# RANCANG BANGUN SENSOR EXTENSOMETER ELEKTRIS SEBAGAI PENDETEKSI PERGESERAN PERMUKAAN TANAH DAN SISTEM AKUISISI DATA PADA KOMPUTER

**(Skripsi)**

**Oleh**

**LISNAWATI**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS LAMPUNG**
**BANDAR LAMPUNG**
**2012**

# ABSTRAK

## RANCANG BANGUN SENSOR EXTENSOMETER ELEKTRIS SEBAGAI PENDETEKSI PERGESERAN PERMUKAAN TANAH DAN SISTEM AKUISISI DATA PADA KOMPUTER

**Oleh**

**LISNAWATI**

Dalam penelitian ini, kami merancang sensor extensometer dengan menggunakan potensiometer multiturn 10kΩ. Perangkat keras terdiri atas sistem sensor, rangkaian pengkondisian sinyal, sistem antarmuka komputer dan notebook. Perangkat lunak yang digunakan sebagai pengendali sistem akuisisi data pada komputer adalah program *Visual Basic 6.0* dan sistem antarmuka komputer menggunakan komunikasi serial. Sistem akuisisi ini dilengkapi dengan database *microsoft access* jika extensometer digeser sekitar 5mm, karakteristik extensometer menghasilkan nilai hambatan sebesar ±67Ω. Rentang tegangan output dari extensometer adalah 0,016*volt* hingga 4,800*volt* dengan pergeseran yang dapat terdeteksi antara 0 sampai 140mm. Sensitivitas extensometer adalah 34mV/mm dan sensor dapat mendeteksi adanya pergeseran lateral permukaan tanah dalam orde milimeter (mm).



Kata kunci: extensometer, potensiometer multiturn, sistem akuisisi.

## ABSTRACT

## DESIGN OF ELECTRICAL EXTENSOMETER SENSOR AS A DETECTOR OF SHIFTS SURFACE SOIL AND DATA ACQUISITION SYSTEM TO COMPUTER

**By**

**LISNAWATI**

In this research, we have designed the extensometer transducer by using 10Kohm multiturn potentiometer. The realixed hardware system consists of transducer system, signal conditioning circuit, interfacing system and notebook computer. The software system used as data acquisition driver is Visual *Basic 6.0*, and the interfacing communication to computer is in serial system. The acquisition system is completed by database microsoft access. The independent characterization of extensometer in resistance value is $\pm 67\Omega$ if the extensometer displaced for about 5mm. The output range of extensometer in voltage is 0,016 to 4,800 V that corresponds to the displacement of 0 to 140mm. The sensitivity of extensometer is 34mV/mm, and the transducer will be easily to detect the lateral displacement in order of mm.



Keywords: extensometer, multiturn potentiometer, acquisition system.

# RANCANG BANGUN SENSOR EXTENSOMETER ELEKTRIS SEBAGAI PENDETEKSI PERGESERAN PERMUKAAN TANAH DAN SISTEM AKUISISI DATA PADA KOMPUTER

**Oleh**

*LISNAWATI*

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
Sarjana Sains

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS LAMPUNG**
**BANDAR LAMPUNG**
**2012**

| | |
|---|---|
| Judul Sripsi | : **RANCANG BANGUN SENSOR EXTENSOMETER ELEKTRIS SEBAGAI PENDETEKSI PERGESERAN TANAH DAN SISTEM AKUISISI DATA PADA KOMPUTER** |
| Nama Mahasiswa | : **Lisnawati** |
| Nomor Pokok Mahasiswa | : 0717041043 |
| Jurusan | : Fisika |
| Fakultas | : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam |

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

| | |
|---|---|
| **Dr. Warsito, D.E.A.** | **Sri Wahyu Suciyati, M.Si.** |
| NIP. 19710212 199512 1 001 | NIP. 19710829 199703 2 001 |

2. Ketua Jurusan Fisika

**Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.**
NIP. 19631228 198610 2 001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

| | | |
|---|---|---|
| Ketua | : **Dr. Warsito, D.E.A.** | ..... |
| Sekretaris | : **Sri Wahyu Suciyati, M.Si.** | ..... |
| Penguji BukanPembimbing | : **Gurum Ahmad Pauzi, M.T.** | ..... |

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**Prof. Suharso, Ph.D.**
NIP. 19690530 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian : 29 Mei 2012

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Mei 2012

Lisnawati
NPM. 0717041043

# *RIWAYAT HIDUP*

*Penulis dilahirkan di desa Mengandungsari, Lampung Timur pada 06 Juni 1989, anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Musni dan Ibu Samiyem.*

*Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 6 Mengandungsari pada tahun 2001, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SLTP MUH I Sek-Udik Lam-Tim pada tahun 2004 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA MUH I Sek-Udik Lam-Tim pada tahun 2007. Pada tahun 2007, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru (SPMB). Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi Asisten praktikum Fisika Dasar I dan II pada tahun 2009-2010. Asisten praktikum Elektronika Dasar I pada tahun 2009. Asisten praktikum Bahasa Asembler dan Pemkom pada tahun 2010. Asisten praktikum Sensor dan Pengkondisi Sinyal dan praktikum Mikrokontroler pada tahun 2011. Penulis pernah aktif di kegiatan organisasi kemahasiswaan HIMAFI (Himpunan Mahasiswa Fisika) periode 2008 – 2009 sebagai anggota KRT. Penulis juga mengikuti berbagai kegiatan seperti seminar dan workshop. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPF LIPI} Serpong pada tahun 2011, dengan judul "Pembuatan dan Pengujian Rangkaian Sensor Ekstensometer Elektris sebagai Pendeteksi Pergeseran Tanah" dan menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan judul "Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris Sebagai Pendeteksi Pergeseran Tanah Dan Sistem Akuisisi Data Pada Komputer".*

# *PERSEMBAHAN*

*Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT, karya kecil ini kupersembahkan untuk*

***Bapak dan Ibuku tercinta,,***
*Terima kasih atas kesabaran dan kasih sayang serta dukungan moral dan materi yang telah diberikan*

***Kakakku Mbak Win dan Mbak Tik,,***
*Terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.*

***Bapak-Ibu guru serta Bapak-Ibu dosen,,***
*Terima kasih atas bekal ilmu pengetahuan dan budi pekerti yang telah ditanamkan.*

***Para sahabat dan teman-teman seperjuangan,,***
*Terima kasih untuk kerjasama yang telah kita lalui.*

***Seseorang yang selalu mengerti,,***
*Terimakasih untuk doa, motivasi, pengorbanan dan ketulusan yang diberikan*

*dan*

*Almamaterku Tercinta "**Universitas Lampung**"*

# *MOTTO*

*"Mimpi Adalah Kunci Untuk Kita Menaklukkan Dunia"*

*---Laskar Pelangi---*

*"Success is a state of mind. If you want success, start thinking of yourself as a success"*

*(Dr. Joyce Brothers)*

*Perjalanan sejauh apapun dimulai dengan satu langkah pertama. Tanpa mengambil langkah pertama tersebut, perjalanan tidak akan bisa dimulai.*

*~ Chinese Proverb ~*

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kesempatan serta kesabaran kepada Penulis, sehingga dapat menulis dan menyelesaikan Skripsi ini. Skripsi ini berjudul "*Rancang Bangun Sensor Extensometer Elektris Sebagai Pendeteksi Pergeseran Permukaan Tanah dan Sistem Akuisisi Data pada Komputer"* sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Skripsi ini menjelaskan karakteristik dan kegunaan sensor extensometer elektris untuk mendeteksi pergeseran permukaan tanah serta antarmuka atau akuisisi data ke komputer melalui jalur komunikasi serial USB.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna dan masih terdapat kekurangan, sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun sangat dinantikan. Akhir kata Penulis sampaikan, "selamat membaca dan mempelajari skripsi ini dengan sebaik-baiknya, semoga tulisan yang sederhana ini berguna dan bermanfaat bagi kita semua". Amin.

Bandar Lampung, Mei 2012

Penulis

## SANWACANA

***Assalamu'alaikum Wr.Wb***

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan pencipta langit dan bumi serta penguasa semesta alam, karena atas kuasa-Nya penulis masih diberi kesempatan untuk mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Suharso, Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
2. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Fisika.
3. Bapak Dr. Warsito, D.E.A. selaku Pembimbing I.
4. Ibu Sri Wahyu Suciyati, M.Si. selaku Pembimbing II.
5. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, M.T. selaku dosen Penguji dan Pembimbing Akademik.
6. Para Dosen dan Karyawan di Jurusan Fisika FMIPA Unila.
7. Teman-teman serta Sahabat seperjuanganku: Arin, Aan, Fikri, Richa, Fitri, Yuyun, Lia, Dian, Nevi, Windhini, Echa, Ali, Kak Hendro, Mbak Yani, Mbak Taru dan teman-teman yang lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu serta semua pihak yang telah membantu penulis selama penelitian ini.

Semoga Allah senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta memberkahi hidup kita. Amin.

***Wassalamu'alaikum Wr.Wb***

## DAFTAR ISI

Halaman

**DAFTAR ISI** ..... **i**

**DAFTAR TABEL** ..... **iii**

**DAFTAR GAMBAR** ..... **iv**

**I. PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang ..... 1
B. Rumusan Masalah ..... 3
C. Batasan Masalah ..... 3
D. Tujuan Penelitian ..... 4
E. Manfaat Penelitian ..... 4

**II. TINJAUAN PUSTAKA**

A. Tanah Longsor ..... 5
1. Jenis Tanah Longsor ..... 7
2. Gejala dan Penyebab Tanah Longsor ..... 8

B. Extensometer ..... 8
1. Cara Pemasangan Extensometer ..... 9
2. Cara Kerja Sistem ..... 10

C. Operational Amplifier (Op - Amp) ..... 11
1. Penguat *Inverting* ..... 12
2. Penguat *Non Inverting* ..... 12
3. *Buffer* ..... 13
4. LM358 ..... 13

D. Potensiometer ..... 14
1. Konstruksi Potensiometer ..... 16
2. Prinsip Kerja Potensiometer ..... 17

E. Sistem Akuisisi Data ..... 19
1. Sensor dan Transduser ..... 21
2. Pengkondisi Sinyal ..... 22

F. Mikrokontroler ATMega8535 ..... 22
1. Arsitektur ATMega8535 ..... 23
2. Konfigurasi Pin ATMega8535 ..... 24
3. Peta Memory ATmega8535 ..... 29
G. *Universal Serial Bus* (USB) ..... 30
1. Pengkabelan dan Konektor USB ..... 31
2. Proses yang Terjadi di USB ..... 32
H. Pemrograman C ..... 33
1. Tipe Data ..... 34
2. Konstanta dan Variabel ..... 34
3. Komentar ..... 35
4. Pengarah Preprosessor ..... 36
5. Pernyataan ..... 36
6. Operator Aritmatika ..... 36
7. Pernyataan If ..... 37
I. Pemrograman Visual Basic 6.0 ..... 38

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

A. Waktu dan Tempat Penelitian ..... 41
B. Alat dan Bahan ..... 41
C. Prosedur Penelitian ..... 42
1. Perancangan Perangkat Keras ..... 42
2. Perancangan Pengujian Sensor Extensometer ..... 48
3. Metode Pengambilan Data dan Analisis ..... 50
4. Perancangan Perangkat Lunak ..... 51

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian ..... 54
B. Pembahasan ..... 62
1. Analisis Perangkat Keras (*Hardware)* ..... 62
2. Analisis Perangkat Lunak *(Software)* ..... 73

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan ..... 80
B. Saran ..... 81

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

**Tabel** Halaman


2.1. Fungsi pin-pin port B ..... 27

2.2. Fungsi pin-pin port C ..... 28

2.3. Fungsi pin-pin port D ..... 28

2.4. Keterangan warna kabel USB ..... 32

2.5. Tipe-tipe data dalam bahasa C ..... 34

2.6. Operator aritmatika ..... 37

3.1. Data pengujian hasil rancangan alat secara keseluruhan..... 50

4.1 Data pengujian hambatan potensiometer ..... 58

4.2 Data pengujian tegangan keluaran sensor extensometer elektris..... 60

4.3 Data pengujian alat secara keseluruhan ..... 61

## DAFTAR GAMBAR

**Gambar** Halaman


2.1 Peristiwa tanah longsor ..... 6

2.2 Extensometer yang terpasang di daerah rawan longsor ..... 9

2.3 Skema pemasangan alat ..... 10

2.4 Simbol *Op-Amp* ..... 11

2.5 Penguat *inverting* ..... 12

2.6 Rangkaian penguat *Non-Inverting*. ..... 12

2.7 Rangkaian *buffer* ..... 13

2.8 Konfigurasi kaki-kaki IC LM358 ..... 14

2.9 Tipe potensiometer untuk pengukuran pergeseran ..... 15

2.10 Potensiometer *multiturn* ..... 16

2.11 Konstruksi dari potensiometer gulungan ..... 17

2.12 Prinsip dari potensiometer ..... 18

2.13 Sistem akuisisi data pada komputer pribadi (PC) ..... 20

2.14 Mikrokontroler ATMega8535 ..... 23

2.15 Blok diagram fungsional ATMega8535 ..... 24

2.16 Konfigurasi pin ATMega8535 ..... 25

2.17 Memori AVR ATMega8535 ..... 29

2.18 Penampang bagian dalam kabel USB ..... 31

2.19 Tipe konektor USB dan susunan kakinya ..... 32

2.20 Tampilan awal *Visual Basic 6.0*..... 39

2.21 Tampilan lembar kerja *Visual Basic 6.0* ..... 40

3.1 Diagram blok rancangan alat..... 42

3.2 Rangkaian catu daya..... 43

3.3 Blok rangkaian sensor pergeseran tanah ..... 44

3.4 Rangkaian pembagi tegangan..... 44

3.5 Blok rangkaian *buffer*..... 45

3.6 Blok rangkaian penguat *Non-Inverting*..... 46

3.7 Rangkaian keseluruhan sensor pergeseran tanah ..... 47

3.8 Rangkaian sistem minimum mikrokontroler..... 47

3.9 Desain dan perancangan pengujian sensor extensometer..... 49

3.10 Rancangan grafik uji pergeseran tanah ..... 51

3.11 Diagram alir penelitian..... 52

3.12 Diagram alir perancangan perangkat lunak pada PC ..... 53

4.1 Rangkaian sensor dan rangkaian *interfacing*..... 54

4.2 Desain sensor..... 56

4.3 Alat uji sensor extensometer elektris dan sistem akuisisi data..... 56

4.4 Grafik karakteristik potensiometer..... 63

4.5 Grafik hubungan tegangan keluaran sensor dan pergeseran ..... 65

4.6 Modul K-125R USB AVR programer ..... 69

4.7 Tampilan program *Visual Basic 6.0* pada komputer ..... 71

4.8 Karakteristik sistem sensor extensometer ..... 72

# I. PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Bencana alam dapat terjadi dimana saja dan kapan saja, kasus bencana alam yang sering terjadi di Indonesia adalah tanah longsor. Pada dasarnya kondisi tanah di sebagian wilayah Indonesia memang tergolong rawan longsor. Tanah longsor terjadi karena tidak kuatnya daya rekat antara lapisan tanah dengan berat tumpuan yang harus disangga. Tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah, seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan tanah besar. Longsor dibedakan dalam beberapa jenis diantaranya jatuhan, longsoran, rayapan dan aliran atau perpaduan diantaranya. Masing-masing jenis tersebut memiliki kecepatan aliran tanah yang berbeda-beda, oleh karena itu memerlukan penanganan yang berbeda.

Sistem yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan tanah terdiri atas extensometer elektris, inclinometer dan FBG stainmeter. Sensor FBG strainmeter untuk mendeteksi daya tekan antar lapisan tanah. Inclinometer untuk mendeteksi pergerakan relatif lapisan tanah. Sedangkan extensometer elektris untuk mendeteksi pergeseran permukaan tanah. Dalam penelitian ini kami membuat extensometer elektris yang dapat mendeteksi pergeseran permukaan tanah dalam orde millimeter. Extensometer ini digunakan untuk mendeteksi pergeseran tanah

(longsoran) jenis translasi. Extensometer elektris dapat direalisasikan menggunakan potensiometer yang saat ini banyak dimanfaatkan untuk alat ukur *water level* (Kanchi and Gosala, 2010; Vudivanich and Sriwongsa, 2011; Othman, 2008). Potensiometer multiturn merupakan komponen elektronika yang memiliki keakuratan cukup baik terhadap perubahan hambatan serta dengan harga yang terjangkau memungkinkan untuk direalisasikan sensor pergeseran tanah yang bekerja secara digital (Kanchi and Gosala, 2010).

Pada masa sekarang, manusia tidak lepas dari perangkat berbasis elektronika digital. Hampir seluruh aktivitas di segala bidang baik jasa, produksi, maupun rumah tangga sudah menggunakan komputer untuk mempermudah aktivitasnya. Kecanggihan dari komputer adalah pada bagian *software*. Hampir setiap tahun *software* terbaru bermunculan, didukung dengan teknologi *single chips microcontroller* menjadikan sistem antarmuka komputer menjadi lebih mudah dengan fasilitas-fasilitas internal yang semakin baik, diantaranya *ADC, UART, Timer/counter* dan lain-lain.

Sistem akuisisi data berkembang pesat sejalan dengan kemajuan di bidang teknologi digital dan komputer. Sistem akuisisi data yang ada pada umumnya menggunakan konektor *port* serial, paralel atau yang lain untuk antarmuka dengan komputer. Sedangkan laptop sekarang sudah sangat sulit untuk menemukan konektor yang disebut di atas dan rata-rata laptop keluaran baru hanya menyediakan konektor USB. Dengan alasan USB mudah digunakan dan mudah untuk masalah pamasangan ke komputer (Jhohi dan Yulianto, 2010). Selain itu kecepatan USB sangat tinggi, dapat mencapai 12 Mbps yang tentunya jauh lebih

cepat dibandingkan dengan port serial (DB9) dan port paralel yang ada saat ini (Setyanugroho, 2011). Melihat begitu banyaknya kegunaan akuisisi data dan masalah keterbatasan cara komunikasi ke komputer maka penulis merancang sebuah sistem akuisisi data yang berbasis mikrokontroler ATmega8535 sehingga dapat berkomunikasi dengan komputer melalui sarana komunikasi serial USB.

Yang dilakukan dalam penelitian ini adalah membuat dan menguji rangkaian sensor extensometer elektris dengan sistem akuisisi data pada komputer melalui port USB menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Mikrokontroler telah banyak digunakan dan diaplikasikan pada perangkat elektronika atau peralatan yang memerlukan pengendali secara otomatis. Bentuk penerapan tersebut juga dapat dibuat antarmuka perangkat keras dengan perangkat lunak menggunakan program *Visual Basic 6.0*, sehingga kita dapat mengetahui besar pergeseran tanah pada komputer.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dapat diperoleh rumusan masalah yaitu:

1. Memanfaatkan potensiometer multiturn sebagai sensor untuk mendeteksi pergeseran permukaan tanah.
2. Membuat program akuisisi data untuk menampilkan keluaran dari sensor ke komputer melalui port USB.

## C. Batasan Masalah

Untuk menghindari bahasan masalah menjadi lebih jauh, maka masalah dibatasi hanya untuk membahas:

1. Extensometer elektris digunakan untuk mendeteksi pergeseran permukaan tanah secara horizontal (longsoran translasi).
2. Alat ini dirancang untuk mendeteksi pergeseran tanah dengan resolusi 1 mm dan dapat mendeteksi hingga pergeseran 14 cm.
3. Alat ini dirancang menggunakan potensiometer multiturn sebagai sensornya.
4. Akuisisi data ke komputer melalui port USB menggunakan mikrokontroler ATmega8535.

## D. Tujuan Penelitian

Tujuan melakukan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membuat sensor extensometer sebagai pendeteksi pergeseran permukaan tanah (longsor) menggunakan potensiometer multiturn.
2. Membuat sistem akuisisi data ke komputer melalui port USB menggunakan mikrokontroler ATmega8535.
3. Menguji rangkaian sensor dan sistem akuisisi data pada komputer.

## E. Manfaat Penelitian

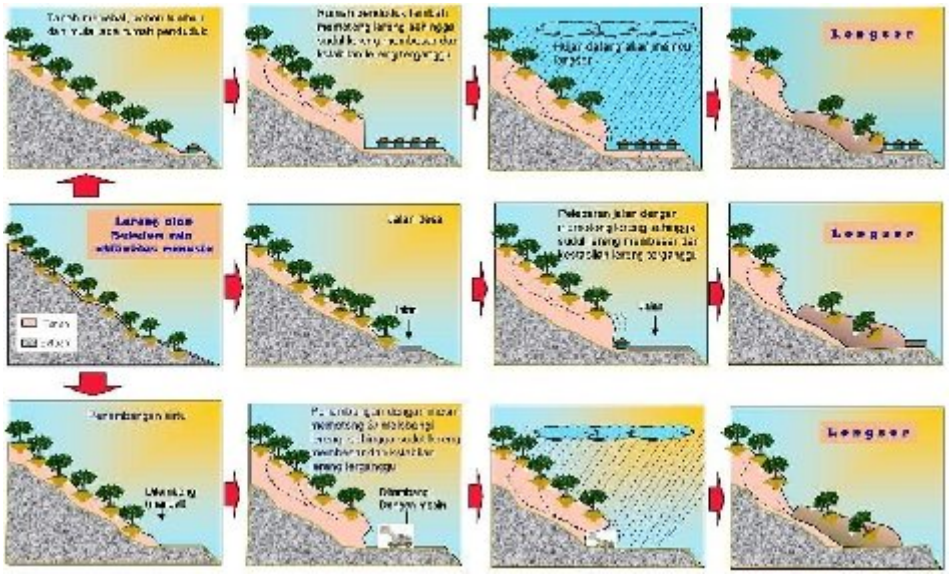
Manfaat pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Dapat membuat sensor extensometer dan mengetahui cara kerja sensor tersebut.
2. Dapat mengetahui dan membuat sistem akuisisi data ke komputer melalui port USB menggunakan mikrokontroler ATmega8535.

# II. TINJAUAN PUSTAKA

## A. Tanah Longsor

Pada awalnya gunung-gunung tersusun oleh bebatuan yang keras dan kompak. Tetapi karena kedudukan topografi, iklim dan organisme (vegetasi) maka bebatuan tersebut mengalami pelapukan berubah menjadi tanah yang akan terus menebal seiring dengan waktu. Perubahan batu menjadi tanah berarti terjadi perubahan sifat fisik yang awalnya sangat keras menjadi material yang lunak. Tanah akan terus menebal sampai batas kritisnya tanah akan jatuh dengan sendirinya sebagai tanah longsor. Terganggunya vegetasi hutan karena diubah menjadi lahan permukiman dan perubahan kemiringan lereng karena dipotong atau diurug serta curah hujan yang tinggi akan mempercepat terjadinya tanah longsor, seperti tampak pada Gambar 2.1. Manusia diciptakan dengan tugas awalnya mengelola dan menjaga keteraturan alam yang sudah ada, tetapi karena keserakahan dan kemiskinan terjadi perambahan di kawasan pegunungan yang semestinya tidak boleh dilakukan perubahan. Awalnya tanah longsor merupakan peristiwa alam biasa sebagai bagian dinamika bumi berubah dan menjadi bencana setelah ada aktivitas manusia di sekitarnya. Seiring datangnya hujan tanah-tanah pegunungan di seluruh wilayah Indonesia mulai berguguran dan tiap tahun intensitas longsor ini semakin membesar.




**Gambar 2.1** Peristiwa tanah longsor (Widodo, 2011).

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng (Iswanto dan Raharja, 2010). Gerakan tanah merupakan suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan massa tanah atau batuan penyusun lereng ke arah kaki lereng, akibat dari terganggunya kesetabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Jika massa yang bergerak ini didominasi oleh massa tanah dan gerakannya melalui bidang miring atau lekung, maka proses pergerakan tersebut disebut sebagai longsoran tanah. Berdasarkan definisi dan klasifikasi longsoran, maka disimpulkan bahwa gerakan tanah (*mass movement*) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Longsoran (*landslide*) merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas jatuhan (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*), nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak horizontal atau bentangan lateral (*lateral spread*), rayapan (*creep*) dan longsoran majemuk (Anonymous, 2011).

## 1. Jenis Tanah Longsor

Ada 6 jenis tanah longsor, yakni longsoran translasi, longsoran rotasi, pergerakan blok, runtuhan batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan. Jenis longsoran translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsoran yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

a. **Longsoran Translasi** adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.

b. **Longsoran Rotasi** adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.

c. **Pergerakan Blok** adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata.

d. **Runtuhan Batu** terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai.

e. **Rayapan Tanah** adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama, longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon atau rumah miring ke bawah**.**

f. **Aliran Bahan Rombakan** terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air serta jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

## 2. Gejala dan Penyebab Tanah Longsor

Gejala umum tanah longsor antara lain munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba, tebing rapuh dan kerikil mulai berjatuhan. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan (Pamungkas, 2008).

Menurut Hardiyatmo (2002) kelongsoran dapat disebabkan oleh hal-hal:

1. penambahan beban pada lereng,
2. penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng,
3. kemiringan lereng,
4. perubahan muka air secara cepat (*reapid drawdown*),
5. kenaikan tekanan lateral yang disebabkan oleh air (curah hujan),
6. getaran (akibat gempa bumi atau lalu lintas),
7. penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng dan tataguna lahan.

## B. Extensometer

Extensometer adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi besar kecil pergeseran permukaan tanah. Extensometer berfungsi sebagai alat pendeteksi dan pengukur adanya pergerakan ataupun pergeseran permukaan tanah dalam orde millimeter. Hal ini berguna untuk pengukuran regangan dan pengujian tarik. Namanya berasal dari "**meter ekstensi**" (Huston, 1879).

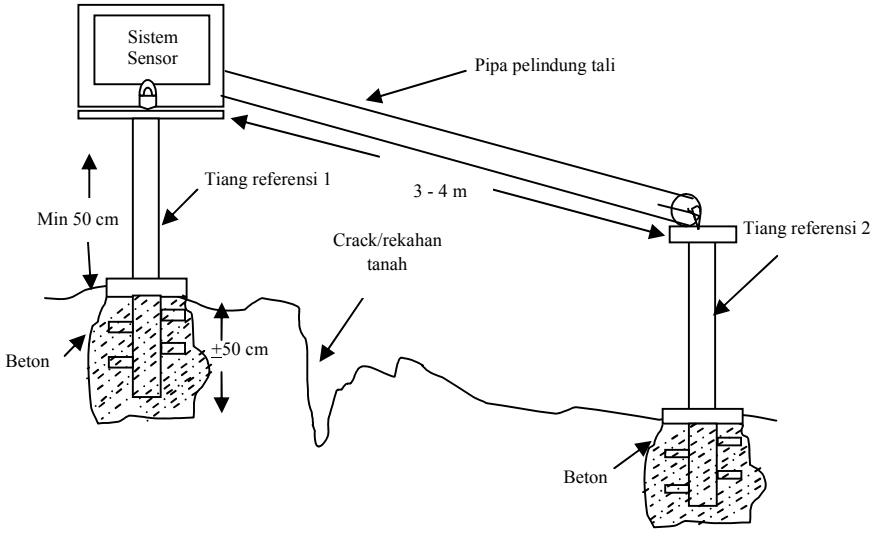
## 1. Cara Pemasangan Extensometer

Sensor extensometer ini dipakai untuk mengukur gerakan relatif dengan membandingkan perbedaan jarak antara 2 titik dengan akurasi pembacaan sekitar 1 mm. Alat ini dipasang pada lokasi retakan (*crack*) pada mahkota longsor primer maupun sekunder untuk memonitor *deformasi* permukaan di area tersebut. Alat ini dapat diatur untuk memicu bunyinya sirine setelah gerakan relatif mencapai suatu jarak tertentu. Pada salah satu titik akan dipasang anglemeter untuk memonitor kemiringan lereng akibat gerakan tanah. Sistem utama alat ini dilengkapi dengan box panel untuk menghindari pencurian dan melindungi alat dari air hujan, seperti terlihat pada Gambar 2.2 (Karnawati dan Fathani, 2008).

**Gambar 2.2** Extensometer yang terpasang di daerah rawan longsor (www.ews-ugm.com).

Cara pemasangan extensometer adalah sebagai berikut: pertama, tentukan dan pilih rekahan tanah yang akan dipasang ektensometer lalu tempatkan pada pondasi yang sudah dibuat. Kedua, tarik kawat ektensometer melintang tegak lurus rekahan yang akan dipantau dan kaitkan ke patok beton yang telah dibuat pada sisi seberang rekahan, seperti terlihat pada Gambar 2.3. Ketiga, hubungkan ke

*Logger* yang sudah ditempatkan pada kotak khusus lalu hubungkan dengan arus listrik atau alat pencatu daya *solar cell* atau *accu* (Djamal dan Hassan, 2008).




**Gambar 2.3** Skema pemasangan alat.

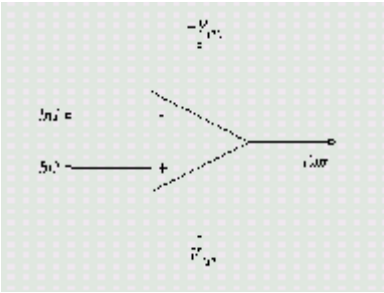
## 2. Cara Kerja Sistem

Data yang dipantau dari stasiun pemantau di lapangan selain disimpan dalam *Data Logger,* juga dikirim ke stasiun induk melalui *GSM Modem* dalam bentuk layanan pesan pendek *(SMS*), data dari lapangan diterima *Server* di stasiun induk yang disimpan dalam bentuk *data base* dalam *file server*, kemudian diproses oleh alat pemroses data agar dapat ditampilkan dalam layar tampilan atau *display* maupun telepon genggam. Apabila terjadi pergeseran rekahan tanah dan curah hujan yang sudah melampaui batas tertentu atau batas kritis yang sudah ditentukan secara otomatis akan mengaktifkan tanda alarm dan juga mengirim berita tanda ”WARNING” dalam bentuk *layanan pesan pendek* (*SMS*) kepada pengguna yang nomor HP-nya telah terdaftar dalam S*erver* di stasiun induk (Djamal dan Hassan, 2008).

## C. Operational Amplifier (Op - Amp)

Amplifier operasional (*operational amplifier*) atau biasa disebut IC *Op-Amp* adalah contoh dari IC analog. Penguatan pada *Op-Amp* merupakan penguatan yang sangat tinggi, sehingga perubahan kecil pada *input* akan mengakibatkan perubahan yang besar pada *output*. Perubahan ini disebabkan adanya kepekaan terhadap inputan, sehingga diperlukan umpan balik untuk mengurangi level kepekaan. Ada dua jenis umpan balik, yaitu umpan balik positif dan umpan balik negatif. Umpan balik negatif berfungsi untuk mengurangi penguatan, sedangkan umpan balik positif berfungsi untuk meningkatkan penguatan (Prihono, 2010).

Secara ideal *Op-Amp* memiliki impedansi masukan dan penguatan yang tidak berhingga serta impedansi keluaran sama dengan nol. Dalam prakteknya, *Op-Amp* memiliki impedansi masukan dan penguatan yang besar serta impedansi keluaran yang kecil. *Op-Amp* memiliki simbol seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.

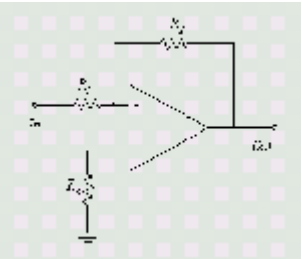


**Gambar 2.4** Simbol *Op-Amp.*

Secara garis besar, terdapat 4 pin utama dari *Op-Amp*, yaitu masukan *inverting* (tanda minus), masukan noninverting (tanda plus), masukan tegangan positif, masukan tegangan negatif dan pin keluaran. Di samping pin tersebut terdapat satu pin untuk *adjustment.*

## 1. Penguat *Inverting*

Rangkaian penguat *inverting* ditunjukan pada Gambar 2.5. Penguat ini memiliki ciri khusus yaitu sinyal keluaran memiliki beda fasa sebesar $180^o$. Rangkaian pada Gambar 2.5 menggunakan sumber tegangan simetri yaitu $+V_{CC}$, $-V_{CC}$ dan ground.



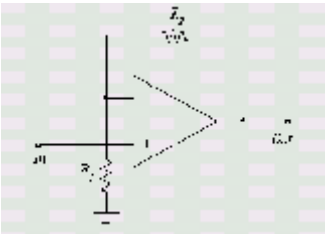
**Gambar 2.5** Penguat *inverting.*

Penguatan rangkaian penguat *inverting* adalah berdasar pada persamaan berikut:

$$= - \quad - \qquad \text{.....} \qquad (2.1)$$

## 2. Penguat *Non-Inverting*

Penguat *non-inverting* memiliki ciri khusus yaitu sinyal output adalah sefasa dengan sinyal masukan. Rangkaian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



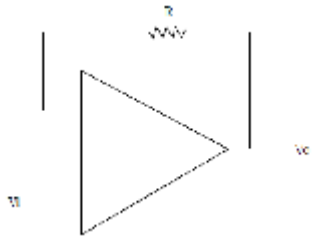
**Gambar 2.6** Rangkaian penguat *Non-Inverting.*

Penguatan dari rangkaian penguat jenis ini adalah berdasarkan pada persamaan (2.2) berikut:

$$= \quad \frac{\quad}{\quad} \qquad \text{.....} \qquad (2.2)$$

### 3. *Buffer*

Rangkaian *buffer* adalah rangkaian yang inputnya sama dengan hasil outputnya. Dalam hal ini seperti rangkaian *common colector* yaitu berpenguatan 1 (satu). Rangkaiannya seperti pada Gambar 2.7.

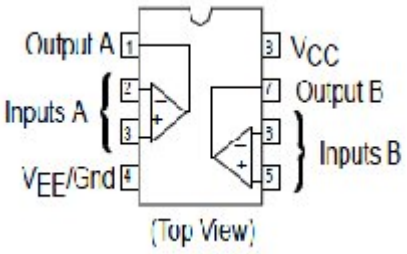


**Gambar 2.7** Rangkaian *buffer*.

Nilai R yang terpasang gunanya untuk membatasi arus yang dikeluarkan. Besar nilainya tergantung dari indikasi dari komponennya, biasanya tidak dipasang alias arus dimaksimalkan sesuai dengan kemampuan *Op-Amp*-nya (Edisantoso, 2009).

### 4. LM358

LM358 merupakan rangkaian terintegrasi yang memiliki dua penguat operasional. *Op-Amp* jenis LM358 berfungsi sebagai penguat penyangga untuk memperoleh peningkatan daya sinyal masukan sehingga diperoleh sinyal cukup kuat untuk mendorong penguat berikutnya. LM358 cukup sederhana yaitu 1 chip memuat 2 *Op-Amp* dan tidak memerlukan ofset. LM358 terdiri dari empat masukan, memiliki faktor penguatan yang besar dan frekuensi internal yang berubah-ubah. LM358 didesain secara spesifik untuk beroperasi dari sebuah power supplay melalui sebuah range tegangan. Susunan kaki IC LM358 dapat dilihat pada Gambar 2.8.




**Gambar 2.8** Konfigurasi kaki-kaki IC LM358.

Menurut Hughes (1990), IC LM358 ini memiliki spesifikasi:

**a.** Frekuensi internal yang dapat diubah penguatannya.

**b.** Penguatan tegangan yang besar (100dB).

**c.** Memiliki besar range tegangan antara 3 – 32 V.

**d.** Arus bias input rendah (20 nA).

**e.** Arus offset input rendah (2nA).

**f.** Tegangan offset input rendah (2 mV).

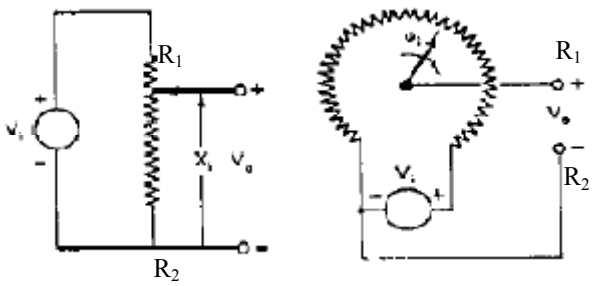
**g.** Tegangan output besar, sampai (Vcc – 1,5 V).

## D. Potensiometer

Potensiometer adalah resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan yang dapat disetel. Jika hanya dua terminal yang digunakan (salah satu terminal tetap dan terminal geser), potensiometer berperan sebagai resistor variabel atau *rheostat*. (Chandra dan Arifianto, 2010). Dalam potensiometer terdapat elemen tahanan yang dihubungkan dengan kontak geser yang dapat bergerak. Gerakan kontak geser menghasilkan perubahan tahanan yang linier atau putar. Elemen tahanan yang digunakan berupa komposisi karbon atau lilitan kawat (Novrian, 2008). Potensiometer terdiri atas sebuah kontak yang dapat menyapu pada hambatan lilitan kawat. Pergeseran kontak inilah yang

menyebabkan terjadinya perubahan hambatan pada terminal-terminal kontak. Jika pada potensiometer dihubungkan dengan sebuah sumber tegangan maka perubahan hambatan tersebut menghasilkan perubahan tegangan keluaran (Tompkins and Webster, 1992).

Potensiometer digunakan untuk mengubah gerak translasi atau anguler ke dalam suatu perubahan resistansi yang dapat langsung diubah menjadi sinyal tegangan atau arus listrik. Idealnya ada hubungan linier antara pergeseran linier atau anguler dengan tegangan keluarannya. Tipe sederhana dari potensiometer secara skematik ditunjukkan pada Gambar 2.9.




(a) (b)

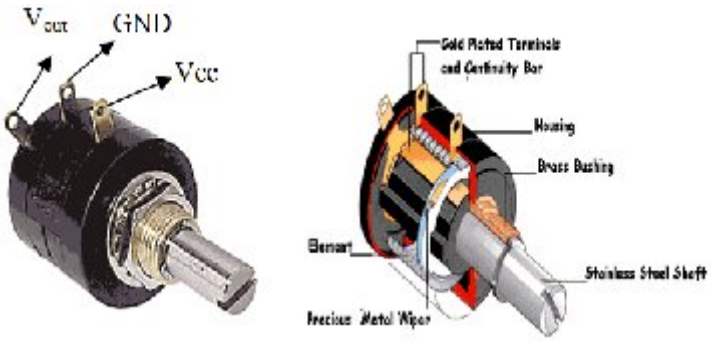
**Gambar 2.9** Tipe potensiometer untuk pengukuran pergeseran
(a) Translasi (b) Rotasi (Tompkins and Webster, 1992).

Gambar 2.9 memperlihatkan potensiometer yang digunakan pada pengukuran pergeseran translasi dan rotasi. Jika sumber tegangan pada potensiometer adalah $V_i$ dan hambatan kontak terhadap terminal positif dan negatif masing-masing adalah $R_1$ dan $R_2$ serta hambatan totalnya adalah $R_1 + R_2$ maka tegangan keluaran potensiometer $Vo$ adalah:

$$= \frac{\quad}{\quad} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (2.3)$$

Dari persamaan 2.3, hambatan total ($R_1$+$R_2$) dan sumber tegangan nilainya tetap sedangkan besarnya $R_2$ nilainya berubah-ubah menurut pergerakan kontak. Ini berarti karakterisrik persamaan tersebut merupakan suatu hubungan linier antara tegangan keluaran potensiometer *Vo* dan $R_2$. Sifat linier sensor seperti inilah yang sebenarnya diinginkan oleh para ahli sensor (Johnson, 1997).

Dalam penelitian ini potensiometer yang digunakan adalah potensiometer multiturn. Potensiometer multiturn merupakan komponen resistor tiga terminal yang tidak memiliki batas putaran pada kedua arahnya. Jika ketiga terminal digunakan, multiturn berfungsi sebagai pembagi tegangan. Namun jika dua terminal (terminal tengah dan salah satu terminal bagian tepi) yang digunakan, maka multiturn berfungsi *variable resistor* (Chandra dan Arifianto, 2010). Bentuk dan bagian-bagian potensiometer multiturn dapat dilihat pada Gambar 2.10.

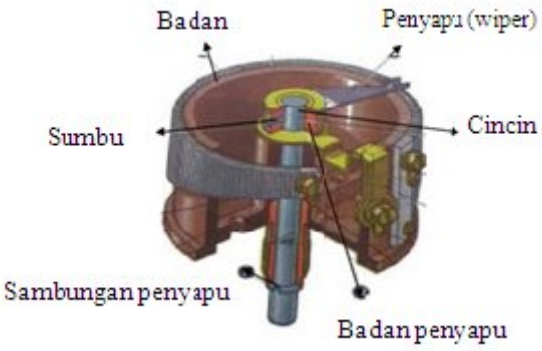



**Gambar 2.10** Potensiometer *multiurn.*

## 1. Konstruksi Potensiometer

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. Pada potensiometer panel, terminal penyapu biasanya terletak ditengah-tengah kedua terminal unsur

resistif. Untuk potensiometer putaran tunggal, penyapu biasanya bergerak kurang dari satu putaran penuh sepanjang kontak. Potensiometer putaran ganda juga ada elemen resistifnya mungkin berupa pilinan dan penyapu mungkin bergerak 10, 20, atau lebih banyak putaran untuk menyelesaikan siklus. Walaupun begitu, potensiometer putaran ganda murah biasanya dibuat dari unsur resistif konvensional yang sama dengan resistor putaran tunggal, sedangkan penyapu digerakkan melalui gir cacing. Pada potensiometer geser linier, sebuah kendali geser digunakan sebagai ganti kendali putar. Konstruksi dari potensiometer gulungan dapat dilihat pada Gambar 2.11.

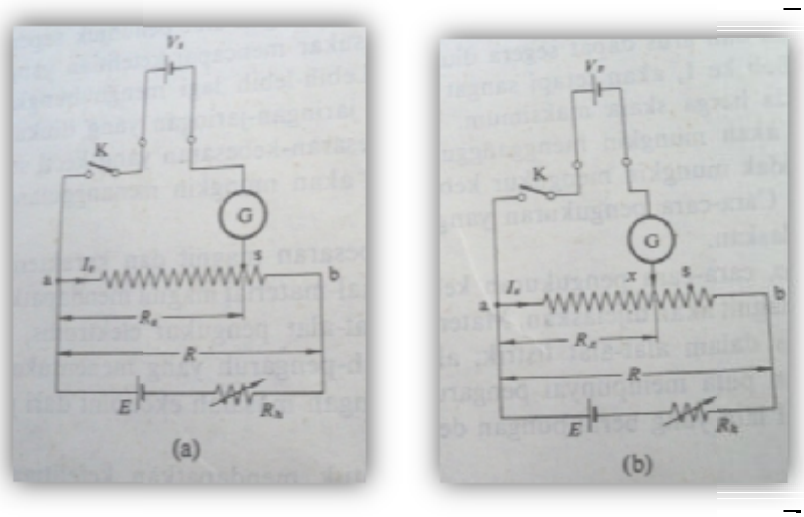



**Gambar 2.11** Konstruksi dari potensiometer gulungan.

## 2. Prinsip Kerja Potensiometer

Dalam Gambar 2.12, $V_s$ adalah tegangan standar (referensi gaya gerak listrik) dan $V_x$ adalah tegangan yang akan diukur. Tahanan $R$ dari $a$ ke $b$ adalah tahanan yang dilengkapi dengan sikat yang mempunyai kontrak, yang dapat diatur seperti yang diperlihatkan dalam gambar dan arus $I$ dialirkan dari baterai $E$ melalui suatu reostat $R_h$ yang dapat diatur. Pertama-tama hubungkanlah tegangan standar $V_s$ seperti dalam Gambar 2.12 (a) dan tetapkan posisi dari sikat-sikat seperti $s$, sesuai dengan $V_s$ karena tahanan antara $a - s$ disebabkan oleh arus $I$. Bila tegangan ini

sama dengan $V_s$, maka galvanometer $G$ tidak akan menunjukkan pergeseran, meskipun penghubung $K$ dikatup. Langkah ini untuk menyatakan kesamaan dari tegangan $V_s$ dan $IR_s$, dengan cara melihat pada galvanometer hingga tidak memberikan refleksi disebut membalansasikan $V_s$ dengan $IR_s$.




**Gambar 2.12** Prinsip dari potensiometer.

Untuk membalansasikan $V_s$ dengan $IR_s$, $R_n$ diatur untuk mengatur arus potensiometer $I$. Misalkan bahwa arus pada keadaan seimbang adalah $I_s$ maka:

$$V_s = R_s I_s \qquad \text{.....} \qquad (2.4)$$

Kemudian hubungkanlah tegangan yang akan diukur $V_x$, seperti dalam Gambar 2.12 (b). Misalkan $G$ tidak memberikan derleksi meskipun penghubung $K$ dikatup bila posisi dari sikat-sikat diatur sampai dengan posisi $x$. Dengan demikian arus yang mengalir pada $a - b$ akan seperti $I_s$ dan tegangan $I_sR_s$ akan terdapat $a - x$ karena dalam keseimbangan dengan $V_x$ ini maka:

$$V_x = R_x I_s \qquad \text{.....} \qquad (2.5)$$

Dari persamaan 2.4 dan 2.5 yang didapatkan melalui dua langlah untuk mendapatkan keseimbangan seperti dijelaskan di atas akan terdapat:

— = — → = — ..... (2.6)

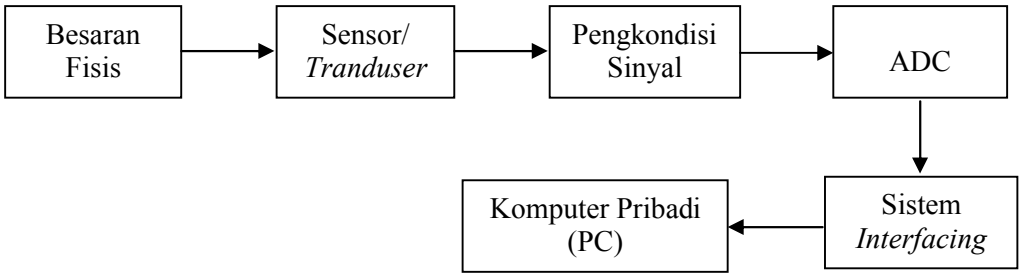
Jadi tegangan yang tidak diketahui $V_s$ dapat diketahui dari hasil perkalian tegangan yang diketahui $V_s$ dengan rasio tahanan-tahanan —. Patut diketahui, bahwa $R_x$ dan $R_s$ hanya tersangkut di dalam kebutuhan sebagai suatu rasio, sehingga harga-harga mutlaknya tidak perlu diketahui. Dengan demikian, maka bila posisi *s*, dibuat dengan harga-harga skala dari tegangan standar $V_s$, dan posisi sikat lainnya dibuat sehingga sesuai dengan — maka harga dari $V_x$ dapat segera dibaca dari posisi skala di mana $V_x$ didapatkan dari keadaan keseimbangan *I* (Sapiie dan Nushino, 1994).

## E. Sistem Akuisisi Data

Akuisisi data adalah pengukuran sinyal elektrik dari transduser dan peralatan pengukuran kemudian masukannya ke komputer untuk diproses (Kirianki, 2002). Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki. Sistem akuisisi data yang ada sekarang ini biasanya memiliki pengubah analog ke digital (ADC) yang terintegrasi di dalamnya yang merupakan bagian utama sistem akuisisi data. Beberapa sistem seperti ini terhubung ke komputer melalui port eksternal (port LPT, COM, atau USB) dan beberapa yang lain melalui PC system bus (bus PCI atau ISA). Keuntungan dari antarmuka menggunakan port eksternal adalah sifatnya yang portabel, sedangkan kekurangannya yaitu laju data yang rendah. Untuk antar

muka menggunakan sistem bus, keuntungan yang diperoleh yaitu laju data yang tinggi, tetapi mempunyai kekurangan yaitu tidak portabel (Sulistiana, 2010).

Komponen yang dapat dimanfaatkan dalam sistem akuisisi data ini adalah komputer pribadi (PC). Sistem akuisisi data yang berbasis komputer pribadi (PC) secara umum dijelaskan pada Gambar 2.13.




**Gambar 2.13** Sistem akuisisi data pada komputer pribadi (PC).

Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa sebuah besaran fisis di alam bisa dirasakan oleh sebuah sensor atau tansduser, dimana sinyal dari sensor tersebut diperkuat oleh pengkondisi sinyal, selanjutnya sinyal diubah menjadi sinyal data digital dengan tujuan agar sinyal tersebut dapat diolah untuk dapat mengetahui hasilnya dengan menggunakan komputer atau instrumen lain yang bekerja dengan menggunakan data digital.

Saat ini banyak para ilmuwan dan ahli rekayasa teknik menggunakan komputer dengan bus PCI, PXI/*Compact PCI*, PCMCIA, USB, IEE 1394, ISA, port pararel atau port serial untuk akuisisi data dalam riset di laboratorium, pengukuran dan pengujian serta industri otomatis. Hasil yang diperoleh dari sistem akuisisi data berbasis PC bergantung dari masing-masing elemen berikut ini, seperti PC, transduser, pengkondisi sinyal, perangkat keras dan perangkat lunak akuisisi data (Anonymous, 1999).

## 1. Sensor dan Transduser

Sensor didefinisikan sebagai sebuah alat yang dapat menerima atau menanggapi sebuah sinyal atau rangsangan melalui sebuah sinyal elektrik. Tujuan dari sensor adalah untuk menanggapi beberapa masukan dari stimulus ke dalam sinyal elektrik sesuai dengan rangkaian elektronik. Sensor dapat pula dikatakan sebagai translator dari nilai non elektrik menjadi nilai elektrik. Sensor tidak dapat berfungsi secara sendirinya. Sensor selalu merupakan bagian dari sistem yang lebih besar seperti detektor lain, pengkondisi sinyal, pemroses sinyal, perangkat memori dan penyimpan data (Fraden, 2004).

Sensor dapat dikategorikan menjadi dua macam, yaitu sensor aktif dan sensor pasif. Sensor pasif adalah sensor yang tidak membutuhkan sumber energi tambahan untuk membangkitkan sinyal elektrik dalam menanggapi stimulus dari luar, contohnya adalah thermokopel, fotodioda dan sensor piezoelektrik. Sedangkan sensor aktif membutuhkan catu daya pada operasinya (Wilson, 2005).

Transduser adalah suatu *devaice* yang mengkonversi suatu variabel menjadi variabel lain (Al Irsyad, 2003). Transduser berfungsi mendeteksi fenomena fisik dan menghasilkan sinyal listrik sehingga sistem akuisisi data dapat mengukurnya (Anonymous, 1999). Beberapa karakteristik yang menentukan kelayakan transduser adalah akurasi, linearitas dan *repeability.* Akurasi menyatakan tingkat kepercayaan hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya. *Linearitas* menyatakan kemampuan transduser untuk menghasilkan keluaran yang linier terhadap perubahan masukan. *Repeability* menyatakan variasi hasil pengukuran terhadap pengukuran berulang (Data Taker, 2006).

### 2. Pengkondisi Sinyal

Sensor merupakan perangkat keras yang digunakan untuk mendeteksi fenomena, umumnya membutuhkan pengkondisi sinyal yang harus kompatibel dengan perangkat keras pengukuran. Pengkondisi sinyal dapat terdiri atas penguat (untuk sensor yang menghasilkan sinyal dengan sinyal yang sangat rendah), filter (untuk membatasi noise pada sinyal), isolasi (untuk melindungi perangkat pengukur dari masukan yang berbahaya) serta rangkaian lain yang dibutuhkan untuk menyesuaikan sensor terhadap perangkat keras (Taylor, 1997).

## F. Mikrokontroller ATMega8535

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor di mana di dalamnya sudah terdapat CPU, RAM, ROM, I/O, *Clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi (teralamati) dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu *chip* yang siap dipakai (Winoto, 2010).

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit (*16-bits word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock.* Mikrokontroler AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). Secara umum, AVR dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATMega dan keluarga AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing adalah kapasitas memori, *peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan bisa dikatakan hampir sama (Wardhana, 2006). Bentuk fisik mikrokontroler ATMega8535 dapat dilihat pada Gambar 2.14.

**Gambar 2.14** Mikrokontroler ATMega8535.

## 1. Arsitektur ATMega8535

Secara garis besar, arsitektur mikrokontroler ATMEGA8535 terdiri atas:

a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port* A, *Port* B, *Port* C dan *Port* D.

b. ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 *channel*.

c. Tiga buah *Timer*/*Counter* dengan kemampuan pembanding.

d. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.

e. *Watchdog timer* dengan osilator *internal*.

f. SRAM sebesar 512 byte

g. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi

h. Memori *Flash* sebesar 8 KB dengan kemampuan *Read While Write*.

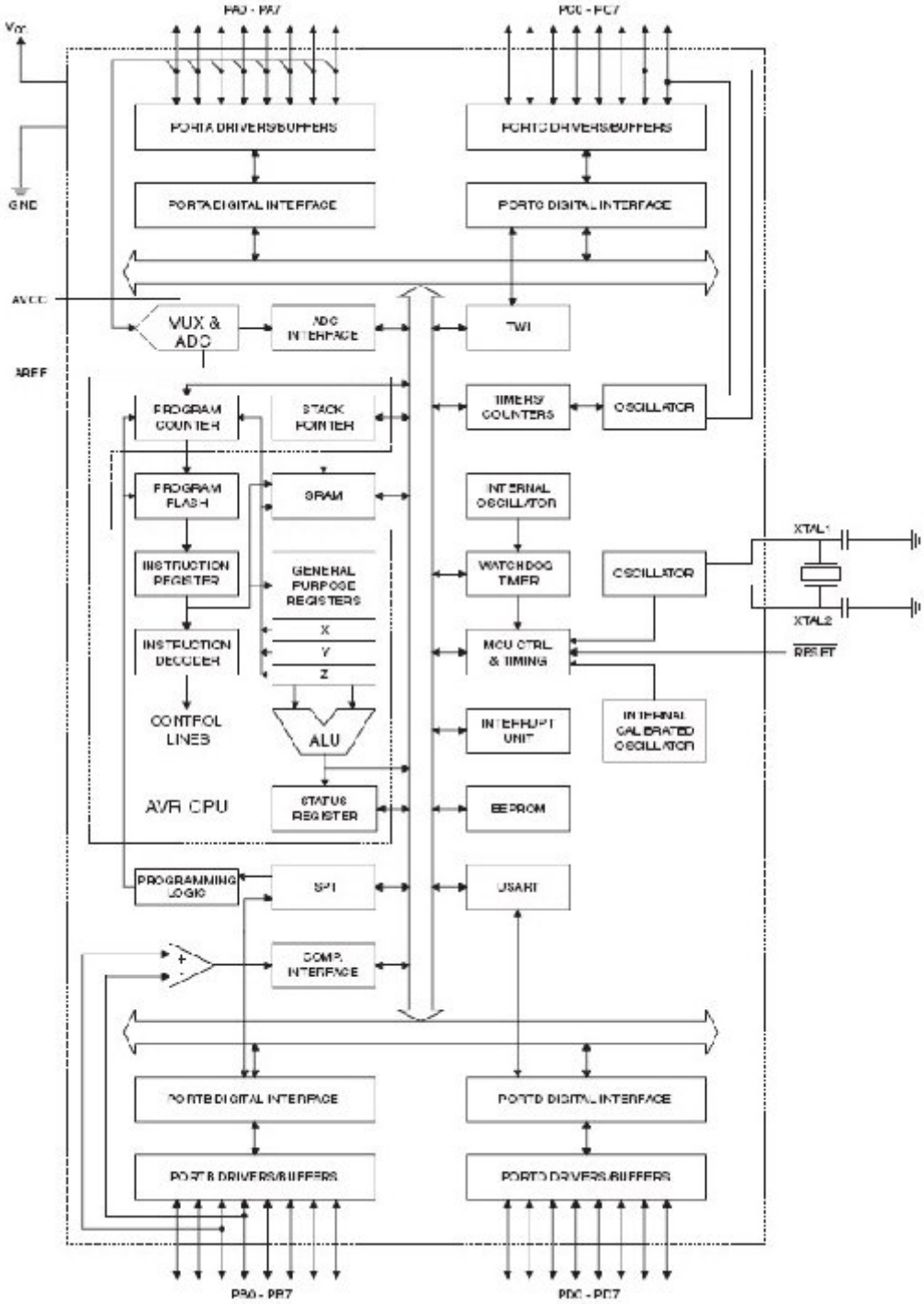
i. Unit *interrupt internal* dan *eksternal*

j. *Port* antarmuka SPI dan antarmuka komparator analog.

k. *Port* USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps

l. 6 Sleep Modes : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-Down, Standby and Extended Standby (Budihartono dan Rizal, 2007)

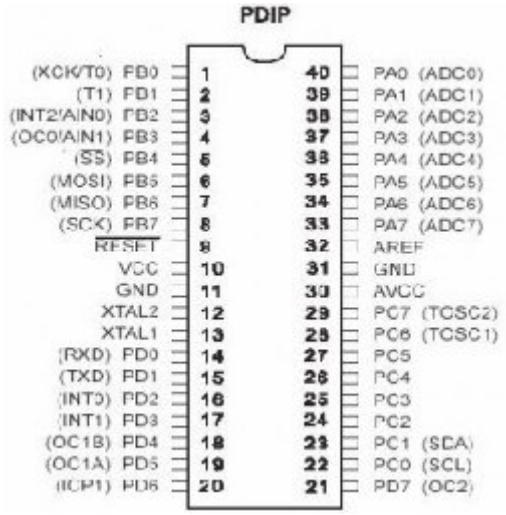
Blok diagram fungsional mikrokontroler ATMega8535 dapat dilihat pada Gambar 2.15.




**Gambar 2.15** Blok diagram fungsional ATMega8535 (www.atmel.com).

## 2. Konfigurasi Pin ATMega8535

Konfigurasi pin dari mikrokontroler ATMega8535 sebanyak 40 pin dapat dilihat pada Gambar 2.16.




**Gambar 2.16** Konfigurasi pin ATMega8535.

Dari gambar tersebut dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATMega8535 sebagai berikut:

a. **VCC** berfungsi sebagai input sumber tegangan (+)

b. **Port A (PA7 … PA0)** berfungsi sebagai input analog dari ADC (Analog to Digital Converter). Port ini juga berfungsi sebagai port I/O dua arah, jika ADC tidak digunakan.

c. **Port B (PB7 … PB0)** berfungsi sebagai port I/O dua arah. Port PB5, PB6 dan PB7 juga berfungsi sebagai MOSI, MISO dan SCK yang dipergunakan pada proses downloading.

d. **Port C (PC7 … PC0)** berfungsi sebagai port I/O dua arah.

e. **Port D (PD7 … PD0)** berfungsi sebagai port I/O dua arah. Port PD0 dan PD1 juga berfungsi sebagai RXD dan TXD, digunakan untuk komunikasi serial.

f. **RESET** pada pin 9 merupakan reset dari AVR. Jika pada pin ini diberi masukan low selama minimal 2 *machine cycle* maka sistem akan di-reset.

g. **XTAL1** adalah masukan ke *inverting oscillator amplifier* dan input ke *internal clock operating circuit.*

h. **XTAL2** adalah output dari *inverting oscillator amplifier*.

i. **AVcc** adalah kaki masukan tegangan bagi A/D Converter. Kaki ini harus secara eksternal terhubung ke Vcc melalui *lowpass filter*.

j. **AREF** adalah kaki masukan referensi bagi A/D Converter. Untuk *operasionalisasi* ADC, suatu level tegangan antara AGND dan Avcc harus diberikan ke kaki ini.

k. **AGND** adalah kaki untuk analog *ground.* Hubungkan kaki ini ke GND, kecuali jika *board* memiliki *analog ground* yang terpisah (Wardhana, 2006).

Deskripsi pin-pin pada mikrokontroler ATMega8535 adalah sebagai berikut:

**a. Port A**

Pada seri AVR ATmega8535 telah dilengkapi 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi baik secara *single ended input* maupun *differrential input*. Selain itu, ADC ATmega8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi dan kemampuan filter derau yang sangat fleksibel, sehingga mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

**b. Port B**

Merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal *pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Output *buffer* port B dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. Pin-pin port B juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti terlihat dalam Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Fungsi pin-pin port B

| Port Pin | Fungsi khusus |
|---|---|
| PB0 | T0 = timer/counter 0 external counter input |
| PB1 | T1 = timer/counter 0 external counter input |
| PB2 | AIN0 = analog comparator positive input |
| PB3 | AIN1 = analog comparator negative input |
| PB4 | SS = SPI slave select input |
| PB5 | MOSI = SPI bus master output/slave input |
| PB6 | MISO = SPI bus master input/slave output |
| PB7 | SCK = SPI bus serial clock |

Fungsi khusus PORT B

1. MOSI, MISO, SCK berguna sebagai inputan downloader ISP.
2. T0/T1 sebagai inputan timer atau counter external.
3. AIN0 dan AIN1 sebagai inputan komparator, AIN0 sebagai inputan positif (+) sedangkan AIN1 sebagai inputan negatif (-).

**c. Port C**

Merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal *pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Selain itu, dua pin port C (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai oscillator untuk timer atau counter 2. Pin-pin port C juga memiliki fungsi-fungsi alternatif khusus seperti terlihat dalam Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Fungsi pin-pin port C

| Port Pin | Fungsi khusus |
|---|---|
| PB0 | SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line) |
| PC1 | SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line) |
| PC2 | TCK (JTAG Test Clock) |
| PC3 | TMS (JTAG Test Mode Select) |
| PC4 | TDO (JTAG Test Data Out) |
| PC5 | TDI (JTAG Test Data In) |
| PC6 | TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1) |
| PC7 | TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2) |

**d. Port D**

Merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal *pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Selain itu, pin-pin port D juga memiliki fungsi-fungsi khusus seperti terlihat dalam Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Fungsi pin-pin port D

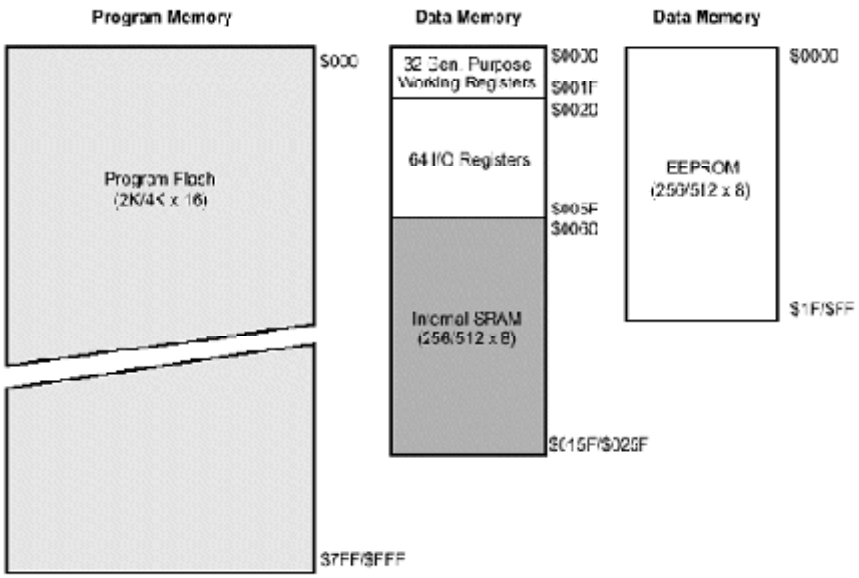
| Port Pin | Fungsi khusus |
|---|---|
| PD0 | RXD (UART input line) |
| PD1 | TXD (UART output line) |
| PD2 | INT0 ( external interrupt 0 input ) |
| PD3 | INT1 ( external interrupt 1 input ) |
| PD4 | OC1B (Timer/Counter1 output compare B match output) |
| PD5 | OC1A (Timer/Counter1 output compare A match output) |
| PD6 | ICP (Timer/Counter1 input capture pin) |
| PD7 | OC2 (Timer/Counter2 output compare match output) |

Fungsi khusus port D:

- RXD dan TXD merupakan pin yang digunakan untuk komunikasi serial.

### 3. Peta Memory ATmega8535

ATMega8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian yaitu: 32 buah register umum, 64 buah register I/O dan 512 byte SRAM internal seperti yang terlihat pada Gambar 2.17.




**Gambar 2.17** Memori AVR ATMega8535.

Register untuk keperluan umum menempati *space* data pada alamat terbawah yaitu $00 sampai $1F. Sementara itu register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari $20 sampai $5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai *peripheral* mikrokontroler, seperti kontrol register, timer/counter, fungsi fungsi I/O dan sebagainya. Selain itu AVR ATmega8535 juga memilki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari $000 sampai $1FF .

## G. *Universal Serial Bus* (USB)

*Universal Serial Bus* (USB) merupakan salah satu jalur data yang digunakan di dalam komputer dengan bentuk yang kecil dan memiliki kecepatan yang sangat tinggi. Selain itu, ketika kita mengkoneksikan ke komputer tidak perlu melakukan *reboot* (Budiharto, 2007).

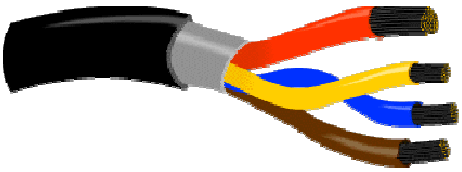
USB memiliki kelebihan-kelebihan sebagai berikut:

1. *Hot-plugable*, yang berarti piranti masukan atau keluaran yang menggunakan USB dapat ditambahkan ketika PC menyala.
2. Mudah digunakan karena piranti masukan atau keluaran yang terpasang dikenali oleh PC menggunakan *driver* yang sesuai kemudian konfigurasinya akan dikerjakan secara otomatis.
3. Semua piranti dipasang menggunakan satu tipe konektor.
4. Kecepatan USB sangat tinggi, USB versi 1.1 mendukung dua kecepatan yaitu mode kecepatan penuh 12 Mbits/s dan kecepatan rendah 1.5 Mbits/s. USB versi 2.0 mempunyai kecepatan 480Mbits/s yang dikenal sebagai mode kecepatan tinggi yang tentunya jauh lebih cepat dibanding *port* serial dan paralel yang ada saat ini.
5. Jumlah piranti yang dapat dipasang pada 1 PC mencapai 127 piranti (dengan bantuan hub yang dapat dipasang sampai 5 tingkat), suatu batasan yang sangat tinggi untuk ekspansi piranti masukan atau keluaran.
6. Piranti dengan USB dapat menggunakan catu dari PC (untuk penggunaan arus tidak lebih dari 500 mA) sehingga tidak membutuhkan tambahan catu daya luar.

7. Hemat listrik karena piranti dapat mati secara otomatis apabila tidak digunakan (PC dalam keadaan *suspend*).
8. Adanya deteksi dan pemulihan kesalahan yang handal. Kesalahan data dideteksi dan transaksi diulang lagi untuk memastikan data dikirim atau diterima dengan benar.
9. Merupakan piranti eksternal PC sehingga tidak perlu membuka kotak PC atau merancang suatu kartu antarmuka dalam penggunaan piranti masukan atau keluaran dengan USB (Hyde, 1999).

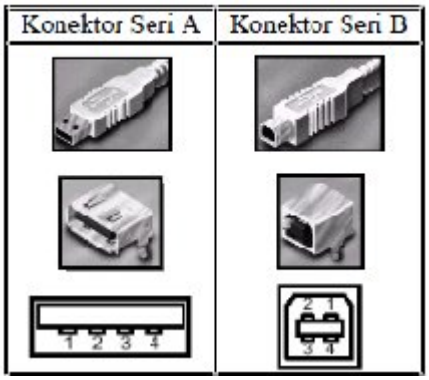
### 1. Pengkabelan dan Konektor USB

Bagian dalam kabel USB terdapat dua kabel untuk catu: +5V (kabel merah), ground (coklat) dan sepasang kabel untuk transfer data (kuning dan biru). Kabel-kabel tersebut dilapisi oleh lapisan pelindung kabel, seperti yang terlihat pada Gambar 2.18.



**Gambar 2.18** Penampang bagian dalam kabel USB.

Ada dua jenis konektor USB yang ada di pasaran, yakni konektor USB tipe A dan tipe B. Konektor tipe A dipasang pada komputer (PC) sedangkan tipe B dipasang pada piranti masukan/keluaran. Konektor pada USB memiliki 4 kaki, yaitu VCC +5V (atau sering disebut VBUS), Data– (D–), Data+ (D+) dan GND, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19 dan keterangan dari warna kabel dan pin USB ditunjukkan pada Tabel 2.4.




**Gambar 2.19** tipe konektor USB dan susunan kakinya (Setyanugroho, 2011).

**Tabel 2.4** Keterangan warna kabel USB

| Pin | Kabel | Fungsi |
|---|---|---|
| 1 | Merah | Vcc |
| 2 | Kuning | D- |
| 3 | Biru | D+ |
| 4 | Coklat | Ground |

## 2. Proses yang Terjadi di USB

Ketika *host* (komputer) mencatu perangkat USB, *host* mendata perangkat yang terhubung ke bus USB dan menyiapkan alamat memori untuk masing-masing perangkat tersebut. Proses tersebut disebut *enumerasi*. Perangkat USB tersebut juga langsung diinisialisasi oleh *host* ketika terhubung ke bus USB. *Host* juga mencoba mencari dan memilihkan tipe transfer data apa yang cocok untuk perangkat tersebut.

*Host* dapat juga mengirim perintah dan mendata parameter-parameter yang diperlukan dengan menggunakan *control packet*. Setelah perangkat didata oleh *host*, *host* kemudian mengatur total bandwith yang diperlukan oleh perangkat

yang menggunakan mode *isochronous* dan *interrupt*. Perangkat dengan mode transfer data tersebut dapat digunakan sampai 90 persen dari total 480 Mbps yang disediakan port USB. Setelah 90 persen bandwith tersebut dipakai, *host* akan menolak akses ke perangkat *isochronous* dan *interrupt* yang lain. Kontrol packet dan paket untuk transfer data tipe *bulk* kemudian menggunakan total *bandwith* yang tersisa tersebut (sedikitnya 10 persen).

Universal Serial Bus (USB) membagi *bandwith* yang tersedia dalam bentuk frame-frame, host kemudian mengontrol frame-frame tersebut. Frame mengandung 1500 byte yang terbentuk setiap milidetik. Dalam frame, perangkat dengan mode transfer data *isochronous* dan *interrupt* mendapatkan jatah *bandwith* tersendiri sesuai dengan kebutuhan *bandwith* perangkat tersebut (Hadi, 2007).

## H. Pemrograman C

Pada suatu pengontrolan alat, program yang digunakan adalah pemrograman bahasa C. Untuk itu diperlukan juga pemahaman tentang pemrograman tersebut. Bahasa C merupakan salah satu bahasa yang cukup populer dan handal untuk pemograman mikrokontoler. Dalam melakukan pemograman mikrokontroler diperlukan suatu *software* pemograman, salah satunya yang mendukung bahasa C adalah *Code Vision* AVR (CVAVR). CVAVR hanya dapat digunakan pada mikrokontroler keluarga AVR. CVAVR selain dapat digunakan sebagai *software* pemograman juga dapat digunakan sebagai *software downloader*. *Software downloader* akan men-*download*-kan file berekstensi "*.hex*" ke mikrokontroler. (Averroes, 2009).

Berikut adalah penjelasan dasar-dasar dari pemrograman bahasa C :

**1. Tipe Data**

Tipe-tipe data yang ada dalam bahasa C dan yang dikenali oleh *Code Vision AVR* dijelaskan dalam Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Tipe-tipe data dalam bahasa C

| No | Tipe Data | Ukuran | Jangkauan Nilai |
|---|---|---|---|
| 1 | Bit | 1 bit | 0 atau 1 |
| 2 | Char | 1 byte | -128 s/d 225 |
| 3 | Unsigned Char | 1 byte | 0 s/d 225 |
| 4 | Signed Char | 1 byte | -128 s/d 127 |
| 5 | Int | 2 byte | -32.768 s/d 32.767 |
| 6 | Short Int | 2 byte | -32.768 s/d 32.767 |
| 7 | Unsigned Int | 2 byte | 0 s/d 65.535 |
| 8 | Signed Int | 2 byte | -32.768 s/d 32.767 |
| 9 | Long Int | 4 byte | -2.147.483.648 s/d 2.147.483.647 |
| 10 | Unsigned Long Int | 4 byte | 0 s/d 4.294.967.295 |
| 11 | Signed Long Int | 4 byte | -2.147.483.648 s/d 2.147.483.647 |
| 12 | Float | 4 byte | 1.2*10-38 s/d 3.4*10+38 |
| 13 | Double | 4 byte | 1.2*10-38 s/d 3.4*10+38 |

**2. Konstanta dan Variabel**

Konstanta dan variabel merupakan sebuah tempat untuk menyimpan data yang berada di dalam memori. Konstanta berisi data yang nilainya tetap dan tidak dapat diubah selama program dijalankan, sedangkan variabel berisi data yang bisa berubah nilainya saat program dijalankan. Untuk membuat sebuah konstanta atau variabel maka kita harus mendeklarasikannya lebih dahulu, yaitu dengan sintaks berikut : **Const** [tipe_data][nama_konstanta]=[nilai]

Contoh :

```
Const char konstantaku=0x10;
```

Deklarasi variabel : [tipe_data][nama_variabel]=[nilai_awal]

Contoh :

```
Char variabelku;
Char variabelku=0x20;
Bit variabel_bit;
Bit variabel_bit=1;
```

Pada deklarasi variabel, [nilai_awal] bersifat operasional sehingga boleh diisi dan boleh tidak diisi. Nilai_awal merupakan nilai *default* variabel tersebut dan jika tidak diisi maka nilai defaultnya adalah 0 (nol). Beberapa variabel dengan tipe yang sama dapat dideklarasikan dalam satu baris seperti contoh berikut :

```
Char data_a, data_b, data_c;
```

**3. Komentar**

Komentar adalah tulisan yang tidak dianggap sebagai bagian dari tubuh program. Komentar digunakan untuk memberikan penjelasan, informasi ataupun keterangan-keterangan yang dapat membantu mempermudah dalam memahami kode program baik bagi pembuat program maupun bagi orang lain yang membacanya. Komentar yang hanya satu baris ditulis dengan diawali '//' sedangkan komentar yang lebih dari satu baris diawali dengan '/*' dan diakhiri dengan '*/'. Selain digunakan untuk memberikan keterangan program, komentar juga dapat digunakan untuk membantu dalam pengujian program yaitu dengan menon-aktifkan dan mengaktifkan kembali bagian program tertentu selama proses pengujian.

**4. Pengarah Preprosessor**

Pengarah preprosessor digunakan untuk mendefinisikan prosessor yang digunakan, dalam hal ini adalah untuk mendefinisikan jenis mikrokontroler yang digunakan. Dengan pengarah preprosesor ini maka pendeklarasian register-register dan penamaannya dilakukan pada file yang lain yang disisipkan dalam program utama dengan sintaks sebagai berikut :

```
# include <nama_preprosessor>
```

Contoh :

```
# include <mega8535.h>
```

**5. Pernyataan**

Pernyataan adalah satu buah instruksi lengkap berdiri sendiri.

```
PORTC = 0x0F;
```

Pernyataan diatas merupakan sebuah instruksi untuk mengeluarkan data 0x0F ke Port C. Contoh sebuah blok pernyataan :

```
{
PORTA=0x00; // pernyataan_1
PORTB=0x0F; // pernyataan_2
PORTC=0xFF; // pernyataan_3
}
```

**6. Operator Aritmatika**

Operator aritmatika adalah beberapa operator yang digunakan untuk melakukan perhitungan aritmatika, seperti terlihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6.** Operator aritmatika

| No | Operator | Keterangan |
|---|---|---|
| 1 | + | Operator untuk operasi penjumlahan |
| 2 | - | Operator untuk operasi pengurangan |
| 3 | * | Operator untuk operasi perkalian |
| 4 | / | Operator untuk operasi pembagian |
| 5 | % | Operator untuk operasi sisa pembagian |

**7. Pernyataan If**

Pernyataan If digunakan untuk melakukan pengambilan keputusan terhadap dua buah kemungkinan yaitu mengerjakan suatu blok pernyataan atau tidak. Bentuk pernyataan If adalah :

```
if (kondisi)
{
// blok pernyataan yang akan dikerjakan
// jika kondisi if terpenuhi
}
```

Contoh :

```
if (PINA>0x80)
{
Dataku=PINA;
PORTC=0xFF;
}
```

Pernyataan if di atas akan mengecek apakah data yang terbaca pada Port A (PINA) nilainya lebih dari 0x80 atau tidak, jika ya maka variable dataku diisi dengan nilai PINA dan data 0xFF dikeluarkan ke PORT C. Apabila dalam blok pernyataan hanya terdapat satu pernyataan saja maka tanda { dan } dapat dihilangkan seperti: **if** (PINA>0x80) PORTC=0xFF; (Bejo, 2008).

Dalam penulisan program C sebenarnya terbagi dua kategori yaitu:

1. **Kategori deklarasi (declaration)**

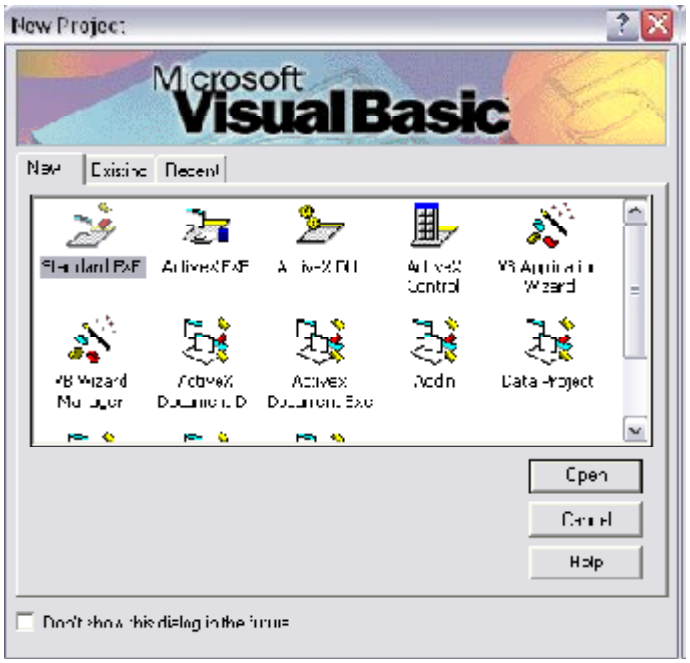
   Deklarasi adalah membuat dan memberitahu kepada compiler tentang sesuatu yang digunakan nanti dalam penulisan program agar digunakan semestinya dan tidak dianggap *error* atau asing.

2. **Kategori pernyataan (statement)**

   Pernyataan adalah membuat instruksi-instruksi program dengan menggunakan *keyword* seperti instruksi operasi aritmatika, logika, operasi bit, atau instruksi percabangan dan loping atau pembuatan fungsi (Winoto, 2010).

## I. Pemrograman Visual Basic 6.0

*Visual Basic* merupakan sebuah *software* untuk membangun program atau aplikasi komputer yang dikembangkan dari bahasa BASIC dimana di dalamnya sudah berisi *statemen, fungsi* dan *keyword*. Konsep dasar dari *Visual Basic* adalah komponen pemrograman yang berorientasi pada visual. Kelebihan *Visual Basic* dibanding dengan bahasa pemrograman yang lain adalah mampu menambahkan sendiri sebagian kode program secara otomatis ke dalam program (Setyadi, 2000). Dengan menggunakan *Visual Basic 6.0* dapat menghasilkan berbagai macam jenis program. Aplikasi yang dibuat dapat diintegrasikan dengan *database*, *hardware* lain (*interface*) dan sebagainya. Berikut adalah gambar tampilan awal *Visual Basic 6*.0.



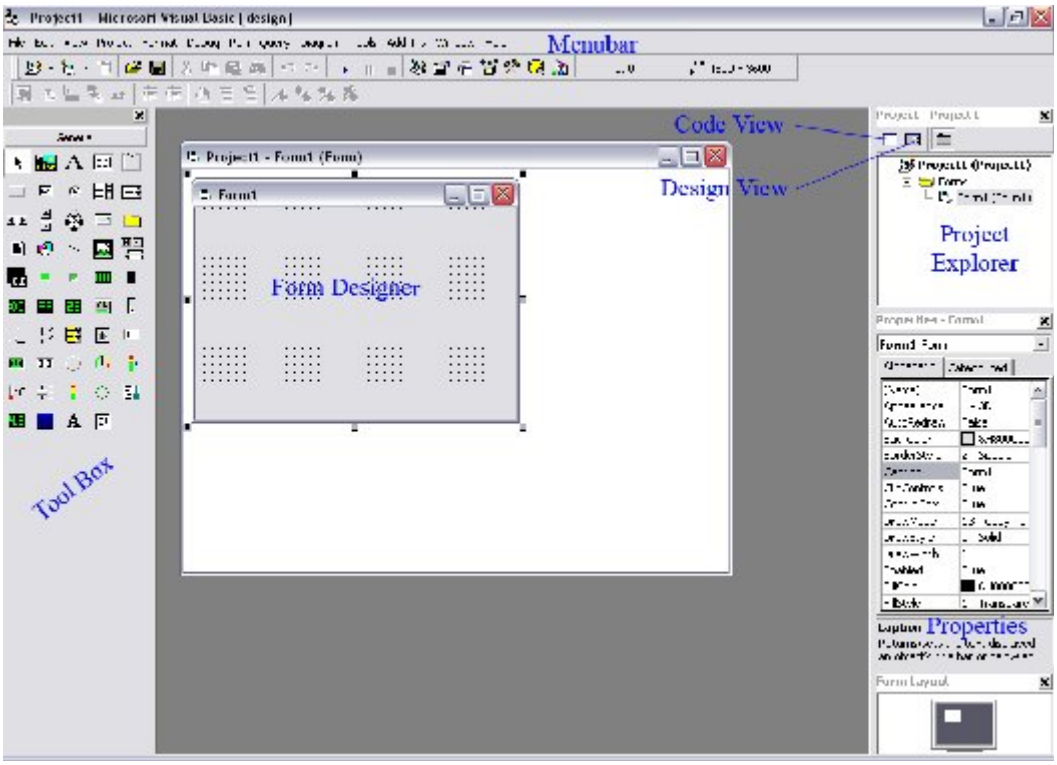

**Gambar 2.20** Tampilan awal *Visual Basic 6.0.*

*Visual Basic 6.0* menyediakan banyak jenis modul aplikasi. Untuk memulai program standar pilihlah **Standar EXE**, kemudian klik open. Setelah itu akan muncul tampilan seperti berikut ini, yang menunjukan bagian-bagian dari IDE (*Integrated Development Environment*) yang akan digunakan, antara lain:

1. **Form Designer** merupakan tempat perancangan *user interface* (antar muka pemakai). Untuk menampilkan layar ini, klik **Design View** atau dengan menekan **shift + F7**. Sedangkan untuk menampilkan layar *coding* dapat menekan **F7** atau klik pada **Coding View**.
2. **Menu** merupakan menu standar pada *Windows*, digunakan untuk menyimpan *project*, menjalankan *project*, membuka *project* baru dan sebagainya.
3. **Toolbox** merupakan tempat komponen-komponen yang disediakan untuk merancang *user interface*. Setiap komponen memiliki ciri dan kegunaan yang berbeda, disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

4. **Project Explorer** merupakan struktur *project* yang sedang dikerjakan, suatu *project* dapat terdiri dari beberapa *form*.

5. **Properties** menampilkan bagian-bagian dari komponen yang sedang aktif. Setiap komponen mempunyai karakteristik yang berbeda, bergantung pada kegunaan. Berikut adalah tampilan lembar kerja pada *Visual Basic 6.0*




**Gambar 2.21** Tampilan lembar kerja *Visual Basic 6.0.*

# III. METODE PENELITIAN

## A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai pada November 2011 hingga Mei 2012. Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini adalah di Laboratorium Elektronika Dasar dan Fisika Instrumentasi Universitas Lampung, Bandar Lampung.

## B. Alat dan Bahan

Alat mekanik yang digunakan dalam penelitian ini adalah solder, bor listrik, timah, penyedot timah, kabel penghubung, tali, mur, baut, per pembalik, *cassing* dan alat karakterisasi.

Sedangkan bahan-bahan atau komponen-komponen yang digunakan antara lain:

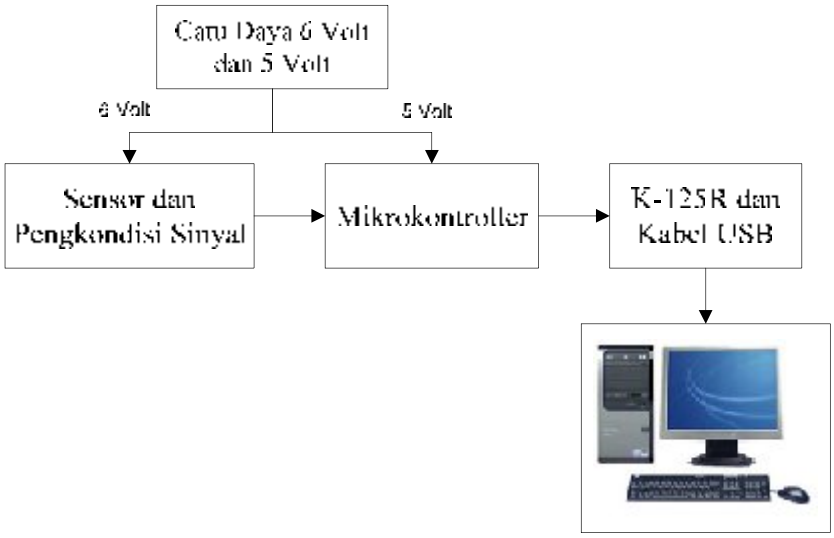
1. Potensiometer multiturn, digunakan sebagai sensor pergeseran tanah.
2. IC LM358, digunakan sebagai pengkondisi sinyal.
3. TL431CLP, digunakan sebagai pembagi tegangan.
4. IC mikrokontroller ATMega8535, digunakan sebagai pengolah data dan pengendali kerja rangkaian akuisisi data.
5. Kristal, digunakan sebagai pembangkit osilator.
6. Kapasitor, digunakan sebagai penyimpan muatan sementara.
7. Kapasitor elko, digunakan sebagai pemfilter.
8. Resistor, digunakan sebagai penghambat arus.

9. Catu daya digunakan sebagai sumber tegangan.
10. Papan PCB, digunakan untuk memasang komponen.
11. Multimeter digital, digunakan untuk menguji dan mengukur besaran-besaran listrik pada rangkaian dan komponen.
12. Kabel dan port USB digunanakan untuk menghubungkan rangkaian system akuisisi data dan komputer dengan komunikasi serial.
13. K-125R digunakan untuk download program ke mikrokontroler dan untuk komunikasi serial ke komputer.
14. PC atau laptop digunakan untuk membuat program dan sebagai media visual.

## C. Prosedur Penelitian

### 1. Perancangan Perangkat Keras

Rangkaian yang dibuat dalam penelitian ini adalah rangkaian sensor dan pengkondisi sinyal serta rangkaian mikrokontroler ATmega8535. Diagram blok rancangan penelitian ini disajikan pada Gambar 3.1.

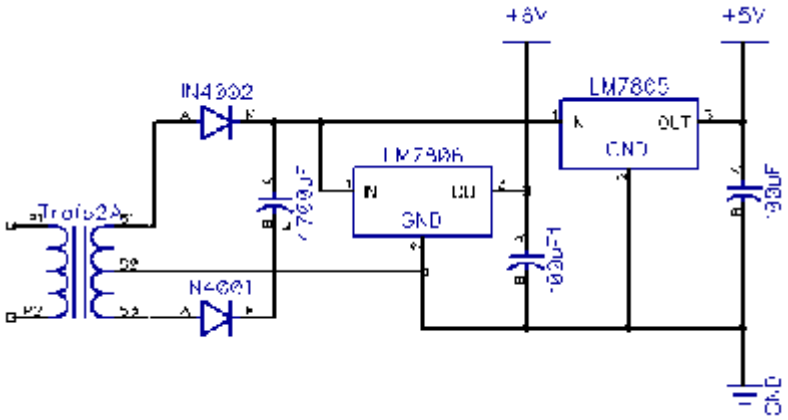



**Gambar 3.1** Diagram blok rancangan alat.

Dari Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa sebuah besaran fisis di alam berupa pergeseran tanah bisa dirasakan oleh sebuah sensor yang telah diberi tegangan 6 volt DC. Sinyal dari sensor tersebut diperkuat oleh pengkondisi sinyal, selanjutnya sinyal diubah menjadi sinyal digital oleh ADC yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535. Sinyal atau keluaran dari sensor yang diterima oleh mikrokontroler akan diolah dan ditampilkan ke komputer atau laptop melalui port USB menggunakan K-125R. K-125R berfungsi untuk komunikasi serial mikrokontroler AVR dengan komputer, selain itu juga dapat digunakan untuk download program ke mikrokontroler ATmega8535.

**a. Blok Catu Daya**

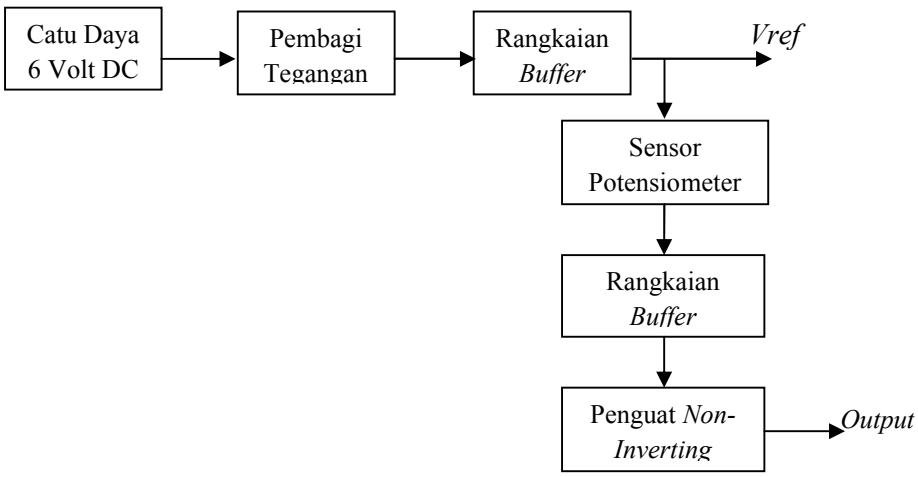
Rangkaian catu daya berfungsi memberikan daya (sebagai sumber tegangan) pada masing-masing rangkaian sehingga sistem beroperasi secara normal. Prinsip rangkaian catu daya DC adalah tegangan PLN 220 Volt AC diturunkan (*step down*) terlebih dahulu menjadi tegangan rendah dengan bantuan trafo penurun tegangan dan IC LM7805 dan LM7806 sehingga menjadi 5 Volt DC dan 6 Volt DC. Rangkaian catu daya pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.




**Gambar 3.2** Rangkaian catu daya.

### b. Blok Sensor dan Pengkondisi Sinyal

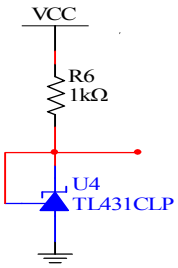
Blok rangkaian sensor dibagi menjadi empat bagian, yaitu blok pembagi tegangan, blok rangkaian *buffer* atau penyangga, blok sensor dan blok rangkaian penguat *non-inverting*. Seperti terlihat pada Gambar 3.3.




**Gambar 3.3** Blok rangkaian sensor pergeseran tanah.

- **Blok Rangkaian Pembagi Tegangan (*Vref*)**

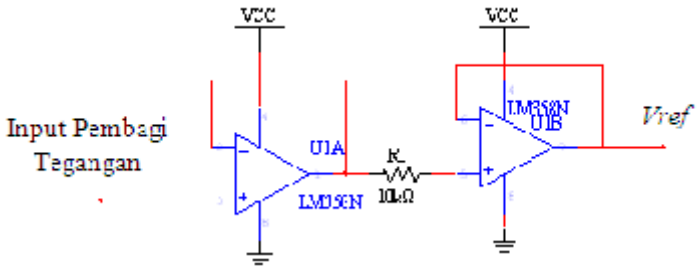
Blok rangkaian pembagi tegangan berfungsi sebagai regulator dengan *output* 2,5 volt. Untuk memperoleh tegangan referensi (*Vref*) yang presisi digunakan TL431 sesuai dengan *datasheet* (2,5 volt *precision voltage reference*). R6 ini digunakan untuk membatasi arus langsung melalui IC TL431. Blok rangkaian pembagi tegangan ini ditunjukkan pada Gambar 3.4.




**Gambar 3.4** Rangkaian pembagi tegangan.

- **Blok Rangkaian *Buffer***

Rangkaian *Buffer* akan menerima masukan dari rangkaian pembagi tegangan yang menjadi tegangan referensi. Dalam rangkaian ini digunakan IC LM358 yang memiliki dua buah rangkaian *Op-Amp*. Rangkaian *buffer* ini berfungsi agar tegangan tidak *drop* atau turun karena pembebanan oleh blok rangkaian berikutnya. Tegangan keluaran dari rangkaian *buffer* ini adalah sama dengan tegangan masukannya. Rangkaian *buffer* mempunyai umpan balik negatif 100% karena keluarannya disambungkan kembali langsung dengan masukan yang membalikkan. Blok rangkaian *buffer* dapat dilihat pada Gambar 3.5.




**Gambar 3.5** Blok rangkaian *buffer*.

- **Blok Sensor Potensiometer**

Pergeseran tali menyebabkan potensiometer bergeser dan hambatannya juga akan berubah sebanding dengan pergeseran yang diberikan. Pergeseran tali ini mewakili pergeseran tanah sebagai masukan, yang menyebabkan perubahan pada tegangan keluaran dari rangkaian sensor. Perubahan tegangan keluaran sebanding dengan pergeseran yang diberikan. Keluaran dari sensor ini dihubungkan ke port ADC pada mikrokontroler ATmega8535, kemudian ditampilkan pada layar monitor melalui port USB.

- **Blok Rangkaian Penguat *Non-Inverting***

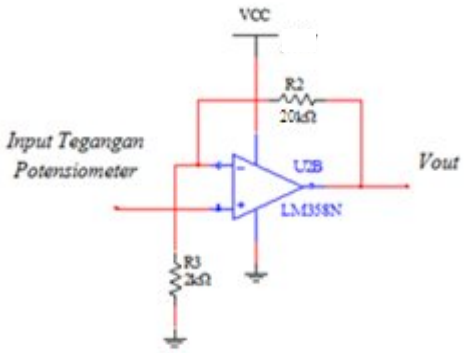
Rangkaian penguat non-inverting berperan sebagai pengkondisi sinyal. Karena keluaran dari sensor potensiometer kecil, maka perlu penguatan agar keluarannya dapat terbaca. Rangkaian *non-inverting* hampir sama dengan rangkaian *inverting* hanya perbedaannya adalah terletak pada inputnya dari masukan *non-inverting*. Hasil tegangan output *non-inverting* selalu positif. Apabila isyarat positif (+) yang masuk pada penguat *non-inverting,* maka keluaran akan berpolaritas positif (+) juga. Blok rangkaian penguat *non-inverting* ini berfungsi untuk menguatkan tegangan dari potensiometer. Untuk mencari besar penguatan (  ) dari rangkaian penguat *non-inverting* adalah dengan menggunakan persamaan:

$$= \frac{\quad}{\quad} \qquad \text{.....} \qquad (3.1)$$

Dan untuk menghitung tegangan keluaran penguat *non-inverting* adalah dengan menggunakan persamaan:

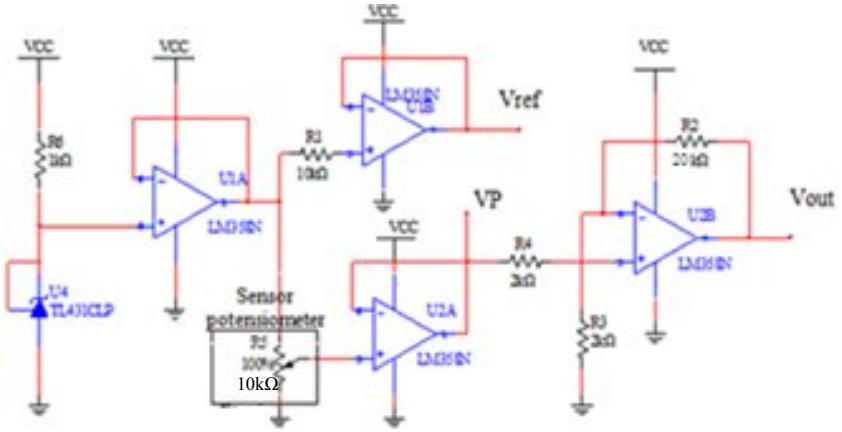
$$= \frac{\quad}{\quad} \qquad \text{.....} \qquad (3.2)$$

Blok rangkaian penguat *non-inverting* dapat dilihat pada Gambar 3.6.




**Gambar 3.6** Blok rangkaian penguat *Non-Inverting.*

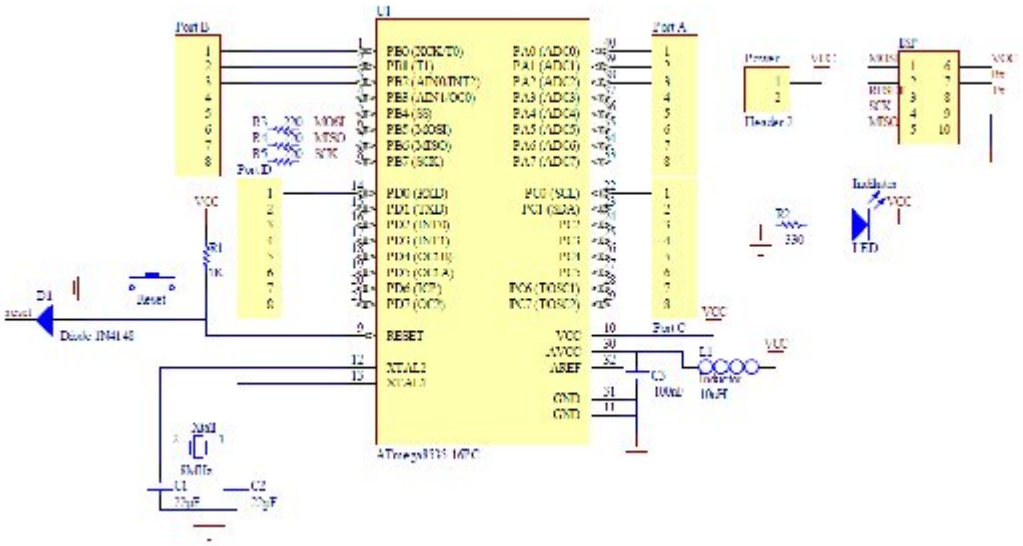
Rangkaian keseluruhan dari sensor extensometer elektris dapat dilihat pada Gambar 3.7.




**Gambar 3.7** Rangkaian keseluruhan sensor pergeseran tanah.

### c. Blok Mikrokontroler ATmega8535

Blok rangkaian mikrokontroler ini berfungsi untuk mengendalikan kerja rangkaian akuisisi data serta mengatur pengiriman data dari rangkaian akuisisi data ke PC. Rangkaian mikrokontroler ATmega8535 yang dibuat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.8.

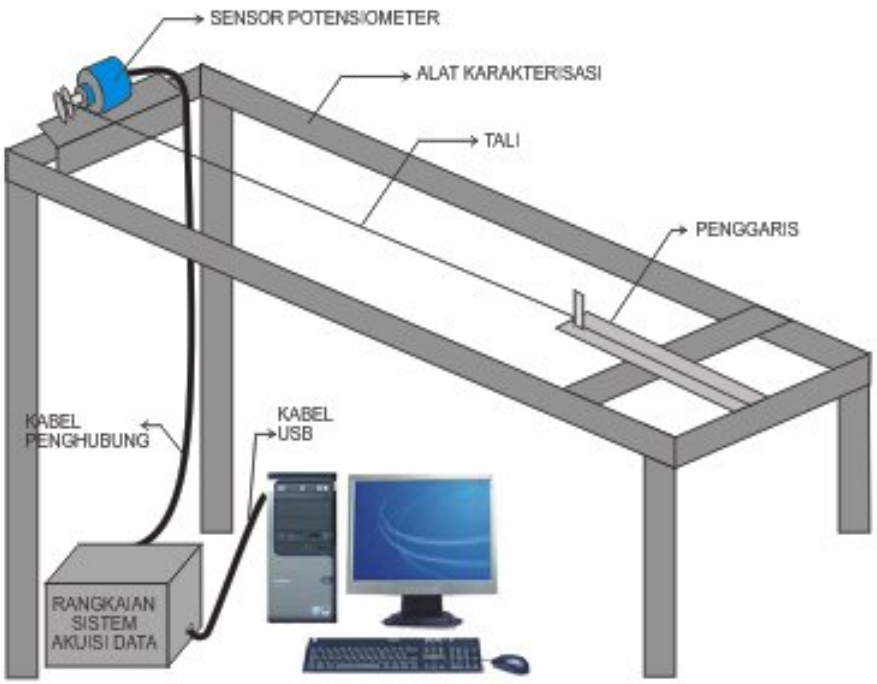



**Gambar 3.8** Rangkaian sistem minimum mikrokontroler.

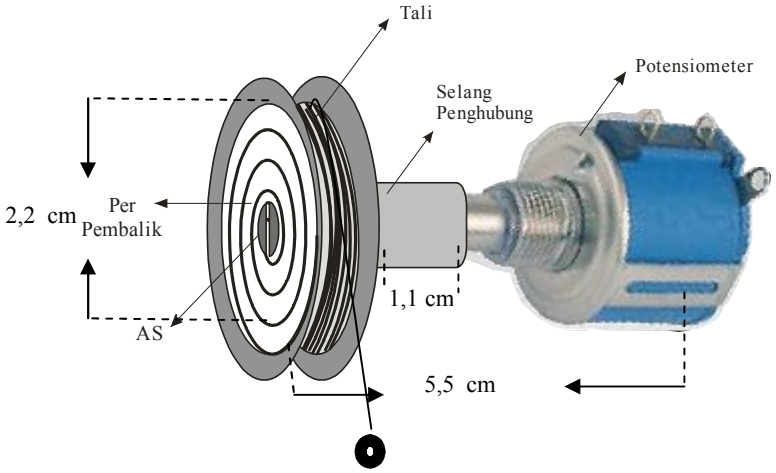
Dari Gambar 3.8 pin 12 dan 13 dihubungkan ke kristal (XTAL) 11,0952 MHz dan kapasitor 22 pF. Fungsi kristal pada rangkaian sistem minimum (sismin) adalah sebagai pembangkit atau pemompa data yaitu bersifat timer (semacam clock) atau pulsa digital oleh karena itu kristal memiliki sebuah frekuekansi. Kristal ini akan mempengaruhi kecepatan mikrokontroler ATmega8535 dalam mengeksekusi setiap perintah dalam program. Pin 9 merupakan masukan reset (aktif tinggi). Pulsa transisi dari rendah ke tinggi akan mereset mikrokontroler ini.

**2. Perancangan Pengujian Sensor Extensometer**

Alat pengujian sensor extensometer pada penelitian ini terdiri atas per pembalik, tali, selang penghubung, potensiometer, alat karakterisasi sensor dan penggaris. Desain dan pengujian sensor extensometer dapat dilihat pada Gambar 3.9.




**(a)**




**(b)**

**Gambar 3.9 (a)** Perancangan pengujian sensor extensometer
**(b)** Desain sensor extensometer.

Dalam Gambar 3.9 (a), ditunjukkan ilustrasi pengujian sensor extensometer. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah potensiometer multiturn 10 kΩ dengan jumlah putaran 10 kali putaran. Potensiometer disambungkan ke gulungan tali yang didalamnya diberi per pembalik. Per pembalik digunakan agar memiliki kemampuan untuk membalik pada kondisi awal tanpa harus menggulung tali secara manual.

Pengujian sensor extensometer dilakukan dengan menggeser tali yang dikaitkan ke penggaris. Ketika tali ditarik atau digeser maka akan memutar gulungan tali dan potensiometer. Dimana, gulungan tali tersebut mempunyai diameter 2,2 cm sehingga diperoleh 1 putaran potensiometer adalah 6,9 cm. Pergeseran potensiometer atau pergeseran tali menyebabkan perubahan hambatan dan ketika dihubungkan ke tegangan, maka pergeseran potensiometer menghasilkan perubahan tegangan.

Pengujian alat dilakukan dengan menghubungkan rangkaian sensor dengan tegangan 6 volt DC dan keluarannya dihubungkan ke port ADC pada mikrokontroler ATmega8535 yang berperan sebagai pengendali kerja rangkaian akuisisi data serta mengatur pengiriman data dari rangkaian akuisisi data ke PC melalui port USB. Komputer (PC) menampilkan informasi data pergeseran tanah yang diperoleh dari sensor extensometer.

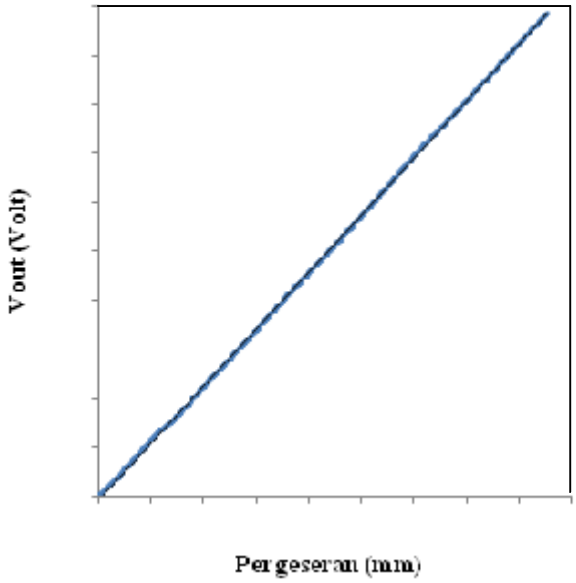
### 3. Metode Pengambilan Data dan Analisis

Pengambilan data dilakukan dengan menggeser atau menarik tali per 5 mm, maka akan diperoleh tegangan keluaran ($V_{out}$). Kemudian diproses oleh rangkaian mikrokontroler sehingga hasil pengukuran pergeseran tanah tersebut akan ditampilkan pada sebuah komputer. Rancangan data pengujian alat ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Data pengujian hasil rancangan alat secara keseluruhan

| No | Pergeseran (cm) | | Tegangan (Volt) | | Error | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Penggaris | Komputer | Multimeter | Komputer | Pergeseran (cm) | Tegangan (Volt) |
| 1 | 0.0 | | | | | |
| 2 | 0.5 | | | | | |
| 3 | 1.0 | | | | | |
| 4 | 1.5 | | | | | |
| 5 | 2.0 | | | | | |
| 6 | 2.5 | | | | | |
| 7 | 3.0 | | | | | |
| 8 | 3.5 | | | | | |
| 9 | …. | | | | | |
| 10 | ….. | | | | | |
| 11 | 15.0 | | | | | |

Setelah diperoleh data, kemudian data tersebut dibuat grafik hubungan antara pergeseran dan tegangan keluaran seperti terlihat pada Gambar 3.10.




**Gambar 3.10** Rancangan grafik uji pergeseran tanah.

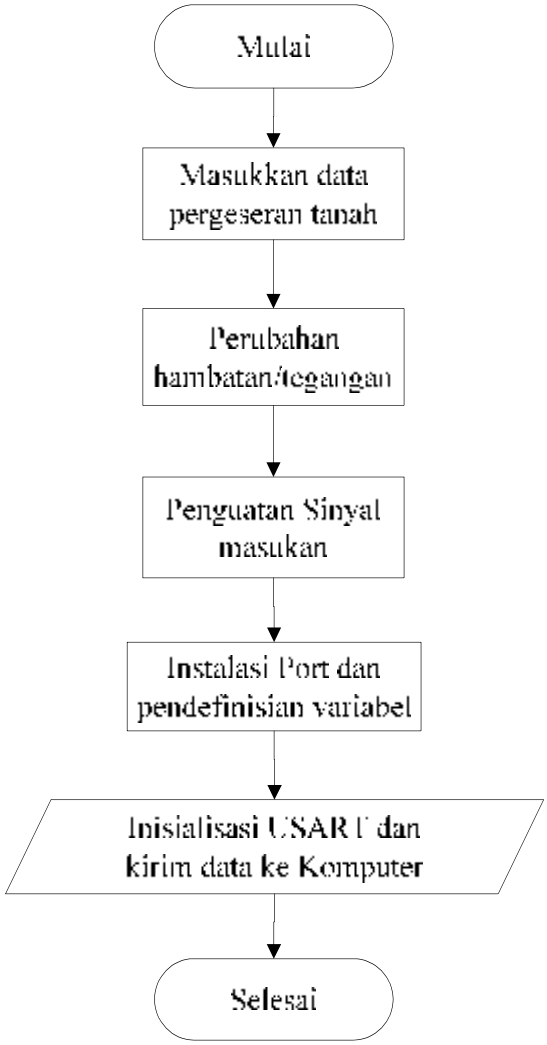
Dari hasil yang diperoleh, dapat diketahui karakteristik dari sensor.

### 4. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak (*software*) pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### a. Perancangan Perangkat Lunak untuk Mikrokontroler ATmega8535

Dalam perancangan *software* (program) pada mikrokontroler ATmega8535 yang digunakan untuk mengendalikan alat pada penelitian ini menggunakan bahasa C melalui *software Codevision*. Adapun diagram alir program mikrokontroler ATmega8535 terlihat pada Gambar 3.11.

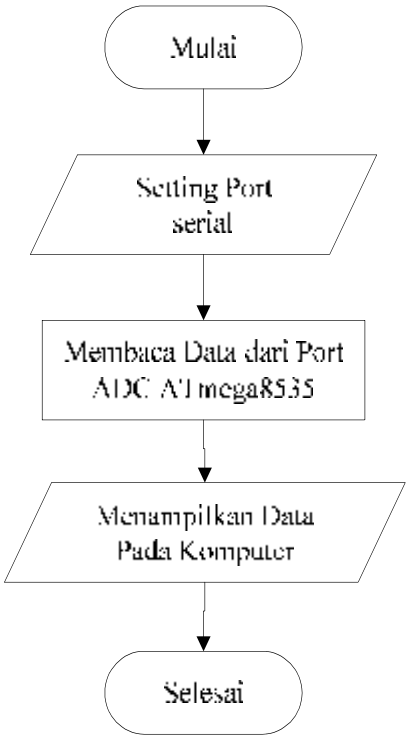



**Gambar 3.11** Diagram alir penelitian.

Dari diagram alir di atas dapat dijelaskan bahwa sinyal masukan berupa pergeseran tanah dikuatkan oleh pengkondisi sinyal. Keluaran dari sensor ini masih berupa data analog kemudian dikonversi menjadi data digital oleh ADC yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535. Selanjutnya data diolah oleh mikrokontroler dan dikirim ke komputer menggunakan komunikasi serial USART.

**b. Perancangan Perangkat Lunak untuk Komputer**

Untuk mengatur komunikasi antara alat pendeteksi serta sistem akuisisi data dan komputer atau laptop diperlukan sebuah *software* yang mengaturnya. Dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic 6.0* untuk melakukan instalasi atau membaca data dari mikrokontroler ATmega8535 ke komputer atau laptop. Diagram alir perancangan perangkat lunak untuk komputer ditunjukkan pada Gambar 3.12.

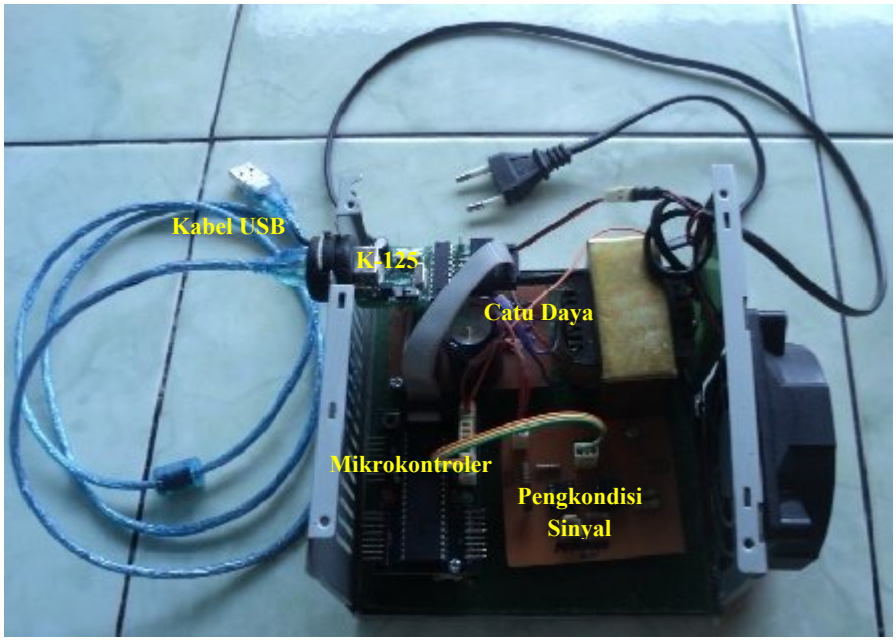



**Gambar 3.12** Diagram alir perancangan perangkat lunak pada PC.

# IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

## A. Hasil Penelitian

Telah direalisasikan alat pendeteksi pergeseran permukaan tanah serta sistem akusisi data pada komputer melalui jalur komunikasi serial USB. Alat ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri atas beberapa rangkaian antara lain catu daya, sistem minimum mikrokontroler, K-125R, sensor extensometer dan pengkondisi sinyal serta alat karakterisasi sensor dan komputer. Rangkaian sensor dan rangkaian *interfacing* atau akuisisi data pada komputer ditunjukkan pada Gambar 4.1.

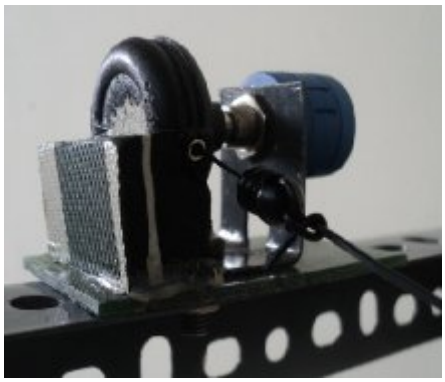



**Gambar 4.1** Rangkaian sensor dan rangkaian *interfacing*.

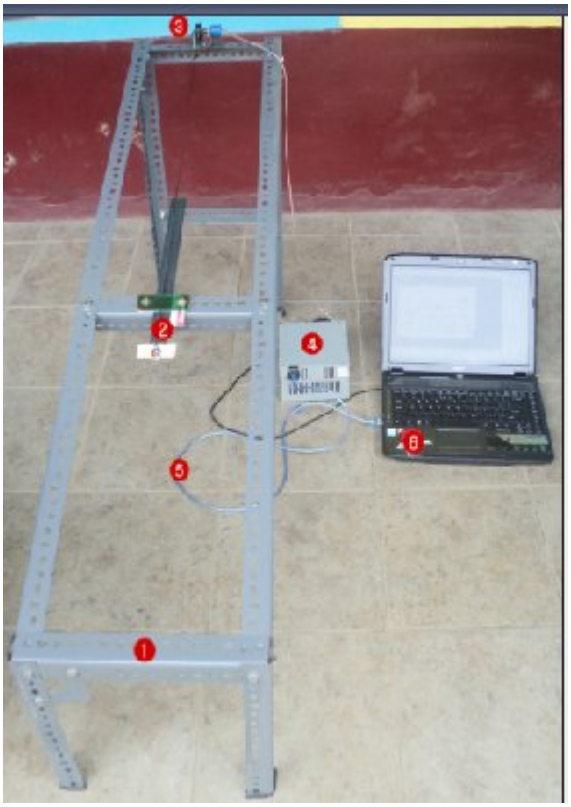
Pada penelitian ini, sensor extensometer elektris menggunakan potensiometer multiturn sebagai sensor yang berfungsi untuk mengukur besar pergeseran tanah. Pergeseran dari potensiometer menyebabkan perubahan pada hambatan keluaran yang dapat mewakili besar pergeseran tanah. Sensor extensometer dihubungkan dengan sumber arus tetap, sehingga tegangan keluarannya sebanding dengan pergeseran translasinya. Tegangan keluaran sensor tersebut diperkuat oleh pengkondisi sinyal, selanjutnya sinyal diubah menjadi sinyal data digital oleh ADC yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535. Sinyal atau keluaran dari sensor yang diterima oleh mikrokontroler diolah dan ditampilkan ke komputer melalui jalur komunikasi serial USB menggunakan K-125.

Agar mikrokontroler dapat menerima dan mengirimkan sinyal keluaran dari sensor, dibutuhkan program untuk mengolah data tersebut. Program atau perangkat lunak yang digunakan untuk membaca inputan ADC dan mengatur proses pengiriman data ke komputer adalah *CodeVisionAVR* dengan bahasa C sebagai bahasa pemrograman pada mikrokontroler ATmega8535. Sedangkan program atau perangkat lunak yang digunakan untuk menampilkan hasil konversi dari pembacaan ADC dalam nilai tegangan dan pergeseran pada komputer adalah bahasa pemrograman *Visual Basic 6.0*.

Setelah alat pendeteksi pergeseran permukaan tanah berbasis komputer ini selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dan pengukuran. Pengujian dan pengukuran tersebut dilakukan agar dapat diketahui karakteristik sampai dengan fungsi alat secara keseluruhan. Desain sensor dan alat karakterisasi sistem sensor extensometer elektris ditunjukkan pada Gambar 4.2. dan 4.3.



**Gambar 4.2** Desain sensor.



Keterangan :

1. Alat karakterisasi
2. Penggaris
3. Sensor extensometer
4. Rangkaian pengkondisi sinyal dan akuisisi data
5. Kabel USB
6. Komputer (Laptop)

**Gambar 4.3** Alat uji sensor extensometer elektris dan sistem akuisisi data.

Desain sensor Gambar 4.2, knop potensiometer disambungkan menggunakan selang penghubung yang panjangnya 1,1 cm ke gulungan tali yang didalamnya diberi per pembalik. Per pembalik ini dikaitkan dengan AS dan dikaitkan dengan gulungan tali pada bagian luarnya. Kemudian tali digulung dengan arah yang berlawanan dengan arah gulungan per pembalik. Sehingga jika tali ditarik maka

gulungan tali akan berputar dan per pembalik akan merapat dan jika tali dilepaskan maka tali akan menggulung secara otomatis karena adanya per pembalik yang terdapat dalam gulungan tali. Gulungan tali tersebut berdiameter 2,2 cm sehingga diperoleh 1 putaran potensiometer bernilai 6,9 cm.

Pada Gambar 4.3, alat karakterisasi yang telah dibuat panjangnya 114 cm dengan kemiringan $17^{o}$. Kabel yang menghubungkan antara potensiometer dengan rangkaian pengkondisi sinyal panjangnya adalah 100 cm. Panjang tali dalam gulungan adalah 60 cm dan panjang sambungan tali dari gulungan tali ke penggaris adalah 68 cm.

Untuk dapat menggunakan sensor extensometer sebagai pendeteksi pergeseran tanah, perlu dilakukan terlebih dahulu pengukuran input output sensor untuk mengetahui karakteristik sensor pada pergeseran-pergeseran tali pada rentang pergeseran yang diberikan. Pengujian atau pengukuran keluaran sensor extensometer elektris dilakukan dengan menghubungkan rangkaian sensor dengan sumber tegangan 6 volt DC dan multimeter digital pada keluarannya.

Pengujian sensor extensometer dilakukan dengan menggeser tali yang dikaitkan ke penggaris per 5 mm. Ketika tali ditarik atau penggaris digeser maka akan memutar gulungan tali dan otomatis knop potensiometer juga ikut berputar atau berubah posisinya. Pergeseran potensiometer atau pergeseran tali menyebabkan perubahan hambatan yang sebanding dengan pergeseran yang diberikan. Pergeseran tali inilah yang mewakili pergeseran tanah. Hasil pengujian perubahan hambatan potensiometer terhadap pergeseran per 5 mm dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data pengujian hambatan potensiometer.

| No | Pergeseran (mm) | Hambatan (R) (Ohm) | | | Rata-Rata | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Uji ke-I | Uji ke-II | Uji ke-III | R (Ohm) | Perubahan R (Ohm) |
| 1 | 0 | 45 | 38 | 41 | 41.33 | 65.00 |
| 2 | 5 | 110 | 105 | 104 | 106.33 | 63.67 |
| 3 | 10 | 173 | 171 | 166 | 170.00 | 59.33 |
| 4 | 15 | 232 | 220 | 236 | 229.33 | 56.33 |
| 5 | 20 | 293 | 284 | 280 | 285.67 | 64.33 |
| 6 | 25 | 356 | 343 | 351 | 350.00 | 60.67 |
| 7 | 30 | 415 | 409 | 408 | 410.67 | 67.67 |
| 8 | 35 | 481 | 474 | 480 | 478.33 | 76.67 |
| 9 | 40 | 556 | 550 | 559 | 555.00 | 58.67 |
| 10 | 45 | 618 | 606 | 617 | 613.67 | 70.67 |
| 11 | 50 | 697 | 677 | 679 | 684.33 | 66.67 |
| 12 | 55 | 755 | 747 | 751 | 751.00 | 68.67 |
| 13 | 60 | 822 | 817 | 820 | 819.67 | 69.33 |
| 14 | 65 | 891 | 885 | 891 | 889.00 | 70.33 |
| 15 | 70 | 954 | 967 | 957 | 959.33 | 71.67 |
| 16 | 75 | 1031 | 1033 | 1029 | 1031.00 | 62.33 |
| 17 | 80 | 1092 | 1092 | 1096 | 1093.33 | 67.00 |
| 18 | 85 | 1166 | 1155 | 1160 | 1160.33 | 63.00 |
| 19 | 90 | 1224 | 1222 | 1224 | 1223.33 | 76.67 |
| 20 | 95 | 1300 | 1300 | 1300 | 1300.00 | 62.33 |
| 21 | 100 | 1362 | 1368 | 1357 | 1362.33 | 66.67 |
| 22 | 105 | 1427 | 1430 | 1430 | 1429.00 | 73.00 |
| 23 | 110 | 1501 | 1506 | 1499 | 1502.00 | 61.00 |
| 24 | 115 | 1559 | 1565 | 1565 | 1563.00 | 69.33 |
| 25 | 120 | 1637 | 1625 | 1635 | 1632.33 | 67.00 |
| 26 | 125 | 1699 | 1699 | 1700 | 1699.33 | 72.33 |
| 27 | 130 | 1777 | 1769 | 1769 | 1771.67 | 72.67 |
| 28 | 135 | 1847 | 1839 | 1847 | 1844.33 | 67.33 |
| 29 | 140 | 1912 | 1906 | 1917 | 1911.67 | 68.67 |
| 30 | 145 | 1982 | 1978 | 1981 | 1980.33 | 69.67 |
| 31 | 150 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050.00 | - |

Berdasarkan data yang diperoleh (Tabel 4.1) terlihat bahwa setiap pertambahan pergeseran tali sebesar 5 mm maka hambatan potensiometer akan bertambah dengan selisih rata-rata adalah 67Ω. Perubahan hambatan potensiometer pada Tabel 4.1 terlihat kurang stabil, dengan perubahan antara 56,33Ω hingga 76,67Ω.

Ketidakstabilan ini dapat terjadi karena ketika menggeser penggaris jaraknya tidak sama 5 mm. Pada pengujian dengan pergeseran 1 mm perubahan hambatan potensiometer rata-rata adalah 13,2 Ω (Lampiran A). Ketika potensiometer dihubungkan dengan sumber tegangan sebesar 6 volt DC, maka perubahan hambatan tersebut akan menghasilkan perubahan tegangan keluaran. Karena alat yang dibuat pada penelitian ini didesain agar mampu mendeteksi adanya perubahan pergeseran sebesar 1 mm, maka sensor potensiometer dihubungkan dengan rangkaian pengkondisi sinyal untuk menguatkan tegangan keluaran dari potensiometer tersebut. Besarnya penguatan dari rangkaian pengkondisi sinyal yang telah dibuat adalah 11 kali. Hasil pengujian tegangan keluaran sensor dan pengkondisi sinyal ditunjukkan pada Table 4.2.

Berdasarkan hasil pengujian tegangan keluaran potensiometer (*Vp*) dan tegangan keluaran setelah melewati pengkondisi sinyal (*Vout*), rangkaian pengkondisi sinyal yang telah dibuat mampu menguatkan sinyal sebesar 10,2 kali. *Range* tegangan keluaran sensor yang diperoleh sebesar 0,016 hingga 4,8 volt, ini telah memenuhi syarat sebagai masukan ADC (yang umumnya 0 volt hingga 5 volt) untuk diubah menjadi sinyal digital yang selanjutnya dapat digunakan pada sistem akuisisi data.

Pada sistem akuisisi data sinyal keluaran dari sensor extensometer berupa tegangan dibaca oleh port ADC 8 bit mikrokontroler ATmega8535 untuk dikonversikan menjadi data 0 – 255. Data dari ADC kemudian diproses oleh mikrokontroler dengan menggunakan bahasa C untuk dikirim ke komputer melalui komunikasi serial USB menggunakan K-125. Selanjutnya data 0-255 dikonversi menjadi tegangan dan pergeseran tanah menggunakan program *Visual*

*Basic 6.0* pada komputer. Hasil pengujian sensor extensometer secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.2** Data pengujian tegangan keluaran sensor extensometer elektris.

| No | Pergeseran (mm) | Tegangan Keluaran (mV) | |
|---|---|---|---|
| | | Potensiometer (Vp) | Output (*Vout*) |
| 1 | 0 | 2 | 16 |
| 2 | 5 | 21 | 145 |
| 3 | 10 | 34 | 261 |
| 4 | 15 | 40 | 403 |
| 5 | 20 | 55 | 559 |
| 6 | 25 | 71 | 724 |
| 7 | 30 | 88 | 897 |
| 8 | 35 | 103 | 1048 |
| 9 | 40 | 122 | 1240 |
| 10 | 45 | 137 | 1392 |
| 11 | 50 | 155 | 1583 |
| 12 | 55 | 173 | 1761 |
| 13 | 60 | 191 | 1953 |
| 14 | 65 | 208 | 2120 |
| 15 | 70 | 225 | 2290 |
| 16 | 75 | 243 | 2470 |
| 17 | 80 | 260 | 2640 |
| 18 | 85 | 276 | 2810 |
| 19 | 90 | 293 | 2980 |
| 20 | 95 | 307 | 3140 |
| 21 | 100 | 325 | 3310 |
| 22 | 105 | 342 | 3480 |
| 23 | 110 | 358 | 3650 |
| 24 | 115 | 378 | 3850 |
| 25 | 120 | 393 | 4010 |
| 26 | 125 | 414 | 4220 |
| 27 | 130 | 430 | 4390 |
| 28 | 135 | 451 | 4610 |
| 29 | 140 | 467 | 4770 |
| 30 | 145 | 483 | 4800 |
| 31 | 150 | 500 | 4800 |

**Tabel 4.3** Data pengujian alat secara keseluruhan.

| No | Pergeseran (cm) | | Tegangan (Volt) | | Selisih | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Penggaris | Komputer | Multimeter | Komputer | Pergeseran (cm) | Tegangan (Volt) |
| 1 | 0.1 | 0.1023 | 0.039 | 0.0356 | 0.1023 | 0.0034 |
| 2 | 0.5 | 0.6095 | 0.225 | 0.2121 | 0.1095 | 0.0129 |
| 3 | 1.0 | 1.1164 | 0.385 | 0.3885 | 0.1164 | 0.0035 |
| 4 | 1.5 | 1.5672 | 0.543 | 0.5454 | 0.0672 | 0.0024 |
| 5 | 2.0 | 2.0181 | 0.697 | 0.7023 | 0.0181 | 0.0053 |
| 6 | 2.5 | 2.4687 | 0.857 | 0.8591 | 0.0313 | 0.0021 |
| 7 | 3.0 | 2.9759 | 1.036 | 1.0356 | 0.0241 | 0.0004 |
| 8 | 3.5 | 3.4830 | 1.204 | 1.2121 | 0.0170 | 0.0081 |
| 9 | 4.0 | 3.9899 | 1.378 | 1.3885 | 0.0101 | 0.0105 |
| 10 | 4.5 | 4.4971 | 1.566 | 1.5650 | 0.0029 | 0.0010 |
| 11 | 5.0 | 5.0043 | 1.740 | 1.7415 | 0.0043 | 0.0015 |
| 12 | 5.5 | 5.5115 | 1.917 | 1.9180 | 0.0115 | 0.0010 |
| 13 | 6.0 | 6.0184 | 2.090 | 2.0944 | 0.0184 | 0.0044 |
| 14 | 6.5 | 6.5819 | 2.290 | 2.2905 | 0.0819 | 0.0005 |
| 15 | 7.0 | 7.0891 | 2.460 | 2.4670 | 0.0891 | 0.0070 |
| 16 | 7.5 | 7.5963 | 2.640 | 2.6435 | 0.0963 | 0.0035 |
| 17 | 8.0 | 8.1032 | 2.810 | 2.8199 | 0.1032 | 0.0099 |
| 18 | 8.5 | 8.6103 | 2.990 | 2.9964 | 0.1103 | 0.0064 |
| 19 | 9.0 | 9.1175 | 3.170 | 3.1729 | 0.1175 | 0.0029 |
| 20 | 9.5 | 9.5681 | 3.330 | 3.3297 | 0.0681 | 0.0003 |
| 21 | 10.0 | 10.0190 | 3.490 | 3.4866 | 0.0190 | 0.0034 |
| 22 | 10.5 | 10.5261 | 3.650 | 3.6631 | 0.0261 | 0.0131 |
| 23 | 11.0 | 11.0330 | 3.820 | 3.8395 | 0.0330 | 0.0195 |
| 24 | 11.5 | 11.5402 | 4.000 | 4.0160 | 0.0402 | 0.0160 |
| 25 | 12.0 | 12.1037 | 4.190 | 4.2121 | 0.1037 | 0.0221 |
| 26 | 12.5 | 12.6106 | 4.380 | 4.3885 | 0.1106 | 0.0085 |
| 27 | 13.0 | 13.2868 | 4.620 | 4.6238 | 0.2868 | 0.0038 |
| 28 | 13.5 | 13.6813 | 4.760 | 4.7611 | 0.1813 | 0.0011 |
| 29 | 14.0 | 13.7940 | 4.800 | 4.8003 | 0.2060 | 0.0003 |
| 30 | 14.5 | 13.7940 | 4.800 | 4.8003 | 0.7060 | 0.0003 |
| Rata-rata | | | | | 0.0971 | 0.0058 |

Berdasarkan hasil pengujian alat secara keseluruhan tegangan keluaran pada multimeter dan komputer hampir sama, selisihnya sangat kecil, yaitu rata-rata 0.0058 volt. Sedangkan pergeseran pada penggaris dan komputer selisihnya rata-rata mencapai 0.0971 cm. Hal ini terjadi karena pergeseran dilakukan secara

manual dengan menggeser penggaris per 5 mm, terkadang menggesernya kurang dari 5 mm dan terkadang lebih dari 5 mm. Itulah yang menyebabkan selisih yang diperoleh cukup besar.

## B. Pembahasan

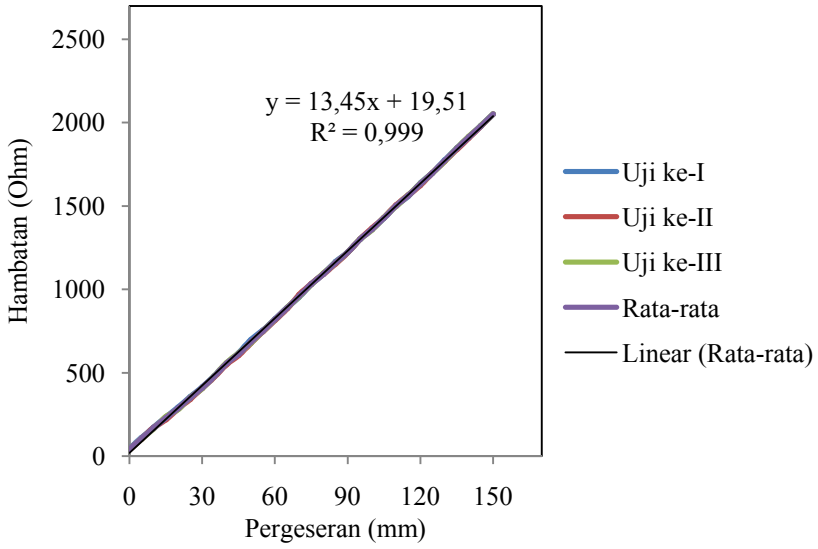
### 1. Analisis Perangkat Keras (*Hardware*)

#### a. Analisis sensor extensometer elektris

Sensor extensometer elektris merupakan salah satu instrumen yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya pergeseran permukaan tanah. Sensor ini dinamakan extensometer elektris karena menggunakan komponen-komponen elektronika sebagai penyusunnya. Data-data yang diperoleh dari alat pendeteksi ini akan menjadi sumber informasi penting terutama pada saat musim hujan yang terjadi setelah musim kemarau panjang. Karena pada musim kemarau kondisi tanah kering dan biasanya terjadi retakan dan rekahan di dalam tanah. Salah satu ciri lahan rentan longsor adalah adanya rekahan tanah selebar >2 cm dan dalam >50 cm yang terjadi pada musim kemarau (Anonymous, 2012). Dan ketika musim hujan tiba, air hujan akan masuk ke rekahan tanah dan terakumulasi di bagian dasar lereng sehingga menimbulkan gerakan lateral atau pergeseran tanah. Pergeseran tanah 5 cm, menurut Herjuna dapat dinyatakan sudah cukup membahayakan atau dapat menimbulkan tanah longsor.

Pada sensor extensometer elektris menggunakan potensiometer multiturn 10 putaran dengan resistansi 10 kΩ sebagai sensor yang berfungsi untuk mengukur besar pergeseran tanah. Pergeseran potensiometer menyebabkan perubahan

hambatan keluaran, dimana besar pergeseran potensiometer sebanding dengan perubahan hambatan. Dari hasil pengujian hambatan potensiometer (Tabel 4.1) diperoleh grafik karakterisasi potensiometer ditunjukkan pada Gambar 4.4.




**Gambar 4.4** Grafik karakteristik potensiometer.

Gambar 4.4 menunjukkan grafik hubungan antara hambatan potensiometer dan pergeseran adalah linier. Karakteristiknya membentuk persamaan:

$$y = 13.45x + 19.51 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (4.1)$$

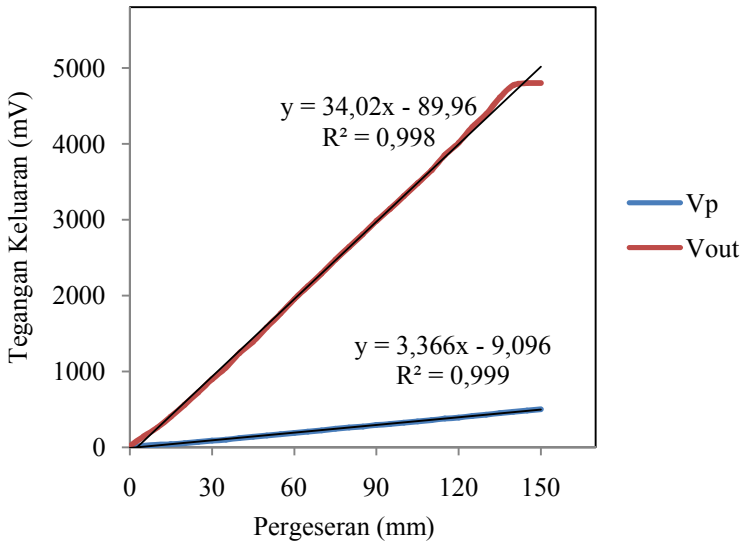
Dari persamaan 4.1, $y$ adalah hambatan potensiometer dan $x$ adalah pergeseran. Dari persamaan tersebut diperoleh korelasi antara kedua variable yaitu $R^2 = 0.999$. Hasil tersebut diperoleh dengan cara mengukur hambatan potensiometer yang terhubung dengan kabel yang panjangnya 100 cm menggunakan multimeter digital. Dari hasil tersebut terlihat bahwa potensiometer mempunyai linieritas yang baik, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sensor pendeteksi pergeseran permukaan tanah. Setiap ada pergeseran permukaan tanah yang dideteksi dengan pergeseran tali dipastikan dapat menggerakkan potensiometer secara linier pula.

Pada rangkaian extensometer juga menggunakan IC TL431 sebagai regulator, tegangan keluaran dari IC TL431 sebesar 2,5 V. Keluaran TL431 dihubungkan ke input rangkaian *buffer* pada kaki 3 dan diteruskan pada kaki 5 IC LM358. Tegangan keluaran dari rangkaian *buffer* (tegangan referansi) sama dengan tegangan masukannya yaitu 2,5 V. Tegangan referensi (*Vref*) besarnya tetap dan hanya digunakan sebagai referensi pada *output* rangkaian sensor extensometer.

Potensiometer pada rangkaian sensor extensometer ini dihubungkan dengan sumber arus tetap, sehingga tegangan keluarannya sebanding dengan pergeseran translasinya. Tegangan keluaran sensor (potensiometer) dihubungkan dengan *input* rangkaian *buffer* pada kaki 3 dan diteruskan ke penguat *non-inverting* pada kaki 5. Penguat *non-inverting* berperan sebagai pengkondisi sinyal yang berfungsi menguatkan keluaran dari potensiometer. Sensor yang dibuat pada penelitian ini dirancang agar dapat mendeteksi perubahan atau pergeseran sebesar 1 mm, jika tidak diberi penguatan keluarannya sangat kecil sehingga dibutuhkan pengkondisi sinyal untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor tersebut agar dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler. Besar penguatan yang dibuat adalah 11 kali, yaitu dengan cara mengkombinasikan besar nilai *resitansi* R2 dan R3 pada rangkaian penguat *non-inverting* (Gambar 3.6) agar dihasilkan penguatan yang diinginkan.

Tegangan keluaran potensiometer dikuatkan berdasarkan penguatan yang diberikan. Tegangan keluaran potensiometer sebelum dikuatkan (*Vp*) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3. Berdasarkan rangkaian sensor extensometer Gambar 3.7, input tegangan potensiometer (*Vin*) adalah 2,5 volt dan hambatan total potensiometer ($R_1$+$R_2$) adalah 10 kΩ. Sehingga menurut teori

tegangan keluaran potensiometer diperoleh dengan cara mengalikan input tegangan (*Vin*) dengan perubahan hambatan dibagi hambatan total potensiometer. Berdasarkan hasil perhitungan teori dan hasil pengujian menggunakan multimeter digital besar tegangan yang diperoleh adalah relatif sama atau mendekati (Lampiran A). Sedangkan besar tegangan keluaran (*Vout*) setelah dikuatkan dapat dihitung dengan persamaan 3.2. Dari hasil pengujian rangkaian sensor extensometer (Tabel 4.2) diperoleh grafik seperti terlihat pada Gambar 4.5.




**Gambar 4.5** Grafik hubungan tegangan keluaran sensor dan pergeseran.

Gambar 4.5 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara tegangan keluaran yang terukur pada multimeter digital terhadap pergeseran tali yang mewakili pergeseran permukaan tanah. Dari grafik tersebut diperoleh bahwa sensor memiliki keluaran yang linier. Karakteristiknya membentuk persamaan:

$$y = 34.02x - 89.96 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (4.2)$$

dimana $y$ adalah tegangan keluaran dan $x$ adalah pergeseran. Persamaan 4.2 digunakan untuk menghitung pergeseran pada alat hasil rancangan keseluruhan. Berdasarkan grafik Gambar 4.5, tegangan keluaran potensiometer (Vp) sangat

kecil perubahannya sehingga jika tidak diberi penguatan sensitivitasnya akan sangat kecil. Dan setelah dikuatkan perubahan tegangan keluarannya (*Vout*) adalah 10,2 kali lebih besar dari *Vp*.

Dari grafik Gambar 4.5 kita dapat melihat bahwa sensor mempunyai rentang pengukuran antara 0 hingga 140 mm (14 cm). Di atas rentang tersebut tegangan keluarannya (*Vout*) tidak berubah (tetap) yaitu 4800 mV. Akan tetapi, tegangan keluaran potensiometer (*Vp*) tetap berubah hingga posisi potensiometer maksimum atau hingga 690 mm. Perubahan tegangan keluaran potensiometer (*Vp*) jika diberi pergeseran 5 mm adalah $\pm$17mV. Jika tidak diberi penguatan, pergeseran 1 mm menghasilkan perubahan tegangan keluarannya sangat kecil, yaitu $\pm$3mV. Sehingga jika sensor tidak diberi penguatan, pergeseran kurang dari 1 mm tidak dapat dirasakan oleh sensor. Karena sensor ini dibuat untuk mendeteksi pergeseran permukaan tanah dalam orde milimeter, maka dibutuhkan sensitivitas sensor yang tinggi.

Pada penelitian ini tegangan keluaran dari potensiometer dikuatkan 11 kali, sebagaimana ditunjukkan pada rangkaian Gambar 3.6. Dari Gambar 3.6 diketahui besar R2 adalah 20kΩ dan R3 adalah 2kΩ. Besar penguatan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1, sehingga dari kombinasi R2 dan R3 pada rangkaian penguat *non-inverting* diperoleh penguatan sebesar 11 kali. Dari hasil pengujian tegangan keluaran sensor, rangkaian penguat ini mampu menguatkan tegangan potensiometer (*Vp*) sebesar 10,2 kali. Setelah diberi penguatan, perubahan tegangan keluaran sensor (*Vout*) jika diberi pergeseran 5 mm adalah $\pm$160 mV.

**b. Rangkaian sistem akuisisi data**

Rangkaian sistem akuisisi data berfungsi menghubungkan rangkaian sensor extensometer elektris dengan komputer. Rangkaian sistem akuisisi data terdiri atas sistem minimum mikrokontroler Atmega8535 dan modul K-125. Bagian utama dari sistem akuisisi data adalah komponen pengubah analog ke digital (ADC).

- **Mikrokontroler ATmega8535**

Mikrokontroler ATmega8535 merupakan pusat pengendali pada sistem akuisisi data. Dalam mikrokontroler ATmega8535 sudah terdapat fasilitas ADC dengan resolusi 10 bit yang berfungsi untuk mengubah data analog menjadi data digital. ADC ini dihubungkan dengan 8 *channel analog Multiplexer* yang memungkinkan terbentuk 8 input tegangan *single-ended* yang masuk melalui pin pada PortA.

ADC memiliki pin supply tegangan analog yang terpisah yaitu AVCC. Besarnya tegangan AVCC adalah ±0,3V dari VCC. Tegangan referensi ADC dapat dipilih menggunakan tegangan referensi internal maupun eksternal. Jika menggunakan tegangan referensi internal, bisa dipilih *on-chip internal reference voltage* yaitu sebesar 2,56 V atau sebesar AVCC. Jika menggunakan tegangan referensi eksternal, dapat dihubungkan melalui pin AREF.

Pada penelitian ini, tegangan referensi ADC yang digunakan adalah AVCC. Mikrokontroler akan membaca tegangan analog dari sensor extensometer elektris pada input ADC5 dan mengirimkan data hasil konversi ADC ke komputer melalui komunikasi serial USART (*Universal Syncrhronous and Asyncrhronous Serial Receiver and Transmitter)* dengan mode *Asynchronous*. USART merupakan

komunikasi yang memiliki *fleksibilitas* tinggi, yang dapat digunakan untuk melakukan transfer data baik antar mikrokontroler maupun dengan modul-modul eksternal termasuk PC yang memiliki fitur UART.

USART memungkinkan transmisi data baik secara *syncrhronous* maupun *asyncrhronous,* sehingga dengan menggunakan USART pasti kompatibel dengan UART. Pada ATmega8535, secara umum pengaturan mode *syncrhronous* maupun *asyncrhronous* adalah sama. Perbedaannya terletak pada sumber clock saja. Jika pada mode *asyncrhronous* masing-masing *peripheral* memiliki sumber clock sendiri, maka pada mode *syncrhronous* hanya ada satu sumber clock yang digunakan secara bersama-sama. Dengan demikian, secara *hardware* untuk mode *asyncrhronous* hanya membutuhkan 2 pin yaitu TXD dan RXD, sedangkan untuk mode *syncrhronous* harus 3 pin yaitu TXD, RXD dan XCK.

Mikrokontroler ATmega8535 berperan mengkonversi tegangan keluaran dari sensor menjadi data digital oleh ADC yang terdapat pada mikrokontroler dan mengirimkan data tersebut ke komputer melalui port USB yang terdapat pada komputer atau laptop untuk diolah lebih lanjut. Rumusan yang digunakan untuk menghitung *output* yang dihasilkan ADC mikrokontroler ATmega8535 8 bit dapat adalah:

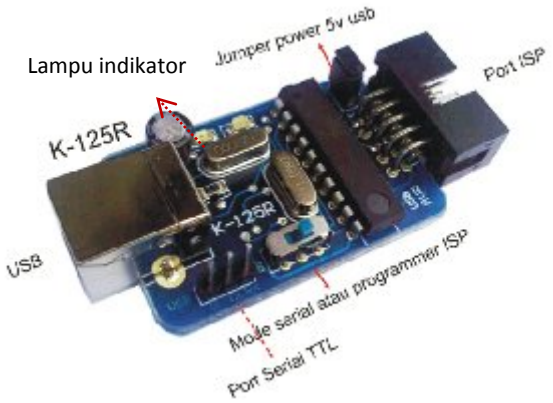
$$\frac{\quad}{\quad} \times = 255 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (4.3)$$

Dimana *output ADC* ini dalam bentuk nilai desimal 0-255, *Vin* adalah tegangan input ADC dari sensor extensometer yang akan dikonversi, 5 adalah tegangan referensi yang digunakan dalam ADC dan 255 adalah nilai maksimal yang diberikan ADC 8 bit.

Output dari ADC tersebut akan diproses mikrokontroler menggunakan bahasa C untuk dikirimkan ke komputer. Data yang diterima komputer dari mikrokontroler selanjutnya diolah komputer menggunakan program *Visual Basic 6.0* untuk dikonversi lagi menjadi nilai tegangan dan pergeseran selanjutnya ditampilkan pada program *VB 6.0*

- **K-125R**

K-125R merupakan USB Atmel AVR ISP Programmer atau downloader untuk semua Tipe AVR. K-125 telah dilengkapi dengan komunikasi USB to Serial TTL. Alat ini dapat digunakan untuk mengisi program pada Mikrokontroler AVR semudah memasang sebuah konektor USB pada komputer atau laptop, K-125 juga dapat digunakan untuk komunikasi serial ke komputer atau laptop. Modul K-125R USB AVR Programmer ditunjukkan pada Gambar 4.6.




**Gambar 4.6** Modul K-125R USB AVR Programmer.

K-125 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Format file yang didukung adalah * .hex
2. Target ISP untuk semua AVR
3. Terdapat Port komunikasi USB to Serial TTL

4. Kompatibel dengan Windows XP, Vista dan win7 32/64bit
5. Kompatibel Software: AVRdude, AVR studio 4, AVR OSP II, Bascom-AVR IDE, CodeVision AVR 1.25.9 dan AVRprog (rekomendasi gunakan AVRprog untuk speed download tercepat)
6. Tidak membutuhkan catu daya tambahan dari luar
7. Terdapat selector jumper untuk *power board* mikrokontroler AVR jika membutuhkan power dari USB

Ketika dihubungkan ke komputer, lampu inidikator pada K-125R akan berwarna merah kemudian berwarna biru. Ketika digunakan untuk mendownload program, jika hanya menggunakan power dari USB ke mikrokontroler ATmega8535 maka jumper harus dipasang dan jika mikrokontroler ATmega8535 menggunakan power dari luar maka jumper harus dilepaskan. Jika K-125R digunakan untuk mendownload program, maka *swich* digeser pada P (Program). Dan jika digunakan untuk mengkomunikasikan mikrokontroler ke komputer menggunakan komunikasi USB to serial TTL dari K-125R, maka *swich* digeser pada S (Serial).

**c. Kinerja rangkaian secara keseluruhan**

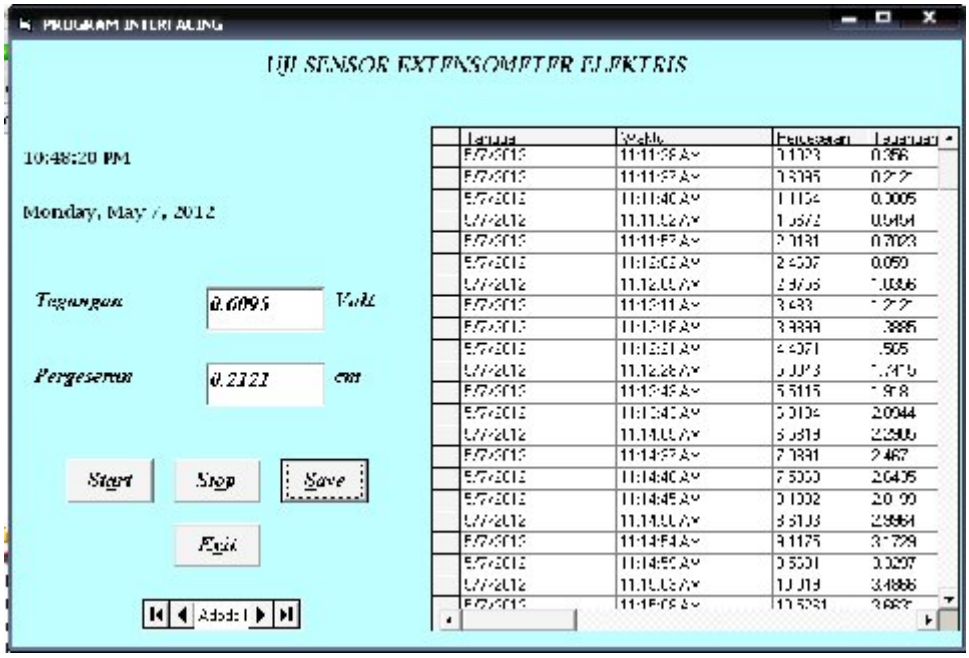
Pada penelitian ini telah dibuat suatu sistem alat pendeteksi pergeseran permukaan tanah menggunakan potensiometer multiturn. Keluaran dari sensor extensometer elektris berupa sinyal analog yaitu tegangan, kemudian tegangan tersebut dikonversi menjadi data digital oleh ADC yang terdapat pada mikrokontroler menjadi data digital agar dapat diolah dan dikirimkan ke komputer. Data yang diterima oleh komputer selanjutnya diolah oleh program *Visual Basic 6.0*. Pada program *VB 6.0*, data desimal dari output ADC mikrokontroler yang diterima oleh

komputer dikonversi menjadi nilai tegangan dan pergeseraan menggunakan persamaan 4.4 dan 4.5.

$$( \ ) = \frac{\quad}{\quad} \times 5 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (4.4)$$

$$( \ ) = \frac{\quad}{\quad} - (0.009) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (4.4)$$

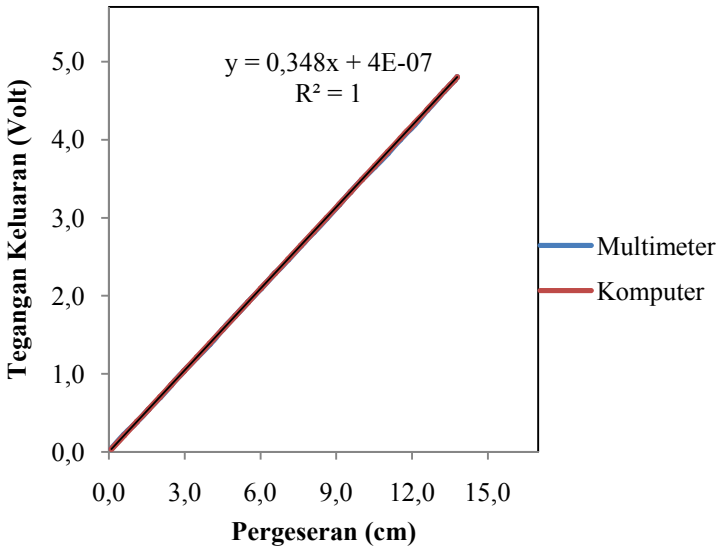
Data ditampilkan berupa nilai tegangan dan pergeseran tanah yang terukur kemudian data tersebut disimpan dalam *database Microsoft Access* sebagai bahan analisa berapa besar pergeseran tanah pada saat pengambilan data. Tampilan dari program *Visual Basic 6.0* pada komputer ditunjukkan pada Gambar 4.7.




**Gambar 4.7** Tampilan program *Visual Basic 6.0* pada komputer.

Pengukuran sistem pendeteksi pergeseran tanah menggunakan komputer berfungsi sebagai sistem *monitoring* (pemantau). Proses pengukuran dilakukan dengan menghubungkan keluaran sensor pada multimeter digital dan port ADC5 mikrokontroler kemudian dihubungkan ke laptop (komputer jinjing) untuk melihat

keluarannya. Berdasarkan hasil pengujian alat secara keseluruhan (Tabel 4.3) diperoleh grafik seperti terlihat pada Gambar 4.8.




**Gambar 4.8** Karakteristik sistem sensor extensometer.

Gambar 4.8 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara tegangan keluaran yang terukur pada multimeter digital dan komputer terhadap pergeseran. Dari grafik tersebut diperoleh bahwa sensor memiliki keluaran yang linier terhadap pergeseran-pergeseran yang diberikan. Karakteristinya membentuk persamaan $y = 0.348x + 4E\text{-}07$ dengan korelasi 100%. Dimana $y$ adalah tegangan keluaran sensor dan $x$ adalah pergeseran. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa keluaran dari sistem sensor extensometer elektris berbasis komputer ini menghasilkan tegangan keluaran yang sama setiap terjadi pergeseran 5 mm.

Karakteristik alat pendeteksi pergeseran tanah sangat penting untuk dipahami agar dalam pemakaiannya dapat dipakai secara optimal. Karakteristik yang harus dimiliki oleh sebuah sensor atau alat pendeteksi antara lain linieritas, stabilitas dan sensitivitas. Linieritas merupakan kemampuan untuk menghasilkan karakteristik

masukan-keluaran yang linier. Sensor akan stabil jika keluarannya berubah secara kontinyu dan interval keluarannya konstan. Untuk nilai masukan (input) tertentu sensor harus dapat memberikan keluaran (output) yang tetap nilainya dalam waktu yang lama. Sensor yang mempunyai linieritas dan stabilitas akan menghasilkan keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan. Dari hasil pengujian sensor extensometer ini menunjukkan keluaran yang linier dan stabil terhadap masukan berupa pergeseran yang diberikan.

Kepekaan (*sensitivity*) adalah perbandingan sinyal keluaran terhadap perubahan masukan atau variabel yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukan perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan. Untuk melihat seberapa besar sensitivitas alat terhadap kuantitas yang diukur maka pada penelitian ini dilakukan pengujian setiap 1 mm. Pada hasil pengujian setiap dilakukan pergeseran 1 mm sensor sudah memberikan perubahan tegangan keluaran dan hasilnya pun linier. Data pengujian sensor dengan pergeseran 1 mm dapat dilihat pada lampiran A. Dari hasil pengujian, setiap diberi pergeseran 1 mm perubahan tegangan keluarannya rata-rata sebesar 34 mV. Jadi sensitivitas alat ini adalah 34 mV/mm. Sensor extensometer elektris ini mampu mendeteksi adanya pergeseran kurang dari 1 mm.

**2. Analisis Perangkat Lunak (Software)**

Perangkat lunak *(software)* sangat menentukan untuk mengaplikasikan suatu perangkat keras *(hardware)*. Perancangan suatu alat yang menggunakan komponen-komponen elektronik yang dapat diprogram dapat diubah fungsinya tanpa harus mengubah perangkat kerasnya. Sehingga dalam hal ini dibutuhkan

suatu program atau bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahasa C dan *Visual Basic 6.0* (*VB 6.0*).

**a. Perangkat lunak pada mikrokontroler ATmega8535**

Program yang digunakan pada mikrokontroler ATmega8535 adalah bahasa C menggunakan program *Code Vision AVR C Compiler* (CVAVR). Software ini memiliki berbagai fitur yang dapat membantu kita dalam membuat program yang akan didownload ke mikrokontroler ATmega8535 menggunakan downloader K-125R. Program yang dibuat pada mikrokontroler ATMega8535 adalah sebuah program untuk membaca inputan ADC pada mikrokontroler dan komunikasi serial USART antara mikrokontroler ATMega8535 dan komputer. Berikut adalah penjelasan program pada mikrokontroler ATmega8535.

```
#include <mega8535.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
```

**#include <mega8535.h>** : Inisialisasi Mikrokontroller yang dipakai untuk memanggil *library* (mempersiapkan perintah-perintah yang dapat digunakan).

**#include <stdio.h>** : memerintahkan preposesor untuk memanggil *library stdio* ke dalam *source code* program yang dibuat, dalam hal ini diperlukan untuk aliran *input output*.

**#include <delay.h>** : memanggil *library delay*, dimana terdapat fungsi-fungsi *delay* atau tunda yang dapat kita gunakan, seperti delay_ms("konstanta") = tunda untuk *milisecond*.

Selanjutnya dilakukan inisialisasi ADC, proses inisialisasi ADC meliputi proses penentuan clock, tegangan referensi, format output dan mode pembacaan.

Register yang perlu diset nilainya adalah ADMUX (*ADC Multiplexer Selection Register*), ADCSRA (*ADC Control and Status Register A*) dan atau SFIOR (*Spesial Function IO Register*). ADMUX merupakan register 8 bit yang berfungsi menentukan tegangan referensi ADC, format data Output dan saluran ADC yang digunakan. ADCSRA merupakan register 8 bit yang berfungsi melakukan manajemen sinyal kontrol dan status dari ADC. Register SFIOR merupakan register 8 bit pengatur sumber picu konversi ADC. Berikut adalah program inisialisasi ADC 8 bit:

```
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCH;
}
```

Selanjutnya dilakukan pendeklarasi konstanta atau variabel secara umum yaitu sebagai berikut :

```
void main(void)
{
// Declare your local variables here
int data;
```

Fungsi-fungsi yang digunakan harus dideklarasikan terlebih dahulu agar diketahui oleh kompiler. Begitu juga dengan pendeklarasian veriabel-variabel yang digunakan. Setelah proses pendefinisian dan pendeklarasian selesai maka dapat

dituliskan program utamanya, adapun program utama dari mikrokontroler ini adalah sebagai berikut:

```
while (1)
    {
     data=read_adc(5)
      printf("%d",data);
     delay_ms(1000);
    };
}
```

Pada program tersebut terlebih dahulu mendefinisikan variabel data. Variabel data merupakan nilai dari pembacaan ADC(5). Pada bagian program "printf("%d",data)" akan menampilkan data desimal hasil konversi tegangan keluaran sensor yang terbaca oleh port ADC(5). Data ini selanjutkan akan dikirimkan ke komputer dengan komunikasi serial USART.

Untuk mengaktifkan port serial USART dilakukan inisialisasi pada beberapa register, yaitu UCSRA (USART *Control Status Register A*), UCSRB (USART *Control Status Register B*), UCSRC (USART *Control Status Register C*), UBRRH dan UBRRL (USART *Baud Rate Register*). Pada program mengirim data serial, Setelah mendeklarasi register, maka program akan menginisialisasi port serial mikrokontroler dan boudrate. Berikut adalah listing program inisialisasi USART:

```
// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: Off
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x08;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47;
```

Kemudian program akan masuk ke program utama. Di dalam program utama, mikrokontroler akan mengeluarkan data *decimal* hasil konversi ADC. Data tersebut akan dikirimkan oleh mikrokontroler dengan menggunakan port serial dan akan diterima oleh komputer.

**b. Perangkat lunak *Visual Basic 6.0* pada komputer**

Perangkat lunak yang digunakan untuk menampilkan besaran-besaran yang diperoleh dari system alat pendeteksi pergeseran permukaan tanah ini menggunakan *Visual Basic 6.0.* Visual Basic merupakan salah satu pemrograman visual yang memiliki bahasa pemrograman yang sederhana dan mudah untuk digunakan. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa BASIC (*Begginers All-Purpose Symbolic Instrucsion Code*) yang merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang sederhana. Pada *Visual Basic 6.0* untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat lain di luar komputer, *Visual Basic 6.0* menyediakan komponen **MS Comm Control 6.0** sebagai media komunikasi.

Fungsi dari komponen ini adalah sebagai berikut:

a. mengadakan hubungan dengan *serial port* PC,

b. berhubungan dengan alat komunikasi lain,

c. melakukan pertukaran data dan

d. memonitor dan merespon *event* dan *error* yang terjadi pada hubungan *serial.*

Sebelum membuka *serial port*, dilakukan pengaturan protokol komunikasi serial dengan *property* MSComm. Menentukan nomor *port* komunikasi menggunakan *CommPort* dan menentukan *baud rate*, *parity*, data *bits*, *stop bits* menggunakan

*property setting*. *Setting* MSComm pada program adalah 9600,N,8,1 yaitu *Baud Rate* 9600 bps, N = Tanpa Paritas, 8 = Jumlah data 8 bit, 1 = jumlah bit stop. *CommPort* yang digunakan adalah *Comm1*. Pengaturan ini dilakukan agar mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan komputer. Pada pengaturan tersebut data 8 bit dikirim secara serial dengan kecepatan 9600bps.

MSComm1.PortOpen = True : untuk membuka Port Serial

MSComm1.PortOpen = False : untuk menutup Port Serial

Pada awal program harus dilakukan pendeklarasian variabel-variabel apa saja yang digunakan dalam keseluruhan program. Pendeklarasian secara umum pada *Visual Basic 6.0* adalah seperti berikut:

```
Dim data As Variant
Dim a As Currency
Dim V As Currency
Dim X As Currency
```

Dari program terlihat bahwa variabel data menggunakan tipe data *variant*. Variabel *a*, *V* dan *X* menggunakan tipe data *currency*. *Currency* merupakan bilangan, 15 digit sebelum koma dan 4 digit setelah koma dan variant mencakup semua tipe data. Program utama VB 6.0 tertulis sebagai berikut:

```
data = Cstr(MSComm1.Input)
V = (data / 255 * 5) + 0.016
X = (V / 0.34) - 0.009
Text1.Text = V
Text2.Text = X
```

Variabel *data* didefinisikan sebagai *input MSComm1*, yaitu tegangan keluaran sensor yang dikonversi oleh ADC mikrokontroler. *CStr* adalah fungsi *built-in* (sediaan) *Visual Basic* yang mengubah nilai variabel *data* yang bertipe *variant*

menjadi bertipe *string* agar dapat dikonversi. Variable *V* adalah tegangan keluaran sensor yang akan ditampilkan ke program (Text1). Nilai tegangan ini diperoleh dari persamaan $V = (data / 255 * 5) + 0.016$, dimana *data* adalah data hasil pembacaan port ADC yang diterima MSComm1, 255 adalah angka maksimal bilangan biner 8 bit, 5 adalah tegangan refrensi yang digunakan pada ADC mikrokontroler dan 0.016 adalah faktor kalibrasi alat. Variable *X* adalah besar pergeseran tanah yang akan ditampilkan ke program (Text2). Besar pergeseran tanah ini diperoleh dari persamaan $y = 34.02x - 89.96$ dimana *y* adalah tegangan dalam mV dan *x* adalah pergeseran dalam mm. Pada program ini $X = (V / 0.34) - 0.009$, dari persamaan ini *V a*dalah tegangan dalam volt dan *X* adalah pergeseran dalam cm.

Setelah data tampil pada program VB 6.0 selanjutnya data tersebut disimpan dalam data base *Microsoft Access*. Perintah atau listing program pada *Command Buttom Save* adalah:

```
Private Sub Command4_Click()
   With Adodc1.Recordset
      .AddNew
         !Tanggal = Format(Date, "dd-mmmm-yyyy")
         !waktu = jam.Caption
         !Pergeseran = Text2.Text
         !tegangan = Text1.Text
      .Update
      End With
   End Sub
```

Perintah .AddNew berfungsi untuk menambah baru atau mengisi data pada tabel data base berupa tanggal, waktu, pergeseran dan tegangan yang terbaca oleh program.

# V. KESIMPULAN DAN SARAN

## A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem sensor pergeseran permukaan tanah berbasis komputer yang telah dibuat dapat mendeteksi pergeseran dalam orde milimeter.
2. Pergeseran potensiometer menyebabkan perubahan hambatan yang sebanding dengan pergeseran yang diberikan, dimana pergeseran 1 mm menyebabkan perubahan hambatan rata-rata sebesar 13,2 Ω.
3. Rangkaian pengkondisi sinyal mampu menguatkan tegangan potensiometer sebesar 10,2 kali dengan range tegangan keluaran yang diperoleh sebesar 0,016 hingga 4,8 volt dan range pergeserannya 0 hingga 14 cm.
4. Sistem sensor pergeseran tanah ini mempunyai sensitivitas yang tinggi yaitu mampu mendeteksi adanya pergeseran sebesar 1 mm dengan perubahan tegangan keluaran sebesar 34 mV, jadi sensitivitas alat ini adalah 34 mV/mm.
5. Sensitivitas dan rentang pengukuran sensor ini bergantung pada penguatan yang diberikan.
6. Selisih pengujian alat secara keseluruhan untuk tegangan keluaran pada multimeter dan komputer adalah 0,0058 volt, sedangkan untuk pergeseran pada penggaris dan komputer adalah 0,0971 cm. Hal ini terjadi karena pergeseran dilakukan secara manual dengan menggeser pengaris per 5 mm.

## B. Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya, maka disarankan hal-hal berikut ini:

1. Extensometer elektris ini menggunakan prinsip elektronis sehingga dalam pemakaiannya diperlukan sumber daya didekat sensor dan ini menjadi kendala jika area pemasangan tidak ada sumber daya PLN, untuk itu untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sumber tegangan dari batrai atau sel surya.
2. Menambahkan alarm sebagai media pemberitahuan sistem peringatan dini tanah longsor.
3. Membuat sistem pengukuran telemetri menggunakan Wi-Fi sehingga pergeseran tanah dapat dipantau dari mana saja.

## DAFTAR PUSTAKA


Al Irsyad, M.I. 2003. *Diklat Kuliah: Sistem Instrumentasi Elektronika.* Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Anonymous. 1999. *Data Acquisition (DAQ) Fundamentals.* National Instruments Corporation. All rights reserved.

Anonymous. 2011. *Tanah Longsor.* http://id.wikipedia.org/wiki/Tanah_longsor. Diakses pada: 27 Januari 2011.

Anonymous, 2012. *Faktor Penentu Kepekaan Tanah Terhadap Longsor dan Erosi.* www.litbang.deptan.go.id/regulasi/one/12/file/BABII.pdf. Diakses pada: 7 Mei 2012.

Averroes, Fitra Luthfie. 2009. *Tugas Akhir: Rancang Bangun Robot Pemadam Api Berbasis Mikrokonroler ATMega8535.* Diploma III Ilmu Komputer Universitas Sebelas Maret. Surakarta

Bejo, A. 2008. *C dan AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroller ATMega8535*, Edisi I. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Budiharto, W. 2007. *Interfacing Komputer dan Mikrokontroler*. Andi. Yogyakarta.

Budihartono, Widodo dan Rizal, Gamayel. 2007. *12 Proyek Mikrokontroler untuk Pemula.* PT Elex Media Komputindo. Jakarta.

Chandra, Franky dan Arifianto, Deni. 2010. *Jago Elektronika Rangkaian Sistem Otomatis.* PT Kawan Pustaka. Jakarta.

Data Taker Corporation. 2006. *Data Acquisition Introduction.* http://datataker .com/.

Dwikorita Karnawati dan Teuku Faisal Fathani. 2008. Mitigasi dan Deteksi Dini Bahaya Longsor. *Jurnal UGM.* Yogyakarta.

Djamal, Hariyadi dan Hassan, Chandra. 2008. *Penelitian Uji Coba Perangkat Lunak pada Sistem Peringatan Dini Bahaya Longsor Berbasis Seluler di Banyumas.* Jurnal Penelitian. Banyumas.

Edisantoso, 2009. *Operational Amplifier*. http://edisantoso. wordpress.com/ 2009/06/11/dasar-penguat-operasional-*Op-Amp*/. Diakses pada: 01 Februari 2011.

Fraden, J. 2004. *Handbook of Modern Sensor Physics, Design and Application.* Springer-Verlag. New York.

Hadi, Mokh. Sholihul. 2007. *Mengenal Universal Serial Bus (USB).* http://www.computer.howstuffworks.com. Diakses pada: 18 Juli 2011.

Hardiyatmmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah II.* Beta Offset. Yogyakarta. 401 hlm.

Hariyadi Djamal dan Chandra Hassan. 2008. Penelitian Uji Coba Perangkat Lunak pada Sistem Peringatan Dini Bahaya Longsor Berbasis Seluler di Banyumas. *Jurnal Penelitian.* Banyumas.

http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2502.pdf.

http://www.ews-ugm.com/peralatan/extensometer-manual/

Hughes, Fredrick W. 1990. *Panduan OP-AMP*. PT Gramedia. Jakarta.

Huston, Charles. 1879. The Effect of Continued and Progressively Increasing Strain upon Iron. *Journal of the Franklin Institute,* Vol. 107. No. 1.

Hyde, John. 1999. *USB Design By Example : Apractical Guide To Building I/O Devices*. John Wiley & Sons, Inc. Toronto.

Iswanto dan Raharja, Nia Maharani. 2010. Sistem Monitoring dan Peringatan Dini Tanah Longsor. *Simposium Nasional RAPI IX 2010.* ISSN: 1412-1912.

Jhohi dan Yulianto, Andik. 2010. Perancangan Dan Pembuatan USB Acquisition Data Board Berbasis PIC 16F877A. *Jurnal Elektro ELTEK Vol. 1*, No. 1, 2010 ISSN: 2086-8944.

Johnson, C. D. 1997. *Process Control Instrumentation Technology.* 5th edition. Prentice - Hall, Inc., New Jersey.

Kanchi, R. R. and Gosala, N. 2010. Design and Development of an Embedded System for Testing the Potentiometer Linearity. *Sensors & Transducers Journal*, Vol. 112, Issue 1, January 2010 p. 107 – 117.

Karnawati, Dwikorita dan Fathani, Teuku Faisal. 2008. *Mitigasi dan deteksi Dini Bahaya Longsor.* Workshop Pengurangan Resiko Bencana Kebumian-UGM. Yogyakarta.

Kirianaki, Nikolay et all. 2002. *Data Acquisition and Signal Processing for Smart Sensor.* John Wiley and Sons Ltd. West Sussex. 320 hlm.

Novrian, A. 2008. Alat pengukur Tinggi Muka Air Sungai Berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Jurnal Teknik Elektro*. Universitas Diponegoro.

Nushino, Osamu dan Sapiie, Soedjana. 1994. *Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik.* PT Pradnya Paramita. Jakarta.

Othman, A. M. 2008. Design of Economical Equipment for Water and Fuel Level Detection in Jordan. *American Journal of Applied Sciences* 5 (5), 2. p. 473 – 478.

Pamungkas, Putra. 2008. *Tanah Longsor.* http://klastik.wordpress.com /2008/01/15/tanah-longsor/. Diakses pada: 24 Januari 2011.

Prihono. 2010. *Jago Elektronika secara Otodidak.* PT Kawan Pustaka. Jakarta.

Setyadi, D. 2005. *Belajar Pemrograman Visual Basic 6.0.* Andi. Yogyakarta.

Setyanugroho, Muhamad Rahmady. 2011. *Akuisisi Data Menggunakan Universal Serial Bus (USB), Makalah Seminar Tugas Akhir*. Universitas Diponegoro. Semarang.

Sulistiana, Nurita. 2010. *Sistem Akuisisi Data Sinkron*. http://nurita.students-blog.undip.ac.id/2010/03/22/sistem-akuisisi-data-sinkron/**.** Diakses pada: 11 Juli 2011.

Taylor, H.R. 1997. *Data Acquisition for Sensor Syatem.* Chapman & Hall. Great Bretain. 327 hlm.

Tompkins, W.J and Webster, J.G. 1982. *Interfacing Sensors to The IBM PC.* Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

Vudhivanich, V. and Sriwongsa,W. 2011. Development of a Canal Automation Model: A Laboratory Experiment. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 45 : 353 - 365.

Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATMega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi.* Yogyakarta: Andi Offset.

Widodo, Amien. 2011. *Tanah Longsor Bencana Alamkah?* http://geologi.iagi.or.id/2011/02/04/tanah-longsor-bencana-alamkah/. Diakses pada: 25 Februari 2011.

Wilson, J. 2005. *Sensor Technology Handbook.* Elsevier. Amsterdam.

Winoto, Ardi. 2010. *Mikrokontroler AVR Atmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR.* Informatika. Bandung.

# *LAMPIRAN*

# *LAMPIRAN A*

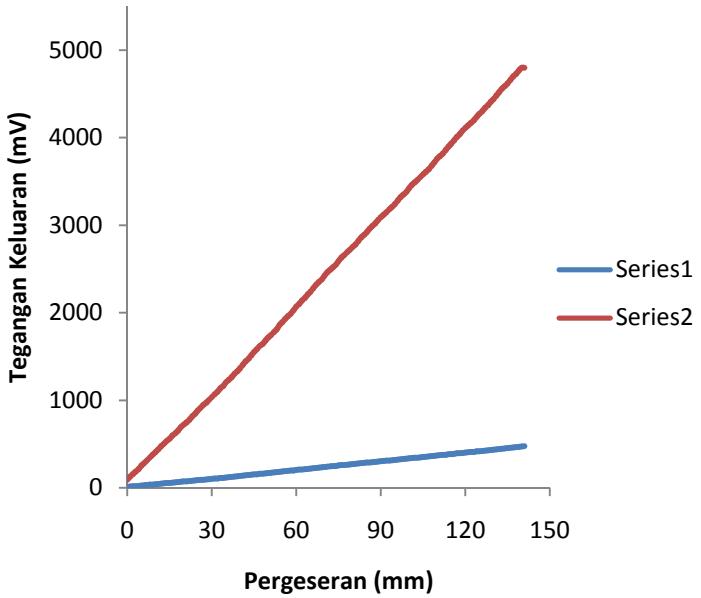
**DATA PENGUJIAN SENSOR POTENSIOMETER DAN RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL DENGAN PERGESERAN 1MM**

| No | Pergeseran (mm) | R (Ohm) | Vp Teori (mV) | Vp Praktek (mV) | Vo (mV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 38 | 10 | 10.3 | 92.3 |
| 2 | 1 | 50 | 13 | 13.8 | 128.7 |
| 3 | 2 | 62 | 16 | 16.5 | 156.1 |
| 4 | 3 | 77 | 19 | 19.6 | 188.1 |
| 5 | 4 | 89 | 22 | 22 | 216 |
| 6 | 5 | 102 | 26 | 26 | 252 |
| 7 | 6 | 117 | 29 | 28 | 280 |
| 8 | 7 | 128 | 32 | 32 | 314 |
| 9 | 8 | 144 | 36 | 35 | 348 |
| 10 | 9 | 157 | 39 | 38 | 380 |
| 11 | 10 | 168 | 42 | 41 | 407 |
| 12 | 11 | 183 | 46 | 44 | 440 |
| 13 | 12 | 193 | 48 | 47 | 477 |
| 14 | 13 | 203 | 51 | 50 | 504 |
| 15 | 14 | 213 | 53 | 53 | 536 |
| 16 | 15 | 224 | 56 | 56 | 559 |
| 17 | 16 | 232 | 58 | 59 | 595 |
| 18 | 17 | 245 | 61 | 62 | 623 |
| 19 | 18 | 256 | 64 | 65 | 655 |
| 20 | 19 | 267 | 67 | 69 | 696 |
| 21 | 20 | 279 | 70 | 72 | 719 |
| 22 | 21 | 292 | 73 | 74 | 746 |
| 23 | 22 | 304 | 76 | 77 | 774 |
| 24 | 23 | 316 | 79 | 81 | 815 |
| 25 | 24 | 332 | 83 | 84 | 846 |
| 26 | 25 | 345 | 86 | 87 | 883 |
| 27 | 26 | 359 | 90 | 90 | 914 |
| 28 | 27 | 371 | 93 | 93 | 948 |
| 29 | 28 | 382 | 96 | 96 | 971 |
| 30 | 29 | 394 | 99 | 99 | 1006 |
| 31 | 30 | 410 | 103 | 102 | 1035 |
| 32 | 31 | 424 | 106 | 105 | 1066 |
| 33 | 32 | 431 | 108 | 107 | 1098 |
| 34 | 33 | 444 | 111 | 112 | 1139 |
| 35 | 34 | 454 | 114 | 114 | 1163 |
| 36 | 35 | 467 | 117 | 118 | 1203 |
| 37 | 36 | 488 | 122 | 121 | 1231 |

| No | Pergeseran (mm) | R (Ohm) | Vp Teori (mV) | Vp Praktek (mV) | Vo (mV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 37 | 497 | 124 | 124 | 1263 |
| 39 | 38 | 513 | 128 | 128 | 1303 |
| 40 | 39 | 525 | 131 | 131 | 1332 |
| 41 | 40 | 538 | 135 | 134 | 1365 |
| 42 | 41 | 551 | 138 | 138 | 1404 |
| 43 | 42 | 561 | 140 | 142 | 1443 |
| 44 | 43 | 574 | 144 | 145 | 1473 |
| 45 | 44 | 589 | 147 | 148 | 1514 |
| 46 | 45 | 605 | 151 | 152 | 1550 |
| 47 | 46 | 616 | 154 | 155 | 1583 |
| 48 | 47 | 628 | 157 | 159 | 1619 |
| 49 | 48 | 642 | 161 | 161 | 1642 |
| 50 | 49 | 654 | 164 | 165 | 1682 |
| 51 | 50 | 672 | 168 | 168 | 1714 |
| 52 | 51 | 686 | 172 | 171 | 1746 |
| 53 | 52 | 697 | 174 | 175 | 1779 |
| 54 | 53 | 709 | 177 | 178 | 1811 |
| 55 | 54 | 724 | 181 | 182 | 1860 |
| 56 | 55 | 735 | 184 | 185 | 1889 |
| 57 | 56 | 745 | 186 | 189 | 1929 |
| 58 | 57 | 764 | 191 | 192 | 1961 |
| 59 | 58 | 784 | 196 | 196 | 1990 |
| 60 | 59 | 800 | 200 | 199 | 2030 |
| 61 | 60 | 815 | 204 | 204 | 2070 |
| 62 | 61 | 825 | 206 | 207 | 2100 |
| 63 | 62 | 838 | 210 | 210 | 2140 |
| 64 | 63 | 849 | 212 | 213 | 2170 |
| 65 | 64 | 857 | 214 | 217 | 2210 |
| 66 | 65 | 880 | 220 | 220 | 2240 |
| 67 | 66 | 893 | 223 | 224 | 2280 |
| 68 | 67 | 905 | 226 | 228 | 2320 |
| 69 | 68 | 918 | 230 | 231 | 2350 |
| 70 | 69 | 928 | 232 | 234 | 2380 |
| 71 | 70 | 942 | 236 | 238 | 2420 |
| 72 | 71 | 958 | 240 | 242 | 2460 |
| 73 | 72 | 971 | 243 | 244 | 2490 |
| 74 | 73 | 995 | 249 | 247 | 2520 |
| 75 | 74 | 1006 | 252 | 250 | 2550 |
| 76 | 75 | 1016 | 254 | 254 | 2590 |
| 77 | 76 | 1032 | 258 | 258 | 2630 |
| 78 | 77 | 1047 | 262 | 261 | 2660 |

| No | Pergeseran (mm) | R (Ohm) | Vp Teori (mV) | Vp praktek (mV) | Vo (mV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 79 | 78 | 1057 | 264 | 263 | 2690 |
| 80 | 79 | 1069 | 267 | 267 | 2720 |
| 81 | 80 | 1083 | 271 | 270 | 2750 |
| 82 | 81 | 1096 | 274 | 273 | 2780 |
| 83 | 82 | 1109 | 277 | 277 | 2820 |
| 84 | 83 | 1122 | 281 | 281 | 2860 |
| 85 | 84 | 1134 | 284 | 284 | 2890 |
| 86 | 85 | 1150 | 288 | 287 | 2920 |
| 87 | 86 | 1164 | 291 | 290 | 2960 |
| 88 | 87 | 1177 | 294 | 294 | 2990 |
| 89 | 88 | 1187 | 297 | 297 | 3020 |
| 90 | 89 | 1199 | 300 | 300 | 3060 |
| 91 | 90 | 1214 | 304 | 303 | 3090 |
| 92 | 91 | 1224 | 306 | 306 | 3120 |
| 93 | 92 | 1236 | 309 | 309 | 3150 |
| 94 | 93 | 1247 | 312 | 312 | 3180 |
| 95 | 94 | 1259 | 315 | 315 | 3210 |
| 96 | 95 | 1267 | 317 | 318 | 3240 |
| 97 | 96 | 1289 | 322 | 322 | 3280 |
| 98 | 97 | 1303 | 326 | 326 | 3320 |
| 99 | 98 | 1315 | 329 | 328 | 3350 |
| 100 | 99 | 1332 | 333 | 331 | 3380 |
| 101 | 100 | 1343 | 336 | 335 | 3420 |
| 102 | 101 | 1355 | 339 | 339 | 3460 |
| 103 | 102 | 1373 | 343 | 342 | 3490 |
| 104 | 103 | 1381 | 345 | 345 | 3520 |
| 105 | 104 | 1394 | 349 | 348 | 3550 |
| 106 | 105 | 1409 | 352 | 351 | 3580 |
| 107 | 106 | 1422 | 356 | 354 | 3610 |
| 108 | 107 | 1436 | 359 | 357 | 3640 |
| 109 | 108 | 1445 | 361 | 361 | 3680 |
| 110 | 109 | 1463 | 366 | 365 | 3720 |
| 111 | 110 | 1480 | 370 | 369 | 3760 |
| 112 | 111 | 1492 | 373 | 372 | 3790 |
| 113 | 112 | 1505 | 376 | 375 | 3820 |
| 114 | 113 | 1520 | 380 | 378 | 3860 |
| 115 | 114 | 1536 | 384 | 382 | 3900 |
| 116 | 115 | 1544 | 386 | 385 | 3930 |
| 117 | 116 | 1556 | 389 | 389 | 3970 |
| 118 | 117 | 1564 | 391 | 393 | 4010 |
| 119 | 118 | 1573 | 393 | 396 | 4040 |

| No | Pergeseran (mm) | R (Ohm) | Vp Teori (mV) | Vp Praktek (mV) | Vo (mV) |
|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 119 | 1585 | 396 | 400 | 4080 |
| 121 | 120 | 1599 | 400 | 403 | 4110 |
| 122 | 121 | 1613 | 403 | 406 | 4140 |
| 123 | 122 | 1627 | 407 | 408 | 4170 |
| 124 | 123 | 1643 | 411 | 411 | 4200 |
| 125 | 124 | 1652 | 413 | 415 | 4240 |
| 126 | 125 | 1669 | 417 | 418 | 4270 |
| 127 | 126 | 1683 | 421 | 421 | 4300 |
| 128 | 127 | 1699 | 425 | 425 | 4340 |
| 129 | 128 | 1711 | 428 | 428 | 4370 |
| 130 | 129 | 1722 | 431 | 432 | 4410 |
| 131 | 130 | 1734 | 434 | 435 | 4440 |
| 132 | 131 | 1746 | 437 | 438 | 4480 |
| 133 | 132 | 1764 | 441 | 442 | 4520 |
| 134 | 133 | 1783 | 446 | 447 | 4560 |
| 135 | 134 | 1794 | 449 | 451 | 4590 |
| 136 | 135 | 1810 | 453 | 453 | 4620 |
| 137 | 136 | 1824 | 456 | 456 | 4660 |
| 138 | 137 | 1838 | 460 | 460 | 4700 |
| 139 | 138 | 1854 | 464 | 463 | 4730 |
| 140 | 139 | 1866 | 467 | 467 | 4770 |
| 141 | 140 | 1880 | 470 | 471 | 4800 |
| 142 | 141 | 1892 | 473 | 474 | 4800 |



**DATA PENGUKURAN HAMBATAN KELUARAN DENGAN PERGESERAN 5 MM MENGGUNAKAN MULTIMETER DIGITAL**

| No | Pergeseran (mm) | Hambatan (R) (Ohm) | | | Rata-Rata | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Uji ke-I | Uji ke-II | Uji ke-III | R (Ohm) | Perubahan R (Ohm) |
| 1 | 0 | 45 | 38 | 41 | 41.33 | 65.00 |
| 2 | 5 | 110 | 105 | 104 | 106.33 | 63.67 |
| 3 | 10 | 173 | 171 | 166 | 170.00 | 59.33 |
| 4 | 15 | 232 | 220 | 236 | 229.33 | 56.33 |
| 5 | 20 | 293 | 284 | 280 | 285.67 | 64.33 |
| 6 | 25 | 356 | 343 | 351 | 350.00 | 60.67 |
| 7 | 30 | 415 | 409 | 408 | 410.67 | 67.67 |
| 8 | 35 | 481 | 474 | 480 | 478.33 | 76.67 |
| 9 | 40 | 556 | 550 | 559 | 555.00 | 58.67 |
| 10 | 45 | 618 | 606 | 617 | 613.67 | 70.67 |
| 11 | 50 | 697 | 677 | 679 | 684.33 | 66.67 |
| 12 | 55 | 755 | 747 | 751 | 751.00 | 68.67 |
| 13 | 60 | 822 | 817 | 820 | 819.67 | 69.33 |
| 14 | 65 | 891 | 885 | 891 | 889.00 | 70.33 |
| 15 | 70 | 954 | 967 | 957 | 959.33 | 71.67 |
| 16 | 75 | 1031 | 1033 | 1029 | 1031.00 | 62.33 |
| 17 | 80 | 1092 | 1092 | 1096 | 1093.33 | 67.00 |
| 18 | 85 | 1166 | 1155 | 1160 | 1160.33 | 63.00 |
| 19 | 90 | 1224 | 1222 | 1224 | 1223.33 | 76.67 |
| 20 | 95 | 1300 | 1300 | 1300 | 1300.00 | 62.33 |
| 21 | 100 | 1362 | 1368 | 1357 | 1362.33 | 66.67 |
| 22 | 105 | 1427 | 1430 | 1430 | 1429.00 | 73.00 |
| 23 | 110 | 1501 | 1506 | 1499 | 1502.00 | 61.00 |
| 24 | 115 | 1559 | 1565 | 1565 | 1563.00 | 69.33 |
| 25 | 120 | 1637 | 1625 | 1635 | 1632.33 | 67.00 |
| 26 | 125 | 1699 | 1699 | 1700 | 1699.33 | 72.33 |
| 27 | 130 | 1777 | 1769 | 1769 | 1771.67 | 72.67 |
| 28 | 135 | 1847 | 1839 | 1847 | 1844.33 | 67.33 |
| 29 | 140 | 1912 | 1906 | 1917 | 1911.67 | 68.67 |
| 30 | 145 | 1982 | 1978 | 1981 | 1980.33 | 69.67 |
| 31 | 150 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050.00 | |

**DATA PENGUJIAN SENSOR DAN PENGKONDISI SINYAL**

| No | Pergeseran (mm) | Tegangan Keluaran (mV) | |
|---|---|---|---|
| | | Vp | Vo |
| 1 | 0 | 21 | 145 |
| 2 | 5 | 34 | 261 |
| 3 | 10 | 40 | 403 |
| 4 | 15 | 55 | 559 |
| 5 | 20 | 71 | 724 |
| 6 | 25 | 88 | 897 |
| 7 | 30 | 103 | 1048 |
| 8 | 35 | 122 | 1240 |
| 9 | 40 | 137 | 1392 |
| 10 | 45 | 155 | 1583 |
| 11 | 50 | 173 | 1761 |
| 12 | 55 | 191 | 1953 |
| 13 | 60 | 208 | 2120 |
| 14 | 65 | 225 | 2290 |
| 15 | 70 | 243 | 2470 |
| 16 | 75 | 260 | 2640 |
| 17 | 80 | 276 | 2810 |
| 18 | 85 | 293 | 2980 |
| 19 | 90 | 307 | 3140 |
| 20 | 95 | 325 | 3310 |
| 21 | 100 | 342 | 3480 |
| 22 | 105 | 358 | 3650 |
| 23 | 110 | 378 | 3850 |
| 24 | 115 | 393 | 4010 |
| 25 | 120 | 414 | 4220 |
| 26 | 125 | 430 | 4390 |
| 27 | 130 | 451 | 4610 |
| 28 | 135 | 467 | 4770 |
| 29 | 140 | 483 | 4800 |
| 30 | 145 | 500 | 4800 |
| 31 | 150 | 518 | 4800 |

**DATA UJI PERGESERAN TANAH PER 5 MM MENGGUNAKAN MULTIMETER**

| No | Pergeseran (cm) | Tegangan Keluaran (mV) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Uji ke-I | Uji ke-II | Uji ke-III | Rata-rata |
| 1 | 0.0 | 15.4 | 15.7 | 15.5 | 15.53 |
| 2 | 0.5 | 151.2 | 151.5 | 153 | 151.90 |
| 3 | 1.0 | 312 | 312 | 310 | 311.33 |
| 4 | 1.5 | 467 | 477 | 467 | 470.33 |
| 5 | 2.0 | 617 | 618 | 617 | 617.33 |
| 6 | 2.5 | 777 | 777 | 763 | 772.33 |
| 7 | 3.0 | 937 | 960 | 949 | 948.67 |
| 8 | 3.5 | 1106 | 1106 | 1105 | 1105.67 |
| 9 | 4.0 | 1270 | 1275 | 1272 | 1272.33 |
| 10 | 4.5 | 1438 | 1462 | 1436 | 1445.33 |
| 11 | 5.0 | 1643 | 1617 | 1619 | 1626.33 |
| 12 | 5.5 | 1798 | 1808 | 1800 | 1802.00 |
| 13 | 6.0 | 1966 | 1962 | 1960 | 1962.67 |
| 14 | 6.5 | 2120 | 2130 | 2130 | 2126.67 |
| 15 | 7.0 | 2280 | 2300 | 2300 | 2293.33 |
| 16 | 7.5 | 2470 | 2480 | 2470 | 2473.33 |
| 17 | 8.0 | 2650 | 2650 | 2650 | 2650.00 |
| 18 | 8.5 | 2800 | 2820 | 2820 | 2813.33 |
| 19 | 9.0 | 2970 | 2990 | 2980 | 2980.00 |
| 20 | 9.5 | 3170 | 3160 | 3160 | 3163.33 |
| 21 | 10.0 | 3320 | 3320 | 3320 | 3320.00 |
| 22 | 10.5 | 3470 | 3500 | 3460 | 3476.67 |
| 23 | 11.0 | 3630 | 3650 | 3640 | 3640.00 |
| 24 | 11.5 | 3820 | 3820 | 3840 | 3826.67 |
| 25 | 12.0 | 4020 | 4000 | 3990 | 4003.33 |
| 26 | 12.5 | 4220 | 4180 | 4180 | 4193.33 |
| 27 | 13.0 | 4390 | 4360 | 4350 | 4366.67 |
| 28 | 13.5 | 4570 | 4520 | 4530 | 4540.00 |
| 29 | 14.0 | 4740 | 4710 | 4710 | 4720.00 |
| 30 | 14.5 | 4780 | 4780 | 4780 | 4780.00 |
| 31 | 15.0 | 4780 | 4780 | 4780 | 4780.00 |
| 32 | 15.5 | 4780 | 4780 | 4780 | 4780.00 |
| 33 | 16.0 | 4780 | 4780 | 4780 | 4780.00 |

**DATA PENGUJIAN ALAT SECARA KESELURUHAN**

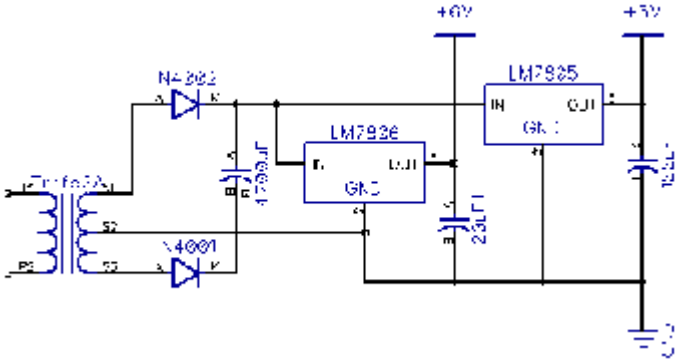
| No | Pergeseran (cm) | | Tegangan (Volt) | | Error | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Penggaris | Komputer | Multimeter | Komputer | Pergeseran (cm) | Tegangan(Volt) |
| 1 | 0.0 | 0.1023 | 0.039 | 0.0356 | 0.1023 | 0.0034 |
| 2 | 0.5 | 0.6095 | 0.225 | 0.2121 | 0.1095 | 0.0129 |
| 3 | 1.0 | 1.1164 | 0.385 | 0.3885 | 0.1164 | 0.0035 |
| 4 | 1.5 | 1.5672 | 0.543 | 0.5454 | 0.0672 | 0.0024 |
| 5 | 2.0 | 2.0181 | 0.697 | 0.7023 | 0.0181 | 0.0053 |
| 6 | 2.5 | 2.4687 | 0.857 | 0.8591 | 0.0313 | 0.0021 |
| 7 | 3.0 | 2.9759 | 1.036 | 1.0356 | 0.0241 | 0.0004 |
| 8 | 3.5 | 3.4830 | 1.204 | 1.2121 | 0.0170 | 0.0081 |
| 9 | 4.0 | 3.9899 | 1.378 | 1.3885 | 0.0101 | 0.0105 |
| 10 | 4.5 | 4.4971 | 1.566 | 1.5650 | 0.0029 | 0.0010 |
| 11 | 5.0 | 5.0043 | 1.740 | 1.7415 | 0.0043 | 0.0015 |
| 12 | 5.5 | 5.5115 | 1.917 | 1.9180 | 0.0115 | 0.0010 |
| 13 | 6.0 | 6.0184 | 2.090 | 2.0944 | 0.0184 | 0.0044 |
| 14 | 6.5 | 6.5819 | 2.290 | 2.2905 | 0.0819 | 0.0005 |
| 15 | 7.0 | 7.0891 | 2.460 | 2.4670 | 0.0891 | 0.0070 |
| 16 | 7.5 | 7.5963 | 2.640 | 2.6435 | 0.0963 | 0.0035 |
| 17 | 8.0 | 8.1032 | 2.810 | 2.8199 | 0.1032 | 0.0099 |
| 18 | 8.5 | 8.6103 | 2.990 | 2.9964 | 0.1103 | 0.0064 |
| 19 | 9.0 | 9.1175 | 3.170 | 3.1729 | 0.1175 | 0.0029 |
| 20 | 9.5 | 9.5681 | 3.330 | 3.3297 | 0.0681 | 0.0003 |
| 21 | 10.0 | 10.0190 | 3.490 | 3.4866 | 0.0190 | 0.0034 |
| 22 | 10.5 | 10.5261 | 3.650 | 3.6631 | 0.0261 | 0.0131 |
| 23 | 11.0 | 11.0330 | 3.820 | 3.8395 | 0.0330 | 0.0195 |
| 24 | 11.5 | 11.5402 | 4.000 | 4.0160 | 0.0402 | 0.0160 |
| 25 | 12.0 | 12.1037 | 4.190 | 4.2121 | 0.1037 | 0.0221 |
| 26 | 12.5 | 12.6106 | 4.380 | 4.3885 | 0.1106 | 0.0085 |
| 27 | 13.0 | 13.2868 | 4.620 | 4.6238 | 0.2868 | 0.0038 |
| 28 | 13.5 | 13.6813 | 4.760 | 4.7611 | 0.1813 | 0.0011 |
| 29 | 14.0 | 13.7940 | 4.800 | 4.8003 | 0.2060 | 0.0003 |
| 30 | 14.5 | 13.7940 | 4.800 | 4.8003 | 0.7060 | 0.0003 |
| **Rata-rata** | | | | | **0.0971** | **0.0058** |

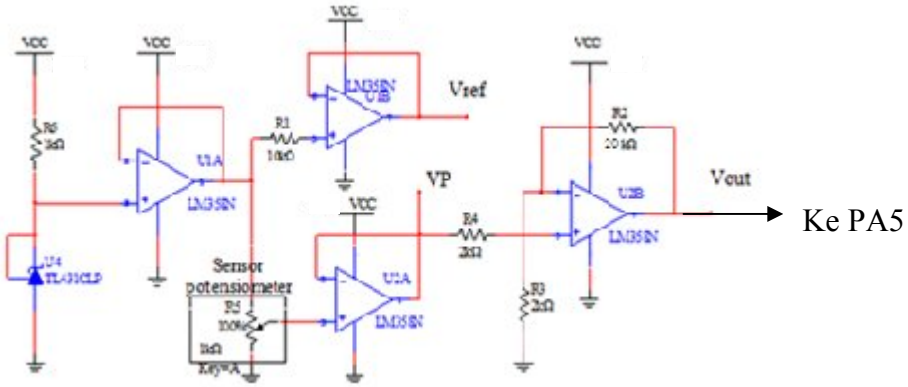
## DATA BASE PADA MICROSOFT ACCESS

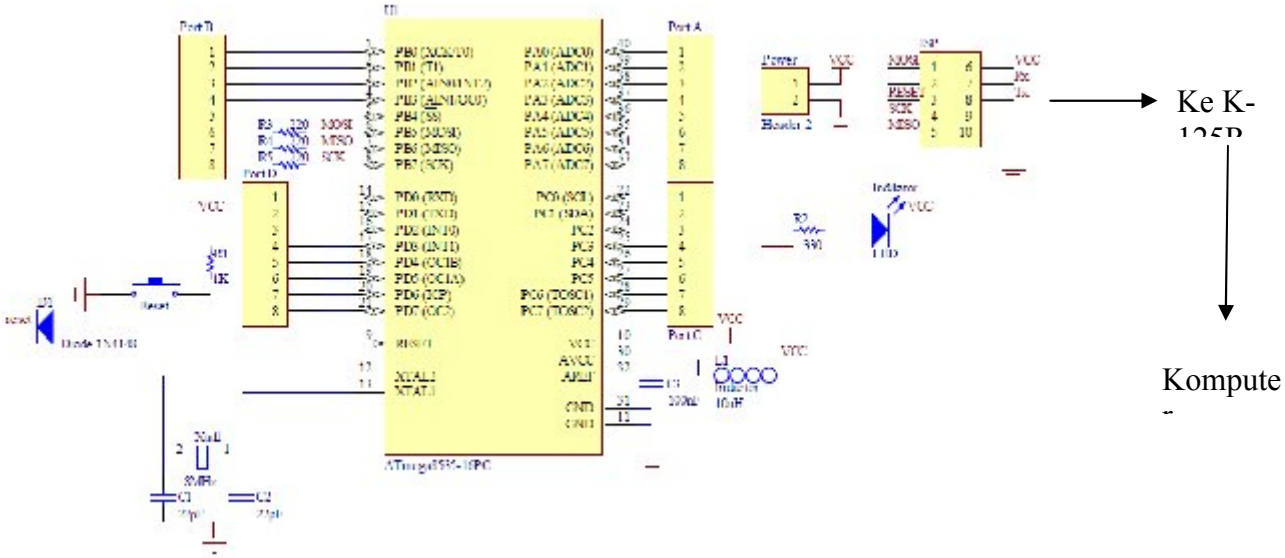
| Tanggal | Waktu | Pergeseran | Tegangan |
|---|---|---|---|
| Monday, May 07, 2012 | 11:11:28 AM | 0.1023 | 0.356 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:11:37 AM | 0.6095 | 0.2121 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:11:46 AM | 1.1164 | 0.3885 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:11:52 AM | 1.5672 | 0.5454 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:11:57 AM | 2.0181 | 0.7023 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:12:02 AM | 2.4687 | 0.8591 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:12:05 AM | 2.9756 | 1.0356 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:12:11 AM | 3.483 | 1.2121 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:12:18 AM | 3.9899 | 1.3885 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:12:21 AM | 4.4971 | 1.565 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:12:28 AM | 5.0043 | 1.7415 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:12:43 AM | 5.5115 | 1.918 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:13:43 AM | 6.0184 | 2.0944 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:14:05 AM | 6.5819 | 2.2905 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:14:37 AM | 7.0891 | 2.467 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:14:40 AM | 7.5963 | 2.6435 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:14:45 AM | 8.1032 | 2.8199 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:14:50 AM | 8.6103 | 2.9964 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:14:54 AM | 9.1175 | 3.1729 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:14:59 AM | 9.5681 | 3.3297 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:03 AM | 10.019 | 3.4866 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:08 AM | 10.5261 | 3.6631 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:10 AM | 11.033 | 3.8395 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:13 AM | 11.5402 | 4.016 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:16 AM | 12.1037 | 4.2121 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:22 AM | 12.6106 | 4.3885 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:25 AM | 13.2868 | 4.6238 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:28 AM | 13.6813 | 4.7611 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:31 AM | 13.794 | 4.8003 |
| Monday, May 07, 2012 | 11:15:33 AM | 13.794 | 4.8003 |

# LAMPIRAN B

# RANGKAIAN KESELURUHAN



# *LAMPIRAN C*

# LISTING PROGRAM BAHASA C PADA MIKROKONTROLER ATMega8535

```
/*****************************************************
This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.03.4 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com

Project :
Version :
Date    : 2/7/2012
Author  :
Company :
Comments:

Chip type           : ATmega8535
Program type        : Application
Clock frequency     : 11.059200 MHz
Memory model        : Small
External RAM size   : 0
Data Stack size     : 128
*****************************************************/

#include <mega8535.h>
// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x60

// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCH;
}

// Declare your global variables here
void main(void)
{
// Declare your local variables here
```

```
int data;
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: Off
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x08;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47;

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

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 691.200 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: None
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;

while (1)
    {
    // Place your code here
      data=read_adc(5);

       printf("%d",data);
      delay_ms(1000);
    };
}
```

## LISTING PROGRAM *VISUAL BASIC 6.0* PADA KOMPUTER

```
Dim data As Variant
Dim a As Integer
Dim V As Currency
Dim X As Currency

Private Sub Command1_Click()
If Command1.Caption <> "close" Then
Command1.Caption = "close"
Timer2.Enabled = True
MSComm1.PortOpen = True
Else
Command1.Caption = "start"
Timer2.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
MSComm1.PortOpen = False
End If
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Timer2.Enabled = False
End Sub

Private Sub Command3_Click()
End
End Sub

Private Sub Command4_Click()
   With Adodc1.Recordset
         !Tanggal = Format(Date, "dd-mmmm-yyyy")
         !waktu = jam.Caption
         !Pergeseran = Text2.Text
         !tegangan = Text1.Text
      .Update

   End With

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
MSComm1.PortOpen = False
End
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
a = a + 1
If a > 0 Then
a = 0
End If
Select Case a
Case 0
```

```
If MSComm1.InBufferCount > 0 Then
V = (data / 255 * 5) + 0.016
X = (V / 0.34) - 0.009
Text1.Text = V
Text2.Text = X

End If
End Select
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
jam.Caption = Time
End Sub

Private Sub Timer4_Timer()
Dim waktu As Variant
waktu = Now
Label3.Caption = Format(waktu, "dddd, mmmm d, yyyy")
End Sub
```