model    : Small
   External SRAM size : 0
   Data Stack size : 128    */

#include <mega8535.h>

// 1 Wire Bus functions
#asm
.equ __w1_port=0x1B ;PORTA
.equ __w1_bit=1
#endasm
#include <1wire.h>

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>
#include <delay.h>

// K-Table
unsigned int KTable[1][127] = { 00, 39, 79, 119, 158,
198, 238, 277, 317, 357, // 0000
397, 437, 477, 517, 557, 597, 637,
677, 718, 758, // 0010
798, 838, 879, 919, 960, 1000, 1040,
1080, 1122, 1163, // 0020
```

```
1203, 1244, 1284, 1326, 1366, 1407,  
1448, 1489, 1530, 1570, // 0030  
1612, 1653, 1694, 1735, 1776, 1816,  
1858, 1899, 1941, 1982, // 0040  
2023, 2064, 2105, 2146, 2188, 2230,  
2270, 2311, 2354, 2395, // 0050  
2436, 2478, 2519, 2560, 2601, 2644,  
2685, 2726, 2767, 2810, // 0060  
2850, 2892, 2934, 2976, 3016, 3059,  
3100, 3141, 3184, 3225, // 0070  
3266, 3307, 3350, 3391, 3432, 3474,  
3516, 3557, 3599, 3640, // 0080  
3681, 3722, 3765, 3806, 3847, 3888,  
3931, 3972, 4012, 4054, // 0090  
4096, 4137, 4179, 4219, 4261, 4303,  
4344, 4384, 4426, 4468, // 0100  
4509, 4549, 4591, 4633, 4674, 4714,  
4756, 4796, 4838, 4878, // 0110  
4919, 4961, 5001, 5043, 5083, 5123,  
5165 }; // 0120
```

```
unsigned char DataSerial,Buffer[2];  
int DataCurrent, DataVin,  
DataTemp,SignBit=0,TempC,error,cjComp;
```

```
// Kirim Data ke PC  
void Transmitte (unsigned char DataTRX)  
{  
    unsigned char UCSRATemp;
```


Wait4ClearedUDRE:

```
UCSRATemp = UCSRA;
UCSRATemp &= 0b00100000;
if(UCSRATemp == 0b00100000)
{
    delay_ms(100);
    UDR = DataTRX; //Send a character in var dataTR
}
else goto Wait4ClearedUDRE;
}
```

// Tunggu Data Serial Dari PC

void Receive()

```
{
    unsigned char UCSRA_Temp;
    Wait4InputSerial:
    TempC = 0x00;
    UCSRA_Temp = UCSRA; // Wait 4 input serial
    UCSRA_Temp &= 0x80;
    if (UCSRA_Temp == 0x80)
    {
        DataSerial = UDR; // Klo gak dibaca loop-ing terus
        delay_ms(100);
    }
    else goto Wait4InputSerial;
}
```

// Kirim 3 Byte Data & Baca 2 Byte Data secara 1-wire

```

void Write3Byte(unsigned char Command, unsigned char
Instruction, unsigned char Add)
{
    unsigned char temp,i;
    CheckDevice2:
        temp = w1_init(); // Reset & Present
        delay_us(1);
        if (temp == 1) // Got a Presence Signal
            {
                temp = w1_write(Command); // Skip Matching Rom
                Code
                delay_us(1);
                if (temp == 1)
                    {
                        temp = w1_write(Instruction); // read Rom Code
                        delay_us(1);
                        if (temp == 1)
                            {
                                temp = w1_write(Add); // read from add xx
                                delay_us(1);
                                if (temp == 1)
                                    {
                                        for (i=0;i<2;i++)
                                            {
                                                delay_us(1);
                                                Buffer[i] = w1_read(); // Baca 2 Byte
                                            }
                                    }
                                }
                            else goto CheckDevice2;
            }
}

```

```
        }
        else goto CheckDevice2;
    }
    else goto CheckDevice2;
}
else goto CheckDevice2;
}
```

```
// Baca device input voltage
void Read_Vin ()
{
    unsigned int temp;
    Write3Byte(0xCC,0x69,0x0C);
    DataVin = Buffer[0];
    DataVin <<= 8;
    DataVin |= Buffer[1];
    temp = DataVin;
    temp >>= 15;
    if (temp == 1) { DataVin = 0; }
    else
    {
        DataVin >>= 5;
        DataVin = DataVin * 4.88;
    }
}
```

```
// Baca Current Register
void ReadCurrent()
{
```

```
unsigned int temp;
Write3Byte(0xCC,0x69,0x0E);
DataCurrent = Buffer[0];
DataCurrent <<= 8;
DataCurrent |= Buffer[1];
temp = DataCurrent;
DataCurrent >>= 3;
temp >>= 15;    // get sign bit
if (temp == 1) { DataCurrent |= 0xF000; SignBit = 1; } // pad 2's
complement bits
else { SignBit = 0; }
DataCurrent = DataCurrent * 15.625;
}
```

```
// Reads cold junction Temp
void ReadCJTemp()
{
    unsigned int temp;
    Write3Byte(0xCC,0x69,0x18);
    DataTemp = Buffer[0];
    DataTemp <<= 8;
    DataTemp |= Buffer[1];
    temp = DataTemp;
    temp >>= 15;
    if (temp == 1) { DataTemp = 0; }
    else {DataTemp >>= 8; }
}
```

```
// Search Currently selected TC table
```



```

void TCLookUp()
{
int tblLow,tblHigh,TestVal,NumKTable;
tblLow = 0; TempC = 22; tblHigh = 126;
if (cjComp > 5165) { error = 1; }
else
{
while (1)
{
NumKTable = (tblLow + tblHigh) / 2;
TestVal = KTable[0][NumKTable];
if (cjComp == TestVal) goto exitLoop;
else if (cjComp < TestVal) tblHigh = NumKTable;
else tblLow = NumKTable;

if ((tblHigh - tblLow) < 2)
{ NumKTable = tblLow; goto exitLoop; }
}
exitLoop:
TempC = NumKTable;
}
}

```

```

void main(void)
{
// Declare your local variables here
unsigned int Buff;

PORTA=0x00; DDRA=0x00;

```

```
PORTB=0x00; DDRB=0x00;
PORTC=0x00; DDRC=0x00;
PORTD=0x00; DDRD=0x00;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 9600 (Double Speed Mode)
UCSRA=0x02;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x33;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// 1 Wire Bus initialization
w1_init();

while (1)
{
    // Place your code here
    Receive();
}
```

```

ReadCurrent();
ReadCJTemp();
cjComp = KTable[0][DataTemp];

// Combine cjComp & DataCurrent
if (SignBit == 1)
{
    if (DataCurrent < cjComp) { cjComp -= DataCurrent; }
    else { cjComp = 0; }
}
else { cjComp += DataCurrent; }

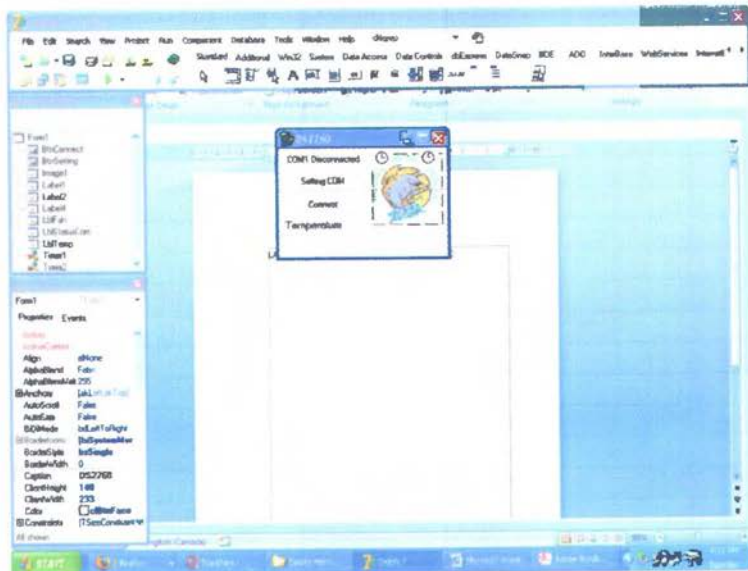
TCLookUp();
if (error == 1) { TempC = 0xFFFF; }

Buff = TempC;
Buff = Buff * 100;
Buff >>= 8;
Transmitte(Buff);
delay_ms(500);
TempC &= 0x00FF;
Transmitte(TempC);
delay_ms(500);
};
}

```



LAMPIRAN B (Program Delphi untuk Interfacing)



Listing program untuk interfacing pada computer unit Finish;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls,
Forms, Dialogs,
StdCtrls, ExtCtrls, CPort, jpeg;

type

TForm1 = class(TForm)


```
LblStatusCom: TLabel;  
ComPort: TComPort;  
Timer1: TTimer;  
BtnSetting: TButton;  
BtnConnect: TButton;  
Label1: TLabel;  
LblTemp: TLabel;  
Label4: TLabel;  
LblFah: TLabel;  
Label2: TLabel;  
Timer2: TTimer;  
Image1: TImage;  
procedure BtnSettingClick(Sender: TObject);  
procedure BtnConnectClick(Sender: TObject);  
procedure IntSerialRX(Sender: TObject; Count: Integer);  
procedure Timer1Timer(Sender: TObject);  
procedure FormCreate(Sender: TObject);  
procedure IntTim2(Sender: TObject);  
private  
  { Private declarations }  
public  
  { Public declarations }  
end;  
  
var  
  Form1: TForm1;  
  DataSerial: Integer;  
  DataTrans: Integer;  
  DataDS,DataTemp: Real;
```

```
FlagRX,DataDSTemp: Integer;
```

implementation

```
{$R *.DFM}
```

```
procedure TForm1.BtnSettingClick(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    ComPort.ShowSetupDialog;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.BtnConnectClick(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    if ComPort.Connected = true then
```

```
        begin
```

```
            ComPort.Close;
```

```
            LblStatusCom.Caption := ComPort.Port + ' Disconnected';
```

```
            BtnConnect.Caption := 'Connect';
```

```
            BtnSetting.Enabled := true;
```

```
        end
```

```
    else
```

```
        begin
```

```
            ComPort.Open;
```

```
            LblStatusCom.Caption := ComPort.Port + ' Connected';
```

```
            BtnConnect.Caption := 'Disconnect';
```

```
            BtnSetting.Enabled := False;
```

```
            timer1.Enabled:=true;
```

```
            Timer2.Enabled := True;
```

```
        end;
```

end;

procedure TForm1.IntSerialRX(Sender: TObject; Count: Integer);

begin

 ComPort.Read(DataSerial,1);

 FlagRX := FlagRX + 1;

 //Konversi Temperature dari DS2760

 if FlagRX = 1 then

 begin

 DataDSTemp := DataSerial;

 DataDsTemp := DataDSTemp SHL 8;

 end;

 if FlagRX = 2 then

 begin

 DataDSTemp := DataDSTemp OR DataSerial;

 DataDs := DataDSTemp;

 DataDS := DataDS / 100;

 LblTemp.Caption := CurrToStr(DataDS);

 DataDS := (DataDS * 1.8) + 32;

 LblFah.Caption := CurrToStr(DataDS);

 FlagRX := 0;

 end;

 Timer2.Enabled := True;

end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);

```
begin
```

```
    timer1.Enabled := False;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Label4.Caption := '*C';
```

```
    Label2.Caption := '*F';
```

```
    FlagRX := 0;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.IntTim2(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
    Timer2.Enabled := False;
```

```
    if ComPort.Connected = True then
```

```
    begin
```

```
        DataTrans := $01;
```

```
        ComPort.Write(DataTrans,1);
```

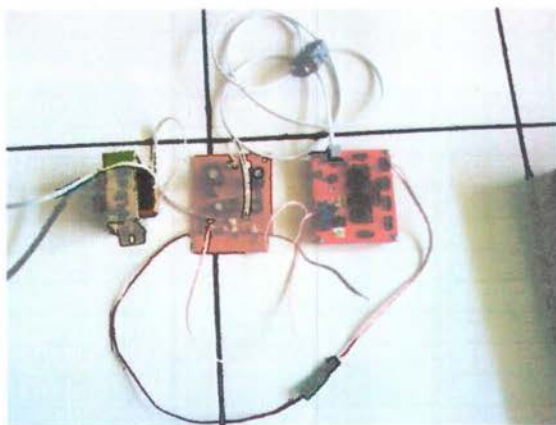
```
        FlagRX := 0;
```

```
    end;
```

```
end;
```

```
end.
```


LAMPIRAN C (FOTO ALAT)



DS2760

COM1 Connected

Temperature :

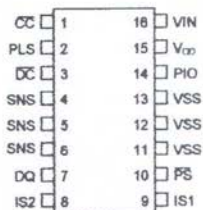
25.88 °C 78.584 °F



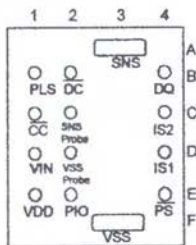
FEATURES

- Li+ safety circuit
 - Overvoltage protection
 - Overcurrent/short circuit protection
 - Undervoltage protection
- Zero Volt Battery Recovery Charge
- Available in two configurations:
 - Internal 25mΩ sense resistor
 - External user-selectable sense resistor
- Current measurement
 - 12-bit bidirectional measurement
 - Internal sense resistor configuration: 0.625mA LSB and ±1.9A dynamic range
 - External sense resistor configuration: 15.625μV LSB and ±64mV dynamic range
- Current accumulation
 - Internal sense resistor: 0.25mAh LSB
 - External sense resistor: 6.25μVhr LSB
- Voltage measurement with 4.88mV resolution
- Temperature measurement using integrated sensor with 0.125°C resolution
- System power management and control feature support
- 32 bytes of lockable EEPROM
- 16 bytes of general purpose SRAM
- Dallas 1-Wire[®] interface with unique 64-bit device address
- Low power consumption:
 - Active current: 90μA max
 - Sleep current: 2μA max

PIN ASSIGNMENT



DS2760
16-Pin TSSOP Package



DS2760
Flip-Chip Packaging
Top View

PIN DESCRIPTION

- \overline{CC} - Charge control output
- \overline{DC} - Discharge control output
- DQ - Data input/output
- PIO - Programmable I/O pin
- PLS - Battery pack positive terminal input
- PS - Power switch sense input
- VIN - Voltage sense input
- VDD - Power supply input (2.5V to 5.5V)
- VSS - Device ground
- SNS - Sense resistor connection
- IS1 - Current sense input
- IS2 - Current sense input
- SNS Probe - Do not connect
- VSS Probe - Do not connect

1-Wire is a registered trademark of Dallas Semiconductor.

ORDERING INFORMATION

Part	Marking	Description
DS2760AE+	DS2760A	TSSOP, External Sense Resistor, 4.275V Vov, Lead-Free
DS2760BE+	DS2760B	TSSOP, External Sense Resistor, 4.35V Vov, Lead-Free
DS2760AE+T&R	DS2760A	DS2760AE+ on Tape & Reel, Lead-Free
DS2760 BE+T&R	DS2760B	DS2760BE+ on Tape & Reel, Lead-Free
DS2760AE+025	2760A25	TSSOP, 25mΩ Sense Resistor, 4.275V Vov, Lead-Free
DS2760BE+025	2760B25	TSSOP, 25mΩ Sense Resistor, 4.35V Vov, Lead-Free
DS2760AE+025/T&R	2760A25	DS2760AE+025 in Tape & Reel, Lead-Free
DS2760BE+025/T&R	2760B25	DS2760BE+025 in Tape & Reel, Lead-Free
DS2760AX	DS2760A	Flipchip, External Sense Resistor, Tape & Reel, 4.275V Vov
DS2760BX	DS2760B	Flipchip, External Sense Resistor, Tape & Reel, 4.35V Vov
DS2760AX-025	DS2760AR	Flipchip, 25mΩ Sense Resistor, Tape & Reel, 4.275V Vov
DS2760BX-025	DS2760BR	Flipchip, 25mΩ Sense Resistor, Tape & Reel, 4.35V Vov
DS2760AE	DS2760A	TSSOP, External Sense Resistor, 4.275V Vov
DS2760BE	DS2760B	TSSOP, External Sense Resistor, 4.35V Vov
DS2760AE/T&R	DS2760A	DS2760AE on Tape & Reel
DS2760 BE/T&R	DS2760B	DS2760BE on Tape & Reel
DS2760AE-025	2760A25	TSSOP, 25mΩ Sense Resistor, 4.275V Vov
DS2760BE-025	2760B25	TSSOP, 25mΩ Sense Resistor, 4.35V Vov
DS2760AE-025/T&R	2760A25	DS2760AE-025 in Tape & Reel
DS2760BE-025/T&R	2760B25	DS2760BE-025 in Tape & Reel

DESCRIPTION

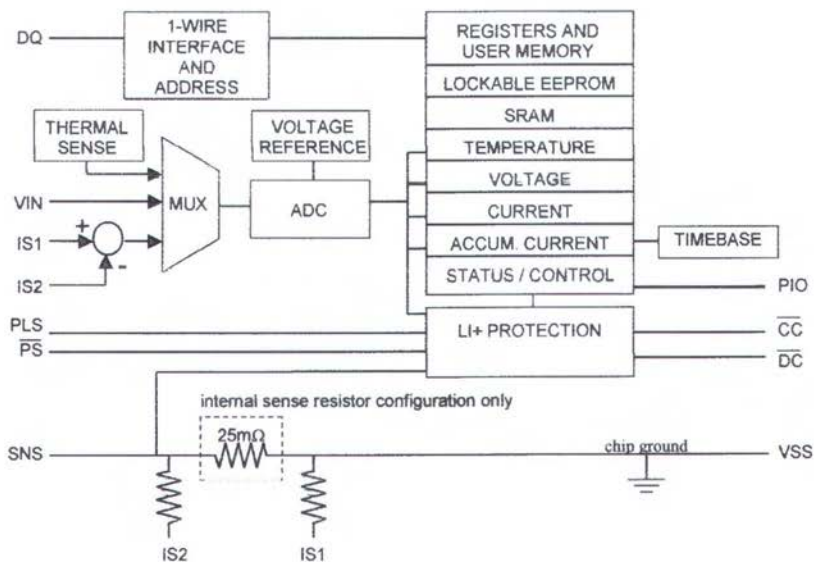
The DS2760 High-Precision Li+ Battery Monitor is a data acquisition, information storage, and safety protection device tailored for cost-sensitive battery pack applications. This low-power device integrates precise temperature, voltage, and current measurement, nonvolatile data storage, and Li+ protection into the small footprint of either a TSSOP package or flip chip. The DS2760 is a key component in applications including remaining capacity estimation, safety monitoring, and battery-specific data storage.

Via its 1-Wire interface, the DS2760 gives the host system read/write access to status and control registers, instrumentation registers, and general purpose data storage. Each device has a unique factory-programmed 64-bit net address which allows it to be individually addressed by the host system, supporting multi-battery operation.

The DS2760 is capable of performing temperature, voltage and current measurement to a resolution sufficient to support process monitoring applications such as battery charge control, remaining capacity estimation, and safety monitoring. Temperature is measured using an on-chip sensor, eliminating the need for a separate thermistor. Bidirectional current measurement and accumulation are accomplished using either an internal 25mΩ sense resistor or an external device. The DS2760 also features a programmable I/O pin that allows the host system to sense and control other electronics in the pack, including switches, vibration motors, speakers and LEDs.

Three types of memory are provided on the DS2760 for battery information storage: EEPROM, lockable EEPROM and SRAM. EEPROM memory saves important battery data in true nonvolatile memory that is unaffected by severe battery depletion, accidental shorts or ESD events. Lockable EEPROM becomes ROM when locked to provide additional security for unchanging battery data. SRAM provides inexpensive storage for temporary data.

BLOCK DIAGRAM Figure 1



DETAILED PIN DESCRIPTION Table 1

SYMBOL	TSSOP*	FLIP CHIP*	DESCRIPTION
\overline{CC}	1	C1	Charge Protection Control Output. Controls an external p-channel high-side charge protection FET.
\overline{DC}	3	B2	Discharge Protection Control Output. Controls an external p-channel high-side discharge protection FET.
DQ	7	B4	Data Input/Out. 1-Wire data line. Open-drain output driver. Connect this pin to the DATA terminal of the battery pack. Pin has an internal 1 μ A pull-down for sensing disconnection.
PIO	14	E2	Programmable I/O Pin. Used to control and monitor user-defined external circuitry. Open drain to VSS.
PLS	2	B1	Battery Pack Positive Terminal Input. The device monitors the state of the battery pack's positive terminal through this pin in order to detect events such as the attachment of a charger or the removal of a short circuit. Additionally, a charge path to recover a deeply depleted cell is provided from PLS to VDD.
\overline{PS}	10	E4	Power Switch Sense Input. The device wakes up from Sleep Mode when it senses the closure of a switch to VSS on this pin. Pin has an internal 1 μ A pull-up to VDD.
VIN	16	D1	Voltage Sense Input. The voltage of the Li+ cell is monitored via this input pin. This pin has a weak pullup to VDD.
VDD	15	E1	Power Supply Input. Connect to the positive terminal of the Li+ cell through a decoupling network.
VSS	11,12,13	F3	Device Ground. Connect directly to the negative terminal of the Li+ cell. For the external sense resistor configuration, connect the sense resistor between VSS and SNS.
SNS	4,5,6	A3	Sense Resistor Connection. Connect to the negative terminal of the battery pack. In the internal sense resistor configuration, the sense resistor is connected between VSS and SNS.
IS1	9	D4	Current Sense Input. This pin is internally connected to VSS through a 4.7k Ω resistor. Connect a 0.1 μ F capacitor between IS1 and IS2 to complete a low-pass input filter.
IS2	8	C4	Current Sense Input. This pin is internally connected to SNS through a 4.7k Ω resistor.
SNS Probe	N/A	C2	Do Not Connect.
VSS Probe	N/A	D2	Do Not Connect.

* Mechanical drawing for the 16-pin TSSOP and DS2760 flip-chip package can be found at:

<http://pdfserv.maxim-ic.com/arpdf/Packages/16tssop.pdf>

<http://pdfserv.maxim-ic.com/arpdf/Packages/chips/2760x.pdf>

Thermocouple sangat populer karena harganya yang relatif murah dan dapat mengukur suhu yang tinggi, tetapi tantangan terbesar dalam penggunaan thermocouple ini adalah mengkonversi tegangan *output*-nya yang relatif sangat kecil (dalam orde milivolt) secara akurat dan menyediakan kompensasi suhu untuk *cold junction*. Dengan bantuan DS2760 Thermocouple Kit, masalah tersebut telah teratasi sebab modul ini menyediakan kompensasi suhu *cold junction* dan memiliki *output* digital melalui antarmuka 1-Wire[®]. Dalam aplikasi AN115 ini, DS2760 Thermocouple Kit akan dihubungkan ke modul mikrokontroler AVR[®] dan data pengukurannya akan diteruskan ke komputer. Pemrograman mikrokontrolernya menggunakan bahasa C CodeVisionAVR[®] sehingga cukup mudah dimengerti.

Aplikasi ini membutuhkan:

- 1 DT-AVR Low Cost Micro System,
- 1 DS2760 Thermocouple Kit dengan thermocouple tipe K,
- 1 Resistor 4K7 ohm.

Adapun blok diagram sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 1
Blok Diagram AN115

Hubungan antara modul-modul tersebut adalah sebagai berikut:

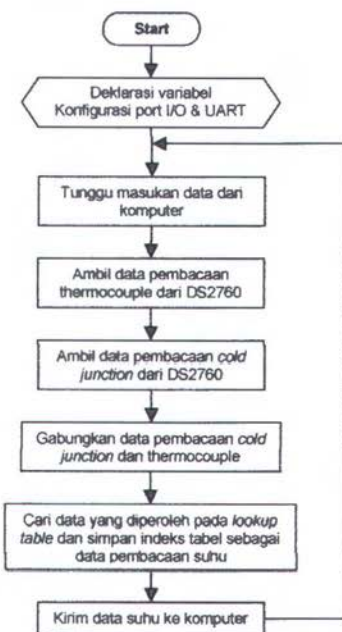
GND (pin 1)	pin -
VCC (pin 2)	pin +
PA.1 (pin 4)*	pin D

* tidak mutlak dan dapat diganti dengan pin yang lain, tetapi juga harus mengubah program.

Tabel 1
Hubungan DT-AVR Low Cost Micro System dengan DS2760 Thermocouple Kit

Pin PA.1 pada DT-AVR Low Cost Micro System harus diberi *strong pull-up* menggunakan resistor 4k7 ohm, pin ini digunakan untuk berkomunikasi dengan DS2760 Thermocouple Kit secara 1-Wire[®]. Hubungkan thermocouple tipe K ke board DS2760 Thermocouple Kit sesuai dengan petunjuk pada manual DS2760 Thermocouple Kit. Gunakan kabel serial DT-AVR Low Cost Micro System untuk menghubungkan modul dengan komputer. Aturlah jumper J4 dan J5 DT-AVR Low Cost Micro System pada posisi 1-2 agar komunikasi serial UART RS-232 dapat digunakan. Setelah semua rangkaian dan sumber tegangan terhubung dengan tepat, programlah **Ending.HEX** ke DT-AVR Low Cost Micro System dengan bantuan **DT-HIQ AVR In System Programmer** atau *in-system programmer* lain yang mendukung ATmega8535 dan berkonektor ISP 10-pin standar Atmel.

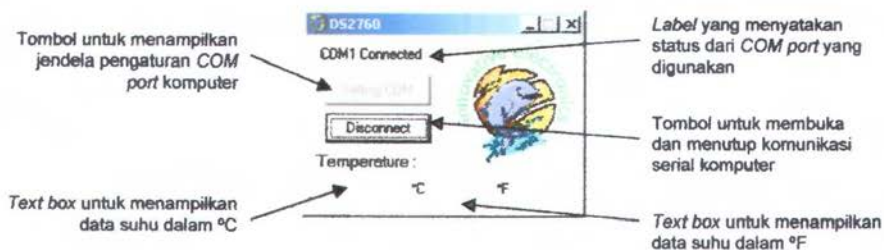
Flowchart dari program Ending.c ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2
Flowchart Program Ending.c

Secara garis besar, program Ending.c akan diproses sebagai berikut:

1. Proses yang pertama dilakukan adalah deklarasi variabel DataCurrent, DataTemp, dan TempC. DataCurrent digunakan untuk menampung data hasil pembacaan *current register* (alamat register 0Eh dan 0Fh) DS2760 yang merupakan data keluaran thermocouple. DataTemp digunakan untuk menampung data hasil pembacaan *temperature register* (alamat register 18h dan 19h) DS2760 yang merupakan data *cold junction*. TempC digunakan untuk menampung data hasil pembacaan suhu berdasarkan *lookup table* K_Tabel. Selain itu program juga melakukan deklarasi konstanta K_Tabel yang merupakan *lookup table* untuk thermocouple tipe K dan berisi nilai fisik dari keluaran DS2760. Aplikasi ini menggunakan *lookup table* karena keluaran DS2760 tidak linier.
2. Program melakukan konfigurasi port I/O ATmega8535 yang akan digunakan untuk komunikasi 1-Wire[®], serta melakukan konfigurasi port UART untuk berkomunikasi dengan komputer.
3. Setelah itu program akan menunggu datangnya 1 byte data dari komputer sebagai *trigger* dimulainya pembacaan data suhu. Pengiriman data secara serial dari komputer dapat dilakukan dengan bantuan program Terminal[©] dengan pengaturan *baudrate* 9600bps, 8 bit data, tanpa bit *parity*, 1 bit stop, dan tanpa *flow control*. Dalam AN ini telah disediakan program aplikasi Window (dikembangkan dengan Borland Delphi 5.0[®]), yaitu Ending.EXE, untuk mengirimkan *trigger* dan menampilkan data hasil pembacaan DS2760 dalam °Celsius dan °Fahrenheit.



Gambar 3
Program Ending.EXE

- Setelah 1 byte data *trigger* diperoleh, maka DT-AVR Low Cost Micro System akan segera mengambil data thermocouple dan *cold junction* yang dihasilkan pada proses pengukuran suhu oleh DS2760 (melalui protokol 1-Wire[®]). DS2760 akan melakukan pengukuran suhu secara terus menerus, sehingga tidak perlu diberikan instruksi untuk memulai pengukuran suhu.
- Program akan mengkompensasi data pembacaan thermocouple menggunakan data *cold junction* agar mendapatkan data pembacaan thermocouple yang sesungguhnya.
- Data pembacaan thermocouple ini akan disesuaikan dengan data-data yang terdapat dalam *lookup table* K_Tabel hingga memperoleh data yang sesuai (atau mendekati). Setelah itu program akan mengambil indeks dari data yang sesuai (atau mendekati) tersebut sebagai data hasil pembacaan suhu. Indeks data dari K_Tabel ini disimpan dalam variabel TempC, dan data tersebut kemudian dikirimkan ke komputer. Program Ending.EXE akan menampilkan data suhu ini dalam derajat Fahrenheit dengan menggunakan konversi: $y^{\circ}\text{F} = (x^{\circ}\text{C} * 1.8) + 32^{\circ}$.
- Setelah itu program kembali ke langkah 3.

Pengolahan data dari keluaran DS2760 Thermocouple Kit ini menggunakan metode *lookup table*, yaitu menggunakan sebuah tabel konversi untuk mendapatkan hasil yang tepat. Aplikasi ini menggunakan tabel *lookup* untuk thermocouple tipe K dan hanya dapat digunakan untuk memonitor suhu antara 0°C hingga 126°C sebab tabel *lookup* yang disertakan dalam program Ending.c hanya 127 byte saja.

Listing program terdapat pada AN115.ZIP.

Selamat berinovasi!

AVR is a registered trademark of Atmel Corp.
1-Wire is a registered trademark of Dallas Semiconductor
CodeVisionAVR is copyright by Pevel Heuduc, HP InfoTech s.r.l.
Borland Delphi 5.0 is copyright by Inprise Corporation
Terminal is a copyright by Bray++.

DT-AVR

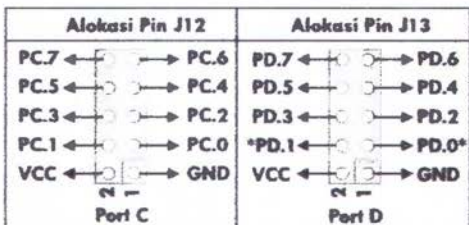
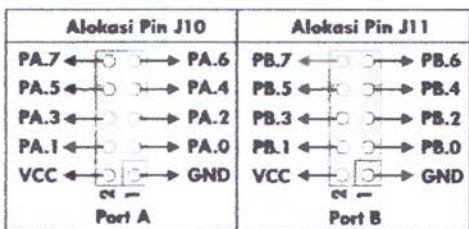
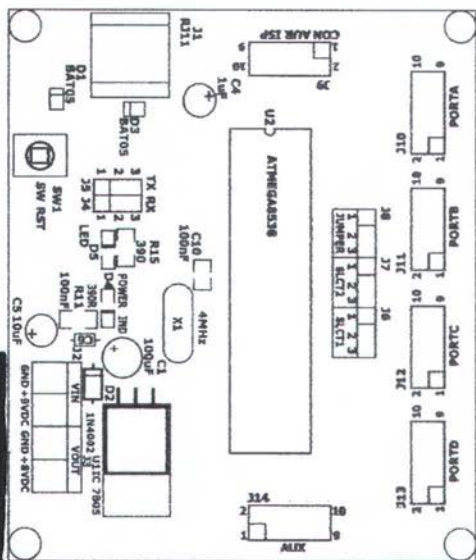
LOW COST MICRO SYSTEM

DT-AVR Low Cost Micro System merupakan sebuah modul single chip dengan basis mikrokontroler AVR[®] dan memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial secara UART RS-232 serta pemrograman memori melalui ISP (In-System Programming). Modul ini cocok untuk aplikasi – aplikasi sederhana hingga menengah. Contoh aplikasinya adalah pengendali tampilan LED, pengendali driver motor, voltmeter digital, komunikasi data antara modul dengan PC, dll.

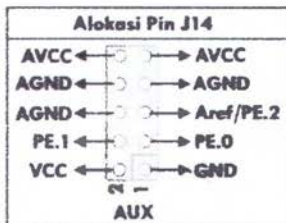
Spesifikasi Hardware

1. Mikrokontroler ATmega8535 yang mempunyai 8 KB Flash Memory dan 8 channel ADC dengan resolusi 10 bit.
2. Mendukung varian AVR[®] 40 pin, antara lain: ATmega8535, ATmega8515, AT90S8515, AT90S8535, dll. Untuk tipe AVR tanpa internal ADC membutuhkan Conversion socket.
3. Memiliki jalur Input/Output hingga 35 pin.
4. Terdapat Eksternal Brown Out Detector sebagai rangkaian reset.
5. Konfigurasi jumper untuk melakukan pemilihan beberapa model pengambilan tegangan referensi untuk tipe AVR[®] dengan internal ADC.
6. LED Programming Indicator.
7. Frekuensi Osilator sebesar 4MHz.
8. Tersedia jalur komunikasi serial UART RS-232 dengan konektor RJ11.
9. Tersedia Port untuk Pemrograman secara ISP.
10. Tegangan input Power Supply 9 – 12 VDC dan output tegangan 5 VDC.

Tata Letak dan Konfigurasi Jumper



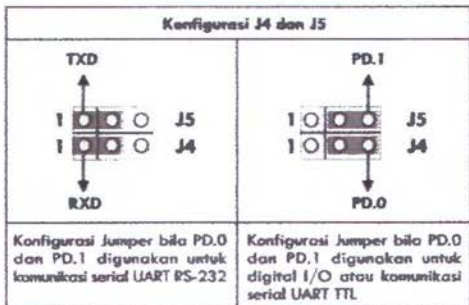
* Apabila menggunakan komunikasi serial UART RS-232 pada modul, maka PD.1 dan PD.0 tidak dapat digunakan sebagai digital I/O.



Untuk pemrogram secara ISP (In-System Programming) konfigurasi jumper dapat dilihat pada gambar berikut :



Bila ingin menggunakan komunikasi serial, J4 dan J5 harus dikonfigurasi seperti berikut :

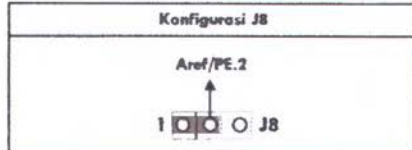
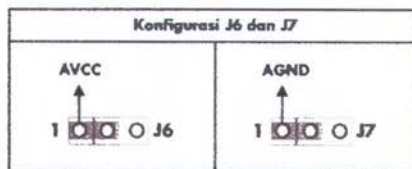


Sedangkan hubungan antara komputer dengan Low Cost Micro System secara serial seperti pada tabel di bawah ini.

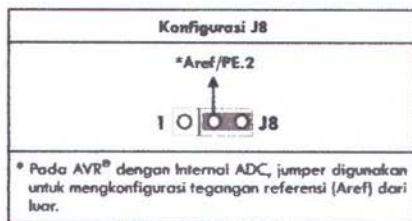
COM Port Komputer DB9	DT-AVR Low Cost Micro System J1
RX (Pin2)	RX (Pin5)
TX (Pin3)	TX (Pin4)
GND (Pin5)	GND (Pin3)



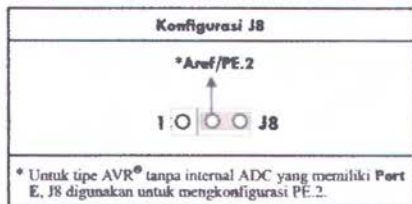
Apabila menggunakan tipe AVR[®] dengan internal ADC, tegangan referensinya dapat diperoleh dari AVCC atau Aref. Untuk mendapatkan tegangan referensi dari AVCC, jumper J6, J7, dan J8 harus dikonfigurasi sebagai berikut:



Sedangkan untuk mendapatkan tegangan referensi (Aref) dari luar yang harus dikonfigurasi adalah J8 saja. Konfigurasi J8 adalah sebagai berikut:



Bila menggunakan tipe AVR[®] tanpa internal ADC, harus menggunakan Conversion socket. Konfigurasi jumper J6, J7, dan J8 adalah sebagai berikut:



Ketiga konfigurasi jumper digunakan untuk melakukan konfigurasi pada pin 30, 31, dan 32 pada mikrokontroler. Untuk beberapa mikrokontroler, misalnya ATmega8515, pin-pin tersebut berfungsi sebagai Port E (PE.0 - PE.2).

Isi CD

1. CodeVisionAVR versi evaluation.
2. Program untuk Testing I/O, Serial, dan ADC dalam bahasa C.
3. Program Tester TESTBOARD.EXE.
4. Datasheet beberapa Mikrokontroler AVR[®] yang didukung oleh DT-AVR Low Cost Micro System.
5. Manual DT-AVR Low Cost Micro System.
6. Skema DT-AVR Low Cost Micro System dan Conversion Socket.
7. Website Innovative Electronics.

Prosedur testing

Program yang telah dituliskan ke dalam ATmega8535 (avrtest.prj) dapat digunakan untuk testing awal. Program ini akan mengeluarkan gelombang kotak pada semua pin input / output Port B, Port C, Port D kecuali PD.0 dan PD.1 karena difungsikan sebagai jalur komunikasi serial.

Langkah - langkah untuk melakukan pengujian pada port serial adalah sebagai berikut:

1. Konfigurasi J4 dan J5 pada komunikasi Serial, lalu masukkan tegangan power supply input pada board.
2. Hubungkan konektor DB-9 pada komputer dan RJ11 pada Low Cost Micro System menggunakan kabel serial.
3. Jalankan program TESTBOARD.EXE. Tentukan COM Port yang akan digunakan. Klik pada tombol Test Serial. Bila komunikasi serial berjalan dengan sukses maka akan tampil data yang dikirim dan diterima (0 = 0, 1 = 1, 2 = 2, dst) dengan warna hijau, serta muncul jendela yang bertuliskan "Success!". Jika gagal pada program akan tampil tulisan Fail dengan warna merah serta tampil jendela berisi "Fail!".

Untuk melihat gelombang kotak yang dihasilkan oleh Port B, Port C, dan Port D dapat menggunakan osiloskop atau dihubungkan langsung dengan rangkaian LED atau *de* KITS LED LOGIC TESTER sehingga tampak nyala LED yang berkedip.

Pada pengujian ADC, Port yang dipakai sebagai input channel adalah Port A. Sebelum melakukan pengujian, konfigurasi J6, J7, dan J8 terlebih dahulu sehingga tegangan referensi didapat dari AVCC. Inputkan tegangan yang akan diukur antara 0 - 5 Volt pada salah satu channel ADC yaitu channel 0 - channel 7. Pilih input channel yang akan diukur, setelah itu klik tombol Test ADC. Jika tidak ada kesalahan maka di layar akan muncul hasil pengukuran tegangan input pada channel tsb.

Keterangan:

Gambar skema DT-AVR Low Cost Micro System dan Conversion Socket terdapat di dalam CD-ROM.

Trademark & Copyright

- CodeVisionAVR is copyright by Pavel Haldus, HP InfoTech s.r.l.
- AVR is registered trademark of Atmel.