



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 SUDUT KEMIRINGAN BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 MENGGUNAKAN SENSOR POTENSIMETER

SKRIPSI



**CARLES FAU
07135071**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

SKRIPSI
RANCANG BANGUN ALAT UKUR SUDUT KEMIRINGAN
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 MENGGUNAKAN
SENSOR POTENSIOMETER

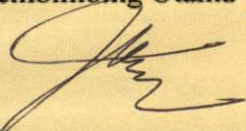
yang disusun oleh

Carles Fau
07 135 071

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 12 Juli 2011
dan dinyatakan telah lulus memenuhi syarat

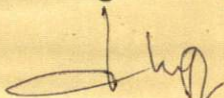
Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama



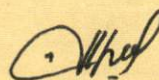
Drs. Wildian, M.Si
NIP. 196108121994031001

Pembimbing Pendamping



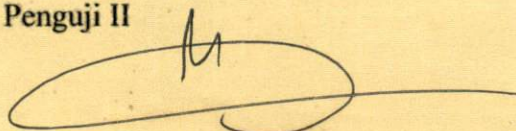
Rahmat Rasyid, M.Si
NIP. 196711031998021002

Penguji I



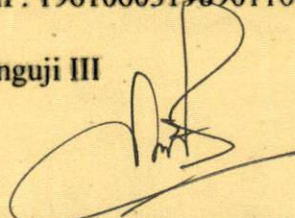
Dian Milvita, M.Si
NIP. 197401081999032001

Penguji II




Drs. Alimin Mahyudin, M.Si
NIP. 196106031989011001

Penguji III



Dr. Dian Fitriyani, M.Si
NIP. 197012151999032001

Padang, 20 Juli 2011
Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Andalas



Arif Budiman, M.Si
NIP. 19731114 1999031004

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini aku persembahkan untuk :

*Ibunda dan ayahanda tersayang yang sudah mendidik dan
membesarkan putra-putrinya.*

*Seluruh saudara dan keluargaku, dan juga teman-
teman, serta sahabat-sahabatku.*

*Selain itu aku ingin persembahkan karya tulis ini
juga buat 'seseorang' yang selalu mendukung
dan membantuku dalam bentuk material maupun
spiritual pada saat pengerjaan karyaku ini.*

Dan semoga karya ini dapat berguna bagi masyarakat, Amin.

ABSTRAK

Telah dibuat alat ukur sudut kemiringan berbasis mikrokontroler AT89S51 menggunakan sensor potensiometer 5 k Ω . Sistem ini dirancang agar dapat mendeteksi/ mengukur kemiringan suatu bidang pada rentang sudut 0° sampai 90° serta menampilkan hasil pengukuran pada LCD M1632. Sistem ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari sebuah sensor potensiometer 5 k Ω , ADC 0804, mikrokontroler AT89S51, dan LCD M1632. Perangkat lunak yang digunakan untuk menjalankan mikrokontroler AT89S51 ini adalah bahasa C. Secara keseluruhan alat ukur sudut kemiringan ini bekerja dan berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Alat ini bekerja cukup baik dalam rentang pengukuran sudut antara 0° hingga 75°. Di atas rentang tersebut nilai pengukurannya mengalami penyimpangan dengan kesalahan relatif maksimum sebesar 1,226% bila dibandingkan dengan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh busur derajat.

Kata kunci: *Sensor potensiometer, ADC 0804, LCD M1632.*

ABSTRACT

An equipment for measuring inclination angles based on microcontroller AT89S51 using a sensor of a 5 k Ω potentiometer has been constructed. This system was designed to be able to measure inclination angles which interval from 0° to 90°, and displays the result on an LCD (M1632). This system consists of hardware and software. The hardware consists of a 5 k Ω potentiometer sensor, ADC 0804, microcontroller AT89S51, and LCD (M1632). The programming language used in this system is C language. According to the yield of the equipment test, this system can measure inclination angles in interval of 75° (0° to 75°). Beyond this, the result of measurement will deviate by the maximum relative error of 1,226% when compared with the result of measurement by protractor.

Key words: *Potentiometer sensor, ADC 0804, LCD M1632.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Potensiometer”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Secara khusus, penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Drs. Wildian, M.Si dan Bapak Rahmat Rasyid, M.Si yang telah membimbing penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini. Selanjutnya penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan doa, perhatian dan kasih sayangnya, kepada kakak Denty M. Fau dan adik-adikku atas semangat serta kepada orang telah memberikan penulis banyak motivasi Yulianita Nababan.
2. Ibu Dian Milvita, M.Si., Bapak Drs. Alimin Mahyudin, M.Si dan Ibu Dr. Dian Fitriyani, M.Si sebagai penguji yang telah memberikan petunjuk dan saran selama penulisan skripsi.
3. Bapak Arif Budiman selaku Ketua Jurusan Fisika Unand.
4. Kepada seluruh dosen Fakultas Mipa yang telah sabar mengajarkan kepada kami atas ilmu-ilmunya.
5. Kepada teman-teman semua yang telah memberikan do'a dan bantuan baik moril dan materil.

6. Seluruh rekan-rekan Basic Sains yang telah memberikan banyak dukungan.
 7. Teman-teman seperjuanganku di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi (vovy, dedy, dini, ria, viky, andris dan acy), Informator di Lab Elektro (da muharmen, ni ila dan ni ami, dll), Teman-teman seperjuanganku yang takkan pernah dilupakan Fisika Basic Sains (yenni, jeni, veny, mei, desman, insaf, yanto, dll).
 8. Khususnya kepada teman-teman di Perkantas yang telah memberikan senyum-senyum manisnya, masukan-masukan yang membangun dan yang selalu hadir dalam suka-duka penulis.
 9. Teman-teman di KTB Johannes yang penulis kasihi (K'Nova, B'Altur, Meyman, Amril, dan Anton) yang telah banyak mendukung penulis.
 10. Kepada kakak-abang tercinta (B'Bet, K'Fris, K'Ogi, K'Ance, K'Rive, K'Merry dan K'Tina) yang telah memberikan doa dan nasehat-nasehatnya.
- Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Padang, 20 Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	
2.2.1 Massa dan Berat.....	4
2.2.2 Potensiometer.....	6
2.2.3 Rangkaian Pembagi Tegangan.....	8
2.2.4 ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>) 0804	9
2.2.5 Mikrokontroler.....	12
2.2.6 Mikrokontroler AT89S51	14

2.2.7 LCD M1632.....	17
 BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Alat, Bahan, dan Komponen	22
3.3 Tatalaksana Penelitian.....	23
3.3.1 Perancangan Perangkat-keras.....	24
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak	31
3.3.3 Pengujian Blok Rangkaian pada <i>Breadboard</i>	32
3.3.4 Perancangan dan Pembuatan PCB.....	32
3.3.5 Perakitan Rangkaian pada PCB	33
3.3.6 Penanaman Program	34
3.3.7 Pengujian Alat.....	36
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian Sistem Sensor	38
4.2 Hasil Pengujian ADC 0804	39
4.3 Pengujian Program.....	40
4.4 Pengujian Secara Keseluruhan	41
4.5 Kesalahan Relatif Sistem Pengukuran.....	42
 BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45
 DAFTAR KEPUSTAKAAN	
 DAFTAR LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya Berat (w) pada Bandul Matematis	6
Gambar 2.2 Potensiometer	7
Gambar 2.3 Rangkaian Pembagi Tegangan	8
Gambar 2.4 Bentuk Pin pada ADC 0804	10
Gambar 2.5 Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51	15
Gambar 2.6 (a) Bentuk Fisik LCD 2 x16, dan (b) Skematiknya.....	17
Gambar 2.7 Tataletak Alamat DDRAM LCD 2x16	18
Gambar 2.8 Kode Untuk Memilih Register	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Tatalaksana Penelitian	23
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengukuran Sudut Kemiringan.....	25
Gambar 3.3 Dudukan Potensio dan Bandul Pemutar	26
Gambar 3.4 Potensiometer sebagai Pembagi Tegangan	27
Gambar 3.5 Rangkaian ADC0804	28
Gambar 3.6 Rangkaian Sistem Minimum ISP MCS-51	29
Gambar 3.7 Rangkaian LCD LM1632	30
Gambar 3.8 Diagram Alir Program Sistem Pengukuran Sudut	31
Gambar 3.9 Tampilan AEC-ISP Flash Programmer	35
Gambar 4.1 Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 (a) Sebelum dan (b) Setelah Diberi <i>Casing</i>	37
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Keluaran Terhadap Sudut Putar Sensor	38
Gambar 4.3 Grafik Keluaran ADC (Desimal) Terhadap Sudut Potensio	40
Gambar 4.4 Tampilan Program Pada MIDE-51	41
Gambar 4.5 Kesalahan Relatif Sistem Pengukuran	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Port 3 AT89S51</i>	16
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Secara Keseluruhan	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Karakterisasi Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Potensiometer.

A.1 Tabel Hasil Pengujian Sistem Sensor.

A.2 Tabel Hasil Pengujian ADC 0804.

Lampiran B. Skema Lengkap Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Potensiometer.

Lampiran C. Listing Program Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Potensiometer.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan ilmu pengetahuan dasar (*basic science*) yang berlandaskan pada pengamatan-pengamatan eksperimental dan pengukuran-pengukuran kuantitatif (Coletta, 1995). Ilmu pengetahuan dasar ini banyak diterapkan pada bidang-bidang ilmu lainnya seperti teknik, kedokteran, pertanian, dan lain-lain. Pengukuran sudut, misalnya, banyak diterapkan di bidang teknik sipil dalam pekerjaan membangun rumah, gedung, jalan, jembatan, dan lain sebagainya. Untuk mengukur sudut suatu obyek baik pada bidang horizontal maupun pada bidang vertikal, diperlukan alat ukur sudut.

Dalam kehidupan sehari-hari, alat ukur sudut yang sering digunakan adalah busur derajat. Alat ukur ini biasanya berupa sebuah lempeng plastik berbentuk setengah lingkaran yang diberi skala. Pengukuran sudut dengan busur derajat merupakan pengukuran yang dilakukan secara manual; artinya, besar sudut suatu obyek diukur dengan membaca skala yang tertera pada busur derajat tersebut. Pengukuran dengan cara ini memiliki kelemahan karena memungkinkan terjadinya kesalahan paralaks, yaitu suatu kesalahan pembacaan ketika dilihat dari sudut pandang yang berbeda.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama di bidang elektronika dan instrumentasi, saat ini telah tersedia di pasaran alat ukur

sudut dalam format digital, seperti *Digital Anglemeter* dan *Digital Inclinator*. Namun, alat ini relatif mahal; harganya bisa mencapai puluhan juta rupiah.

Dalam penelitian tugas akhir yang diberi judul “Rancang Bangun Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Potensiometer” ini penulis telah merancang-bangun suatu alat ukur sudut yang relatif murah dan mudah, namun tetap memenuhi syarat utama yang harus dimiliki oleh setiap alat ukur, yaitu akurat.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merancang suatu alat ukur sudut kemiringan dengan menggunakan potensiometer sebagai sensor sudut kemiringan, mikrokontroler AT89S51 sebagai pemroses dan pengontrol, serta LCD sebagai penampil.

1.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan bermanfaat di laboratorium untuk membantu para praktikan atau peneliti dalam memperoleh hasil pengukuran sudut kemiringan yang akurat, serta diharapkan dapat membantu masyarakat (khususnya pekerja bangunan) dalam melakukan pengukuran sudut kemiringan dengan alat ukur bertampilan digital.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian tentang pembuatan rancang bangun sudut kemiringan ini, penulis membatasi bahasan penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian ini dititik-beratkan pada masalah perancangan alat yang dapat menampilkan hasil pengukuran sudut pada LCD.
2. Pengukuran hanya pada bidang horizontal dengan rentang sudut antara 0° sampai 90° .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut j.j. Carr (1993) potensiometer-putar dapat digunakan sebagai sensor perpindahan sudut. Besar sudut putar potensiometer jenis ini menurutnya adalah 270° . Pemanfaatan potensiometer ini sebagai sensor sudut juga telah dilakukan oleh asriani (2007). Rancang bangun alat yang dikembangkan oleh asriani ini dapat digunakan untuk mengetahui besarnya sudut kemiringan bidang datar. Hasil pengukuran sudut ditampilkan di *seven segment* dan bahasa program yang digunakan adalah bahasa *assembly*. Sistem pengukuran sudut kemiringan bidang oleh asriani ini hanya dapat digunakan untuk mengetahui sudut kemiringan bidang datar dengan besar sudut 45° naik dan 45° turun.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Massa dan Berat

Massa merupakan ukuran kelembaman (*inertia*) suatu benda: yaitu ukuran resistansi benda itu untuk bergerak. Makin besar massa suatu benda, makin sulit mengubah keadaan gerak benda tersebut. Semakin besar massa benda, semakin sulit menggerakkannya dari keadaan diam, atau menghentikannya ketika sedang bergerak, atau mengubah gerakkannya keluar dari lintasannya yang lurus (Coletta, 1995). Dalam kehidupan sehari-hari, dapat dilihat perbedaan kecepatan gerak

yang cukup signifikan antara bola biliard dan bola boling ketika diberi gaya dengan cara yang sama. Bola biliard akan mengalami kecepatan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan kecepatan yang dialami bola boling. Bola boling lebih “malas” bergerak karena benda ini memiliki massa yang lebih besar daripada massa bola biliard.

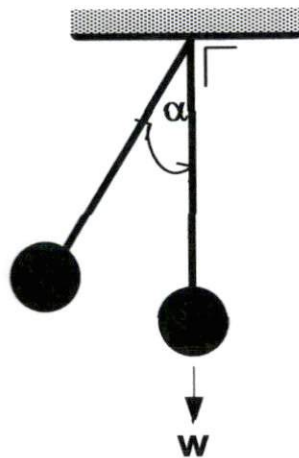
Massa merupakan sifat dasar materi (*matter*), seperti halnya panjang merupakan sifat dasar ruang (atau materi dalam ruang), atau waktu merupakan sifat dasar keberadaan (*existence*). Secara sederhana dapat dikatakan bahwa massa merupakan ukuran banyaknya zat yang terkandung dalam sebuah benda.

Tetapi, massa tidak sama dengan berat. Menurut Newton, massa benda bersifat konstan, sementara berat merupakan gaya yang bergantung pada percepatan gravitasi di suatu tempat. Massa suatu benda di bumi sama dengan massa benda itu ketika berada di bulan, tetapi beratnya berbeda karena percepatan gravitasi di bumi berbeda dengan percepatan gravitasi di bulan. Secara matematis, hubungan antara massa dan berat ditulis dalam bentuk Persamaan (2.1).

$$w = m \cdot g \tag{2.1}$$

dengan w adalah gaya berat (dinyatakan dalam newton, N), m adalah massa (dinyatakan dalam kilogram, kg), dan g adalah percepatan gravitasi (dinyatakan dalam meter per sekon kuadrat, m/s^2).

Massa merupakan suatu besaran skalar, yaitu besaran yang ditentukan oleh besarnya saja. Berat merupakan besaran vektor artinya, besaran ini ditentukan oleh besar dan juga arahnya. Hal yang menarik, gaya berat suatu benda di permukaan bumi selalu mengarah vertikal ke pusat bumi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Gaya berat (w) pada bandul matematis

2.2.2 Potensiometer

Potensiometer adalah resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan yang dapat diatur. Jika hanya dua terminal yang digunakan (salah satu terminal tetap dan terminal geser), potensiometer berperan sebagai resistor variabel atau *rheostat*. Potensiometer biasanya digunakan untuk mengendalikan piranti elektronik seperti pengendali suara pada penguat.

Potensiometer dapat digunakan sebagai sensor, salah satunya untuk mengukur kemiringan bidang horizontal. Sebuah potensiometer biasanya dibuat dari sebuah unsur resistif semi-lingkar dengan sambungan geser (penyapu). Unsur

resistif, dengan terminal pada salah satu ataupun kedua ujungnya, berbentuk datar atau menyudut, dan biasanya dibuat dari bahan grafit, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2 Potensiometer
(Sumber: www.leegundi.wordpress.com)

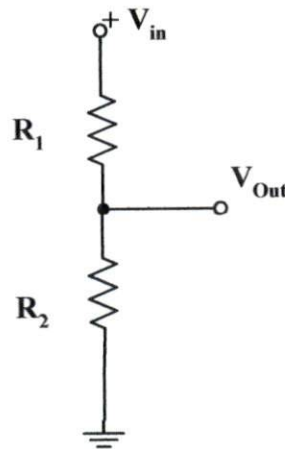
Pada potensiometer panel, terminal penyapu biasanya terletak di tengah kedua terminal elemen resistifnya. Untuk potensiometer putaran tunggal, penyapu biasanya bergerak kurang dari satu putaran penuh sepanjang kontak. Potensiometer putaran ganda juga ada, elemen resistifnya berupa pilinan dan penyapu yang bergerak 10 atau lebih banyak putaran untuk menyelesaikan siklus. Potensiometer putaran ganda biasanya dibuat dari unsur resistif konvensional yang sama dengan potensiometer putaran tunggal, sedangkan penyapu digerakkan melalui gir cacing.

Pada potensiometer geser linier, sebuah kendali geser digunakan sebagai ganti kendali putar. Unsur resistifnya adalah sebuah jalur persegi, bukan jalur

semi-lingkar seperti pada potensiometer putar. Potensiometer jenis ini sering digunakan pada peranti penyetel grafik, seperti ekualizer grafik.

2.2.3 Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian sensor pengukur sudut kemiringan, menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*potensial divider*) yang dikonfigurasi sebagai detektor. Rangkaian ini dapat dibuat berdasarkan skema seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian pembagi tegangan

Pada Gambar 2.3 terlihat dua buah resistor (R_1 dan R_2) dipasang seri pada rangkaian dengan tegangan masukan (V_{in}). Tegangan keluaran (V_{out}) pembagi tegangan diambil dari jalur rangkaian antara R_1 dan R_2 . Kombinasi nilai resistansi dua resistor (R_1 dan R_2) inilah yang menentukan tegangan keluaran dari rangkaian, seperti ditunjukkan pada Persamaan (2.2).

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (2.2)$$

Rangkaian pembagi tegangan dapat digunakan untuk mendukung sistem pengukuran, yaitu mengganti resistor (R_2) pada rangkaian dengan potensiometer. Dengan mengubah-ubah posisi potensiometer maka nilai tegangan keluaran yang diperoleh akan bervariasi.

2.2.4 ADC (*Analog to Digital Converter*) 0804

ADC (*Analog to Digital Converter*), yaitu rangkaian untuk mengubah tegangan analog pada masukan menjadi data dengan bit paralel pada keluaran. ADC 0804 merupakan salah satu ADC yang banyak digunakan untuk menghasilkan data 8 bit. Adapun metode pengukur tegangan cuplikan dan mengubahnya ke dalam sandi biner menggunakan metode pengubahan dengan tipe pembandingan langsung atau *successive approximation*.

Suatu sinyal keluaran yang berupa tegangan analog harus diubah ke suatu keluaran biner supaya mudah dimengerti. Untuk menghasilkan keluaran biner ini diperlukan suatu *converter* dalam hal ini ADC 0804 mampu melakukannya.

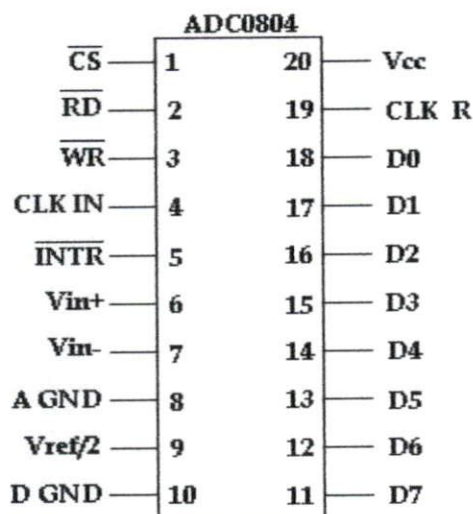
Untuk menentukan ADC yang digunakan dalam sistem akuisisi data ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

- a. Kecepatan konversi
- b. Resolusi
- c. Rentang masukan analog maksimum
- d. Jumlah kanal masukan

Pada ADC 0804 ini, terdapat dua jenis prinsip dalam melakukan konversi, yaitu *free running* dan *mode control*. Pada *mode free running*, ADC akan

mengeluarkan data hasil pembacaan *input* secara otomatis dan berkelanjutan (*continue*). Pada *mode* ini pin INTR akan berlogika rendah setelah ADC selesai melakukan konversi. Logika ini dihubungkan kepada masukan WR untuk memerintahkan ADC memulai konversi kembali.

Prinsip yang kedua yaitu *mode control*, pada *mode* ini ADC baru akan memulai konversi setelah diberi instruksi dari mikrokontroler. Instruksi ini dilakukan dengan memberikan pulsa rendah kepada masukan WR sesaat +1 ms, kemudian membaca keluaran data ADC setelah keluaran INTR berlogika rendah. Apabila konversi telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengirim sinyal selesai konversi yang berlogika rendah. Sisi turun sinyal ini akan menghasilkan data digital yang ekuivalen ke dalam *register buffer*. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekalipun akan dimulai siklus konversi yang baru. Bentuk pin pada IC ADC 0804 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bentuk pin pada IC ADC 0804
(Sumber: www.electronicsteacher.com)

Keterangan pada masing-masing pin IC ADC 0804 adalah :

1. Pin 1-3 (CS, RD, WR)

Masukan kontrol digital dengan level tegangan logika TTL. Pin CS dan RD jika tidak aktif maka keluaran digital akan berada pada keadaan impedansi tinggi. Pin WR bila dibuat aktif bersamaan dengan CS akan memulai konversi. Konversi akan riset bila WR dibuat tidak aktif. Konversi dimulai setelah WR berubah menjadi aktif.

2. Pin 4 dan 19 (*clock in* dan *clock R*)

Pin masukan dari rangkaian *schmit trigger*. Pin ini digunakan sebagai *clock* internal dengan menambah rangkaian RC.

3. Pin 5 (INTR) merupakan pin interupsi keluaran yang digunakan didalam sistem mikroprosesor. Pin 5 menunjukkan bahwa konversi telah selesai. Pin 5 akan mengeluarkan logika tinggi bila konversi dimulai dan mengeluarkan pin rendah bila konversi selesai.

4. Pin 6 dan 7 (*Vin (+)* dan *Vin (-)*)

Pin interupsi untuk masukan tegangan analog. *Vin (+)* dan *Vin (-)* adalah sinyal masukan differensial. *Vin (+)* digunakan untuk masukan positif jika *Vin (-)* dihubungkan *ground*.

5. Pin 8 dan 10 (AGND dan DGND)

Pin ini dihubungkan dengan *ground*.

6. Pin 9 ($V_{ref}/2$) merupakan pin masukan tegangan referensi yang digunakan sebagai referensi untuk tegangan masukan dari pin 6 dan 7.

7. Pin 11 sampai 18 (bus data 8 bit) merupakan jalur keluaran data digital 8 bit.

Pin 11 merupakan data MSB dan pin 18 merupakan data LSB.

8. Pin 20 (V+)

Pin ini dihubungkan ke VCC (5 volt).

Untuk operasi normal, ADC 0804 menggunakan $V_{cc} = +5$ Volt sebagai tegangan referensi. Dalam hal ini jangkauan masukan analog mulai dari 0 Volt sampai 5 Volt (skala penuh), karena IC ini adalah SAC 8-bit, resolusinya dapat diperoleh pada Persamaan (2.3).

$$\text{Resolusi} = \left[\frac{\text{tegangan skala penuh}}{2^n - 1} \right] = \frac{5 \text{ Volt}}{255} = 19,6 \text{ mVolt} \quad (2.3)$$

(n menyatakan jumlah bit output biner IC *analog to digital converter*).

2.2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan salah satu peralatan elektronika yang banyak digunakan untuk membuat suatu sistem kontrol, karena mikrokontroler dapat diprogram sesuai dengan alat yang akan kita buat. Mikrokontroler merupakan suatu IC yang di dalamnya berisi CPU (*Central Processing Unit*), ROM (*Read Only Memory*), RAM (*Random Acces Memory*), dan I/O (*Input/ Output*). Dengan adanya CPU tersebut maka mikrokontroler dapat melakukan proses berfikir berdasarkan program yang telah diberikan kepadanya.

1. CPU

CPU (*Central Processing Unit*) merupakan bagian utama dalam suatu mikrokontroler. CPU pada mikrokontroler ada yang berukuran 8 bit ada pula yang berukuran 16 bit. CPU ini akan membaca program yang tersimpan di dalam ROM dan melaksanakannya.

2. ROM

ROM (*Read Only Memory*) merupakan suatu memori (alat untuk mengingat) yang sifatnya hanya dibaca saja. Dengan demikian ROM tidak dapat ditulisi. Dalam dunia mikrokontroler ROM digunakan untuk menyimpan program bagi mikrokontroler tersebut. Program tersimpan dalam format biner ('0' atau '1'). Susunan bilangan biner tersebut bila telah terbaca oleh mikrokontroler akan memiliki arti tersendiri.

3. RAM

Berbeda dengan ROM, RAM (*Random Acces Memory*) adalah jenis memori selain dapat dibaca juga dapat ditulis berulang kali. Tentunya dalam pemakaian mikrokontroler ada semacam data yang bisa berubah pada saat mikrokontroler tersebut bekerja. Perubahan data tersebut tentunya juga akan tersimpan ke dalam memori. Isi pada RAM akan hilang jika catu daya listrik hilang.

4. Port I/O (*Input/ Output*)

Untuk berkomunikasi dengan dunia luar, maka mikrokontroler menggunakan terminal I/O (*port I/O*), yang digunakan untuk masukan atau keluaran.

2.2.6 Mikrokontroler AT89S51

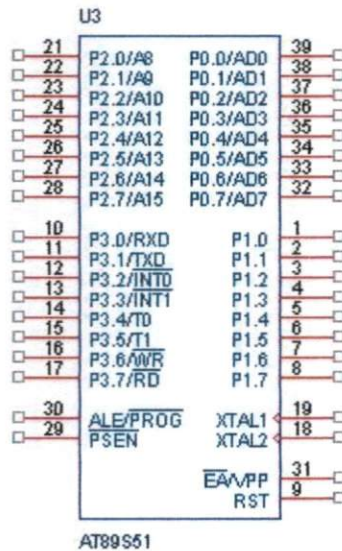
Mikrokontroler AT89S51 merupakan mikrokontroler keluarga MCS-51 dengan konfigurasi yang sama persis dengan AT89C51 yang cukup terkenal, hanya saja AT89S51 mempunyai fitur ISP (*In-System Programmable Flash Memory*). Fitur ini memungkinkan mikrokontroler dapat diprogram langsung dalam suatu sistem elektronik tanpa melalui *programmer board* atau *downloader board*. Mikrokontroler dapat diprogram langsung melalui kabel ISP yang dihubungkan dengan paralel *port* pada suatu Personal Personal Komputer.

Adapun fitur yang dimiliki Mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut :

1. Sebuah CPU (*Central Processing Unit*) 8 bit yang termasuk keluarga MCS51.
2. Osilator internal dan rangkaian pewaktu, RAM internal 128 *byte* (*on chip*).
3. Empat buah *programmable port I/O*, masing-masing terdiri atas 8 jalur I/O.
4. Dua buah *timer counter* 16 bit.
5. Lima buah jalur interupsi (2 interupsi external dan 3 interupsi internal).
6. Sebuah port serial dengan kontrol serial *full duplex* UART.
7. Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian dan operasi Boolean.

8. Kecepatan pelaksanaan instruksi per siklus 1 mikrodetik pada frekuensi *clock* 12 MHz.
9. 4 Kbytes *flash* ROM yang dapat diisi dan dihapus sampai 1000 kali.
10. *In-System Programmable Flash Memory*.

Dengan keistimewaan dari mikrokontroler ini, pembuatan alat menggunakan AT89S51 menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak. Mikrokontroler AT89S51 memiliki pin berjumlah 40 dan umumnya dikemas dalam DIP (*Dual Inline Package*), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51
(Sumber: www.mikrokontroller03-bsi.blogspot.com)

Masing-masing pin pada mikrokontroler AT89S51 mempunyai kegunaan sebagai berikut:

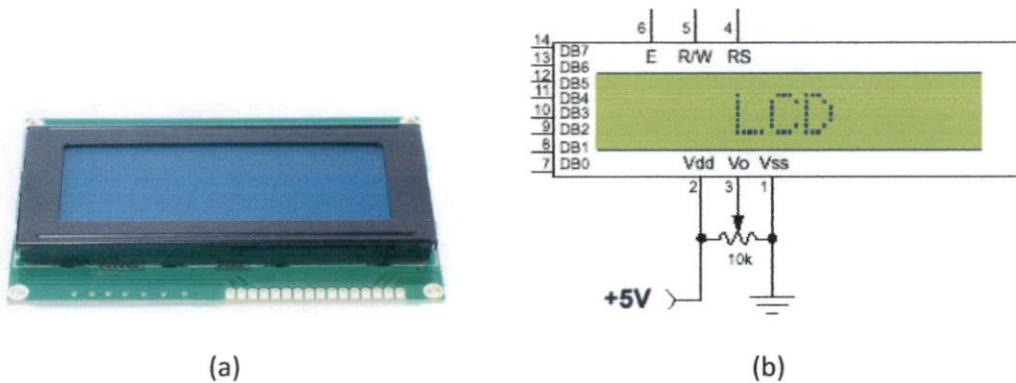
1. *Port 0* merupakan *port* dua fungsi yang berada pada pin 32-39 dari AT89S51. Untuk rancangan yang lebih kompleks dengan melibatkan memori eksternal, jalur ini dimultiplek untuk bus data dan bus alamat.
2. *Port 1* disediakan sebagai *port I/O* dan berada pada pin 1-8. Beberapa pin pada *port* ini memiliki fungsi khusus yaitu P1.5 (MOSI), P1.6 (MISO), P1.7 (SCK) yang digunakan untuk jalur *download* program.
3. *Port 2* (pin 21-28) merupakan *port* dua fungsi yaitu sebagai *I/O* serbaguna, atau sebagai bus alamat *byte* tinggi untuk rancangan yang melibatkan memori eksternal.
4. *Port 3* adalah *port* dua fungsi yang berada pada pin 10-17, *port* ini memiliki multi-fungsi, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Port 3* AT89S51

Port Pin	Fungsi Alternatif
P3.0	RXD (<i>serial input port</i>)
P3.1	TXD (<i>serial output port</i>)
P3.2	INT0 (<i>external interrupt 0</i>)
P3.3	INT1 (<i>external interrupt 1</i>)
P3.4	T0 (<i>timer 0 external input</i>)
P3.5	T1 (<i>timer 1 external input</i>)
P3.6	WR (<i>external data memory write strobe</i>)
P3.7	RD (<i>external data memory read strobe</i>)

2.2.7 LCD M1632

LCD M1632 merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka. Bentuk fisik dari modul LCD 2 x 16 karakter dapat dilihat dari Gambar 2.6.



Gambar 2.6 (a) Bentuk fisik LCD 2 x 16, dan (b) skematiknya
(Sumber: www.indorobotika.com)

Adapun tataletak kaki (*pin-out*) LCD M1632, yaitu sebagai berikut:

1. Delapan kaki data (D0-D7)

Kedelapan kaki data LCD, baik kaki data maupun kaki perintah (*command*), bersifat dua-arah (*bi-directional*). Karakter *alphanumeric* (huruf dan/atau angka) dikirim dalam bentuk (*format*) ASCII.

2. RS (*Register Select*)

Kaki RS = 0 digunakan untuk memilih Register Perintah (*Command Register*)

Kaki RS = 1 digunakan untuk memilih Register Data (*Data Register*).

3. R/W (*Read* atau *Write*)

Kaki R/W = 0 berarti untuk perintah tulis (*write*) dan R/W = 1 untuk perintah baca (*read*).

4. E (*Enable* atau *Latch data*)

Kaki E (atau sering juga ditulis: EN) digunakan untuk menjalankan atau menahan (*latch*) data yang muncul/tiba di kaki-kaki data. Sinyal tepi-turun (*a high-to-low edge*) dibutuhkan untuk menahan data tersebut.

Ketika menulis (baca: mengirim data) ke LCD, maka data tersebut ditransfer hanya pada saat transisi sinyal dari *high* ke *low*. Namun, ketika membaca (menerima data) dari LCD, maka data tersebut diterima setelah transisi dari *low* ke *high* dan akan tetap tersimpan di memori hingga sinyal tsb turun ke *low* lagi.

Display Data RAM (DDRAM)

Display data RAM (DDRAM) merupakan tempat dimana pemrogram mengirimkan karakter-karakter (dalam bentuk kode ASCII) yang ingin ditampilkan di layar LCD. DDRAM menyimpan data tampilan yang direpresentasikan dalam kode-kode karakter 8-bit. Kapasitas DDRAM adalah 80 karakter (*byte*). Gambar 2.7 memperlihatkan tataletak alamat DDRAM LCD 2x16.

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	+ Character position (dec.)															
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27	+ Row0 DDRAM address (hex)															
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67	+ Row1 DDRAM address (hex)															

Gambar 2.7 Tataletak alamat DDRAM LCD 2x16

Pada peta memori di atas, daerah yang dihitamkan adalah penampil yang dapat dilihat (untuk penampil 16x2). Untuk kalimat-kalimat baris pertama (untuk 15 karakter pertama) adalah dari 00h hingga 0Fh. Tetapi untuk baris kedua, alamat karakter pertamanya adalah 40h dan seterusnya hingga 4Fh untuk karakter ke-16. Jadi, jika teks ingin ditampilkan pada posisi tertentu pada LCD, maka pemrogram perlu mengatur alamat dan kemudian men-set posisi kursornya.

Character Generator RAM (CGRAM)

Pada CGRAM, pemrogram dapat mendefinisikan pola karakter (huruf/angka) yang diinginkan melalui program yang dirancangnya. CGRAM berukuran 64 byte, yang memungkinkan pemrogram mendefinisikan delapan pola karakter 5*8 pixel.

Register

LCD HD44780 memiliki dua register 8-bit, sebuah register instruksi (IR) dan sebuah register data (DR). IR berfungsi untuk menyimpan kode-kode instruksi (program). DR berfungsi untuk menyimpan sementara data yang hendak ditulis (dimasukkan) ke DDRAM atau CGRAM dan secara sementara pula menyimpan data yang hendak dibaca dari DDRAM atau CGRAM. Data yang ditulis ke DR secara otomatis ditulis ke dalam DDRAM atau CGRAM oleh suatu operasi internal. Kedua register ini dapat dipilih dengan menggunakan sinyal pemilih register (*the register selector signal*, RS), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.

Pemilihan Register		
RS	R/W	Operasi
0	0	IR menulis (<i>write</i>) sebagai operasi internal (mengosongkan layar, dan lain lain.)
0	1	<i>Read busy flag</i> (DB7) dan pencacah alamat (DB0 to DB6)
1	0	DR menulis (<i>write</i>) sebagai operasi internal (dari DR ke DDRAM atau CGRAM)
1	1	DR membaca (<i>read</i>) sebagai operasi internal (dari DDRAM atau CGRAM ke DR)

Gambar 2.8 Kode untuk memilih register

Busy Flag (BF)

Ketika "*busy flag*" bernilai 1, berarti LCD berada dalam modus operasi internal, dan instruksi berikutnya tidak akan diterima. Ketika $RS = 0$ dan $R/W = 1$ (lihat gambar di atas), maka sinyal yang menandakan LCD sedang sibuk ini ("*the busy flag*") dikirim ke DB7 (MSB-nya data bus LCD). Instruksi berikutnya baru dapat ditulis setelah pasti bahwa "*the busy flag*" bernilai 0.

Men-set Posisi Kursor (Alamat DDRAM)

Untuk menampilkan teks pada posisi tertentu di LCD, maka alamatnya perlu diatur dan posisi kursor di-*set* sesuai dengan yang diinginkan. Untuk menampilkan teks "CARLES" dalam pesan "Hi CARLES" pada sudut kanan baris pertama, maka penulisan karakter harus dimulai dari karakter ke10. Jadi, mengacu pada tabel (Gambar 2.7), maka alamatnya adalah $80h+0Ah= 8Ah$.

Interfacing LCD ke Mikrokontroler 8051

LCD M1632 memerlukan 3 saluran kontrol dan juga 4 atau 8 saluran I/O untuk bus data. Pengguna bisa memilih apakah LCD tersebut akan dioperasikan dengan bus data 4-bit atau bus data 8-bit. Jika kita menggunakan bus data 4-bit, maka LCD akan membutuhkan (total) 7 saluran data. Jika kita menggunakan bus data 8-bit, maka LCD akan membutuhkan (total) 11 saluran data.

Ada tiga saluran kontrolnya yaitu **EN**, **RS**, dan **RW**. Perhatikan bahwa saluran EN haruslah dibuat *high/low* sebelum/setelah masing-masing instruksi dikirim ke LCD, tak peduli apakah instruksi tsb merupakan instruksi baca atau tulis, teks atau instruksi lainnya. Singkat kata, kita harus selalu mengatur (*manipulate*) EN ketika berkomunikasi dengan LCD. EN merupakan cara LCD mengetahui apa yang kita perintahkan kepadanya. Jika kita tidak menaikkan (*raise*)/menurunkan (*lower*) logika tegangan EN, LCD tidak tahu bahwa kita sedang berkomunikasi dengannya pada saluran-saluran lainnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah metode rancang-bangun alat. Metode ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), perakitan komponen, dan pengujian alat.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika Universitas Andalas, dimulai dari bulan Februari 2011 sampai dengan bulan Juni 2011.

3.2 Alat, Bahan, dan Komponen

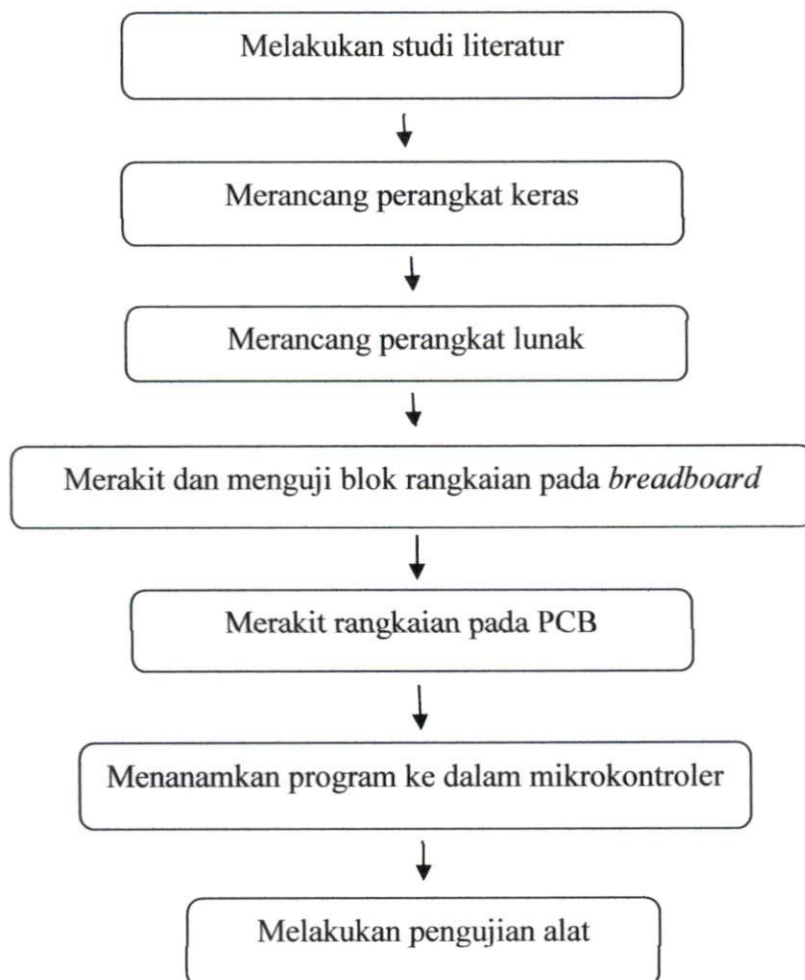
Penelitian ini direncanakan akan menggunakan sejumlah alat, bahan, dan komponen, antara lain:

1. Multimeter digital: untuk mengukur resistansi, tegangan, dan arus.
2. PC (*personal computer*): untuk menulis dan meng-*compile* program.
3. *Downloader*: untuk menanamkan program.
4. *Breadboard*: untuk pengujian awal blok rangkaian.
5. Solder dan timah solder: untuk melekatkan komponen pada PCB.

6. Potensiometer, ADC, mikrokontroler AT89S51, dan LCD.
7. Transformator, resistor, kapasitor, diode, dan IC regulator.
8. Pelarut tembaga (FeCl_3) dan kertas amplas.

3.3 Tatalaksana Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan tahapan kerja seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir tatalaksana penelitian

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem alat ukur sudut kemiringan ini dilakukan berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan pada Bab I, dengan urutan sebagai berikut:

1. Merancang diagram blok sistem pengukuran sudut kemiringan.
2. Merancang sistem sensor yang (dianggap) cocok untuk mengonversi besaran sudut kemiringan menjadi besaran elektrik.
3. Merancang rangkaian pengkondisi sinyal agar besaran elektrik tersebut dapat diolah oleh mikrokontroler.
4. Merancang rangkaian sistem minimum mikrokontroler agar piranti (*device*) ini dapat bekerja.
5. Merancang rangkaian sistem penampil (dalam hal ini: LCD) agar dapat menampilkan hasil pengukuran.

1. Perancangan Diagram Blok Sistem

Perancangan diagram blok sistem dilakukan untuk memberikan gambaran menyeluruh (namun singkat) tentang sistem yang akan dibangun. Untuk sistem pengukuran sudut kemiringan ini, diagram blok-nya terdiri dari beberapa blok utama, yaitu blok sistem sensor sudut, blok rangkaian pengkondisi sinyal, blok rangkaian sistem minimum mikrokontroler, dan blok sistem penampil, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.



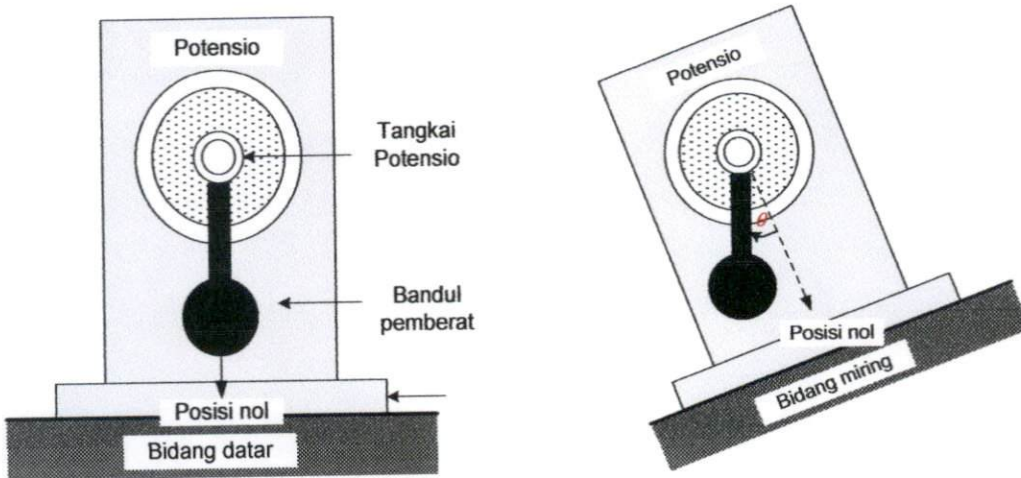
Gambar 3.2 Diagram blok sistem pengukuran sudut kemiringan

Sudut kemiringan obyek (misalnya kemiringan lantai) diindera (*sensed*) dengan sistem sensor sudut. Sinyal keluaran sistem sensor ini berupa tegangan dc. Sinyal ini tentu saja tidak dapat diolah langsung oleh mikrokontroler. Oleh sebab itu diperlukan suatu rangkaian pengkondisi sinyal, yaitu ADC, untuk mengonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Sinyal digital ini kemudian diumpankan ke mikrokontroler untuk diolah menjadi data hasil pengukuran sudut (dalam bentuk angka desimal) yang akan ditampilkan oleh LCD.

2. Perancangan Sistem Sensor

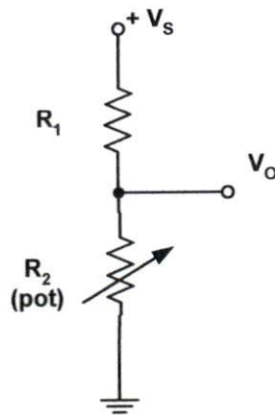
Dari Gambar 3.2 terlihat bahwa ujung tombak suatu sistem pengukuran adalah sensor. Sensorlah yang akan mengonversi besaran fisis (dalam hal ini: sudut kemiringan) menjadi besaran listrik (dalam hal ini: tegangan). Dalam penelitian ini digunakan potensiometer (disingkat “potensio”) sebagai elemen sensor yang akan mengindera perubahan sudut yang terjadi. Sebuah bandul pemutar dilekatkan kuat pada tangkai potensio untuk memutar tangkai tersebut agar selalu mengarah ke pusat bumi (sebagai konsekuensi gaya berat bandul). Posisi nol sudut kemiringan diatur sedemikian rupa sehingga resistansi potensio bernilai nol ketika alas dudukan potensio tersebut berada pada bidang datar. Ketika alas dudukannya terletak pada bidang miring, maka gaya berat bandul

pemutar akan memutar tangkai potensio sebesar sudut kemiringan bidang yang diukur, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Dudukan potensio dan bandul pemutar.

Dengan demikian, resistansi potensio berubah dengan berubahnya sudut kemiringan. Semakin besar sudut kemiringan, makin besar resistansi potensio tersebut. Agar dapat diolah secara digital, perubahan resistansi ini harus dikonversi menjadi perubahan tegangan dengan cara menempatkan potensio pada salah satu lengan rangkaian pembagi tegangan sehingga membentuk sebuah sistem sensor sudut, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4.



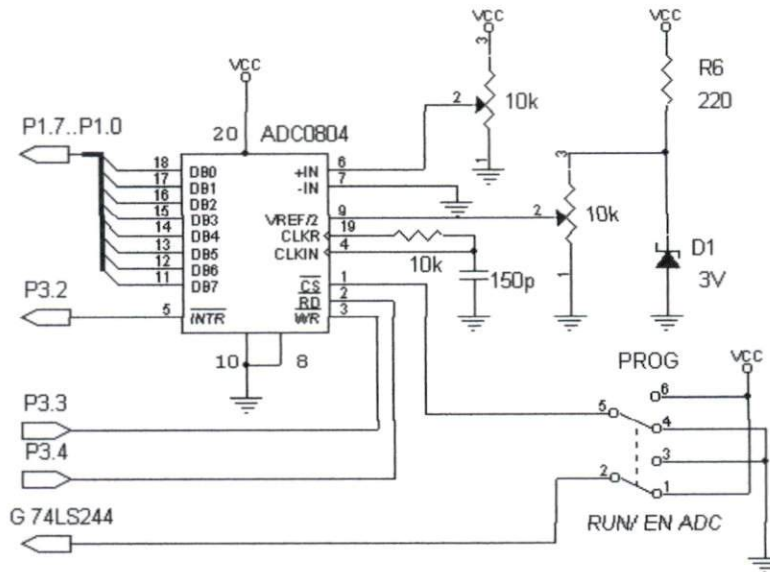
Gambar 3.4 Potensiometer dalam rangkaian pembagi tegangan

Sinyal keluaran sistem sensor ini masih berupa tegangan analog. Agar dapat diolah oleh mikrokontroler, sinyal ini harus dikondisikan terlebih dahulu, yaitu dengan mengonversinya menjadi sinyal digital menggunakan ADC.

3. Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Dalam perancangan rangkaian pengkondisi sinyal ini, ADC0804 dioperasikan dalam modus *free running* dengan menghubungkan kaki WR ke kaki INT. Tegangan analog yang merupakan sinyal masukan diterapkan ke kaki (pin) 6 IC tersebut dan hasilnya (dalam bentuk digital) dikeluarkan pada kaki 11 (D7) hingga kaki 18 (D0). Agar *chip* tersebut selalu dalam keadaan “dapat dijalankan” (*enabled*), maka kaki 1 (*Chip Select*, CS), kaki 2 (*Read*, RD), dan kaki 7 (V_{in-}) harus dihubungkan ke *ground*. Pada ADC0804 sudah terdapat sebuah osilator internal. Namun, agar dapat bekerja, ADC ini memerlukan sebuah resistor dan kapasitor eksternal. Untuk itu sebuah kapasitor 150 pF dari kaki 4

(clock in) dihubungkan ke ground dan resistor 10 kΩ dari kaki 4 ke kaki 19 (clock R), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.5.



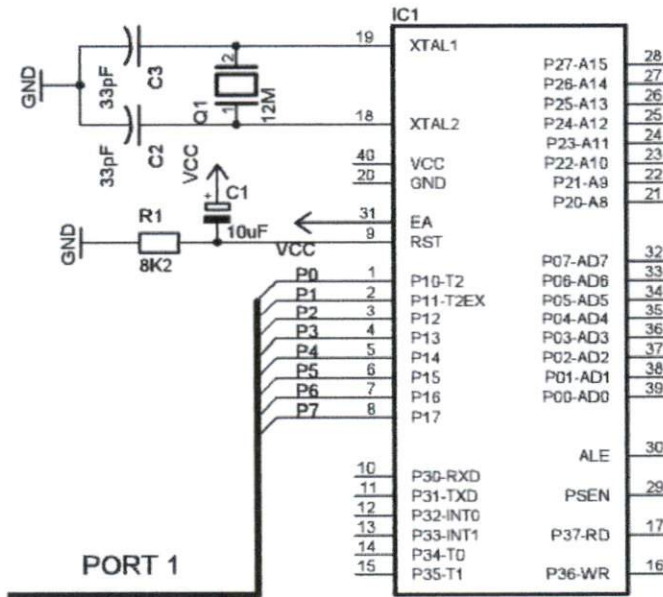
Gambar 3.5 Rangkaian ADC0804
(Sumber: www.mytutorialcafe.com)

Sinyal digital yang dihasilkan ADC0804 kemudian diumpungkan ke mikrokontroler melalui port 1 (P1.0 – P1.7).

4. Perancangan Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

Agar dapat menjalankan tugasnya sebagai pengolah data masukan dari ADC dan sebagai pengontrol sistem secara keseluruhan, mikrokontroler harus diberi beberapa komponen tambahan berupa komponen-komponen diskrit. Komponen-komponen tambahan itu antara lain: sebuah osilator kristal 12 MHz, dua buah kapasitor keramik 33 pF, sebuah kapasitor elektrolit (elco) 10 μF/16 V, resistor 10 kΩ dan resistor 330 Ω, dan sebuah saklar tekan (untuk reset).

Komponen-komponen ini kemudian dirakit sehingga membentuk sebuah sistem minimum mikrokontroler, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6.

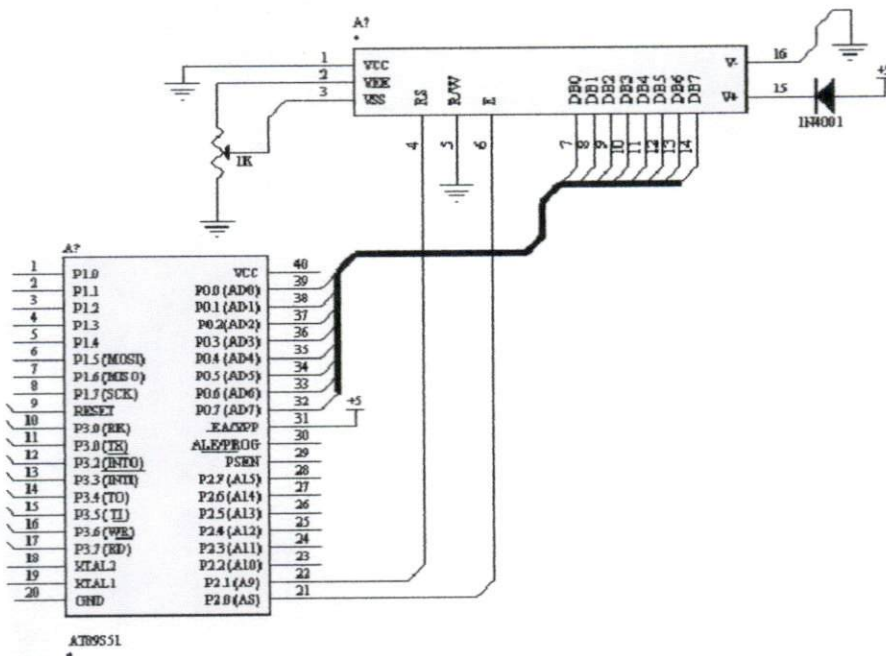


Gambar 3.6 Rangkaian sistem minimum ISP MCS-51
(Sumber: www.lh5.ggpht.com)

5. Perancangan Rangkaian Sistem Penampil

Display karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS, dan RW: Jalur EN dinamakan *enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD bahwa sebuah data sedang dikirimkan. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program EN harus dibuat logika “0” (*low*) dan “1” (*set*) pada dua jalur kontrol yang lain, yaitu RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika “1” dan tunggu untuk selama waktu tertentu (sesuai dengan *datasheet* dari LCD tersebut) dan berikutnya set EN ke logika *low* “0” lagi.

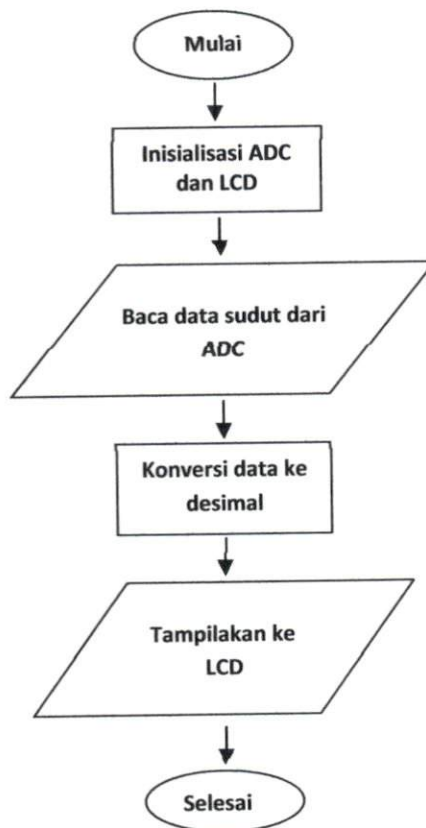
Jalur RS adalah jalur *register select*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor, dll). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data *text* yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diset logika *high* “1”. Jalur RW adalah jalur kontrol *read/write*. Ketika RW berlogika *low* (0), maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* “1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Bentuk rangkaian dari LCD dapat dilihat dari Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian LCD LM1632
(Sumber: www.ejournal.unud.ac.id)

3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Untuk menjalankan suatu sistem pengukuran elektronik berbasis mikrokontroler diperlukan suatu urutan instruksi yang disebut program, dan untuk memudahkan penyusunan program tersebut maka diperlukan perancangan diagram alir program. Diagram alir program untuk sistem alat ukur ini ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram alir program sistem pengukuran sudut.

Berdasarkan diagram alir tersebut kemudian disusun instruksi-instruksi secara berurutan, sistematis, dan logis sehingga dapat “dimengerti” dan dilaksanakan oleh mikrokontroler.

3.3.3 Pengujian Blok Rangkaian pada *Breadboard*

Pengujian blok rangkaian pada *breadboard* dilakukan untuk memastikan bekerja-tidaknya blok rangkaian yang dirancang tersebut. Pengujian dengan *breadboard* memungkinkan rangkaian diubah (diganti, ditambah, dikurangi, ataupun divariasikan) dengan mudah tanpa menggunakan solder, sehingga resiko kerusakan komponen akibat panas (ketika menggunakan solder) dapat dihindari.

3.3.4 Perancangan dan Pembuatan PCB

PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan papan rangkaian dengan jalur-jalur konduktor dari bahan tembaga yang tercetak pada papan tersebut. Secara sederhana, perancangan dan pembuatannya dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Gambar tata letak (*layout*) komponen rangkaian serta jalur-jalur penghubungnya dirancang dengan menggunakan program Eagle.
2. Gambar tersebut kemudian dicetak (*printed*), lalu di-fotokopi-kan ke plastik transparan.
3. Bagian kasar plastik bergambar ini kemudian ditempelkan ke permukaan tembaga PCB “kosong” yang telah disiapkan sebelumnya.
4. Bagian atas plastik (bagian yang licin) dilapisi dengan sehelai kertas, lalu disetrika sampai tinta fotokopi yang terdapat pada plastik benar-benar menempel/ melekat pada permukaan lapisan tembaga PCB.
5. Ditunggu beberapa saat sampai PCB yang masih berlapis kertas dan plastik itu mendingin seperti semula. Lalu, kertas dan plastik dilepaskan dari PCB. Hasil setrikaan kemudian diperiksa: jika ada jalur yang putus, maka jalur tersebut disambung dengan menggunakan spidol khusus PCB.

6. PCB yang telah siap dimasukkan ke dalam bejana plastik berisi larutan feriklorida (FeCl_3). Larutan ini dibuat dengan cara memasukkan serbuk feriklorida ke dalam bejana yang telah berisi air hangat secukupnya. Bahan kimia ini berfungsi untuk melarutkan tembaga yang tidak tertutupi gambar jalur rangkaian tersebut.
7. Bejana berisi larutan dan PCB itu kemudian digoyang-goyangkan beberapa saat sampai lapisan tembaga yang tidak tertutupi gambar terlepas seluruhnya.
8. PCB diangkat dari bejana dengan menggunakan penjepit dari bahan kayu (agar larutan feriklorida tidak mengenai tangan), lalu PCB dikeringkan dengan kain usang, dan dibersihkan dengan kertas amplas.
9. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap jalur-jalur konduktor yang telah terbentuk itu dengan menggunakan *buzzer* multimeter; jika masih ada jalur yang terputus, maka jalur itu disambungkan dengan timah. Sebaliknya, jika ada jalur yang tak seharusnya terhubung, maka jalur tersebut dipotong/dikikis dengan pisau (*cutter*).
10. Terakhir, PCB dilubangi dengan bor (bor tangan atau mesin bor PCB) pada tempat-tempat tertentu (kaki-kaki komponen), sesuai gambar rangkaian.

3.3.5 Perakitan Rangkaian pada PCB

Setelah dipastikan bahwa blok rangkaian dapat bekerja dengan baik pada *breadboard*, rangkaian tersebut kemudian dipindahkan ke PCB yang telah dipersiapkan sebelumnya. Selanjutnya, blok-blok rangkaian ini disolder dengan hati-hati, dimulai dari komponen-komponen yang relatif lebih tahan terhadap

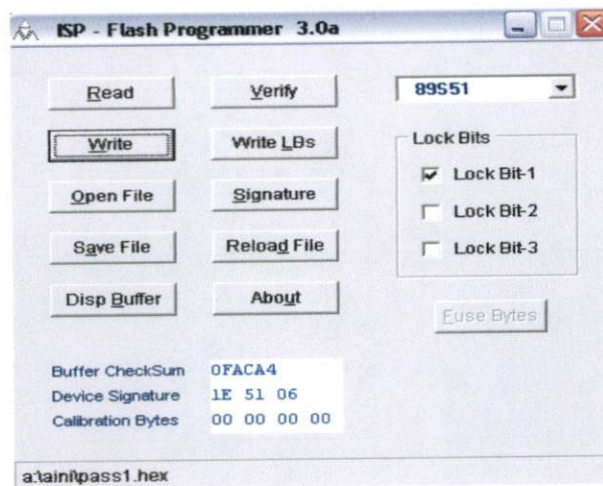
panas timah/ solder. Untuk komponen-komponen yang rentan terhadap panas (seperti mikrokontroler, ADC, dan sebagainya) penyolderan cukup dilakukan terhadap *socket*-nya saja. (Artinya, komponen-komponen ini harus diberi *socket* atau tempat dudukan komponen).

3.3.6 Penanaman Program

Program sistem pengukuran ini ditulis dalam bahasa pemrograman C dengan menggunakan perangkat-lunak M-IDE51 atau READS51. Program yang telah selesai dibuat selanjutnya di-*compile* ke bentuk “.hex” atau “.bin”, dan ditanamkan ke mikrokontroler dengan menggunakan perangkat-lunak AEC-ISP melalui kabel *downloader*.

Proses penanaman program ke mikrokontroler:

1. Mikrokontroler dipasang pada *socket* yang telah tersedia di rangkaian *downloader*.
2. Rangkaian dihubungkan ke PC dengan kabel *downloader* (kabel DB25).
3. Rangkaian diberi catudaya +5V sehingga LED pada rangkaian *downloader* menyala.
4. Perangkat-lunak AEC-ISP dijalankan sehingga muncul tampilan seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Tampilan AEC-ISP *Flash Programmer*

5. Tentukan tipe mikrokontroler yang kita gunakan dengan cara memilih tipe mikrokontroler yang tersedia pada perangkat lunak itu, misalnya: AT89S51.
6. Klik tombol *signature* untuk menandai apakah rangkaian sudah terhubung ke PC.
7. Setelah rangkaian terhubung dengan baik, klik tombol *open file* untuk memilih format program yang akan ditanamkan ke mikrokontroler. Secara *default*, *ISP Programmer* akan menampilkan program dengan file berekstensi “.hex”.
8. Klik tombol *write* untuk menuliskan program ke mikrokontroler. Tunggu hingga muncul kotak *Verify OK*. Jika belum berhasil, ulangi atau periksa kembali kemungkinan kesalahan pada rangkaian.
9. Setelah proses penulisan/penanaman program selesai, klik tombol *Verify* untuk memastikan bahwa penanaman program telah berhasil dilakukan.

3.3.7 Pengujian Alat

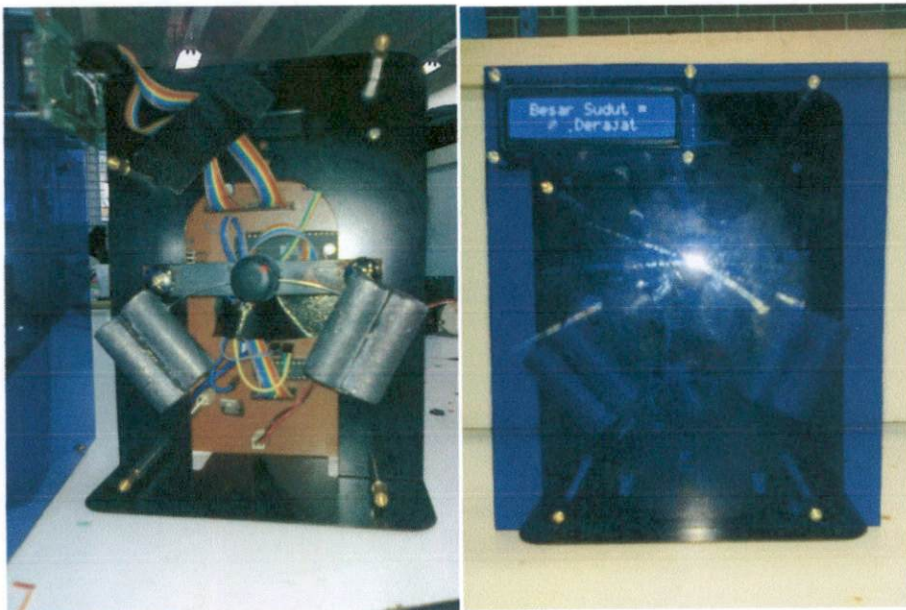
Proses pengujian alat dilakukan sebagai berikut:

1. Dibuat suatu bidang miring (dari selembar papan) yang bidang kemiringannya dapat divariasikan.
2. Alat ukur hasil penelitian ini diletakkan di atas bidang miring yang sudut kemiringannya sudah ditentukan terlebih dahulu dengan busur derajat (jika tidak diperoleh alat ukur acuan yang lebih memadai), kemudian dicatat hasil pengukuran yang diperoleh dari alat ukur yang dibuat tersebut.
3. Proses pada butir 2 ini diulangi untuk beberapa variasi sudut yang lain dalam rentang 0° hingga 90° .
4. Hasil pengukuran di atas kemudian dibandingkan untuk mendapatkan persentase penyimpangan hasil ukur alat yang dibuat terhadap alat ukur acuan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua tahapan rancang-bangun yang direncanakan pada BAB III selesai dilakukan, maka hasilnya diuji untuk mengetahui kinerja sistem alat ukur sudut kemiringan ini (Gambar 4.1) dan dianalisis untuk menjelaskan hal-hal yang terkait dengan hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut. Pengujian ini terdiri atas pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak.



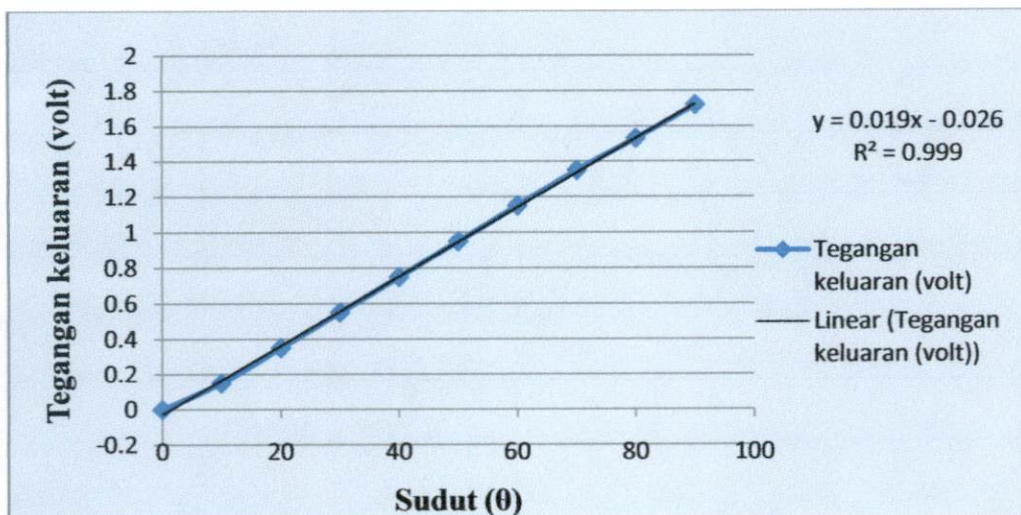
(a)

(b)

Gambar 4.1 Alat ukur sudut kemiringan berbasis mikrokontroler AT89S51 (a) sebelum dan (b) setelah diberi *casing*.

4.1 Hasil Pengujian Sistem Sensor

Pengujian awal dilakukan terhadap potensiometer sebagai sensor sudut. Dari pengujian terhadap beberapa potensiometer diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa tidak semua potensiometer mempunyai linieritas yang baik terhadap besar sudut putarnya. Dengan menguji beberapa potensiometer dan melihat linieritasnya, maka pada penelitian ini dipilih potensiometer 5 k Ω sebagai elemen sensor untuk sistem pengukuran sudut. Dengan menggunakan baterai 9 V yang diregulasi dengan menggunakan IC 7805 maka diperoleh sumber catu daya 5 V untuk mencatu rangkaian sistem sensor, ADC, mikrokontroler, dan LCD. Berdasarkan prinsip pembagi tegangan dan dengan memutar potensio mulai dari 0 $^{\circ}$ sampai dengan 270 $^{\circ}$ maka diperoleh hasil pengujian tegangan keluaran potensiometer ini terhadap variasi sudut tersebut seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1. Data lengkap hasil pengukuran ini diperlihatkan pada Lampiran A.1.

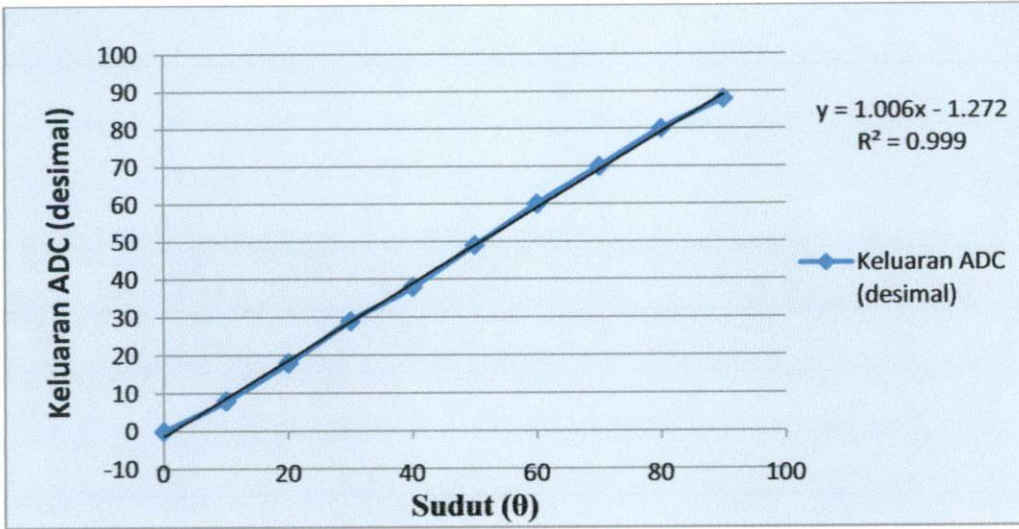


Gambar 4.2 Grafik tegangan keluaran terhadap sudut putar sensor

Dari grafik hubungan antara sudut potensio (θ) dengan tegangan keluaran diperoleh persamaan $y = 0.019x - 0.026$, dengan y adalah tegangan (volt) dan x adalah sudut (θ). Fungsi transfer tersebut memperlihatkan bahwa tegangan keluaran sensor potensiometer sebanding dengan besar sudut putarannya. Hal ini ditunjukkan dengan derajat korelasi linier grafik yang cukup baik, yaitu $R^2 = 0.999$. Berdasarkan fungsi tersebut dapat diketahui bahwa sensitivitas rangkaian sensor ini adalah 0.019 V/derajat, dengan *offset* sebesar -0.026 V yang menunjukkan bahwa pada saat sudut putar potensiometer sama dengan 0° sudah ada tegangan keluarannya.

4.2 Hasil Pengujian ADC 0804

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan masukan dari rangkaian sensor (yang diberi catu 5 V) ke ADC. Dengan mengambil beberapa nilai/besar sudut (mulai dari 0° sampai dengan 270°), diperoleh nilai keluaran ADC (dalam bentuk biner) yang terbaca pada tampilan 8 buah LED yang dihubungkan ke kaki-kaki keluaran ADC tersebut. Hasil pengujian ADC 0804 ini seperti diperlihatkan pada Gambar 4.2. Data lengkap hasil pengukuran ini diperlihatkan pada Lampiran A.2.



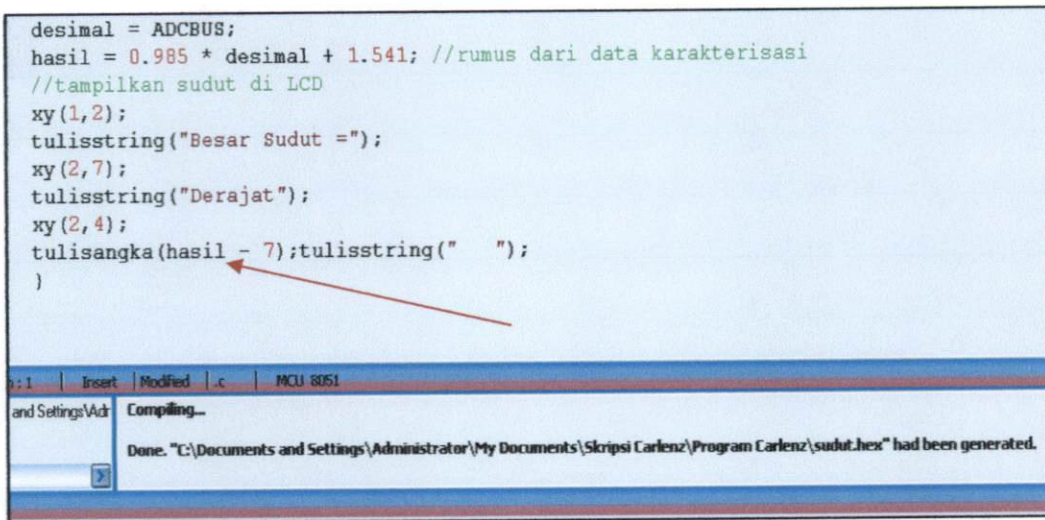
Gambar 4.3 Grafik keluaran ADC (desimal) terhadap sudut potensio.

Grafik di atas memperlihatkan fungsi hubungan antara besar sudut pada sensor potensio dengan data keluaran ADC (desimal), yaitu $y = 1.006x - 1.272$, dengan y adalah data ADC (desimal) dan x adalah besar sudut (θ). Fungsi transfer tersebut memperlihatkan bahwa data keluaran ADC sebanding dengan besar sudut putaran potensio. Hal ini terlihat pada nilai derajat korelasi linier grafik yang cukup baik, yaitu $R^2 = 0.999$, dengan *offset* sebesar -1.272 yang menunjukkan bahwa pada saat sudut putar potensiometer sama dengan 0° sudah ada nilai keluaran dari ADC 0804.

4.3 Pengujian Program

Pengujian program dilakukan dengan cara baca data ADC yang disesuaikan dengan besar sudut pada sensor potensiometer. Pada saat pengujian program, terjadi ketidak-linieran antara besar sudut sensor dengan keluaran ADC pada rentang sudut 0° sampai 7° . Hal ini menyebabkan besar sudut yang

ditampilkan pada LCD tidak akurat, sehingga penulis memperbaiki ulang program dengan mengurangi hasil dengan angka 7 untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.4.



```
desimal = ADCBUS;
hasil = 0.985 * desimal + 1.541; //rumus dari data karakterisasi
//tampilkan sudut di LCD
xy(1,2);
tulisstring("Besar Sudut =");
xy(2,7);
tulisstring("Derajat");
xy(2,4);
tulisangka(hasil - 7);tulisstring(" ");
}
```

Done. "C:\Documents and Settings\Administrator\My Documents\Skrpsi Carlenz\Program Carlenz\sudut.hex" had been generated.

Gambar 4.4 Tampilan program pada MIDE-51.

4.4 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan meletakkan alat ukur sudut yang telah selesai dirancang-bangun tersebut pada suatu bidang miring yang sudut kemiringannya dapat diatur/diubah-ubah. Sebagai alat ukur pembanding digunakan busur derajat, dan besar sudut kemiringan bidang yang diuji adalah antara 0° sampai 90° . Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian secara keseluruhan

Pembacaan besar sudut pada		Kesalahan relatif (%)
Busur Derajat	LCD	
0°	0°	0
5°	5°	0
10°	10°	0
15°	15°	0
20°	20°	0
25°	25°	0
30°	30°	0
35°	35°	0
40°	40°	0
45°	45°	0
50°	50°	0
55°	55°	0
60°	60°	0
65°	65°	0
70°	70°	0
75°	75°	0
79°	80°	1.266
84°	85°	1.191
89°	90°	1.124

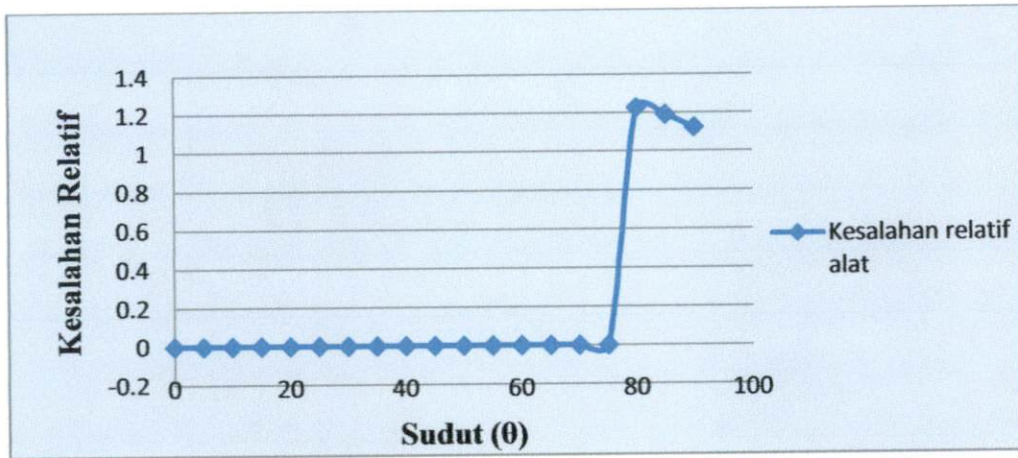
Berdasarkan Tabel 4.3 tampak bahwa alat ukur sudut yang telah dirancang pada penelitian ini cukup baik dalam rentang pengukuran sudut antara 0° hingga 75°. Di atas rentang tersebut nilai pengukurannya mengalami penyimpangan bila dibandingkan dengan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh busur derajat.

4.5 Kesalahan Relatif Sistem Pengukuran

Untuk mengetahui kesalahan relatif dari sistem pengukuran ini digunakan Persamaan (4.1).

$$\text{Kesalahan relatif (\%)} = \frac{\text{Sudut pada LCD} - \text{Sudut Pada busur}}{\text{Sudut pada busur}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Kesalahan relatif pada sistem pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kesalahan relatif sistem pengukuran.

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa kesalahan relatif maksimum pengukuran yang terbesar adalah pada pengukuran 80° , yaitu sebesar 1.226 %. Hal ini disebabkan karena linieritas sensor maupun ADC memiliki keterbatasan tertentu (berhingga).

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan analisis yang telah dilakukan dari keseluruhan proses pembuatan tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Potensiometer 5 k Ω dapat digunakan sebagai sensor sudut.
2. Sistem alat ukur sudut kemiringan berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan sensor potensiometer 5 k Ω dan penampil LCD yang diprogram dengan bahasa C telah berhasil dibuat dan dapat bekerja dengan baik dalam rentang pengukuran 0 $^{\circ}$ hingga 75 $^{\circ}$. Di atas rentang tersebut nilai pengukurannya mengalami penyimpangan sebesar 1 $^{\circ}$ bila dibandingkan dengan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh busur derajat.
3. Fungsi transfer tegangan keluaran system sensor pada alat ukur sudut ini adalah $y = 0,018x - 0,003$ volt, dengan sensitivitas sebesar 0,018 V/derajat dan *offset* sebesar 0,003 V.
4. Kesalahan relatif maksimum alat ukur ini (dibandingkan dengan busur derajat) adalah 1,226 %.
5. Alat ini bersifat *portable* dengan menggunakan sumber tegangan DC dari sebuah baterai 9 volt dan dilengkapi dengan saklar *on/off* untuk mengoperasikannya.

6. Alat ini juga dapat dioperasikan dengan menggunakan sumber tegangan PLN (220 VAC) yang telah diubah menjadi catu daya 5 VDC sebagai alternatif.

5.2 Saran

Perlu dipikirkan agar alat ukur sudut kemiringan ini dapat menampilkan hasil pengukuran yang selain akurat juga presisi (dengan menampilkan satu atau dua angka di belakang koma) dengan menggunakan potensiometer yang lebih sensitif.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Asriani, 2007, *Pembuatan Sistem Pengukuran Sudut Kemiringan Bidang Menggunakan Mikrokontroler AT89S51*, Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Fisika Universitas Diponegoro Semarang
- Barmawi, Malvino, 1985, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Carr, J.J., 1993, *Sensor and Circuits*, PTR Prentice Hall, Inc., Englewood Cliff, New Jersey
- Coletta, V.P., 1995, *College Physics*, Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, Missouri.
- Fraden, J, 1996, *Modern Sensors*, AIP Press, California
- Nalwan, P.A., 2003, *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta
- Wildian, 2008, *Diktat Mikrokontroler*, Jurusan Fisika Universitas Andalas Padang
- <http://ejournal.unud.ac.id/budiastra.pdf>, diakses 14 Februari 2011
- <http://leegundi.wordpress.com/resistor/>, diakses 3 Februari 2011
- <http://lh5.ggpht.com>, diakses 14 Februari 2011
- <http://mikrokontroller03-bsi.blogspot.com>, diakses 14 Februari
- <http://www.electronicsteacher.com/tutorial/data-collection.php>, diakses 15 April 2011
- <http://www.indorobotika.com/display-lcd-2x16>, diakses 15 April 2011
- <http://www.mytutorialcafe.com/image/gambar51.gif>, diakses 15 April 2011

Lampiran A. Data Karakterisasi Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Potensiometer.

A.1 Tabel hasil pengujian sistem sensor

Besar Sudut	Resistansi (Ω)	Tegangan Keluaran (volt)
0	0	0
2	0.05	0.02
4	0.11	0.04
6	0.16	0.08
8	0.18	0.11
10	0.21	0.15
12	0.25	0.18
14	0.3	0.23
16	0.34	0.27
18	0.39	0.31
20	0.43	0.35
22	0.46	0.39
24	0.5	0.42
26	0.54	0.47
28	0.57	0.5
30	0.63	0.55
32	0.65	0.59
34	0.71	0.63
36	0.74	0.67
38	0.79	0.71
40	0.83	0.75
42	0.88	0.8
44	0.91	0.83
46	0.95	0.87
48	1	0.91
50	1.05	0.95
52	1.08	0.99
54	1.12	1.03
56	1.16	1.07
58	1.2	1.12
60	1.28	1.15
62	1.3	1.19
64	1.33	1.23
66	1.36	1.27
68	1.4	1.31
70	1.43	1.35

Besar Sudut	Resistansi (Ω)	Tegangan Keluaran (volt)
72	1.47	1.39
74	1.51	1.42
76	1.57	1.47
78	1.6	1.5
80	1.63	1.53
82	1.67	1.58
84	1.71	1.61
86	1.75	1.65
88	1.79	1.69
90	1.81	1.72
100	2	1.9
110	2.19	2.08
120	2.35	2.25
130	2.55	2.43
140	2.73	2.61
150	2.91	2.79
160	3.08	2.97
170	3.28	3.15
180	3.48	3.34
190	3.67	3.52
200	3.86	3.72
210	4.07	3.92
220	4.29	4.13
230	4.48	4.33
240	4.7	4.54
250	4.9	4.74
260	5.11	4.95
270	5.15	5

A.2 Tabel hasil pengujian ADC 0804

Besar Sudut	Keluaran ADC	
	Biner	Desimal
0	0	0
2	1	1
4	11	3
6	101	5
8	110	6
10	1000	8
12	1010	10
14	1101	13
16	1110	14
18	10000	16
20	10010	18
22	10100	20
24	10110	22
26	11001	25
28	11011	27
30	11101	29
32	11111	31
34	100001	33
36	100011	35
38	100101	37
40	100111	39
42	101001	41
44	101011	43
46	101101	45
48	101111	47
50	110001	49
52	110011	51
54	110101	53
56	111000	56
58	111010	58
60	111100	60
62	111110	62
64	1000000	64
66	1000010	66
68	1000100	68
70	1000110	70
72	1001000	72
74	1001001	73
76	1001100	76
78	1001110	78
80	1010000	80

Besar Sudut	Keluaran ADC	
	Biner	Desimal
82	1010001	81
84	1010011	83
86	1010101	85
88	1010111	87
90	1011000	88
100	1100010	98
110	1101011	107
120	1110100	116
130	1111101	125
140	10000110	134
150	10001111	143
160	10011000	152
170	10100001	161
180	10101011	171
190	10110100	180
200	10111110	190
210	11001000	200
220	11010011	211
230	11011101	221
240	11100111	231
250	11110010	242
260	11111101	253
270	11111111	255

Lampiran B. Skema Lengkap Alat Ukur Sudut Kemiringan Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Menggunakan Sensor Potensiometer.

