



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

RANCANG BANGUN ALAT UKUR TEMPERATUR BERBASIS MIKROKONTROLER AT98S51 DENGAN SENSOR LM35DZ MENGUNAKAN BAHASA C DAN TAMPILAN LCD

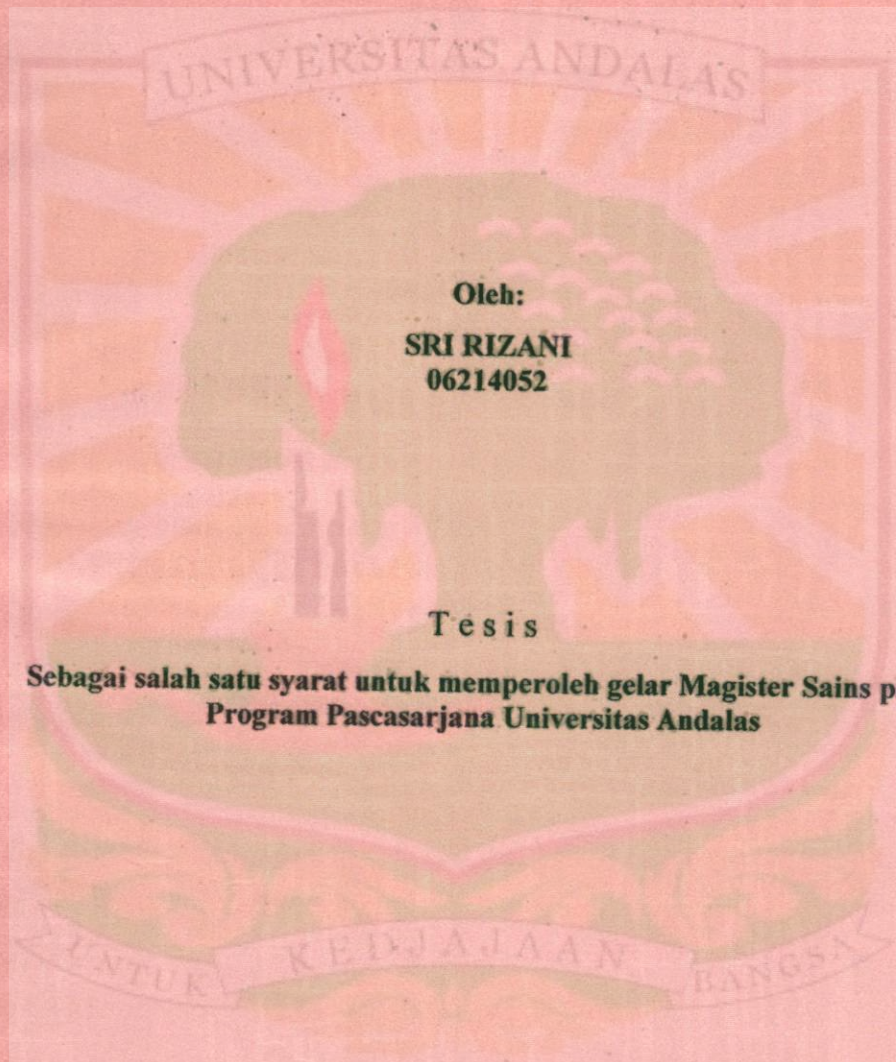
TESIS



**SRI RIZANI
06214052**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
2008**

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR TEMPERATUR BERBASIS
MIKROKONTROLER AT89S51 DENGAN SENSOR LM35DZ
MENGUNAKAN BAHASA C DAN TAMPILAN LCD**



Oleh:
SRI RIZANI
06214052

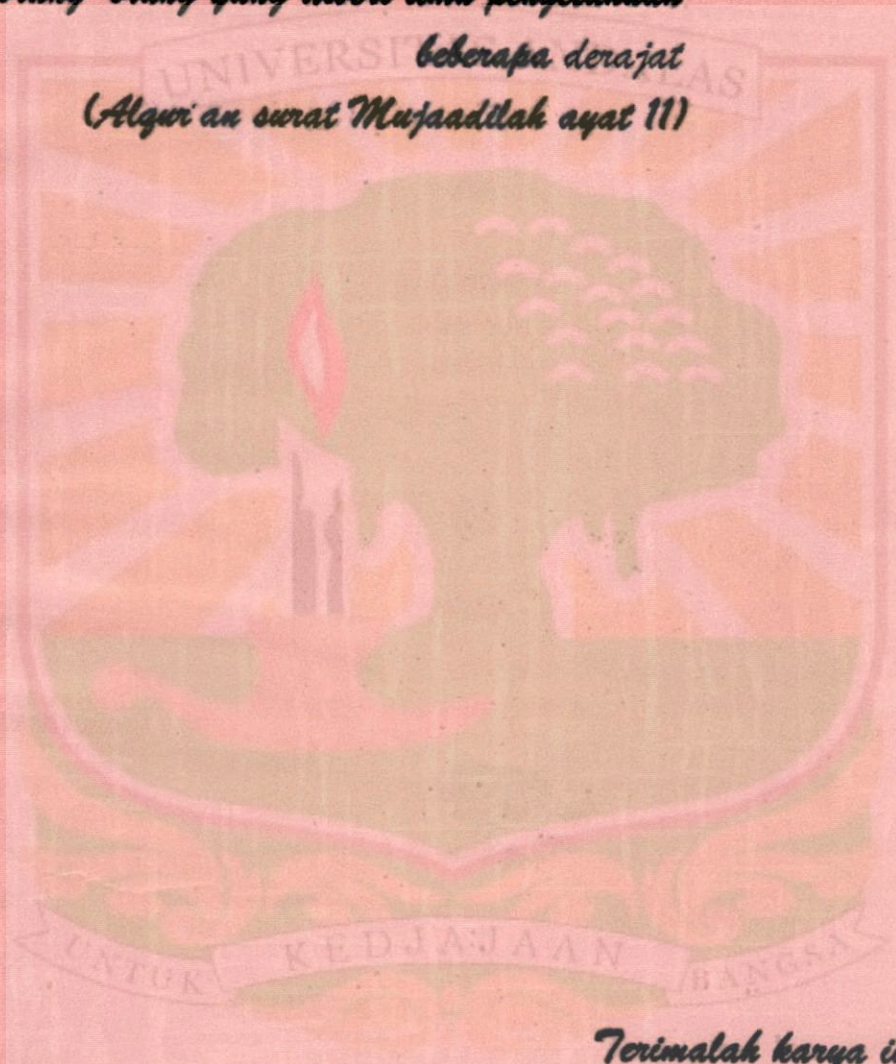
Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada
Program Pascasarjana Universitas Andalas

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS**

2008

*Allah akan meninggikan
orang-orang yang beriman dan
orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan
beberapa derajat
(Alqur'an surat Mujaadilah ayat 11)*



*Terimalah karya ini...
Sebagai baktiku kepada Ayah dan Bunda.
Dan kasih-sayangku untuk suami dan anak-anak tercinta.*

Judul Penelitian : Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Sensor LM35DZ Menggunakan Bahasa C dan Tampilan LCD

Nama Mahasiswa : **SRI RIZANI**

Nomor Pokok : 06214052

Program Studi : **FISIKA**

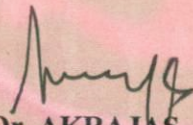
Tesis ini telah diuji dan dipertahankan di depan sidang panitia ujian akhir Magister Sains pada Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang dan dinyatakan lulus pada tanggal 16 Juli 2008.


Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

Ketua


Anggota


Dr. AKRAJAS
NIP:132162539

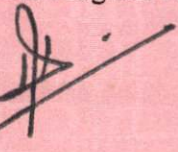

Drs. WILDIAN, M.Si
NIP: 132095719

2. Ketua Jurusan

3. Direktur Program Pacasarjana


Drs. WILDIAN, M.Si
NIP: 132095719




Prof. Dr. Ir. H. NOVIRMAN JAMARUN, M.Sc
NIP: 131803187

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

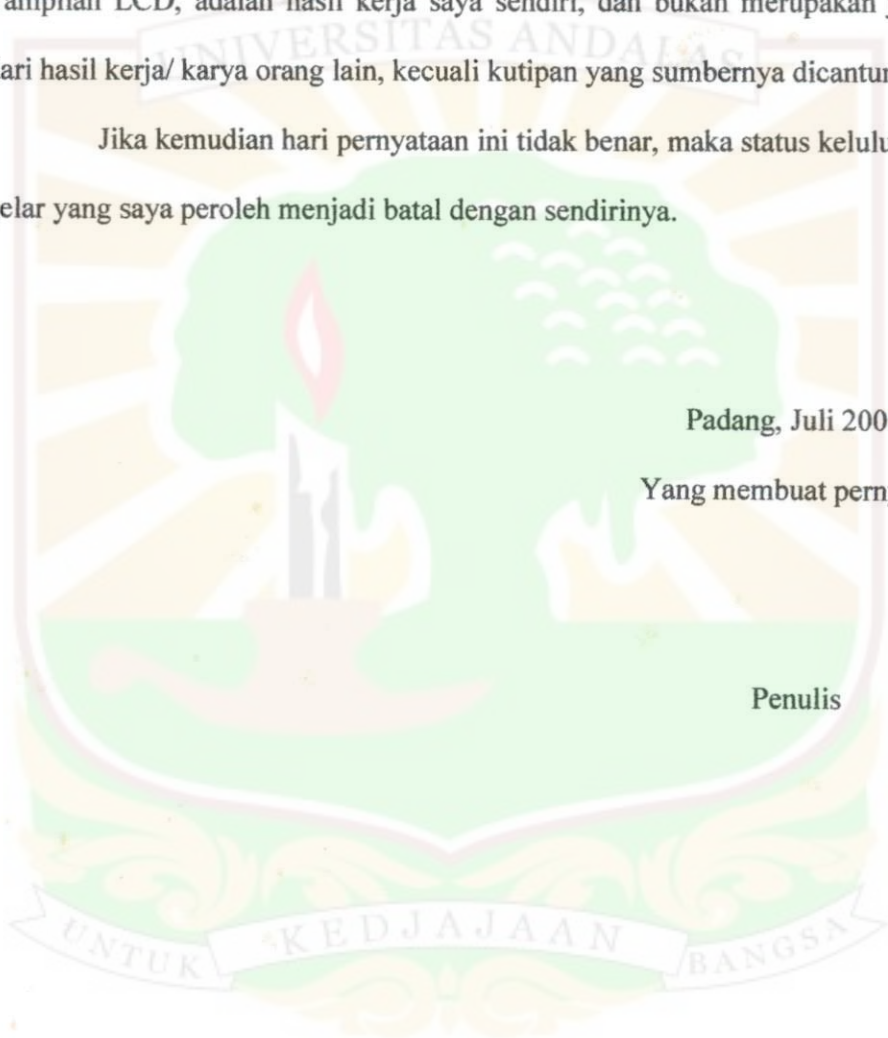
Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa pernyataan dalam tesis saya yang berjudul: Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan Sensor LM35DZ Menggunakan Bahasa C dan Tampilan LCD, adalah hasil kerja saya sendiri, dan bukan merupakan jiplakan dari hasil kerja/ karya orang lain, kecuali kutipan yang sumbernya dicantumkan.

Jika kemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, Juli 2008

Yang membuat pernyataan

Penulis



RIWAYAT HIDUP

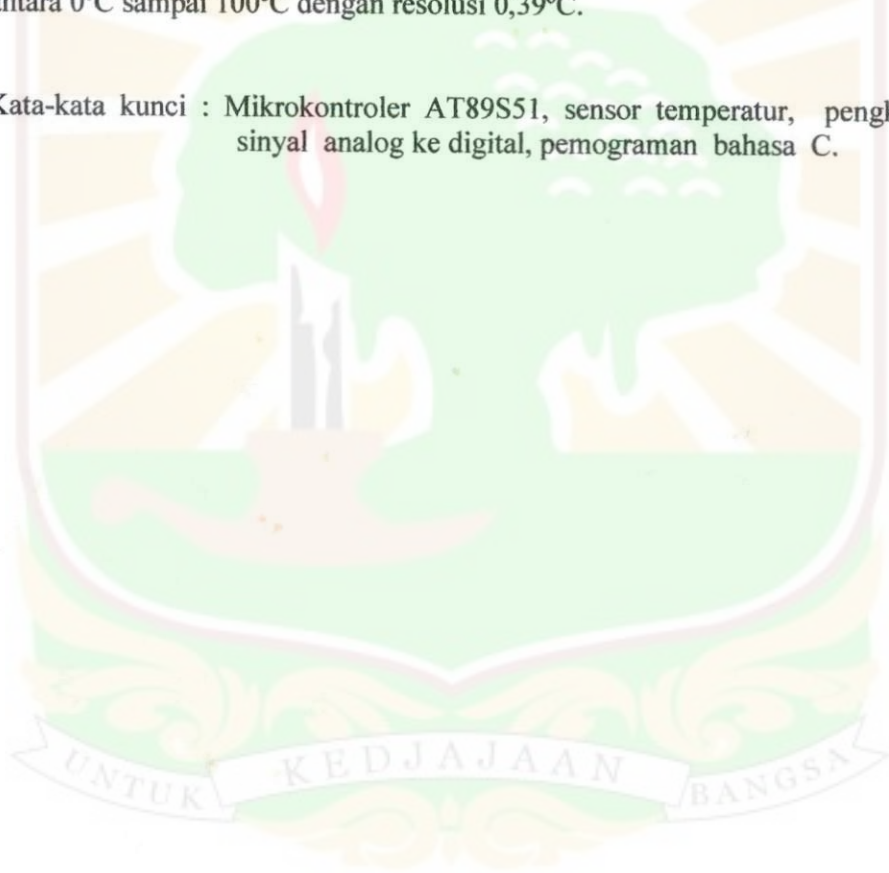
Penulis dilahirkan pada tanggal 16 September 1963 di Pekanbaru, sebagai anak pertama dari ayah Hamzanul Arifin dan Ibu Zawanir. Penulis menamatkan SD No 4 Payakumbuh tahun 1975, SMPN No 1 Payakumbuh tahun 1979 dan SMAN No 1 Payakumbuh tahun 1982. Penulis memperoleh gelar sarjana Pendidikan Fisika pada Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Keguruan Ilmu Pendidikan Padang (sekarang UNP) pada tahun 1996.

Sejak tahun 1987 sampai sekarang penulis ditugaskan sebagai guru di SMA negeri 7 Padang. Dan pada tahun 2006 memperoleh kesempatan meneruskan pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Andalas di Padang.

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang rancang bangun alat ukur temperatur berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor LM35DZ. Sinyal analog dari sensor dikonversi ke bentuk digital menggunakan ADC0804. Hasilnya akan diproses oleh mikrokontroler (menggunakan pemrograman bahasa C) untuk mendapatkan keluaran yang akan ditampilkan pada LCD 2X16 karakter. Berdasarkan uji fitur penting sistem pengukuran, termometer digital ini memiliki ketepatan yang ditunjukkan oleh kesalahan relatif maksimum sebesar 2% dan kesalahan relatif rata-rata 1%, kepekaan $9,989\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, dan rata-rata hasil pengukuran temperatur pada suhu kamar untuk uji ketelitian adalah : $(29,10 \pm 0,31)^{\circ}\text{C}$. Sistem pengukuran temperatur ini memiliki jarak ukur antara 0°C sampai 100°C dengan resolusi $0,39^{\circ}\text{C}$.

Kata-kata kunci : Mikrokontroler AT89S51, sensor temperatur, pengkonversi sinyal analog ke digital, pemrograman bahasa C.



ABSTRACT

A research of designing an instrument based on a microcontroller AT89S51 for measuring temperature using a LM35DZ sensor has been done. The analog signal of the sensor is converted to a digital form by using ADC0804. The result then can be processed by a microcontroller (using C language programming) to have an output that can be displayed on LCD 2 x 16 character. According to the important feature test of the measurement, this digital thermometer has an accuracy that is showed by maximum relative error on the measurement of 2% and the average relative error of 1%, the sensibility of 9.989mV/°C, and the average of room temperature measurement for the precision test is (29.10 ± 0.31)°C. The measurement of range the system is from 0°C to 100°C and the resolution is 0.39°C.

Key words : Microcontroller AT89S51, temperature sensor, analog-to-digital converter, C language programming



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas taufik dan hidayahNya penulis telah dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini ditulis berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Sensor LM35DZ Menggunakan Bahasa C Dan Tampilan LCD”

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih banyak kepada Bapak Dr.Akrajas sebagai ketua komisi pembimbing atas saran, arahan dan bimbingannya selama penelitian dan penulisan tesis ini. Selanjutnya ucapan terima kasih penulis tujukan kepada Bapak Drs.Wildian,M.Si.sebagai anggota komisi pembimbing yang telah memberikan saran dan kritik, sehingga tesis ini terwujud.

Kepada Bapak Prof.Dr.Ir.H. Novirman Jamarun, M.Sc sebagai direktur Pascasarjana UNAND dan Bapak Drs. Alimin, M.Si, Bapak Dr. Elvaswer, M.Sc, Bapak Zulfi, M.Si dan Bapak Afdhal Mutaqin, M.Si sebagai dosen penguji dan seluruh dosen yang mengajar yang telah memberi saran dan kritik serta karyawan-karyawati dari Jurusan Fisika dan Program Pascasarjana UNAND atas segala bantuannya sangat dihargai.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil-hasil penelitian yang dituangkan dalam tesis ini akan bermamfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan rancang bangun alat ukur temperatur digital.

Padang, Juni 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan dan Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Rancang Bangun Termometer Digital.....	4
2.2. Sistem pengukuran Temperatur	5
2.3. Transduser dan Sensor Temperatur.....	5
2.4. Sensor Temperatur LM35DZ	8
2.5. Pengkonversi sinyal Analog – ke -Digital ADC 0804	11
2.6. Mikrokontroler AT89S51.....	13
2.7. Bahasa Pemrograman C	17
2.8. LCD 2X16 Karakter	19
III. BAHAN DAN METODE	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	25

3.2. Bahan dan Alat	25
3.3. Metoda Penelitian	26
3.4. Cara Kerja	26
3.4.1. Rancang Bangun Perangkat Keras	26
3.4.2. Rancang Bangun Perangkat Lunak	31
3.4.3. Uji Perangkat Lunak	34
3.4.4. Menanamkan Program Ke Mikrokontroler AT89S51	34
3.5. Analisis Data	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Hasil Uji Perangkat Keras	36
4.2. Pengujian Beberapa Fitur Termometer Berbasis Mikrokontroler AT89S51.....	40
4.3. Pengukuran Temperatur Ruangan Dengan Alat Hasil Rancangan ...	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

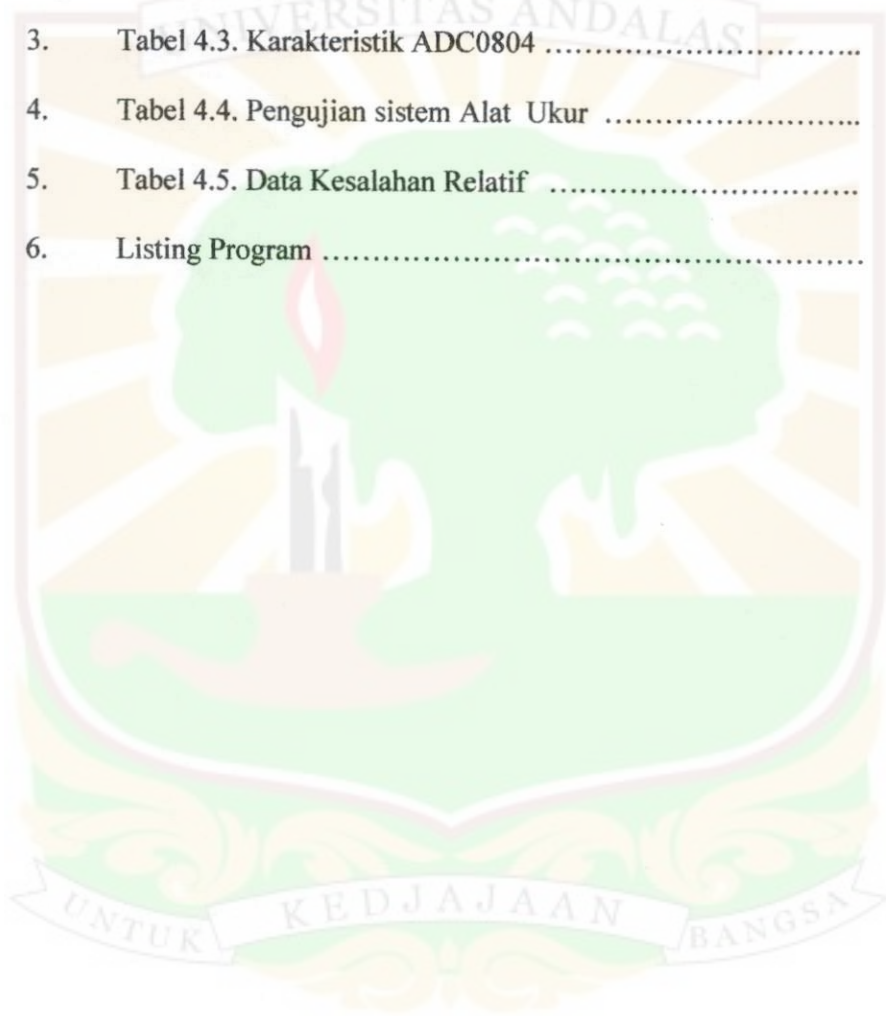
Nomor		Halaman
1.	Konfigurasi Pin LCD	20
2.	Perintah- perintah Yang Dapat Diberikan Ke LDC	21
3.	Fungsi set LCD	21
4.	Cara memasukkan Data dan Penggeserannya	22
5.	Tampilan on/of dan Pengaturan Kursor	22
6.	Membersihkan Tampilan	22
7.	<i>Cursor of Display Shif</i>	22
8.	Pengaturan Posisi Kursor	23
9.	Peta Memori pada LCD	23
10.	Pengujian Termometer Digital Berbasis Mikrokontroler AT89S51.....	42

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Diagram Blok Sistem Pengukuran	4
2.	Perbandingan Keluaran IC Dengan Sensor Temperatur	8
3.	Skema IC LM35DZ	10
4.	Skema ADC 080	11
5.	Mikrokontroller AT89S51.....	14
6.	Konfigurasi Pin Mikrokontroller AT89S51	15
7.	Model LCD Karakter 2 x 16	20
8.	Rangkaian Pembagi Tegangan	27
9.	Rangkaian ADC0804 Dan Pendukungnya	27
10.	Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 Dan pendukungnya	28
11.	Rangkaian LCD 2X16 Karakter	29
12.	Gambar Skematik Rangkaian Lengkap Alat Ukur Temperatur.....	30
13.	Skematik PCB 2-layer Rangkaian	30
14.	Diagram Alir Perangkat Lunak Untuk Menampilkan Data Temperatur	32
15.	Tampilan Awal M-IDE 51.....	33
16.	Karakterisasi Sensor Temperatur LM35DZ	37
17.	Karakterisasi ADC 0804	39
18.	Kesalahan Relatif Sistem Pengukuran Temperatur	41
19.	Uji Reprodusibilitas Termometer Digital Berbasis Mikrokontroler AT89S51.....	43
20.	Pengukuran Temperatur Ruang Dengan Alat Hasil Rancangan	45

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Skematik PCB 2- <i>Layer</i> Rangkaian Rancang Bangun Alat ukur Temperatur	50
2.	Tabel 4.2. Karakteristik LM35DZ	51
3.	Tabel 4.3. Karakteristik ADC0804	52
4.	Tabel 4.4. Pengujian sistem Alat Ukur	56
5.	Tabel 4.5. Data Kesalahan Relatif	57
6.	Listing Program	58



I. PENDAHULUAN

Pada bagian ini dibahas tentang latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, dan mamfaat penelitian tentang “ Alat Ukur Temperatur Berbasis Mikrokontroler AT89S51 dengan Sensor LM35DZ Menggunakan Bahasa C dan Tampilan LCD”.

1.1. Latar Belakang

Peranan temperatur sebagai salah satu besaran fisika dalam kehidupan sehari-hari besar sekali, baik dalam kegiatan rumah tangga, industri, penelitian maupun medis. Oleh sebab itu termometer sebagai alat ukur temperatur termasuk salah satu alat-alat ukur besaran fisika yang paling dibutuhkan. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka dibutuhkan alat ukur yang selain akurat, juga alatnya mudah digunakan dan hasil pengukurannya cepat didapat. Teknologi elektronika yang saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, dapat menjawab tantangan tersebut. Banyak sekali peralatan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan menggunakan perangkat elektronika sebagai alat ukur, alat kontrol, alat uji, serta banyak kegunaan lainnya. Salah satu perkembangan ilmu elektronika itu adalah dengan ditemukannya teknologi mikrokontroler.

Kebanyakan termometer yang digunakan selama ini adalah termometer analog, yang bekerja berdasarkan perubahan sifat pemuaian zat dan perubahan resistensinya terhadap naiknya temperatur. Penunjukkan hasil pengukurannya dilihat melalui garis skala, sehingga untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dibutuhkan waktu pengamatan yang lebih supaya kesalahan membaca

(kesalahan paralaks) tidak terjadi. Dengan merancang alat ukur temperatur digital hasil pengukuran bisa cepat didapat karena dilihat langsung dalam bentuk tampilan angka.

Beberapa penelitian dan studi tentang rancang bangun alat ukur temperatur digital telah dilakukan sebelumnya di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika Unand, di antaranya studi rancang bangun alat ukur temperatur berbasis mikrokontroler AT89C51 oleh Sutarzi (2004) dengan sensor LM35DZ berbasis PC. Selanjutnya Riskalida (2004) dengan dengan sensor yang sama, alat ukur temperatur menggunakan IC 17107 dan tampilan LED *seven segmen digit*.

Berbeda dengan alat ukur temperatur rancangan Sutarzi yang berbasis PC, penulis mencoba merancang alat ukur temperatur dengan tampilan LCD berbasis mikrokontroler. Ditinjau dari segi daya yang digunakan dan fungsinya hanya sebagai pengukur saja penggunaan mikrokontroler lebih efisien dari PC. Disamping itu ukuran mikrokontroler yang kecil, dan juga komponen pendukung lainnya, alat ukur dapat dirangkai dalam satu wadah yang tidak terlalu besar sehingga lebih praktis dan mudah dibawa-bawa sesuai keperluan.

Alat ukur ini menggunakan sensor temperatur LM35DZ. Sensor ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sensor-sensor temperatur lainnya seperti termokopel, RTD dan termistor. Sesuai dengan batas ukur temperatur dan terkalibrasinya, sensor ini dapat digunakan untuk mengukur temperatur benda dan lingkungan antara 0°C sampai 100°C. Dengan penggunaan sensor LM35DZ, mikrokontroler AT89S51, tampilan LCD, dan komponen pendukung lainnya,

memungkinkan alat ukur temperatur yang penulis rancang lebih mudah digunakan dibandingkan termometer analog air raksa.

1.2. Batasan dan Rumusan Masalah

Alat ukur temperatur ini menggunakan mikrokontroler AT89S51, sensor temperatur IC LM35DZ, pengkonversi sinyal analog ke digital adalah ADC 0804, penampil LCD karakter 2 X 16, dan bahasa pemrograman C.

Pertanyaan penelitian adalah “ dengan menggunakan sensor temperatur LM35DZ dan tampilan LCD serta menggunakan bahasa pemrograman C, apakah alat ukur temperatur berbasis mikrokontroler AT89S51 dapat menghasilkan pengukuran yang akurat dan mudah dalam penggunaannya”.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun alat ukur temperatur digital berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor semi konduktor LM35DZ dengan tampilan LCD.

1.4. Manfaat Penelitian

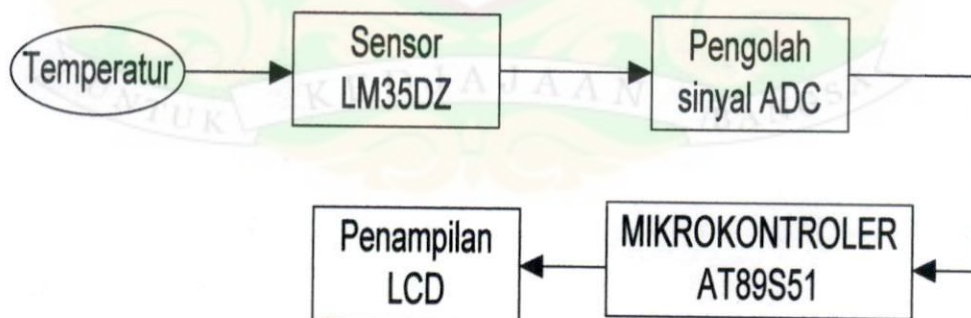
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah pemahaman tentang prinsip kerja sistem alat ukur temperatur berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan sensor LM35DZ, dan juga dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk penelitian lanjutan bagi peneliti berikutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penjelasan tentang rancang bangun termometer digital, sistem pengukuran temperatur, transduser, sensor LM35DZ, pengkonversi sinyal analog-ke-digital ADC 0804, mikrokontroler AT89S51 dan bahasa pemrograman C serta LCD 2X16 karakter akan dibahas pada bagian ini.

2.1. Rancang Bangun Termometer Digital.

Alat ukur temperatur berbasis mikrokontroler yang penulis rancang terdiri atas dua bagian yaitu rancang bangun perangkat keras (*hardware*) dan rancang bangun perangkat lunak (*software*). Rancang bangun perangkat keras berkaitan dengan rangkaian elektronika untuk menghantarkan sinyal dari sensor LM35DZ sampai ke mikrokontroler dan LCD. Sedangkan rancang bangun perangkat lunak berkaitan dengan bahasa program komputer yang digunakan untuk mengolah sinyal yang masuk ke mikrokontroler menjadi tampilan nilai pada LCD. Diagram blok sistem pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram blok sistem alat ukur

2.2. Sistem Pengukuran Temperatur

Temperatur dalam kehidupan sehari-hari merupakan ukuran tentang panas atau dinginnya suatu benda. Konsep tentang temperatur itu sendiri berawal dari perasaan kita seperti contoh, air mendidih dikatakan mempunyai temperatur yang lebih tinggi dan es yang membeku dikatakan memiliki temperatur lebih rendah (Giancoli,2006).Sedangkan Isaac, A dan kawan-kawan (1996) dalam Kamus Lengkap Fisika mengatakan, jika dikaitkan dengan energi, temperatur juga menunjukkan sifat suatu benda atau daerah dalam ruang yang menentukan ada atau tidaknya aliran panas masuk dari atau keluar ke benda atau daerah sekitar, dan juga menunjukkan arah aliran panas. Bila tidak ada aliran panas, benda atau daerah tersebut dikatakan berada pada keseimbangan termodinamika dan berada pada temperatur yang sama.

Pengaruh temperatur terhadap zat menyebabkan perubahan sifat-sifat zat seperti pemuaian, warna yang dipancarkan saat zat dipanaskan dan hambatan jenisnya. Perubahan sifat-sifat zat terhadap temperatur inilah yang menjadi dasar cara kerja termometer.

2.3. Transduser dan Sensor Temperatur

Transduser adalah alat yang digunakan mengontrol atau mengukur besaran non listrik menjadi besaran listrik. Secara umum transduser dibedakan menjadi dua kategori yaitu sensor dan aktuator. Sensor adalah transduser yang berfungsi menterjemahkan besaran fisis yang diukur menjadi besaran lain khususnya besaran listrik. Sedangkan actuator adalah transduser yang berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik menjadi suatu aksi atau tindakan.

Dalam pengukuran temperatur, sensor mengubah besaran temperatur ke bentuk besaran listrik seperti tegangan, kuat arus, hambatan dan kapasitansi. Ada beberapa sensor temperatur yang masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan, diantaranya: termokopel, termistor NTC (*Negative Temperature Coefficient*), termistor PTC (*Positive Temperature Coefficient*), RTD (*Resistance Temperature Detector*) dan sensor temperatur dalam bentuk rangkaian terpadu IC.

2.3.1. Termokopel

Termokopel merupakan piranti yang terdiri dari dua kawat logam atau batang konduktor yang berbeda jenis dihubungkan (*junction*) bersama-sama pada satu ujung (ujung pengindra atau ujung panas) dan berakhir pada ujung lain (titik acuan atau ujung dingin). Bila ujung pengindra dan titik acuan terdapat perbedaan temperatur, maka akan terjadi suatu perbedaan potensial yang menyebabkan arus dalam rangkaian akan dihasilkan. Besar potensial inilah yang dimanfaatkan oleh termokopel untuk menunjukkan temperatur. Hubungan antara perbedaan suhu dengan tegangan yang dihasilkan termokopel tidak linear dan pada suatu nilai temperatur tertentu akan mengalami perubahan sesaat (*transient*). Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentang suhu yang luas hingga 1800 °K. Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran perbedaan suhu yang kecil seperti 0°C sampai 100°C.

2.3.2. Termistor

Termistor merupakan singkatan dari *temperature sensitive resistor* dan terbuat dari bahan semikonduktor. Termistor dapat dirancang sebagai NTC

(*Negative Temperature Coefficient*) ketika mempunyai koefisien temperatur negative dan sebagai PTC (*Positive Temperature Coefficient*) jika mempunyai koefisien positif. Nilai tahanan pada PTC akan naik jika suhunya naik, sementara NTC justru kebalikannya. Termistor mempunyai kepekaan temperatur yang paling tinggi dibandingkan sensor temperatur lainnya, tetapi tidak terlalu linear sehingga memerlukan pengondisi sinyal yang tepat dan rawan pada kesalahan pada proses pengukuran berlangsung. Resistansi termistor umumnya turun berbentuk eksponensial terhadap temperatur dengan persamaan:

$$R_T = R_0 e^{\beta/T} \quad (2.1)$$

dengan β adalah karakteristik temperatur dari material, R_T adalah resistansi pada suhu T dan R_0 adalah resistansi ketika temperatur 25°C .

2.3.3. Resistance Temperature Detector (RTD)

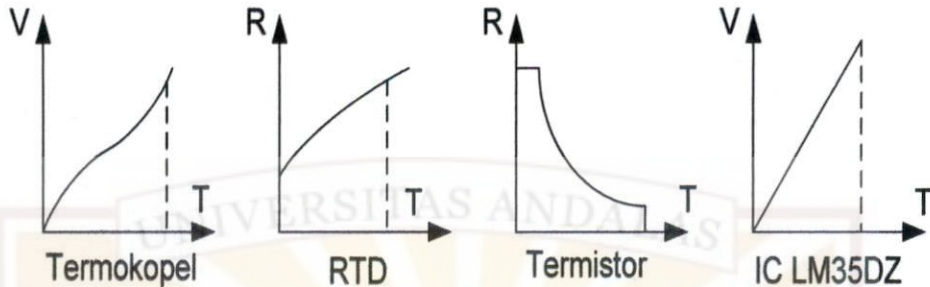
RTD (*Resistance Temperature Detector*) terbuat dari bahan konduktor, sehingga ketika temperatur meningkat, resistansi RTD juga meningkat ditunjukkan oleh persamaan:

$$R_T = R_0 (1 + \alpha T) \quad (2.2)$$

Logam yang dapat digunakan antara lain platina, tembaga, dan nikel. Adapun logam yang banyak digunakan untuk membuat RTD adalah platina. Grafik resistansi terhadap temperatur pada RTD hampir linear tetapi harganya mahal karena terbuat dari platina.

Alat ukur temperatur yang penulis rancang menggunakan sensor IC LM35DZ. Pemilihan ini berdasarkan pada kurva tegangan terhadap temperatur

yang dihasilkan lebih linear dibandingkan dengan sensor-sensor lainnya. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Perbandingan keluaran IC dengan sensor lainnya (Packard, 2004)

IC sangat sensitif terhadap perubahan temperatur dan dapat mengkonversinya langsung menjadi sinyal listrik yang hasilnya berbentuk tegangan yang sebanding dengan perubahan besaran fisis yang diukur (Driscoll,2000).

2.4. Sensor Temperatur LM35DZ

Sensor LM35DZ dibuat dari bahan semikonduktor sambungan p-n. Semikonduktor sambungan p-n pada dioda mempunyai hubungan terhadap temperatur (Fraden,1996). Jika dihubungkan ke sumber arus tetap akan menghasilkan perubahan tegangan terhadap perubahan temperatur.

Hubungan antara arus dengan tegangan listrik pada dioda sambungan p-n dapat ditulis dalam bentuk persamaan :

$$I = I_0 \exp (q V / 2 kT) \quad (2.3)$$

Dari persamaan (2.3) dapat diturunkan persamaan tegangan menjadi:

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{qV}{2kT} \quad (2.4)$$

$$V = \frac{2kT}{q} (\ln I - \ln I_0) \quad (2.5)$$

persamaan perubahan tegangan keluaran sensor terhadap perubahan temperatur dapat diturunkan dari persamaan (2.5) menjadi:

$$b = \frac{dV}{dT} = \frac{2k}{q} (\ln I - \ln I_0) \quad (2.6)$$

sehingga fungsi transfer yang menghubungkan antara perubahan tegangan keluaran dengan perubahan temperatur yaitu :

$$\int_{V_0}^V dV = \frac{2k}{q} (\ln I - \ln I_0) \int_0^T dT \quad (2.7)$$

$$V - V_0 = \frac{2k}{q} (\ln I - \ln I_0) T \quad (2.8)$$

$$V = V_0 + bT \quad (2.9)$$

dimana $V_0 = \frac{E_g}{q}$

Keterangan:

I = besar arus listrik setiap terjadi perubahan temperatur

I_0 = arus saturasi

q = muatan elektron

V = tegangan keluaran

k = konstanta Boltzman

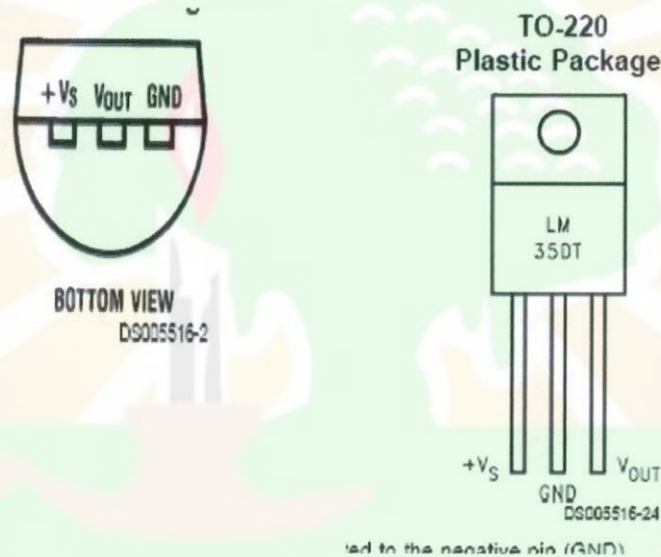
T = temperatur

E_g = energi celah pita

b = besar perubahan tegangan terhadap perubahan temperatur

$V_o =$ tegangan offset

Menurut Fraden (1996), idealnya V_o sama dengan nol pada saat T sebesar 0°C dan besar kemiringan perubahan tegangan terhadap perubahan temperatur sebesar $\pm 10 \text{ mV}$ terjadi tiap perubahan 1°C . Sumber tegangan yang dapat digunakan pada IC LM35DZ adalah antara $+4\text{V}$ sampai $+20\text{V}$ dengan arus sebesar $60 \mu\text{A}$. Tegangan keluaran yang dihasilkan tiap 1°C perubahan suhunya sebesar $10 \text{ mV}^\circ\text{C}^{-1}$ dengan ketelitian $0,5^\circ\text{C}$ (www.national.com)



Gambar 2.3 Skema IC LM35DZ

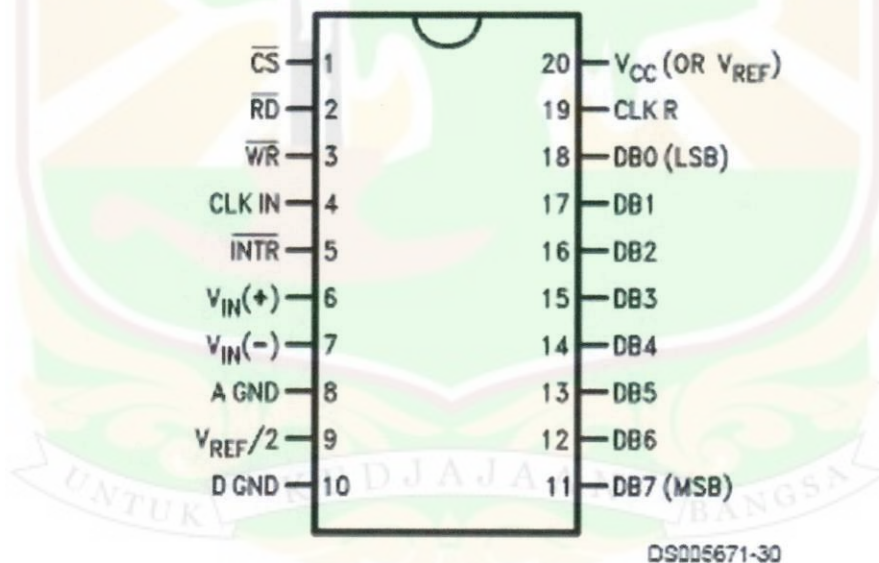
Secara umum seri LM35DZ mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- Harga relatif murah
- Beroperasi dari 4V sampai 20V
- Menggunakan arus kurang dari $60\mu\text{A}$
- Impedansi keluaran rendah untuk 1mA dari sumber IC LM35
- Skala faktor linear $\pm 10,0\text{mV}^\circ\text{C}^{-1}$
- Batas ukur sensor 0°C sampai 100°C

g. Terkalibrasi dalam Celsius

2.5. Pengonversi Sinyal Analog - ke - Digital (ADC)

Tegangan keluaran sensor masih dalam bentuk sinyal analog. Agar dapat diolah dan ditampilkan oleh LCD atau media display digital lainnya, maka tegangan keluaran sinyal analog harus dikonversi atau diubah dahulu menjadi sinyal keluaran digital. Pengubah sinyal analog ke digital ini berguna untuk menyesuaikan kerja antara sesor yang keluarannya linear (garis lurus) yang dikenal dengan sinyal analog dengan pemroses alat yang menghasilkan sinyal diskrit (sinyal digital). Konfigurasi pin dari ADC 0804 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4.Skema ADC 0804

Pada penelitian ini penulis menggunakan ADC 0804 (8-bit) yang bekerja berdasarkan metode konversi pendekatan berurutan (*Successive Approximation*

Register) atau SAR. Metode ini didasari pada pendekatan sinyal input dengan kode biner dan kemudian berturut memperbaiki pendekatan ini untuk setiap bit pada kode sampai didapatkan pendekatan yang paling baik. ADC ini terdiri dari sebuah komparator tegangan presisi, sebuah *register shifer*, sebuah logika kontrol, dan sebuah *digital-to-analog converter* (DAC) yang berfungsi sebagai umpan balik dari keluaran digital ke komparator masukan analog.

Waktu pengubahan ADC 0804 ini sekitar 400 mikro-detik untuk *clock* 640 kHz, tegangan input 0-5 volt dan tegangan acuan 2,5 volt. Sistem pewaktuan untuk ADC ini diatur oleh komponen R dan C pada pin-pin CLK- R dan CLK IN dan tidak membutuhkan *clock* generator eksternal karena ADC sudah dilengkapi *clock* generator internal.

Saat keadaan logika WR atau RD dalam kondisi *low* , ADC ini dalam keadaan reset. Jika salah satu dari logika tersebut dalam kondisi *high* maka ADC mulai bekerja. *Successive Approximation Register* (SAR) mengeluarkan 8-bit yang kemudian diubah menjadi tegangan analog oleh DAC. Tegangan ini dibandingkan dengan masukan analog (jika $V_{out\ DAC} < V_{in}$, bit set 1) maka SAR terus bekerja sampai pada kondisi dimana tegangan keluaran DAC besar dari tegangan masukan analog ($V_{out\ DAC} > V_{in}$, bit set 0) . Pada saat ini keluaran komparator akan menghentikan SAR. Data pada keluaran SAR adalah data digital hasil konversi tegangan analog. Setelah selesai konversi, ADC akan memberi tanda dengan mengaktifkan INTR (Sutarzi, 2005).

2.6. Mikrokontroler AT 89S51

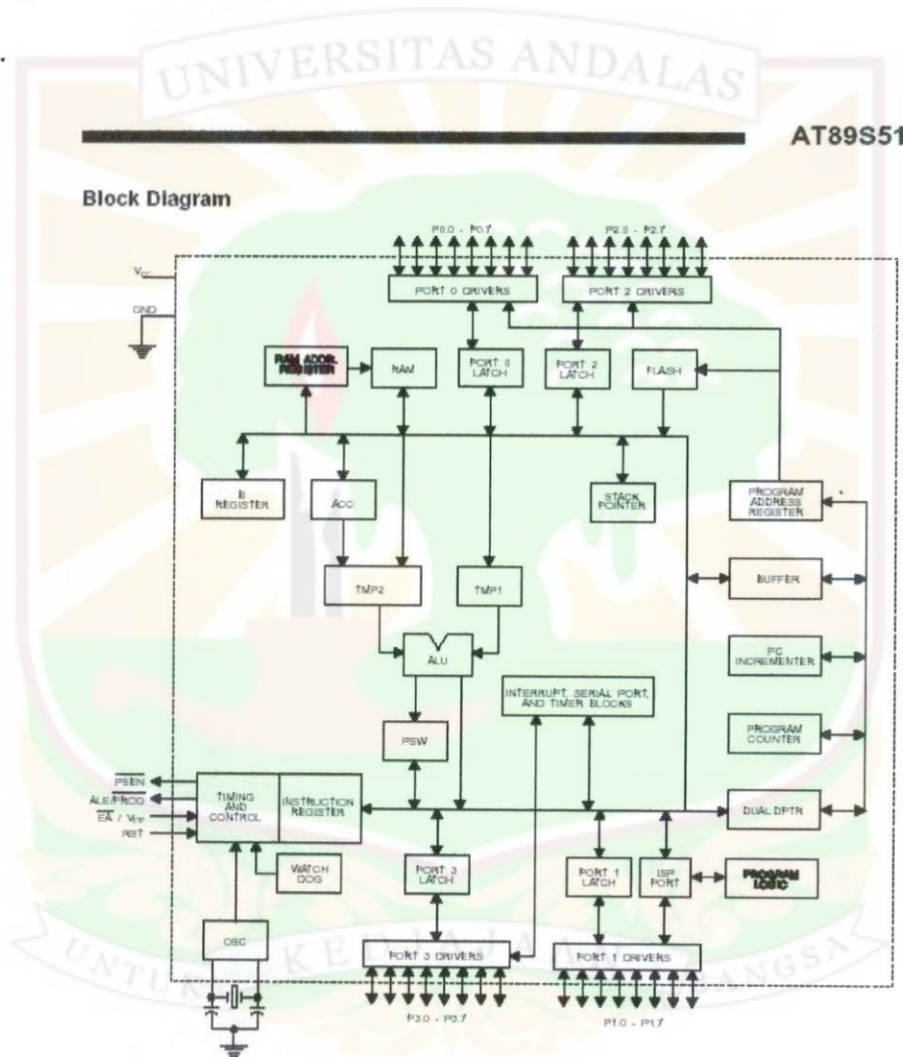
Mikrokontroler merupakan sebuah komponen elektronika yang dikemas dalam bentuk IC yang mempunyai fungsi untuk rangkaian kontrol maupun pengukuran. Seperti halnya mikroprosesor, mikrokontroler dapat dijadikan sebuah otak dalam implementasi kontrol maupun pengukuran. Mikrokontroler adalah terdiri dari mikroprosesor (CPU) RAM, flash PEROM, dan Port-port antar muka.

Perkembangan terkini dunia mikrokontroler adalah dikenalkannya istilah *In system Programmable* (ISP) dimana EEPROM di dalamnya berteknologi flash yang dapat di isi dengan pulsa 5 volt. Mikrokontroler sejenis ini dapat diprogram secara langsung pada *board* tanpa harus melepas mikrokontroler tersebut dari soketnya. Beberapa keuntungan dengan munculnya mikrokontroler bertipe ISP adalah:

- a. Secara fisik tidak mudah rusak (misal, kaki patah akibat bongkar pasang), karena mikrokontroler tetap berada di tempatnya ketika kita memasukkan kode-kode biner.
- b. Proses pengujian cepat, karena *uploading* program lebih singkat.
- c. Tidak diperlukan perangkat pemograman tambahan yang biasanya berharga sangat mahal.

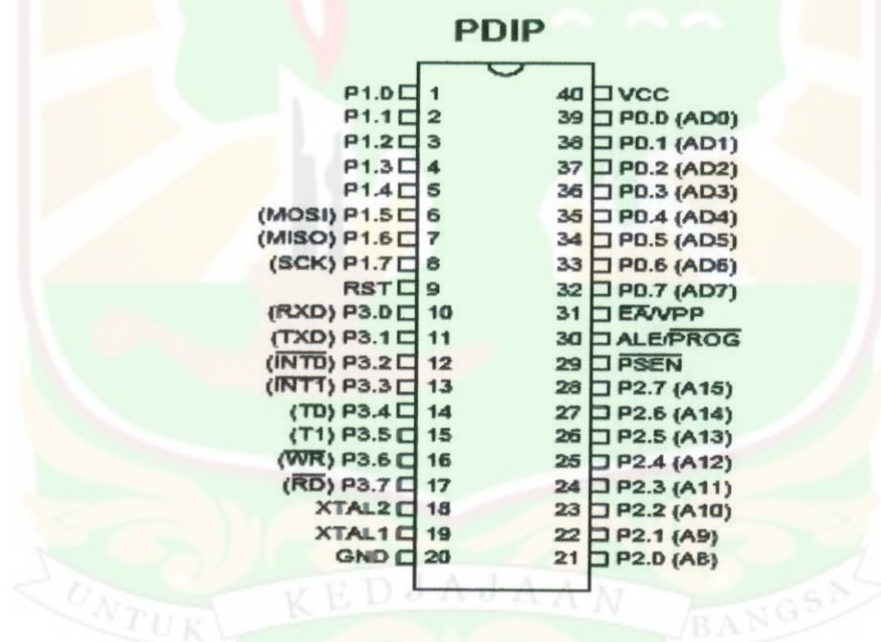
AT89S51/52 adalah produk mikrokontroler dari Atmel yang memiliki fitur ISP ini. Mikrokontroler AT89S51 merupakan salah satu keluarga dari MCS-51. Jenis mikrokontroler ini pada prinsipnya dapat digunakan untuk mengolah data per bit ataupun data 8 bit secara bersamaan. Sebuah mikrokontroler dapat bekerja bila dalam mikrokontroler tersebut terdapat sebuah

program yang berisi instruksi-instruksi yang akan digunakan untuk menjalankan sistem mikrokontroler tersebut. Instruksi-instruksi sebuah program dari setiap jenis mikrokontroler mempunyai beberapa perbedaan. Pada prinsipnya program pada mikrokontroler memiliki beberapa set instruksi dan tiap instruksi dijalankan secara bertahap atau berurutan.



Gambar 2.5 Mikrokontroler AT89S51(www.atmel.com)

Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S51 adalah :
 Sebuah *Central Processing Unit* 8 bit, osilator internal dan rangkaian pewaktu, RAM Internal 4 byte, Flash Memori 4 kbyte, Lima buah jalur Interupsi (2 buah interupsi eksternal dan 3 buah interupsi internal), Empat buah *programmable* port I/O yang masing-masing terdiri dari 8 buah jalur I/O, sebuah port serial dengan kontrol serial *full duplex* UART, kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika, kecepatan dalam melaksanakan interuksi per siklus 1 mikro detik pada frekuensi 12 MHz.



Gambar. 2.6 Konfigurasi pin mikrokontroler AT 89S51

Mikrokontroler AT89S51 terdiri atas 40 pin, yang masing-masing mempunyai fungsi yaitu Pin 1 sampai 8 (*port1*) adalah port paralel 8 bit 2 arah (*bidireksional*) dengan *internal pull up* yang dapat digunakan untuk

berbagai keperluan, seperti 4 masukan TTL dan sebagai saluran alamat saat pemograman dan verifikasi.

Pin 9 (reset) adalah masukan *reset* (aktif tinggi) Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan *mereset* AT89S51, Pin ini dihubungkan dengan rangkaian *power on reset* yang terdiri dari sebuah resistor dan kapasitor.

Pin 10 sampai 17 (*port 3*) adalah port paralel 8 bit 2 arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TXD (*Tranmisi Data*), RXD (*Reselve data*) INT 0 (*Interrupt 0*) INT 1 (*Interrupt 1*), T0 (*Timer 0*), T1 (*timer 1*), WR (*write*) dan RD (*read*). Bila fungsi pengganti tidak dipakai pin-pin ini dapat berguna sebagai port paralel 8 bit serbaguna.

Pin 18 (XTAL2) adalah pin keluaran rangkaian inverting *oscillator amplifier* (*output oscillator*). Pin 19 (XTAL1) adalah pin masukan ke rangkaian *inverting oscillator amplifier* (*input oscillator*). Pin 20 (*ground*) di hubungan ke *ground*. Pin 21 sampai 28 (*port 2*) adalah port paralel 2 selebar 8 bit dua arah (*bidirectional*) yang berfungsi sebagai saluran / bus alamat tinggi. *Port 2* ini mengirimkan ke *byte* alamat dilakukan pengaksesan memori eksternal. Pin 29 adalah pin PSEN (*Program Store Enable*) yang merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian atau pengambilan instruksi (*fetching*). Pin ini berfungsi pada saat pengeksekusi program yang terletak pada memori eksternal.

Pin 30 adalah pin ALE (*Adrewss Latch Enable*) yang digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi . ALE hanya aktif pada saat mengases memori eksternal (*Movx* , *Movc*). Pin 31 adalah pin EA (*External Acces Enable*) yang berfungsi untuk mengeksekusi program dari

memori internal jika dihubungkan ke *ground*. Bila diberi logika rendah (*low*), mikrokontroler akan melaksanakan seluruh instruksi dari memori ke program luar.

Pin 32 samapai 39 (*Port 0*) adalah *port I/O* 8 bit (*Open Drain*) dua arah. Bila digunakan untuk mengakses program luar, *port* ini akan *memultipleks* alamat memori dengan data. Pin 40 (*Vcc*) dihubungkan ke tegangan *Power supply* DC + 5 volt.

2.7. Bahasa Pemograman C

Dalam beberapa literatur, bahasa C digolongkan sebagai bahasa aras menengah (*medium level langguage*). Pengolongan ke dalam bahasa menengah bukanlah berarti menyatakan bahwa C kurang ampuh atau lebih sulit dibandingkan dengan beraras tinggi (*high level langguage*) seperti Pascal dan Basic, melainkan menegaskan bahwa C bukanlah bahasa yang berorientasi pada mesin yang merupakan ciri dari bahasa beraras rendah atau *low level langguage* seperti bahasa mesin dan *assembly*. Pada kenyataanya C mengkombinasikan elemen dalam bahsa beraras tinggi dan bahasa beraras rendah. Kemudahan dalam membuat program yang ditawarkan pada bahasa beraras tinggi dan kecepatan eksekusi dari bahasa beraras rendah merupakan tujuan diwujudkannya C. Bahasa C memiliki beberapa kelebihan yaitu: bahasa C tersedia hampir disemua computer, kode bahasa C adalah sifatnya portabel dan fleksibel untuk semua jenis computer, bahasa C hanya menyediakan sedikit kata –kata kunci, hanya terdapat 32 kata kunci, proses *executable* program bahasa C lebih cepat, dukungan pustaka

yang banyak, C adalah bahasa yang terstruktur, bahasa C termasuk bahasa tingkat menengah.

Bentuk umum program c

Pada dasarnya program C terdiri dari atas

include < header >

Void main (void)

Deklarasi variabel

Deklarasi konstanta

Pernyataan –pernyataan:

1. Pemberian *directive* # include < at89x51..h >, *directive* adalah perintah khusus dalam C yang penulisannya diawali dengan tanda “#” . Salah satu yang dipakai dalam program ini adalah *directive include*. *Directive include* dapat ditulis dengan dua bentuk , yaitu # > nama file > atau # include “ nama file”.
2. Penulisan semua perintah harus terletak didalam **void main (void)**. *Void main (void)* adalah sebuah fungsi. Nama dari fungsi tersebut adalah main dalam bahasa Indonesia berarti utama. Sebuah program yang ditulis dalam bahasa C hanya boleh mempunyai sebuah fungsi yang bernama main ini, tidak boleh lebih atau kurang. Fungsi ini menjadi titik awal dan titik akhir eksekusi program. Void di depan main menandakan bahwa fungsi main tidak memiliki nilai balik.
3. Tanda “{“ diawali fungsi meyakinkan awal tubuh fungsi dan sekaligus awal eksekusi program, sedangkan tanda “}” diakhir fungsi merupakan akhir tubuh fungsi dan sekaligus adalah akhir dari eksekusi program.

Agar program dapat dijalankan oleh komputer sebuah program harus menjalani proses *compile* dan *build* terlebih dahulu. Proses *compile* ditujukan untuk mengecek apakah tata tulis perintah-perintah yang diberikan sudah benar dan sesuai dengan yang ada. Sedangkan proses *build* ditujukan untuk mengubah perintah – perintah tersebut kedalam bahasa mesin. Pada penelitian ini bahasa C yang digunakan akan di *compile* dengan SDCC (*Small Divace C Compailer*), yaitu *compile* bahasa C untuk berbagai mikrokontroler termasuk MCS -51.

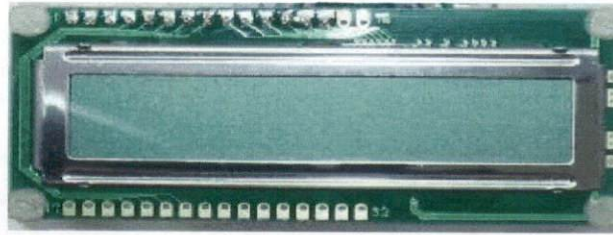
Contoh Program

```
# include < at89x51.h >      // header untuk mikrokontroler at89x51
Void main (void)
{
P1 = 0;                      // port 1 diberi nilai 0
{
```

Untuk memberikan keterangan atau penjelasan program dapat dilakukan dengan dua cara , yaitu dengan tanda // atau /*...*/ Tanda // digunakan untuk keterangan satu baris dan tanda /* ...*/ untuk beberapa baris.

2.8. LCD 2 x16 Karakter

LCD (*Liccuid Crystyal Diplay*) karakter adalah salah satu jenis alat penampilan karakter yang cukup praktis penggunaanya. Jumlah tampilannya yang cukup banyak yaitu 32 karater menjadikan LCD sebagai salah satu penampilan pavorit di dunia mikrokontroler. Bentuk fisik LCD 2x16 karakter, yaitu terdiri dari 2 baris , 16 kolom dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Model LCD Karakter 2x16

LCD ini memiliki 16 pin dengan fungsi sebagai berikut

Table 2.1 Kofigurasi pin LCD

Pin	Nama	Fungsi
1	Vss	Ground
2	Vcc	+ V
3	V _{EE}	Tegangan contrast
4	RS	Pemilih Register, 0 = register perintah, 1 = register data
5	R / W	Read /write , untuk memilih mode write atau read 0 = write mode, 1 = read mode
6	E	Enable, 0 = data yang ada di bus dilatch LCD, 1 = data yang ada di bus diabaikan
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	Lampu latar
16	GND	Ground

Dalam penggunaannya LCD dapat beroperasi dalam mode 8 bit atau 4 bit bus data, data yang berada di bus dapat dianggap sebagai perintah ataupun data biasa, data ini akan dianggap sebagai perintah jika pin RS diberi logika 0, sedangkan jika RS diberi logika 1 maka data akan dianggap sebagai data biasa.

Data akan masuk ke LCD dengan memberi transisi dari high ke low pada pin EN dan menunggu selama waktu minimum yang dibutuhkan LCD untuk menulis data.

Table 2.2 Perintah-perintah yang dapat diberikan ke LCD

Command	Binary								Hex
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	1	01
Display & Cursor Home	0	0	0	0	0	0	1	x	02 or 03
Character Entry Mode	0	0	0	0	0	1	I/D	S	04 to 07
Display On/Off & Cursor	0	0	0	0	1	D	U	B	08 to 0F
Display/Cursor Shift	0	0	0	1	D/C	R/L	x	x	10 to 1F
Function Set	0	0	1	8/4	2/1	10/7	x	x	20 to 3F
Set CGRAM Address	0	1	A	A	A	A	A	A	40 to 7F
Set Display Address	1	A	A	A	A	A	A	A	80 to FF
I/D: 1=increment, 0=decrement R/L: 1=right shift, 0=left shift S: 1=display shift on, 0=off 8/4: 1=8-bit interface, 0=4-bit interface D: 1=display on, 0=off 2/1: 1=2 line mode, 0=1 line mode U: 1=cursor underline on, 0=off 10/7: 1=5x10 dot format, 0=5x7 dot format B: 1=cursor blink on, 0=off D/C 1=display shift, 0=cursor move x=don't care * =initialization setting									

Perintah-perintah yang sering digunakan adalah

1. *Function set*

Dilakukan untuk menentukan panjang data, jumlah baris yang akan digunakan dan jenis *font* yang akan dipakai.

Tabel 2.3 Fungsi set

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	8/4	2/1	10/7	X	X

X = tidak dipedulikan

8/4: 1 = data 8 bit, 0 = data 4 bit

2/1: 1 = 2 line mode, 0 = 1 line mode

10/7: 1 = 5x10 dot format, 0 = 5x7 dot format

2. *Entry mode set*

Mengatur cara pemasukan data, dan penggeserannya.

Tabel 2.4 Cara memasukkan data dan penggeserannya

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I/D: Increment/Decrement alamat DDRAM sebesar 1 jika karakter ditulis atau dibaca dari DDRAM

0 = Decrement, 1 = Increment

S: menggeser display ke kiri atau ke kanan

S = 1, geser ke kanan atau kiri tergantung pada nilai I/D

S = 0, display tidak digeser

3. Display on/off dan pengaturan kursor

Tabel 2.5 Tampilan on/of dan pengaturan kursor

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

D = 1, display on; D = 0, display off; C = 1, kursor ditampilkan

C = 0, kursor tidak ditampilkan; B = 1, kursor berkedip;

B = 0, kursor tidak berkedip

4. **Tabel 2.6** Membersihkan tampilan

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

5. **Tabel 2.7** *Cursor of Display Shift*

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	S/C	R/L	X	X

X = tidak dipedulikan

S/C	R/L	Keterangan
0	0	Geser posisi kursor ke kiri
0	1	Geser posisi kursor ke kanan
1	0	Geser posisi tampilan ke kiri
1	1	Geser posisi tampilan ke kanan

6. Tabel 2.8 Pengaturan posisi kursor

R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	A	A	A	A	A	A	A

Dengan A menyatakan alamat memori posisi pada LCD

Peta memori pada LCD 2x16 karakter adalah sebagai berikut

Tabel 2.9 Peta memori pada LCD 2x16 karakter

Display	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Baris 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10	11	12
Baris 2	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52

Jadi jika ingin menulis pada baris 1 kolom 0 maka nilai A menjadi 0 dan perintahnya menjadi 0x80, sedangkan untuk baris 2 kolom 0 perintah menjadi 0xC0 atau dapat dinyatakan dengan, $\text{Posisi} = 0x80 + \text{alamat posisi}$

Fungsi-fungsi penting yang akan digunakan dalam pengaksesan LCD adalah

1. Fungsi `winst`

Adalah fungsi yang digunakan untuk menulis perintah ke LCD

Fungsi tersebut adalah sebagai berikut:

```
void winst(unsigned char dt)
{
    P2_5 = 0; //RS logika low (data sebagai perintah)
    P1 = dt; //kirirkan data melalui P1
    P2_7 = 1; //set EN high (data dimasukkan ke LCD)
    delay(100); //beri tundaan
    P2_7 = 0; //set EN low
    delay(10); //beri tundaan
}
```

Cara menggunakan fungsi `winst` adalah dengan menggunakan kode berikut

`winst(perintah);`

2. Fungsi `wdata`

Adalah fungsi untuk memasukkan data karakter (huruf/angka) ke LCD dalam format standar karakter LCD.



III. BAHAN DAN METODE

Pada bagian ini akan dibahas tentang waktu dan tempat penelitian, bahan dan alat, metoda penelitian, cara kerja dan analisis data.

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan perancangan alat dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika Universitas Andalas Padang dimulai dari bulan Agustus 2007 sampai April 2008.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang diperlukan dalam perancangan alat ukur temperatur digital ini adalah: 1 buah mikrokontroler AT89S51, 1 buah ADC 0804, 1 buah IC LM35DZ, 2 buah IC LM7805, 1 buah LCD, 2 buah resistor 10 k Ω , 2 buah kapasitor 47 μ F /25 V, 1 buah kapasitor 150pF, 2 buah kapasitor 33 pF, 1 buah potensio 500 Ω , 1 buah dioda 1 A, 1 buah kapasitor 100 μ F/25 V, kabel, timah, Fe Cl₃ (pelarut PCB) sebanyak 1 ons, PCB cetak ukuran 10 cm X 20 cm.

Alat-alat yang diperlukan : solder dan pencabut timah, tang penjepit dan pemotong, obeng, gunting, papan strip, jumper, *Slide Transparant*, seterika untuk memindahkan fotocopy gambar rangkaian dari *slide* ke PCB, *crocodile clip*, multimeter digital, PC (*Personal Computer*) untuk membuat program perangkat lunak, bor listrik untuk melobangi PCB.

3.3. Metoda Penelitian

Rancang bangun alat ukur temperatur terdiri dari dua bagian utama, yaitu rancang bangun perangkat keras (*hardware*) dan rancang bangun perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras terdiri dari rancang bangun rangkaian catu daya, rancang bangun sistem sensor LM35DZ, rancang bangun pengolah sinyal (rangkaiannya ADC 0804), rancang bangun sistem mikrokontroler AT89S51, dan rancang bangun LCD 2x16 karakter sebagai penampil. Sedangkan rancang bangun perangkat lunak meliputi perancangan program, pada penelitian ini penulis menggunakan bahasa program C.

3.4. Cara Kerja

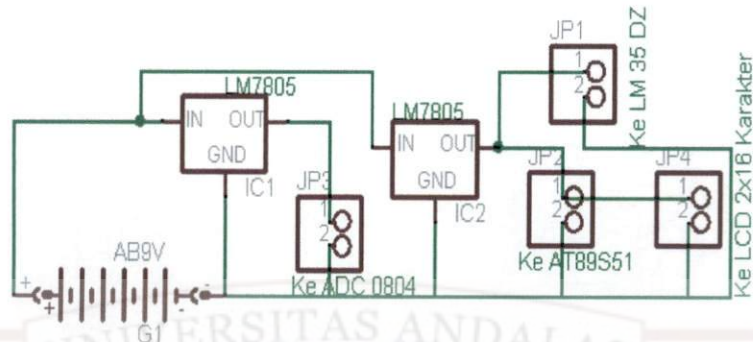
Untuk merancang bangun alat ukur ini, penulis melakukan beberapa tahap dalam perancangan dan pembuatannya. Setelah melakukan pengumpulan bahan penelitian melalui tinjauan pustaka dan internet, serta pengenalan fungsi masing-masing komponen yang akan digunakan dalam rangkaian, penulis melakukan tahap uji coba rangkaian pada papan *stripboard*. Kemudian penulis membuat perangkat keras dan perangkat lunak rangkaian.

3.4.1. Rancang Bangun Perangkat Keras

Perancangan tata letak komponen pada PCB cetak dilakukan dengan menggunakan program *EAGLE layout editor*.

a. Rangkaian sumber arus

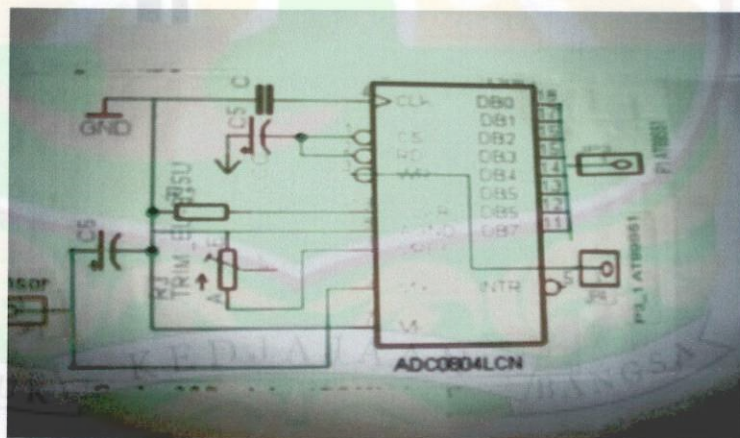
Komponen yang digunakan yaitu IC LM7805 2 buah dan baterai 9V 1 buah.



Gambar 3.1 Rangkaian pembagian tegangan

Baterai dihubungkan dengan 2 IC LM 7805 secara paralel, keluaran IC 7805 yang pertama dihubungkan ke ADC 0804 dan keluaran yang satunya lagi dihubungkan ke sensor, mikrokontroler dan LCD 2x16 karakter

b. Rangkaian ADC

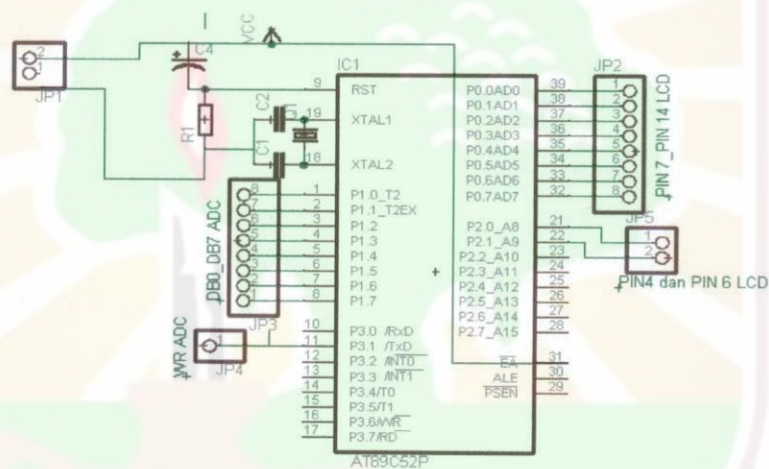


Gambar 3.2 Rangkaian ADC 0804 dan pendukungnya

Komponen-komponen yang diperlukan adalah resistor 10k Ω 1 buah dan kapasitor 47 μ F 2 buah. Sedangkan pin-pin ADC yang digunakan yaitu pin 4

dan pin 19 dihubungkan dengan R1 dan kapasitor C1 yang terletak antara pin 19 dengan *ground* untuk membantu membangkitkan rangkaian *clock*. Pin 6 masukan dari sensor yang sebelumnya diberi kapasitor variabel (sebagai penapis). Pin 3 dihubungkan ke pin 3-1 mikrokontroler AT89S51 dan Pin 11 sampai 18 dihubungkan ke P1 mikrokontroler AT89S51

c. Rangkaian Mikrokontroler AT89S5



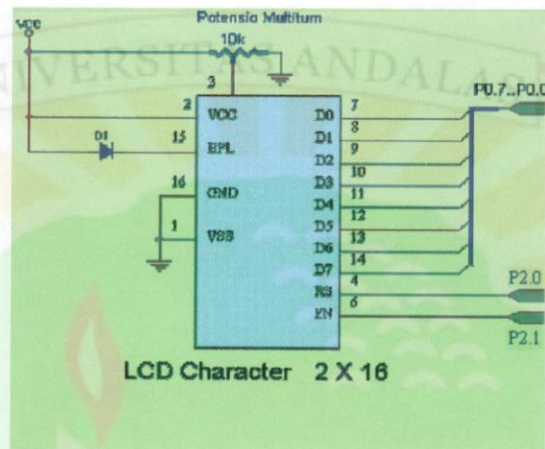
Gambar 3.3 Rangkaian mikrokontroler AT89S51 dan pendukungnya

Komponen-komponen yang digunakan yaitu kristal 24 MHz 1 buah, kapasitor 100 μ F/25V 1 buah, kapasitor 150pF 1 buah, kapasitor 33 pF 1 buah dan resistor 10k Ω 1 buah.

Rangkaian mikrokontroler AT89S51 ini merupakan pusat pengolah data dan pusat pengendali alat . Rangkaian ini tersusun atas osilator Kristal 24 MHz

yang berfungsi untuk pembangkit pulsa internal dan dua buah kapasitor yang berfungsi untuk menstabilkan frekuensi.

d. Rangkaian LCD dan pendukungnya

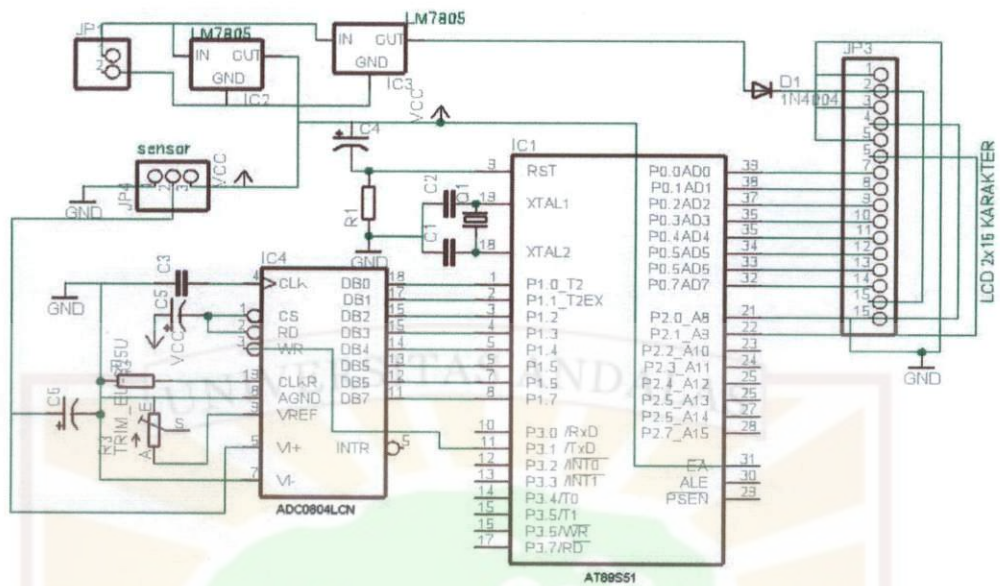


Gambar 3.4 Rangkaian LCD 2x16 karakter

Komponen-komponen yang digunakan yaitu potensio variable 1 buah dan dioda N4004 /1A 1 buah. Dioda sebelum Vcc digunakan untuk menstabilkan arus supaya benar-benar searah.

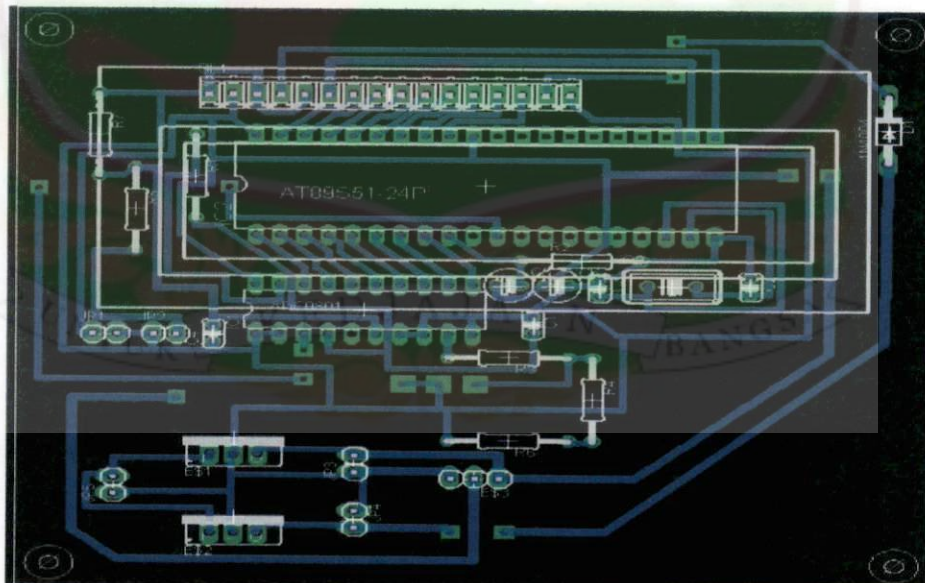
e. Rangkaian Alat Ukur Temperatur

Skematik perangkat keras lengkap seluruh blok ditunjukkan oleh Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Gambar skematik rangkaian lengkap rancangan alat ukur temperatur

Gambar skematik di atas dirobah menjadi skematik PCB 2-layer seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.6



Gambar 3.6 Skematik PCB 2-layer rangkaian alat tampak atas

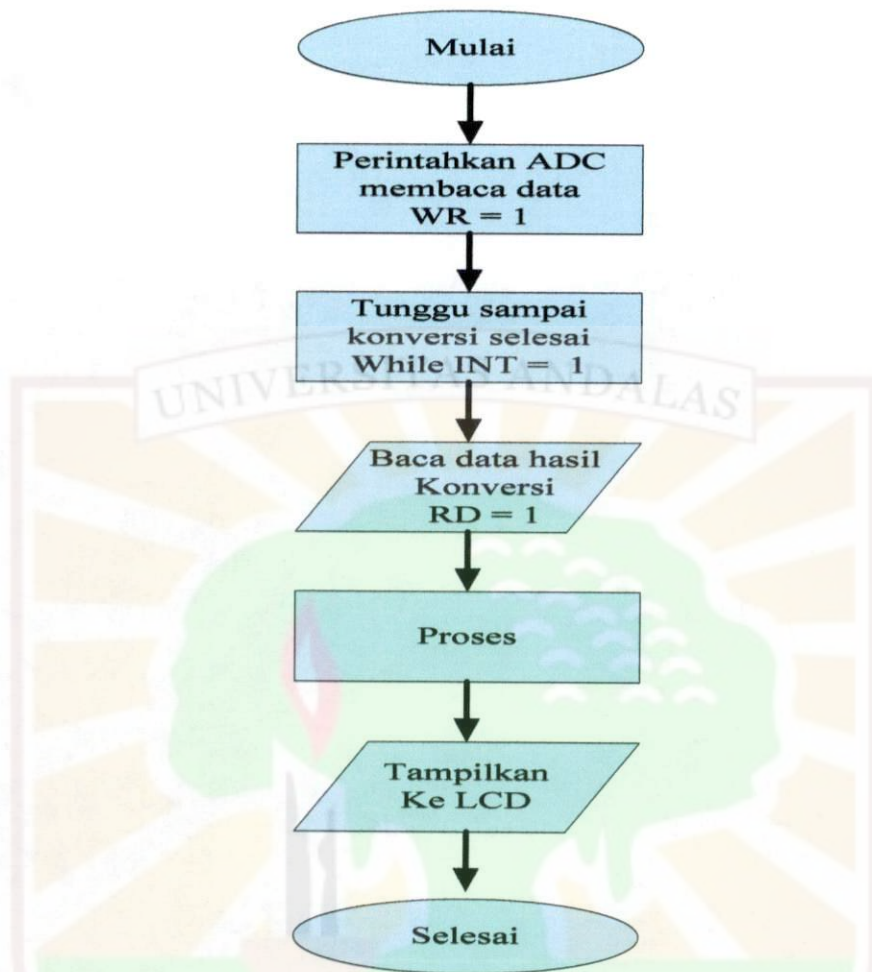
Kemudian Gambar 3.6 dirobah menjadi skematik PCB 2-layer rangkaian alat tampak bawah (Lampiran 1) yang akan difotocopy ke slide transparan, lalu di salin ke PCB dengan teknik penyetrikaan.

3.4.2 Rancang-bangun perangkat lunak

a. Diagram Alir

Diagram alir perangkat lunak pada mikrokontroler AT89S51 untuk menampilkan data temperatur yang didapatkan dari penyesuaian data ADC dapat dilihat pada Gambar 3.7.





Gambar 3.7. Diagram alir perangkat lunak untuk menampilkan data temperatur

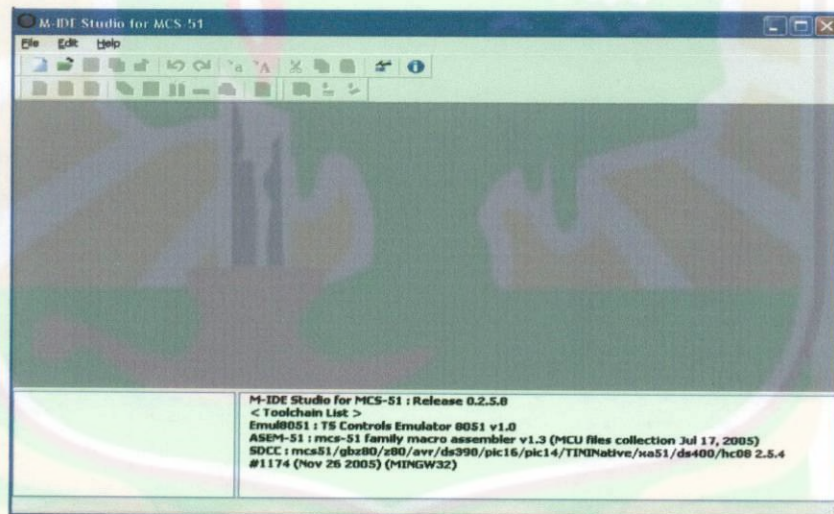
b. Program

Dalam pengukuran temperatur data dikirim secara paralel dari ADC ke mikrokontroler (*port 1*), dengan melakukan konversi ADC membutuhkan suatu sinyal *write* yang diberikan oleh mikrokontroler, sinyal *write* ini berupa logika *low* (0) yang diberika ke pin WR (pin 3) ADC 0804, selama konversi berlangsung yaitu sekitar 120 μ s pin INT (pin 5) ADC0804 akan berlogika *high* (1

), proses konversi berakhir ditandai dengan berubahnya logika pin INT dari *high* ke *low*. Ini artinya data sudah valid dan boleh diambil dengan memberi logika *low* pada pin RD (pin 2). Kemudian untuk menampilkan data temperatur dilakukan dengan cara membandingkan data yang dibaca ADC dengan tabel yang didapat dari konversi ADC.

Program alat ukur temperatur di atas dibuat dengan menggunakan *software* M-IDE51 dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Buka M-IDE51 sehingga muncul tampilan seperti Gambar 3.7.



Gambar 3.8. Tampilan awal M-IDE51

- b. Buatlah file C baru dengan mengklik menu *file* dan memilih *new*.
- c. Ketikkan program C seperti yang terdapat pada Lampiran 6
- d. Buka *file*, kemudian pilih *save* untuk menyimpan program yang telah dibuat dengan tipe C (contoh : D:\prog\prog1.c).

- e. *Compile* program tersebut dengan mengklik tombol *build* pada *toolbar*, jika peng-*compile*-an sukses maka akan dihasilkan *file* berekstensi **.hex** pada *folder* tempat kita menyimpan file C tadi.

3.4.3. Uji Perangkat Lunak

Bahasa pemrograman yang telah ditulis dikompilasi dengan cara mengklik *icon build current file* pada tampilan *software Mide51*. Jika program yang dituliskan telah benar maka akan muncul pesan sukses berupa *no error* pada kotak *field teks* pada bagian bawah dari menu editor. Namun jika program salah maka akan keluar pesan kesalahan dan baris tempat kesalahan tersebut.

3.4.4. Menanamkan Program ke Mikrokontroler AT89S51

Program yang telah benar siap dimasukkan ke *chip* mikrokontroler menggunakan *software AEC-ISP* melalui *hardware* sistem minimum dan konektor atau *port parallel* DB-25. Keluaran digital dari ADC 0804 (D₀ sampai D₇) dihubungkan ke pin register data DB-25 (D₀ ke pin 2 sampai D₇ ke pin 9) dan *ground* rangkaian dihubungkan ke pin 25.

Berikut tahap penanaman program menggunakan *software AEC-ISP* : pindahkan *file* berekstensi **.hex** hasil dari *Compile* ke mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan ISP-Flash Programmer 3.0a dengan cara memasang AT89S51 pada rangkaian target, hubungkan rangkaian target dengan konektor DB 25 pada computer, beri rangkaian target catu daya 5 volt D, lalu buka ISP-Flash Programmer 3.0a, kemudian pilih AT89S51 untuk jenis mikrokontroler yang digunakan.

Chip mikrokontroler dipasang pada sistem minimum dan dihubungkan ke computer melalui *jack DB 25* atau *port printer*. *Icon signature* pada tampilan *software AEC-ISP* diklik. Pengklikan ini berguna untuk mengecek apakah *chip* mikrokontroler dan computer telah terhubung atau belum.

Icon open file diklik untuk menunjuk program mana yang akan ditanam ke *chip* mikrokontroler. *Icon write* diklik untuk memasukkan program pada file yang telah ditunjuk kedalam *chip* mikrokontroler. Selanjutnya dilakukan pengklikan pada *icon verify* untuk menyatakan bahwa penanaman telah selesai.

3.5 Analisis Data

Untuk menganalisa data hasil pengukuran yang diperoleh dari pengkarakterisasian masing-masing blok rangkaian pada penelitian ini, penulis menggunakan analisis regresi linear dan analisis korelasi yang sudah ada pada program excel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil serta pembahasan dari penelitian rancang bangun alat ukur temperatur yang penulis lakukan berupa hasil uji perangkat keras masing-masing blok pada catu daya, sensor LM35DZ, ADC 0804 serta beberapa fitur penting alat ukur.

4.1. Hasil Uji Perangkat Keras

Setelah seluruh komponen rangkaian dirangkai pada PCB, maka dilakukan pengujian per blok rangkaian dan pengujian keseluruhan rangkaian. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dirancang-bangun tersebut dapat bekerja dengan baik, dan hasilnya adalah sebagai berikut:

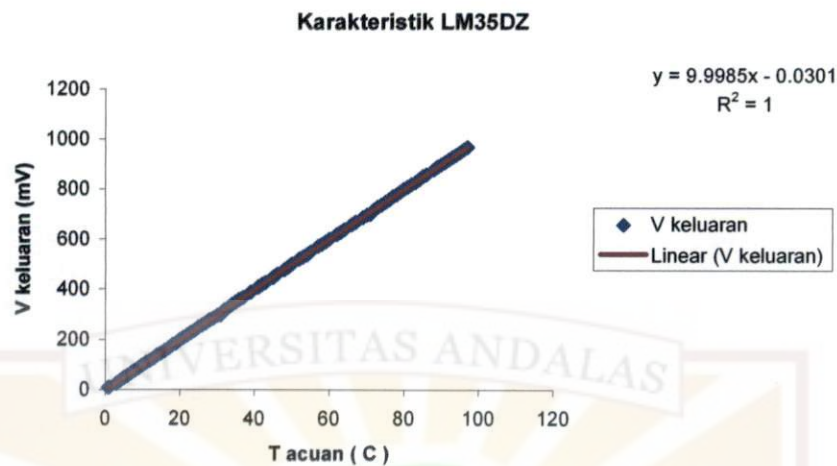
1. Catu daya

- ◆ Tegangan masukan dari baterai : +9V
- ◆ Tegangan keluaran IC LM7805 : +5V

2. Rangkaian sensor temperatur IC LM35DZ

Rentang pengukuran suhu dari sensor LM35DZ dari 0°C sampai 100°C dan sensor terkalibrasi dengan $10\text{mV}^{\circ\text{C}^{-1}}$ sehingga tegangan keluaran sensor berada dalam rentang 0V sampai 1V.

Tegangan keluaran sensor IC LM35DZ diperoleh dengan memanaskan dan mendinginkan sensor mulai dari 0°C sampai 97°C. Berdasarkan data Tabel 4.1 (Lampiran 2) diperoleh grafik karakterisasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Karakterisasi sensor LM35DZ

Data pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik tegangan keluaran sensor terhadap temperatur. Dari grafik tersebut diperoleh tegangan sebagai fungsi temperatur:

$$V_{out} = 9,9985T - 0,0301 \quad (4.1.)$$

Fungsi tersebut memperlihatkan bahwa tegangan keluaran IC LM35DZ sebanding dengan temperatur yang diukurnya. Setiap kenaikan suhu 1°C tegangan keluaran sensor naik menjadi 9,9773 T mV dengan tegangan *offset* atau $V_0 = -0,0301$ mV. Data hasil pengukuran yang menggunakan sensor IC LM35DZ pada penelitian ini memiliki korelasi yang sangat baik terhadap garis linier paling sesuai (*the best-fit line*). Hal ini ditunjukkan oleh derajat korelasi linearnya yaitu $R^2 = 1$. Selain itu, fungsi transfer sensor yang digunakan dalam penelitian ini (ditunjukkan pada Persamaan 4.1) sangat dekat dengan fungsi temperatur karakteristik IC LM35DZ ideal, yaitu: $V = 10T$ mV (Fraden,1996).

3. Rangkaian ADC0804

Dua hal yang paling penting untuk karakterisasi ADC0804 ini adalah *range* skala penuh (*Full Scale Range*) dan resolusi.

$$FSR = V_{RH} - V_{RL} \quad (4.3.)$$

dengan :

V_{RH} = tegangan referensi tinggi (V)

V_{RL} = tegangan referensi rendah (V)

FSR = selisih V_{RH} dengan V_{RL} (V)

Dari hasil pengukuran diperoleh $V_{RL} = 0$ V dan $V_{RH} = 5$ V, sehingga

$$FSR = 5V$$

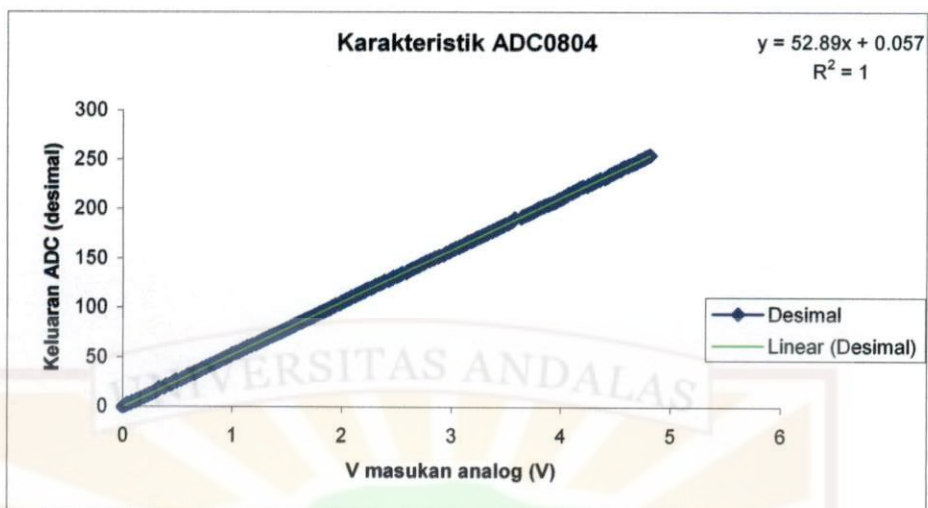
Resolusi memberikan keakuratan pengukuran dari ADC0804, yaitu nilai yang bisa dipisahkan dari sinyal masukan dalam *range* tertentu. Resolusi dari ADC0804 adalah :

$$Resolusi = \frac{FSR}{2^n} \quad (4.4.)$$

keterangan : n = jumlah bit ADC0804

Dengan menggunakan persamaan (4.4) resolusi dari ADC0804 adalah 0,0194 V/bit. Hasil karakterisasi ADC0804 yang lain ditunjukkan pada Gambar 4.2. Gambar ini menunjukkan hubungan antara keluaran decimal ADC dengan tegangan masukan analog yang datanya diambil dari Tabel 4.2

(Lampiran 3)



Gambar 4.2 Karakteristik ADC0804

Persamaan regresi linear antara keluaran-masukan dari ADC0804 dapat ditulis pada persamaan (4.5).

$$D = 52,89V_{adc} + 0,057 \quad (4.5.)$$

Dengan :

D = keluaran digital ADC0804 (data decimal 0-255)

V_{ADC} = tegangan masukan ADC0804

Persamaan (4.5) memperlihatkan bahwa setiap kenaikan tegangan masukan analog 1V, data decimal ADC bertambah sebesar 52,89 kali tegangan masukan dengan $D_0 = 0,057$.

Koefisien korelasi (R^2) = 1 menunjukkan adanya hubungan linear yang sangat baik antara D dan V_{ADC} .

4.2 Pengujian beberapa fitur termometer berbasis mikrokontroler AT89S51

Dalam pembuatan alat ukur, ada beberapa fitur penting yang perlu diperhatikan, antara lain: ketepatan, ketelitian, kepekaan, dan kemampuan pengulangan atau reproduksibilitas.

a. Ketepatan

Ketepatan adalah ukuran kecocokan atau kesesuaian suatu nilai terukur terhadap nilai sesungguhnya atau nilai standar yang dapat diterima. Suatu hasil pengukuran dikatakan memiliki ketepatan yang baik atau akurat jika nilai rata-rata hasil pengukuran itu mendekati nilai sesungguhnya.

Untuk mengetahui ketepatan termometer digital berbasis mikrokontroler AT89S51 ini, penulis melakukan dengan membandingkan termometer ini terhadap termometer digital buatan pabrik. Data diambil pada keadaan temperatur naik (yaitu, dari temperatur 0°C – 100°C). Setelah itu ditentukan kesalahan relatif termometer digital yang dibuat tersebut dengan cara membandingkan dengan termometer acuan berdasarkan persamaan :

$$\text{Kesalahan relatif (\%)} = \frac{\Delta T}{T_{maks} - T_{min}} \times 100 \% \quad (4.6)$$

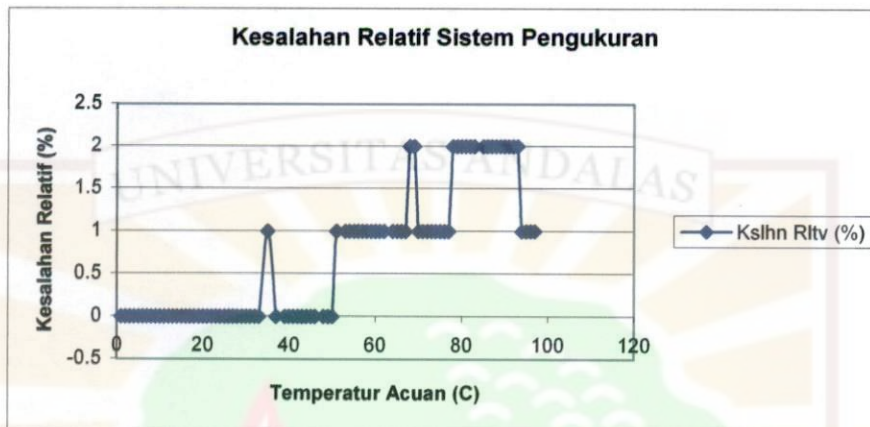
dengan :

ΔT = selisih temperatur acuan dengan temperatur sensor LM35DZ

$T_{maksimum}$ = temperatur acuan maksimum ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{minimum}$ = temperatur acuan minimum ($^{\circ}\text{C}$)

Kesalahan relatif maksimum sistem pengukuran termometer digital yang dibuat berdasarkan data Tabel 4.5 (Lampiran 5) adalah 2% dan kesalahan relatif rata-rata 1%, sebagaimana tampak pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kesalahan relatif sistem pengukuran

b. Ketelitian

Nilai yang diperoleh dari suatu pengukuran dikatakan mempunyai ketelitian yang bagus jika semua nilai hasil pengukuran itu berkelompok di sekitar nilai rata-ratanya. Itu berarti nilai hasil pengukuran tersebut memiliki ketakpastian yang kecil (Bucla dan McLachlan, 1992).

Untuk mengetahui ketelitian termometer digital berbasis mikrokontroler AT89S51, penulis melakukan pengujian sebanyak 20 kali pada temperatur kamar, dan datanya ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian termometer digital berbasis mikrokontroler AT89S51 sebanyak 20 kali

No	Temperatur (°C)	No	Temperatur (°C)
1	29(°C)	11	29(°C)
2	29(°C)	12	29(°C)
3	29(°C)	13	29(°C)
4	30(°C)	14	29(°C)
5	29(°C)	15	29(°C)
6	29(°C)	16	29(°C)
7	30(°C)	17	29(°C)
8	29(°C)	18	29(°C)
9	29(°C)	19	29(°C)
10	29(°C)	20	29(°C)

Dari data Tabel 4.3 dihitung nilai rata-rata dengan menggunakan persamaan :

$$\bar{T} = \frac{\sum T}{20} \quad (4.7.)$$

sehingga diperoleh nilai $\bar{T} = 29,10^{\circ}\text{C}$, lalu ditentukan standar deviasinya dengan menggunakan program excel. Standar deviasi pengukuran dari data Tabel 4.3 adalah : 0,31

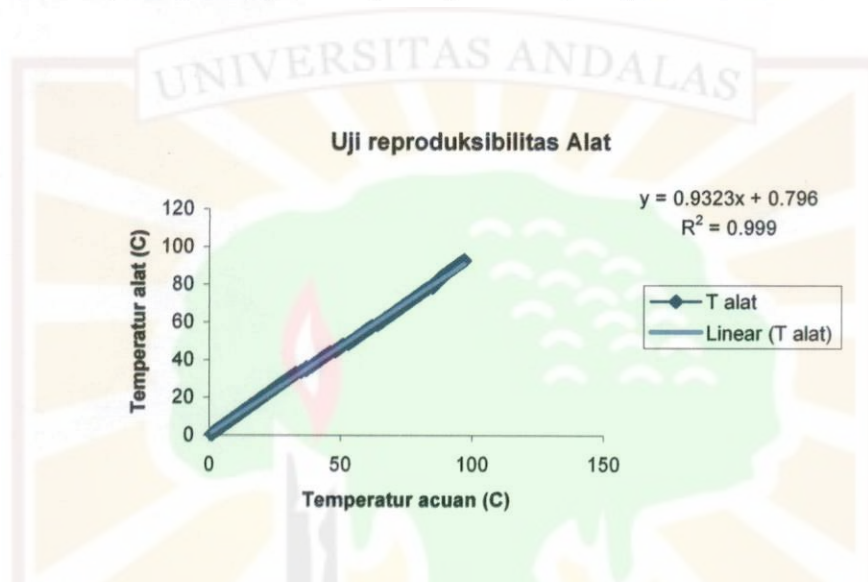
Rata-rata hasil pengukuran data temperatur pada suhu kamar yang diukur :

$$\text{Temperatur} = (29,10 \pm 0,31)^{\circ}\text{C} \quad (4.8)$$

Nilai-nilai data yang diperoleh dari pengukuran temperatur ini memiliki ketelitian yang bagus karena semua nilai-nilai data hasil pengukuran dekat di sekitar nilai rata-ratanya (29,10°C)

c. Reprodusibilitas

Uji reprodusibilitas di lakukan untuk melihat kemampuan termometer digital berbasis mikrokontroler AT89S51 ini menampilkan nilai temperatur yang relatif sama dengan nilai temperatur acuan seperti yang ditunjukkan data pada Tabel 4.4 (Lampiran 4). Hasilnya seperti tampak pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Uji Reprodusibilitas Termometer Digital Berbasis Mikrokontroler AT89S51

Dari Gambar 4.4. tampak bahwa alat ukur temperatur berbasis mikrokontroler AT89S51 ini mampu menampilkan hasil pengukuran yang berulang dengan baik karena tidak adanya grafik histerisis yang terjadi. Setiap kenaikan suhu 1°C pada termometer acuan menghasilkan pengukuran pada termometer digital rancangan sebesar 0,9323 kali termometer acuan dengan suhu awal termometer digital rancangan 0,799°C.

d. Resolusi Alat ukur

Resolusi adalah perubahan terkecil pada besaran yang diukur yang masih dapat dideteksi oleh suatu piranti elektronik (sensor, ADC, dan lainnya)

(Buchla dan McLachlan,1992).

$$\begin{aligned}
 \text{Resolusi alat ukur} &= \frac{T_{\text{max.alatukur}} - T_{\text{min.alatukur}}}{\text{Data}_{\text{max.desimal}}} & (4.9) \\
 &= \frac{100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}}{255} \\
 &= 0,39^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Dari nilai resolusi alat ukur sebesar $0,39^{\circ}\text{C}$, berarti perubahan terkecil suhu yang masih dapat dideteksi oleh alat ukur adalah $0,39^{\circ}\text{C}$.

e. Kepekaan Alat Ukur

Kepekaan adalah nisbah (*ratio*) tanggapan keluaran terhadap masukan pada keadaan statik (Dally dkk, 1993). Uji kepekaan dilakukan untuk melihat kepekaan system pengukuran ini terhadap perubahan besaran fisis yang diindranya (dalam hal ini, temperatur). Data pengukuran untuk kepekaan diambil dari Tabel 4.1 dan kepekaan alat ditunjukkan oleh kemiringan grafik dari

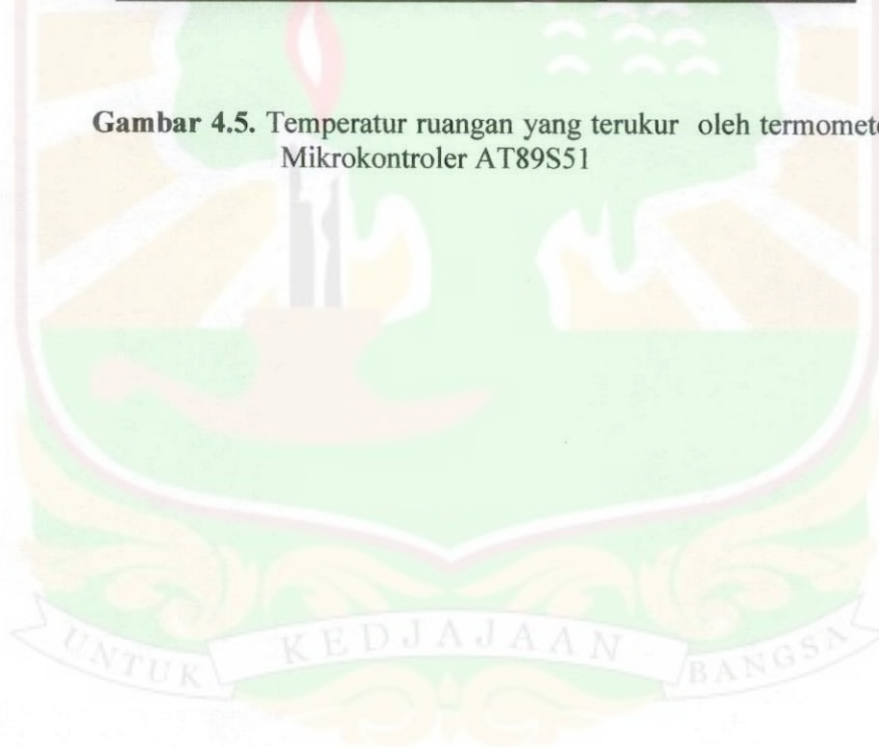
$$\text{Kepekaan} = \frac{\Delta V}{\Delta T} = 9,989 \text{ mVC}^{-1} \quad (4.10)$$

4.3. Pengukuran Temperatur Ruangan Dengan Alat Hasil Rancangan.

Uji coba alat ukur temperatur untuk menentukan temperatur ruangan diperlihatkan oleh Gambar 4.5. Pada gambar ini terlihat tampilan LCD menunjukkan angka temperatur ruangan 29°C .



Gambar 4.5. Temperatur ruangan yang terukur oleh termometer digital Mikrokontroler AT89S51



V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian rancang bangun alat ukur temperatur digital yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran-saran.

5.1. Kesimpulan

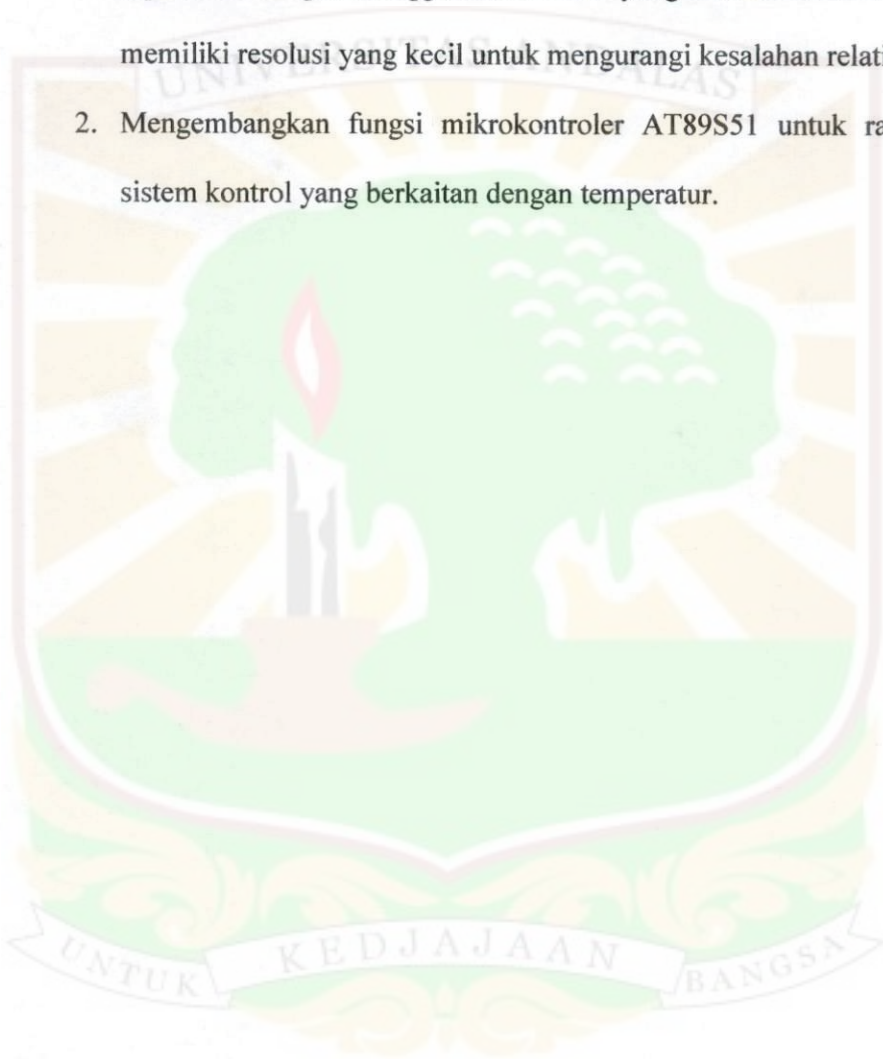
Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan, penulis mencoba menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kepekaan alat ukur adalah $9,989 \text{ mVC}^{-1}$
2. Resolusi alat ukur $0,39^\circ\text{C}$
3. Dari karakterisasi sensor LM35DZ diperoleh fungsi trasfernya, $V = 9,9985T - 0,0301$ dengan korelasi linearnya $R^2 = 1$.
4. Karakterisasi ADC0804 yang digunakan pada penelitian ini menghasilkan persamaan regresi linear $D = 52,89V_{\text{adc}} + 0,057$ dan resolusi $0,0194 \text{ V/bit}$.
5. Kesalahan relatif rata-rata sistem pengukuran 1% dan kesalahan relatif maksimumnya 2% .
6. Rata-rata hasil pengukuran temperatur untuk suhu kamar pada uji ketelitian adalah: Temperatur = $(29,10 \pm 0,31)^\circ\text{C}$
7. Hasil uji reproduksibilitas alat ukur menghasilkan persamaan regresi linear $Y = 0,9323X + 0,796$ dan korelasi linearnya $R^2 = 0,999$.

5.2. Saran

Bagi peneliti lain yang berminat untuk melakukan penelitian tentang pengukuran temperatur penulis menyarankan:

1. Melakukan pengukuran temperatur untuk *range* pengukuran yang diperbesar dengan menggunakan sensor yang berbeda dan ADC yang memiliki resolusi yang kecil untuk mengurangi kesalahan relatif alat.
2. Mengembangkan fungsi mikrokontroler AT89S51 untuk rangkaian sistem kontrol yang berkaitan dengan temperatur.



DAFTAR PUSTAKA

- Agfianto,E.P., 2004, Belajar mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi), Gava Media, Yogyakarta.
- Budioko, T., 2005, Belajar Dengan Mudah dan Cepat Pemrograman Bahasa C dengan SDCC pada Mikrokontroler AT 89 X 051 / AT 89 S51 /52. Gava Media, Yogyakarta.
- Buchla,D.,dan Mc Lachlan,W.,1992, Applied Electronic Instrumentation And Measurement, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Coughlin, R.F., dan Driscoll, F.F,1985, Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier, Erlangga, Jakarta.
- Dally, Riley, dan Mc Connell, 1993, Intrumentation for Engineering Measurements, Second edition, Canada.
- Data Sheet, 1994. LM 35 A/ LM 35 C/ LM 35 D. *Precision Centragrade Temperature Sensor National Semiconductor.*
- David,C.W.,1994, Instrumentasi Elektronika dan Teknik Pengukuran, Erlangga, Jakarta.
- Fraden, J., 1996, Handbook of Modern Sensors, Physics, Designs, and Applications, Second Edition, Springer-Verlag, New York.
- Giancoli, D., 2001, FISIKA . Jilid 1 , Erlangga , Jakarta.
- Isaacs,A.,1990, Kamus Lengkap Fisika, Erlangga, Jakarta.
- Liyustria, A., 2004., Studi Pembuatan Alat Ukur Temperatur Berbasis Mikrokontroler AT 89C51, Skripsi, Universitas Andalas Padang.
- Millman,J.,1992, Mikroelektronika Sistem Digital dan Rangkaian Analog, jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Riskalida, 2004, Pembuatan Termometer Digital Berbasis ICI 17107, Skripsi, Universitas Andalas Padang.
- Sutarzi, 2004, Rancang Bangun Alat ukur temperatur Berbasis PC Menggunakan Sensor LM35 DZ, Skripsi, Universitas Andalas Padang.
- Sutirsno, 1987 , Elektornika I, Institut Teknologi Bandung , Bandung

Zemansky , M.W, 1986, Kalor dan Termodinamika, Insititut Teknologi Bandung, Bandung

<http://www.atmel.com>

http://www.Harris.com/ADC_0804.pdf, 10-08-2007

<http://en.wikipedia.org/wiki/Termometer/21-02-2008>

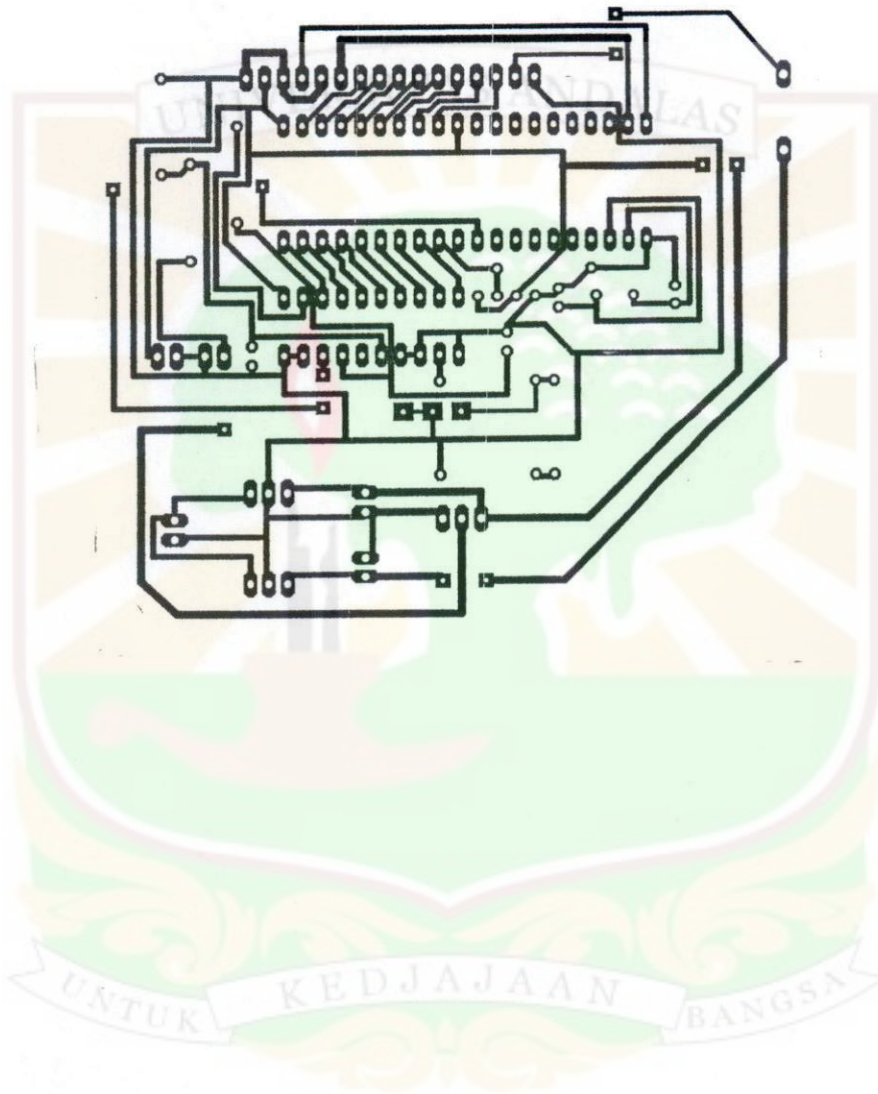
<http://id.wikipedia.org/wiki/Termokopel/21-02-2008>

---,Application Notes, Practical Temperature Measurement, Courtesy Hewlett Packard Co.



Lampiran 1

Gambar Skematik PCB 2-layer Rangkaian Alat Ukur temperatur tampak bawah.



Lampiran 2

Tabel 4.1 Data Karakteristik LM35DZ

T acuan (C)	V keluaran sensor	T acuan (C)	V keluaran sensor
1	12	49	489
3	28	50	501
4	39	52	522
5	50	53	530
6	59	54	539
7	71	55	551
8	80	57	573
9	89	58	580
10	101	59	591
11	111	60	602
12	120	62	621
13	129	63	629
14	141	64	640
15	149	66	660
16	159	67	670
17	170	69	689
18	181	70	699
19	189	71	702
20	202	72	720
21	211	73	731
22	220	74	739
23	231	75	750
24	239	76	759
25	252	77	772
26	260	78	780
27	269	79	790
28	281	80	802
29	288	81	811
30	299	82	820
31	301	83	829
32	320	84	840
33	329	85	852
34	342	86	860
35	351	88	880
36	362	89	891
37	369	90	900
39	390	91	909
41	411	92	919
42	420	93	930
43	429	94	939
45	449	95	948
46	461	96	960
48	479	97	969

No	Desimal ADC	V _{in} Analog (V)	No	Desimal ADC	V _{in} Analog (V)
81	80	1,523	124	123	2,31
82	81	1,536	125	124	2,34
83	82	1,558	126	125	2,36
84	83	1,571	127	126	2,38
85	84	1,587	128	127	3,39
86	85	1,607	129	128	2,43
87	86	1,633	130	129	2,44
88	87	1,646	131	130	2,46
89	88	1,667	132	131	2,47
90	89	1,684	133	132	2,5
91	90	1,71	134	133	2,52
92	91	1,732	135	134	2,54
93	92	1,75	136	135	2,55
94	93	1,762	137	136	2,59
95	94	1,788	138	137	2,6
96	95	1,798	139	138	2,62
97	96	1,822	140	139	2,63
98	97	1,839	141	140	2,65
99	98	1,86	142	141	2,67
100	99	1,882	143	142	2,69
101	100	1,896	144	143	2,71
102	101	1,909	145	144	2,72
103	102	1,937	146	145	2,74
104	103	1,942	147	146	2,76
105	104	1,978	148	147	2,77
106	105	1,991	149	148	2,8
107	106	2	150	149	2,81
108	107	2,02	151	150	2,84
109	108	2,04	152	151	2,85
110	109	2,06	153	152	2,88
111	110	2,08	154	153	2,89
112	111	2,09	155	154	2,93
113	112	2,12	156	155	2,94
114	113	2,13	157	156	2,95
115	114	2,15	158	157	2,98
116	115	2,17	159	158	2,99
117	116	2,19	160	159	3
118	117	2,21	161	160	3,03
119	118	2,22	162	161	3,04
120	119	2,24	163	162	3,07
121	120	2,27	164	163	3,08
122	121	2,29	165	164	3,11
123	122	2,3	166	165	3,12

No	Decimal ADC	V _{in} Analog (V)	No	Decimal ADC	V _{in} Analog (V)
167	166	3,14	210	209	3,96
168	167	3,15	211	210	3,98
169	168	3,18	212	211	4
170	169	3,2	213	212	4,02
171	170	3,22	214	213	4,03
172	171	3,23	215	214	4,05
173	172	3,25	216	215	4,06
174	173	3,27	217	216	4,07
175	174	3,29	218	217	4,1
176	175	3,31	219	218	4,11
177	176	3,33	220	219	4,13
178	177	3,34	221	220	4,15
179	178	3,37	222	221	4,16
180	179	3,38	223	222	4,17
181	180	3,41	224	223	4,2
182	181	3,42	225	224	4,24
183	182	3,44	226	225	4,25
184	183	3,46	227	226	4,28
185	184	3,48	228	227	4,29
186	185	3,49	229	228	4,31
187	186	3,52	230	229	4,32
188	187	3,53	231	230	4,35
189	188	3,55	232	231	4,36
190	189	3,56	233	232	4,4
191	190	3,57	234	233	4,42
192	191	3,58	235	234	4,43
193	192	3,64	236	235	4,44
194	193	3,65	237	236	4,46
195	194	3,67	238	237	4,48
196	195	3,69	239	238	4,49
197	196	3,71	240	239	4,51
198	197	3,73	241	240	4,54
199	198	3,75	242	241	4,55
200	199	3,76	243	242	4,56
201	200	3,78	244	243	4,58
202	201	3,79	245	244	4,61
203	202	3,81	246	245	4,62
204	203	3,84	247	246	4,65
205	204	3,85	248	247	4,67
206	205	3,88	249	248	4,69
207	206	3,9	250	249	4,7
208	207	3,93	251	250	4,72
209	208	3,95	252	251	4,74

No	Desimal ADC	V_{in} Analog (V)	No	Desimal ADC	V_{in} Analog (V)
253	252	4,76	253	252	4,76
254	253	4,77	254	253	4,77



Lampiran 4 :

Tabel 4.4 Data Uji Reproduksi Alat

T alat (C)	T acuan (C)	T alat (C)	T acuan (C)	T alat (C)	T acuan (C)
0	0	39	39	79	78
1	1	40	40	80	79
2	2	41	41	81	80
3	3	42	42	82	81
4	4	43	43	83	82
5	5	44	44	84	83
6	6	45	45	85	84
7	7	46	46	86	85
8	8	47	47	87	86
9	9	48	48	88	87
10	10	49	49	89	88
11	11	50	50	90	89
12	12	51	51	91	90
13	13	52	52	92	91
14	14	53	53	93	92
15	15	54	54	94	93
16	16	55	55	95	94
17	17	56	56	96	95
18	18	57	57	97	96
19	19	58	58		
20	20	59	59		
21	21	60	60		
22	22	61	61		
23	23	62	62		
24	24	63	63		
25	25	64	64		
26	26	65	65		
27	27	66	66		
28	28	67	67		
29	29	68	68		
30	30	69	69		
31	31	70	70		
32	32	71	71		
33	33	72	72		
34	35	73	73		
35	35	74	74		
36	36	75	75		
37	37	76	76		
38	38	78	77		

Lampiran 5.

Lampiran 5.

Tabel 4.5 Kesalahan Relatif

Kslhn Rltv (%)	T acuan (C)	Kslhn Rltv (%)	T acuan (C)	Kslhn Rltv (%)	T acuan (C)
0	1	0	41	2	84
0	2	0	42	2	85
0	3	0	43	2	86
0	4	0	44	2	88
0	5	0	45	2	87
0	6	0	46	2	89
0	7	0	47	2	90
0	8	1	49	2	91
0	9	1	50		
0	10	1	51		
0	11	1	52		
0	12	1	53		
0	13	1	54		
0	14	1	55		
0	15	1	56		
0	16	1	57		
0	17	1	58		
0	18	1	59		
0	19	1	60		
0	20	1	61		
0	21	1	62		
0	22	1	63		
0	23	2	65		
0	24	2	66		
0	25	1	66		
0	26	1	67		
0	27	1	68		
0	28	1	69		
0	29	1	70		
0	30	1	75		
0	31	1	72		
0	32	1	73		
0	33	2	75		
1	35	2	76		
0	35	2	77		
0	36	2	78		
0	37	2	80		
0	38	2	81		
0	39	2	82		
0	40	2	83		

```

#include "at89x51.h"
#define ADCWR P3_1
#define ADCINT P3_0
#define ADCRD P3_2
#define ADCBUS P1
#define LCDRS P2_0
#define LCDEN P2_1
#define LCDBUS P0
#include "LCD.H"
unsigned char hasil;
void adc()
{
    ADCWR = 0 ;    // beri sinyal WR]
    ADCWR = 1 ;
    hasil = ADCBUS; // kembalikan nilai P1 sebagai hasil fungsi
    ADCRD = 1;
}

void scanLCD( long f)
{
    char d9,d10,d11;
    d9 = f/100;
    f = f%100;
    d10 = f/10;
    d11 = f%10;

    kembali();
    xy(1,2);
    tulisstring ( " = suhu =");
    xy(2,4);
    tulis (d9 + 48);
    tulis (d10 + 48);
    tulis (d11+48);
    tulisstring( "C");
    tunda(100);
}

void main()
{unsigned long f;
while(1)
{ inisialisasi();
  adc();
  f = hasil;
  // f = f * 0.392;
  scanLCD(f);
}
}

```

ADC

```
//////////////////////////////////////
// KUMPULAN FUNGSI ADC
//////////////////////////////////////
// AUTHOR : SRI RIZANI
//////////////////////////////////////
// PROCESSOR: 8051
//////////////////////////////////////
// XTAL      : 12 MHZ
//////////////////////////////////////
// DATE MODIFIED : 18 OKT 2007
//////////////////////////////////////
// WR = ADCWR
//
// INT = ADCINT
//
// RD = ADCRD
//
// DATA = ADCBUS
//
//////////////////////////////////////
//
// fungsi-fungsi
// adc()
//////////////////////////////////////
```

```
unsigned char adc()
{
    ADCWR = 0 ;    // beri sinyal WR]
    ADCWR = 1 ;
    while(ADCINT)
        {;}      // jika int = 1 tidak ada yang dilakukan
    ADCRD = 0;    // jika int sudah nol maka beri RD logika low
    Return( ADCBUS); // kembalikan nilai P1 sebagai hasil fungsi
    ADCRD = 1;
}
```


LCD

```
//////////////////////////////////////
//KUMPULAN FUNGSI LCD
//////////////////////////////////////
//AUTHOR : SRI RIZANI
//////////////////////////////////////
//PROCESSOR: 8051
//////////////////////////////////////
//XTAL      : 12 MHZ
//////////////////////////////////////
//DATE MODIFIED : 18 OKT 2007
//////////////////////////////////////
// RS = LCDRS
//
// EN = LCDEN,
//
// RW = GND ,
//
// DATA BUS = LCDBUS,
//////////////////////////////////////
//
//////////////////////////////////////
// fungsi-fungsi
//////////////////////////////////////
// inisialisasi(),
// perintah(perintah),
// tulis(huruf),
// tulisstring(string)
// xy(kolom,baris),
// delay(i),
// tunda (delay(1000)),
// kembali(),
// bersihlayar(),
// barissatu(kolom),
// barisdua(kolom),
// geserkiri(step),
// geserkanan(step)
//////////////////////////////////////

#define low 0
#define high 1

void delay( unsigned int waktu)
{
    unsigned int i;
    for (i=0; i<waktu;i++);
}

void tunda(unsigned char waktu)
{
    unsigned char i;
    for (i=0;i<waktu;i++)
    {
        delay(1000);
    }
}

void perintah(unsigned char dt)
{
    LCDRS = low;
    LCDBUS = dt;
    LCDEN = high;
    delay(10);
    LCDEN = low;
    delay(100);
}
```

LCD

```
}  
void geserkanan(unsigned char kali)  
{  
    unsigned char i;  
    for (i=0;i<kali;i++)  
    {  
        perintah(31);  
        delay(20000);  
    }  
}  
  
void tulisstring(unsigned char *datastring)  
{  
    while (*datastring)  
    {  
        tulis(*datastring++);  
    }  
}
```

