

ALAT PENGUKUR KETINGGIAN POHON  
BERBASIS SENSOR ACCELEROMETER  
SEBAGAI ALAT INVENTARISASI SUMBER DAYA HUTAN

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



**Disusun oleh:**  
**ARI ANDRIANTO**  
**NIM. 0910632001-63**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2012

## LEMBAR PERSETUJUAN

# ALAT PENGUKUR KETINGGIAN POHON BERBASIS SENSOR ACCELEROMETER SEBAGAI ALAT INVENTARISASI SUMBER DAYA HUTAN

## SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**ARI ANDRIANTO**  
**NIM. 0910632001-63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Julius St., MS.  
19540720 198203 1 002

Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.  
19590304 198903 1 001

## LEMBAR PENGESAHAN

### ALAT PENGUKUR KETINGGIAN POHON BERBASIS SENSOR ACCELEROMETER SEBAGAI ALAT INVENTARISASI SUMBER DAYA HUTAN

#### SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**ARI ANDRIANTO**

**NIM. 0910632001-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 8 Februari 2012

Dosen Penguji

Gaguk Asmungi, ST.,MT  
19670627 199802 1 001

Ir. Nurussa'adah, MT  
NIP. 19680706 199203 2 001

Mochammad Rif'an, ST.,MT  
NIP. 19710301 200012 1 001

Mengetahui ,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, Ms  
19580728 198701 1 001

## ABSTRAK

Ari Andrianto, 2012. *Alat Pengukur Ketinggian Pohon Berbasis Sensor Accelerometer Sebagai Alat Inventarisasi Sumber Daya Hutan*. Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Dosen Pembimbing : Ir. Julius St., MT. dan Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.

Tinggi pohon merupakan salah satu karakteristik pohon yang mempunyai arti penting dalam penentuan hasil hutan. Data tinggi pohon dapat digunakan dalam penentuan volume pohon, kualitas tempat tumbuh suatu tegakan berdasarkan hubungan antara umur dengan tinggi pohon tersebut, serta untuk menggambarkan struktur kelas ketinggian tajuk. Alat ukur tinggi yang digunakan saat ini masih menggunakan alat yang manual. Untuk alat yang lebih bagus, saat ini harganya masih sangat mahal sehingga alat ukur manual masih digunakan. Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis merancang sebuah alat pengukur tinggi pohon dengan menggunakan prinsip trigonometri berbasis mikrokontroler. Pengukuran sudut pada alat ini menggunakan sensor *accelerometer* memsic 2125, sedangkan pengukuran jarak dimasukkan melalui *keypad*. Hasil pengujian sensor *accelerometer* memsic 2125 persentase kesalahan terbesar adalah 4% sedangkan kesalahan rata-rata adalah 0,507%. Dari hasil uji t diperoleh Nilai rata-rata data-data tinggi hasil pengukuran mendekati nilai rata-rata tinggi acuan. Hal ini menunjukkan nilai masing-masing data hasil pengukuran mendekati nilai data acuan. Korelasi antara data tinggi acuan dan data-data hasil pengukuran sebesar +1 untuk jarak pengukuran 5m dan 10m, dan sebesar +0.999 untuk jarak pengukuran 20m. Artinya, data-data hasil pengukuran menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan terhadap data tinggi acuan. Dari pengujian hipotesis menggunakan signifikansi diperoleh bahwa kedua rata-rata populasi adalah identik (rata-rata populasi tinggi terukur dan tinggi pengukuran adalah sama/tidak berbeda secara nyata). Hal ini menunjukkan bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

**Kata kunci:** tinggi pohon, jarak, sudut kemiringan.

## PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Alat Pengukur Ketinggian Pohon Berbasis Sensor Accelerometer Sebagai Alat Inventarisasi Sumber Daya Hutan*” dengan lancar dan baik.

Penyusunan skripsi ini diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Selama penyelesaian skripsi ini penulis menyadari adanya dorongan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, MS. Ketua Jurusan Teknik Elektro,
- 2) Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. Sekretaris Jurusan Teknik Elektro,
- 3) Bapak Ir. Moch. Julius St, MT., Ketua Kelompok Dosen Keahlian Program Studi Paket B (Teknik Elektronika) Jurusan Teknik Elektro, pembimbing I yang telah banyak memberikan pengarahan dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini,
- 4) Bapak Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc. pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini,
- 5) Orang tuaku tercinta, terima kasih atas doa, kasih sayang, perhatian, serta dukungan baik materi maupun non-materi yang tak ternilai yang telah diberikan,
- 6) Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari ketidaksempurnaan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk dapat memperbaiki segala kekurangan di dalam skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berguna bagi pembaca.

Malang, 18 Januari 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pengukuran Tinggi.....	5
2.2. Alat-alat Ukur Tinggi.....	5
2.3. Sensor <i>Accelerometer</i> .....	7
2.3.1. <i>Memsic 2125 Dual-Axis Accelerometer</i> .....	9
2.3.2. <i>Pengoperasian Memsic 2125 Dual-Axis Accelerometer</i> .....	12
2.4. Mikrokontroler <i>ATMega8</i> .....	12
2.4.1. Konfigurasi Pin Mikrokontroler <i>ATMega8</i> .....	13
2.4.2. Arsitektur Mikrokontroler <i>ATMega8</i> .....	14
2.4.3. Pewaktu Mikrokontroler .....	16
2.4.4. Reset.....	16

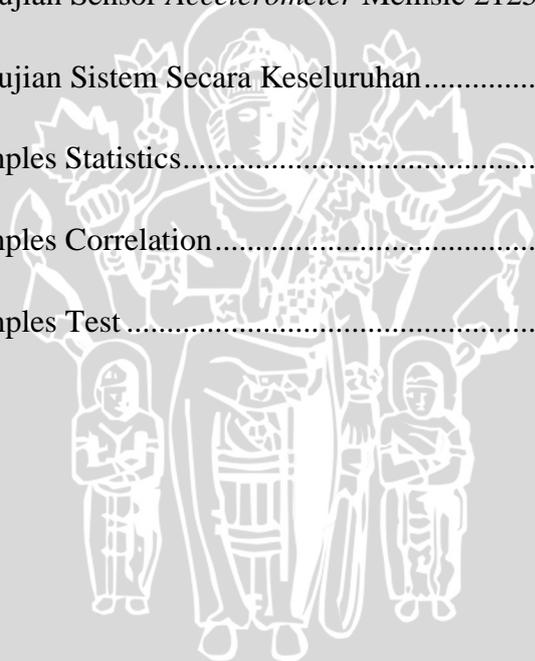
2.5.	LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	19
2.6.	<i>Keypad</i> .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1.	Studi Literatur .....	23
3.2.	Penentuan Spesifikasi Alat.....	23
3.3.	Perencanaan dan Perealisasian Alat.....	24
3.3.1.	Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok.....	24
3.3.2.	Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak .....	24
3.4.	Pengujian Alat.....	24
3.4.1.	Pengujian Perangkat Keras.....	24
3.4.2.	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	25
3.5.	Pengambilan Kesimpulan.....	25
<b>BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>		
4.1.	Perancangan Sistem .....	26
4.2.	Prinsip Kerja.....	27
4.3.	Perancangan Perangkat Keras .....	28
4.3.1.	Perancangan Rangkaian <i>Keypad</i> .....	28
4.3.2.	Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8 .....	29
4.3.2.1.	Rangkaian Osilator.....	30
4.3.2.2.	Rangkaian Reset.....	31
4.3.3.	Perancangan Sensor <i>Accelerometer</i> Memsic 2125 .....	32
4.3.4.	Perancangan Rangkaian <i>Push Button</i> .....	33
4.3.5.	Perancangan Tampilan LCD 2x16 .....	34
4.4.	Perancangan Perangkat Lunak .....	34
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS</b>		
5.1.	Pengujian Mikrokontroler ATmega8.....	38
5.1.1.	Tujuan Pengujian.....	38
5.1.2.	Peralatan Pengujian .....	39
5.1.3.	Prosedur Pengujian.....	39
5.1.4.	Hasil Pengujian .....	40
5.2.	Pengujian Antarmuka <i>Keypad</i> .....	41

5.2.1. Tujuan Pengujian.....	41
5.2.2. Peralatan Pengujian .....	41
5.2.3. Prosedur Pengujian.....	41
5.2.4. Hasil Pengujian .....	42
5.3. Pengujian Antarmuka Modul LCD .....	43
5.3.1. Tujuan Pengujian.....	43
5.3.2. Peralatan Pengujian .....	43
5.3.3. Prosedur Pengujian.....	43
5.3.4. Hasil Pengujian .....	45
5.4. Pengujian Sensor <i>Accelerometer</i> Memsic 2125.....	45
5.4.1. Tujuan Pengujian.....	45
5.4.2. Peralatan Pengujian .....	45
5.4.3. Prosedur Pengujian.....	46
5.4.4. Hasil Pengujian .....	47
5.5. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	48
5.5.1. Tujuan Pengujian .....	48
5.5.2. Peralatan Pengujian.....	48
5.5.3. Prosedur Pengujian.....	49
5.5.4. Hasil Pengujian .....	49
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1. Kesimpulan .....	55
6.2. Saran.....	56

**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konstanta Sensor (Dao, 2005) .....	9
Tabel 2.2 Fungsi Pin Memsic 2125 .....	11
Tabel 2.3 Fungsi Pin LCD.....	20
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Mikrokontroler.....	40
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Antarmuka Keypad .....	42
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Sensor <i>Accelerometer</i> Memsic 2125 .....	46
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	50
Tabel 5.5 Paired Samples Statistics.....	52
Tabel 5.6 Paired Samples Correlation.....	53
Tabel 5.7 Paired Samples Test.....	53



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pengukuran Tinggi Menggunakan Prinsip Geometri .....	6
Gambar 2.2 Pengukuran Tinggi Menggunakan Prinsip Trigonometri.....	6
Gambar 2.3 <i>Accelerometer</i> pada Bidang Miring.....	8
Gambar 2.4 Hubungan Percepatan dan Sudut Kemiringan.....	8
Gambar 2.5 Sensor <i>Accelerometer</i> Memsic 2125 .....	9
Gambar 2.6 Sinyal Keluaran Memsic 2125 .....	10
Gambar 2.7 Susunan Sensor Suhu dalam Modul <i>Accelerometer</i> Memsic 2125.....	10
Gambar 2.8 Diagram Blok Memsic 2125 .....	11
Gambar 2.9 Konfigurasi Pin Memsic 2125.....	11
Gambar 2.10 Mikrokontroler Atmel ATMega8 .....	13
Gambar 2.11 Arsitektur Mikrokontroler ATMega8.....	15
Gambar 2.12 Rangkaian Osilator Mikrokontroler .....	16
Gambar 2.13 Mikrokontroler <i>Start-up</i> dengan <i>Power On Reset</i> .....	17
Gambar 2.14a Rangkaian <i>Power On Reset</i> .....	17
Gambar 2.14b Rangkaian Ekuivalen <i>Power On Reset</i> .....	17
Gambar 2.15 LCD .....	19
Gambar 2.16 Rangkaian Interface LCD.....	21
Gambar 2.17 Keypad 4x4.....	21

Gambar 4.1	Diagram Blok Sistem .....	26
Gambar 4.2	Prinsip Kerja Alat .....	28
Gambar 4.3	Rangkaian Keypad 4x4.....	29
Gambar 4.4	Rangkaian Mikrokontroler ATmega8.....	30
Gambar 4.5	Rangkaian Osilator Mikrokontroler .....	31
Gambar 4.6	Rangkaian Reset Mikrokontroler .....	31
Gambar 4.7	Rangkaian <i>Push Button</i> .....	34
Gambar 4.8	Antarmuka Modul Lcd .....	34
Gambar 4.9	Diagram Alir Program Utama .....	35
Gambar 4.10	Diagram Alir Pembacaan Keypad.....	36
Gambar 4.11	Diagram Alir Perhitungan Sudut X .....	37
Gambar 5.1	Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler.....	39
Gambar 5.2	Diagram Alir Pengujian Mikrokontroler.....	40
Gambar 5.3	Diagram Blok Pengujian Antarmuka <i>Keypad</i> .....	41
Gambar 5.4	Diagram Blok Pengujian Antarmuka Modul LCD.....	44
Gambar 5.5	Diagram Alir Pengujian Antarmuka Modul LCD .....	44
Gambar 5.6	Hasil Pengujian Antarmuka Modul LCD .....	45
Gambar 5.7	Diagram Blok Pengujian Sensor Memsic 2125.....	46
Gambar 5.8	Busur Derajat Untuk Mengukur Kemiringan .....	46
Gambar 5.9	Grafik Nilai Sudut Pembacaan Sumbu X terhadap Nilai Sudut Aktual .....	48

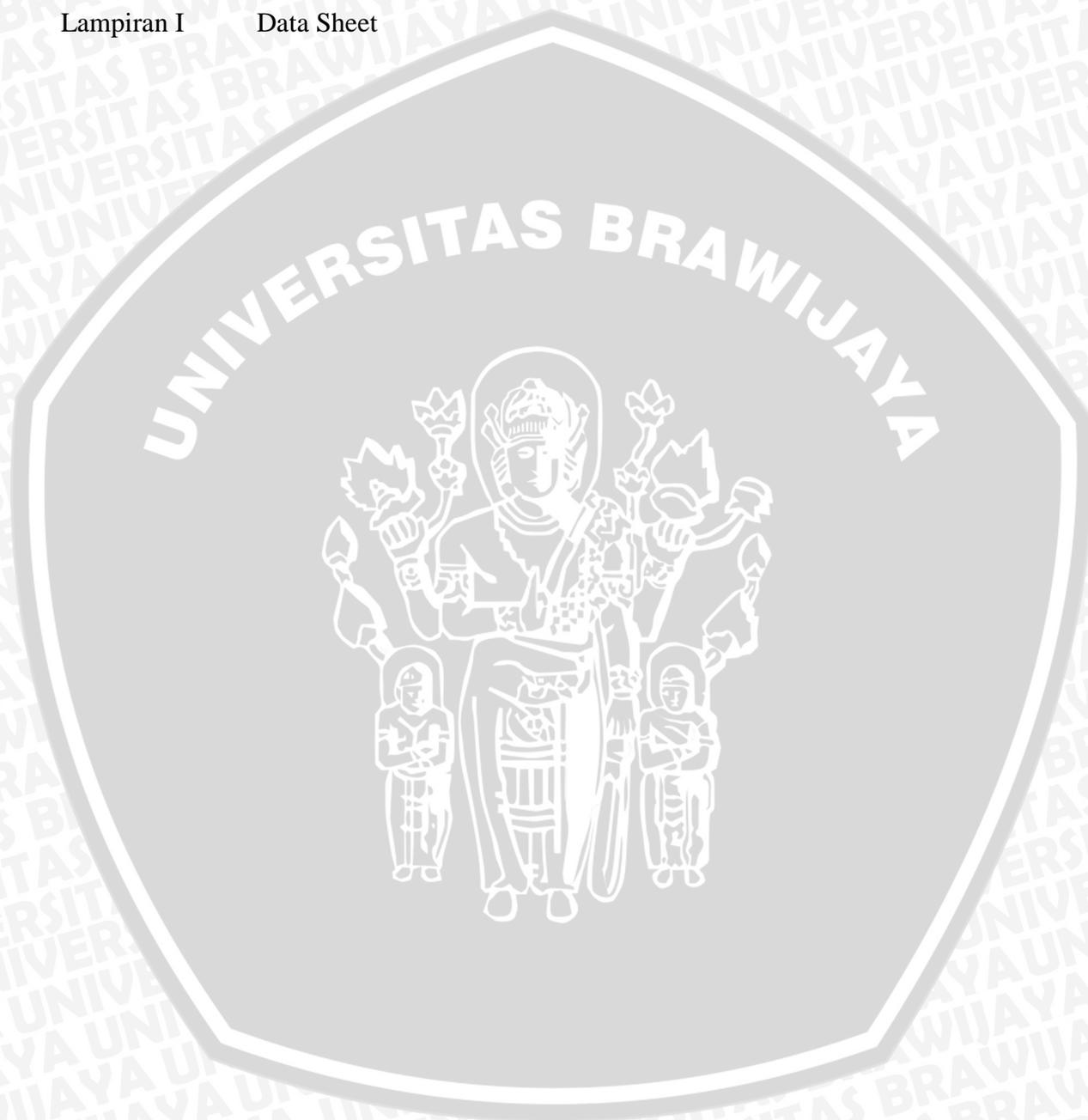


Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Tinggi Aktual, Jarak Pengukuran,  
Kesalahan Pengukuran dan Sudut-sudut Pengukuran ..... 51



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Foto Alat
Lampiran I	Kode Program
Lampiran I	Data Sheet



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Pendahuluan

Dalam inventarisasi hutan, tinggi pohon merupakan salah satu karakteristik pohon yang mempunyai arti penting dalam penentuan hasil hutan. Data tinggi pohon dapat digunakan dalam penentuan volume pohon, yang mana volume pohon merupakan hasil kali antara luas penampang batang, tinggi pohon dan juga faktor jenis pohon. Tinggi pohon juga digunakan untuk penentuan kualitas tempat tumbuh suatu tegakan berdasarkan hubungan antara umur dengan tinggi pohon tersebut, serta untuk menggambarkan struktur kelas ketinggian tajuk. Menurut Peraturan Menteri Kehutanan NOMOR : P. 55/MENHUT-II/2006 tentang penatausahaan hasil hutan yang berasal dari hutan Negara pasal 1 ayat 32:

Timber cruising adalah kegiatan pengukuran, pengamatan dan pencatatan terhadap pohon (yang direncanakan akan ditebang), pohon inti, pohon yang dilindungi, permudaan, data lapangan lainnya, untuk mengetahui jenis, jumlah, diameter, tinggi pohon, serta informasi tentang keadaan lapangan/lingkungan, yang dilaksanakan dengan intensitas tertentu sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

Seringkali tinggi pohon diartikan dengan panjang pohon, yaitu jarak yang menghubungkan antara dua titik pada batang pohon yang diukur baik menurut atau tidak menurut garis lurus. Tinggi pohon merupakan jarak terpendek antara ujung pohon dengan titik proyeksinya pada bidang datar. Jadi tinggi pohon adalah jarak tegak antara puncak pohon terhadap permukaan tanah.

Ada dua cara untuk mengukur tinggi pohon yaitu pengukuran secara langsung dan pengukuran secara tidak langsung. Pengukuran secara langsung dapat dilakukan dengan memanjat pohon atau menggunakan tongkat ukur. Pengukuran ini digunakan untuk pohon yang tidak terlalu tinggi. Pengukuran tinggi pohon yang tidak dapat diukur secara langsung, dapat dilakukan

pengukuran secara tidak langsung menggunakan alat-alat ukur tinggi seperti klinometer atau hypsometer.

Alat ukur tinggi yang digunakan saat ini masih menggunakan alat yang manual. Data yang diperoleh masih harus diolah lagi untuk mendapatkan data tinggi pohon. Untuk alat yang lebih bagus, saat ini harganya masih sangat mahal sehingga alat ukur manual masih digunakan.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis merancang sebuah alat pengukur tinggi pohon dengan menggunakan jarak dan sudut berbasis mikrokontroler. Alat tersebut nantinya akan mempermudah pengukuran tinggi pohon karena dapat menunjukkan secara langsung tinggi pohon.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

- 1) Bagaimana merancang suatu sistem yang dapat mengukur tinggi pohon.
- 2) Bagaimana merancang pengukuran sudut kemiringan dengan menggunakan sensor *accelerometer*.
- 3) Bagaimana merancang sistem antarmuka antara mikrokontroler Atmega8 dengan sensor sensor kemiringan, keypad, dan LCD (*Liquid Crystal Display*).

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, agar pembahasan terfokus pada pokok pembahasan maka masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Sensor accelerometer yang digunakan adalah Memsic 2125.
- 2) Resolusi pengukuran kemiringan sebesar  $1^\circ$ .
- 3) Sudut kemiringan yang digunakan tidak lebih dari  $70^\circ$  dari horisontal.
- 4) Jarak pengukuran dimasukkan secara manual melalui *keypad*.
- 5) Jarak pengukuran maksimal yang dapat dimasukkan adalah 50m.
- 6) Ketinggian maksimal yang dapat diukur adalah 137m pada jarak 50m.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat suatu *prototype* sistem berupa alat pengukuran sudut kemiringan yang dapat digunakan untuk pengukuran tinggi pohon, sehingga pengukuran dapat dilakukan dengan lebih mudah dan akurat.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut.

##### BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

##### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan teori dasar yang berisi tentang penjelasan yang mendukung dalam perencanaan alat ini yang meliputi sensor *accelerometer*, mikrokontroler ATmega8, LCD, dan *keypad*.

##### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metodologi penelitian, spesifikasi alat, perencanaan dan pembuatan alat dan cara pengujian alat.

##### BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Menjelaskan tentang diagram blok perancangan dan pembuatan alat yang meliputi prinsip kerja, spesifikasi alat, perancangan *hardware*, dan perancangan *software*.

##### BAB V PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang pengujian dan pembahasan yang meliputi pengujian tiap-tiap bagian dan pengujian secara keseluruhan.

##### BAB VI PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Tinggi pohon merupakan salah satu karakteristik pohon yang mempunyai arti penting dalam penafsiran hasil hutan. Tinggi pohon adalah jarak tegak antara puncak pohon terhadap permukaan tanah. Pengukuran tinggi pohon dapat dilakukan pada ketinggian tertentu dari batang. Pengukuran yang baik dilakukan adalah pohon-pohon yang telah ditebang dan pohon-pohon yang berdiri, khususnya untuk penaksiran yang berhubungan dengan volume.

Klasifikasi tinggi pohon sendiri dapat dibagi menjadi 3 kategori. Kategori ketinggian pohon tersebut adalah sebagai berikut.

1) Tinggi total

Ketinggian pohon yang diukur dari titik pucuk pohon dengan proyeksinya pada bidang datar.

2) Tinggi bebas cabang

Ketinggian pohon yang diukur dari titik lepas dahan atau lepas cabang atau batas tajuk dengan titik proyeksinya.

3) Tinggi dengan batas diameter tertentu

Ketinggian pohon yang diukur berdasarkan tujuan tertentu, misalnya tinggi kayu untuk pertukangan.

Kegunaan data tinggi pohon adalah sebagai berikut.

1) Penentuan kualitas tempat tumbuh suatu tegakan yang ditentukan berdasarkan hubungan antara umur peninggi (rata-rata 100 pohon tertinggi dalam luasan 1 ha).

2) Menggambarkan struktur tegakan vertikal (kelas ketinggian tajuk).

3) Penentuan volume pohon.

$$V = \frac{1}{4} \pi . d^2 . h . f \quad (2-1)$$

Keterangan:

V = volume

d = diameter batang pohon

h = tinggi pohon

f = faktor bentuk jenis.

## 2.1 Pengukuran Tinggi Pohon

Pengukuran tinggi pohon dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengukuran secara langsung dan pengukuran secara tidak langsung.

Pengukuran secara langsung adalah pengukuran yang dilakukan dengan cara memanjat pohon secara langsung atau dengan menggunakan tongkat ukur. Pengukuran ini sangat tidak efektif dan hanya dapat digunakan untuk mengukur ketinggian pohon yang rendah.

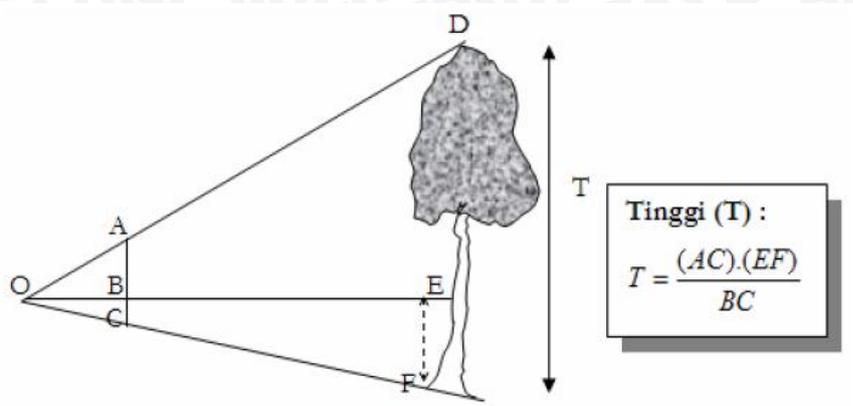
Pengukuran secara tidak langsung adalah pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur. Pengukuran tinggi dengan alat ukur ini dapat mengukur ketinggian pohon yang tinggi tanpa harus mengukurnya secara langsung.

## 2.2 Alat-alat Ukur Tinggi

Terdapat bermacam-macam alat ukur tinggi. Berdasarkan prinsip kerjanya, alat ukur tinggi tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu alat ukur tinggi yang menggunakan prinsip geometri dan alat ukur tinggi yang menggunakan prinsip trigonometri.

Alat ukur tinggi yang menggunakan prinsip geometri, menggunakan prinsip segitiga segitiga sebangun. Pengukuran tinggi dengan alat yang menggunakan prinsip ini tidak memerlukan pengukuran jarak. Ketinggian diperoleh dari perbandingan segitiga, atau menggunakan skala yang ada pada alat.

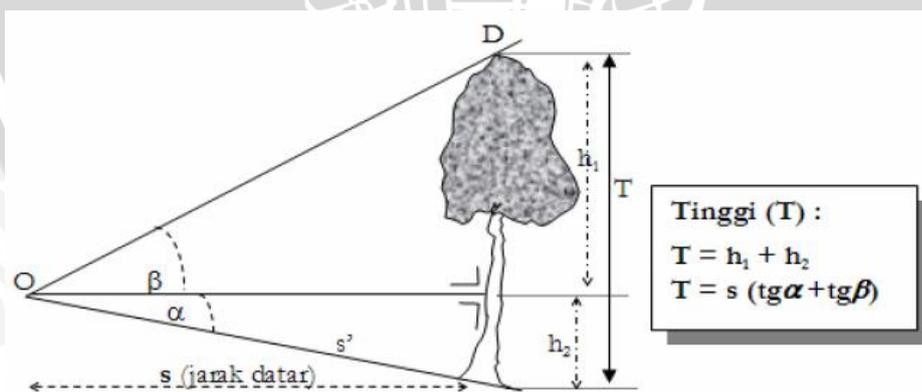
Prinsip kerja alat ukur tinggi yang menggunakan prinsip geometri ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengukuran Tinggi Menggunakan Prinsip Geometri

Alat ukur tinggi yang menggunakan prinsip trigonometri memerlukan alat pengukur sudut untuk memperoleh hasil pengukuran. Prinsip alat ukur yang menggunakan prinsip trigonometri adalah menggunakan tangen dari sudut pengukuran untuk dikalikan dengan jarak pengukuran, sehingga pada pengukuran tinggi yang menggunakan alat ukur yang menggunakan prinsip trigonometri memerlukan pengukuran jarak datar antara pohon yang diukur dengan titik pengukuran.

Prinsip kerja alat ukur tinggi yang menggunakan prinsip trigonometri ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pengukuran Tinggi Menggunakan Prinsip Trigonometri

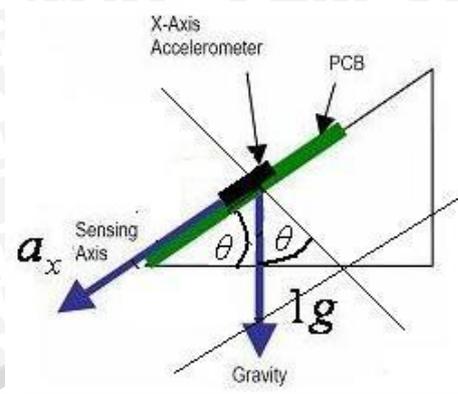
### 2.3 Sensor Accelerometer

*Accelerometer* adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. *Accelerometer* juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi.

Prinsip kerja transduser ini berdasarkan hukum fisika bahwa apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. *Accelerometer* yang diletakan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan 1g (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal maka *accelerometer* akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Hal ini sesuai dengan tipe dan jenis sensor *Accelerometer* yang digunakan karena setiap jenis sensor berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuatnya. Saat ini hampir semua sensor/transduser *accelerometer* sudah dalam bentuk digital (bukan dengan sistem mekanik) sehingga cara kerjanya hanya berdasarkan temperatur yang diolah secara digital dalam satu chip.

Selain digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi, *accelerometer* juga dapat digunakan untuk mengukur tingkat kemiringan. Tingkat kemiringan dapat diukur dengan membandingkan nilai percepatan benda pada posisi miring dengan posisi vertikal yang disebut sinus.

Pengukuran tingkat kemiringan menggunakan *accelerometer* ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Accelerometer pada Bidang Miring

Percepatan *accelerometer* pada bidang miring tersebut dapat dirumuskan persamaan berikut.

$$\theta = \arcsin\left(\frac{a_x}{1g}\right) \quad (2-2)$$

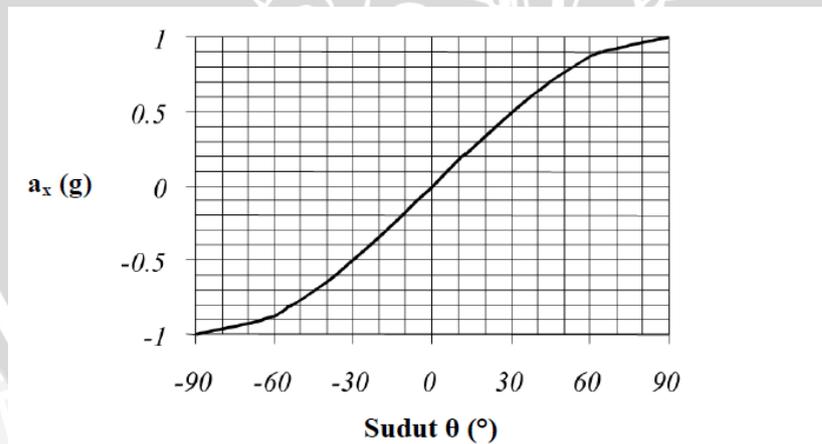
Keterangan:

$a_x$  = percepatan *accelerometer* pada bidang miring ( $m/s^2$ )

$g$  = percepatan gravitasi bumi sebesar  $9,8 m/s^2$

$\theta$  = sudut bidang miring.

Gambar 2.4 menampilkan hubungan percepatan *accelerometer* pada bidang miring dengan sudut kemiringan pada persamaan 2-2.



Gambar 2.4 Hubungan Percepatan dan Sudut Kemiringan

Gambar 2.4 memperlihatkan bahwa sudut yang lebih besar dari  $60^\circ$ , menghasilkan perubahan yang sangat kecil pada output akselerometer.

Karakteristik fungsi sinus tersebut menjelaskan mengapa akurasi pengukuran sudut tidak memungkinkan untuk sudut yang mendekati  $90^\circ$  dari posisi horizontal.

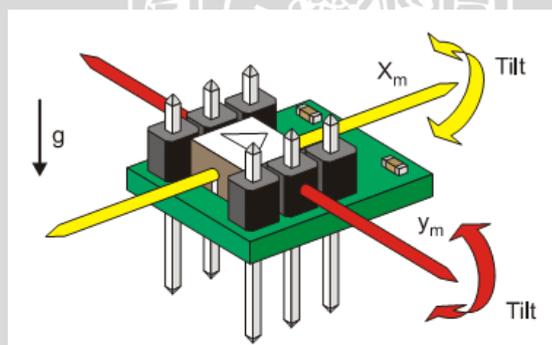
Dalam beberapa aplikasi, sebuah pendekatan fungsi linear dapat memenuhi permintaan akurasi. Tabel 2.1 memperlihatkan error akurasi yang dihasilkan oleh penggunaan pendekatan linear untuk range kemiringan yang berbeda.

Tabel 2. 1 Konstanta Sensor (Dao, 2005)

<i>Inclination Range (°Arc)</i>	<i>K(°Arc/g)</i>	<i>Maximum Error(°Arc)</i>
$\pm 10$	57.50	$\pm 0.02$
$\pm 20$	58.16	$\pm 0.16$
$\pm 30$	59.04	$\pm 0.48$
$\pm 40$	60.47	$\pm 1.13$
$\pm 50$	62.35	$\pm 2.24$

### 2.3.1 Memsic 2125 Dual-Axis Accelerometer

Sensor *accelerometer* Memsic 2125 merupakan sensor kemiringan yang mempunyai dua sumbu. Sensor ini sudah dalam bentuk modul lengkap dengan pengkondisi sinyalnya sehingga sensor ini dapat bekerja dengan hanya memberikan tegangan catu sebesar 5 volt. Konsumsi arus sensor ini sangat rendah yaitu kurang dari 5 mA. Gambar 2.5 menunjukkan bentuk fisik sensor Memsic 2125.

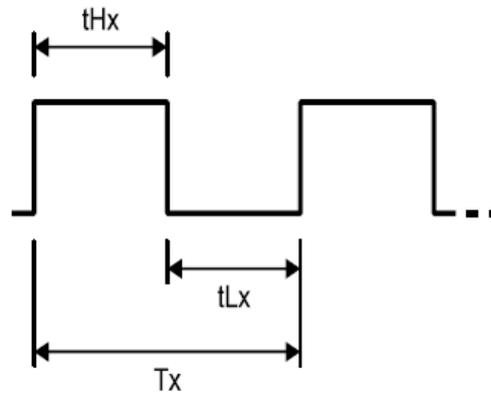


Gambar 2.5 Sensor Accelerometer Memsic 2125

Sumber: <http://www.parallax.com>

Memsic 2125 adalah sebuah *accelerometer* yang dapat mengukur kemiringan, getaran, percepatan dinamis dan rotasi dengan range  $\pm 3g$  pada 2 aksis. Masing-masing aksis Memsic 2125 memiliki 100Hz PWM duty cycle yang

percepatannya sebanding dengan rasio  $t_{Hx}/T_x$ . Gambar 2.6 menunjukkan sinyal keluaran modul *accelerometer* Memsic 2125 pada tiap aksisnya.

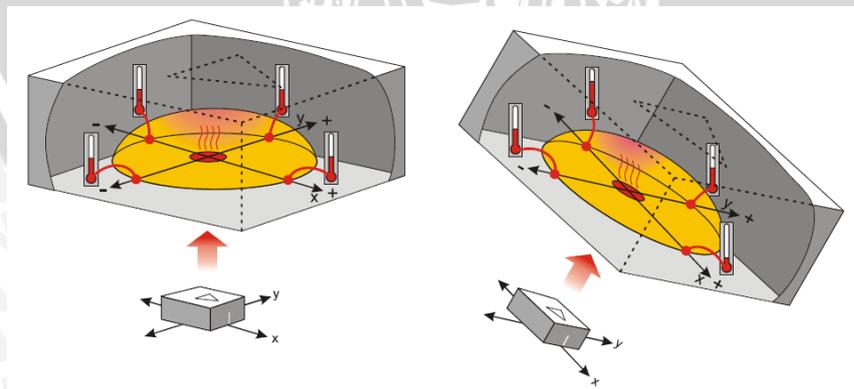


Gambar 2.6 Sinyal Keluaran Memsic 2125

Sumber: <http://www.parallax.com>

Pada bagian dalam sensor *accelerometer* Memsic 2125 ini terdapat *heater* atau pemanas. Pemanas tersebut berfungsi untuk memanaskan empat buah sensor suhu yang terletak pada sisi-sisi sensor *accelerometer* Memsic 2125. Jika panas yang dihasilkan *heater* menuju ke sensor suhu pada sumbu  $x+$  atau  $y+$ , maka modul *accelerometer* Memsic 2125 akan menghasilkan *duty cycle* yang besar atau lebih dari 50%. Sebaliknya jika suhu  $x-$  atau  $y-$  maka akan menghasilkan *duty cycle* kurang dari 50%.

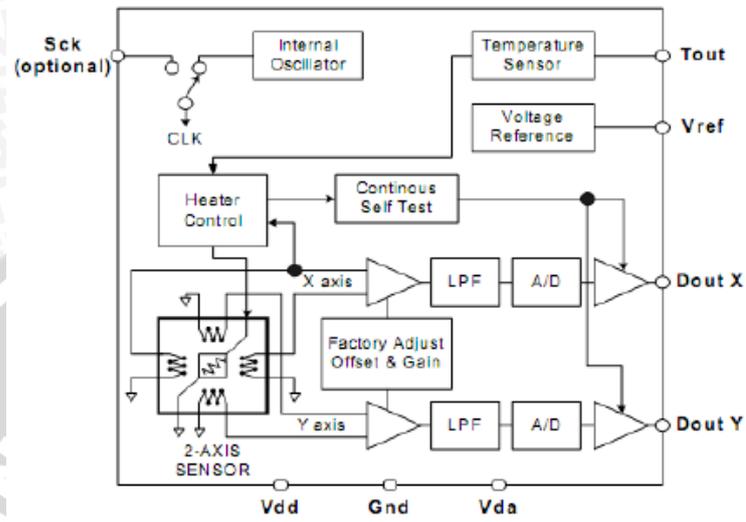
Susunan sensor suhu pada modul ini ditunjukkan dalam gambar 2.7.



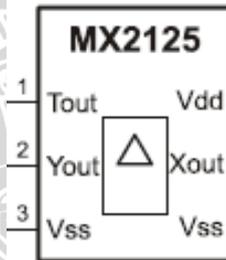
Gambar 2.7 Susunan Sensor Suhu dalam Modul *Accelerometer* Memsic 2125

Sumber: <http://www.parallax.com>

Memsic 2125 mempunyai 6 buah pin. Gambar 2.8 menunjukkan diagram blok Memsic 2125, sedangkan konfigurasi pin Memsic 2125 ditunjukkan dalam gambar 2.9 .



Gambar 2.8 Diagram Blok Memsic 2125



Gambar 2.9 Konfigurasi Pin Memsic 2125

Sumber: <http://www.parallax.com>

Fungsi masing masing pin tersebut ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Fungsi Pin Memsic 2125

No. Pin	Nama	Fungsi
1	Tout	Temperature out
2	Yout	Y-axis PWM output
3	GND	Ground -> 0 V
4	GND	Ground -> 0 V
5	Xout	X-axis PWM output
6	VDD	Input voltage: +3.3 to +5 VDC

### 2.3.2 Pengoperasian Memsic 2125 Dual-Axis Accelerometer

Memsic 2125 *Dual-Axis Accelerometer* memiliki dua duty cycle PWM. Akselerasi proporsional terhadap rasio  $THx/Tx$ . Pada saat keadaan datar yaitu terletak pada sudut  $0^\circ$  terhadap bumi, Memsic 2125 *Dual-Axis Accelerometer* memiliki 50% duty cycle dan *sensitivity scale factor* sebesar 12,5% perubahan tiap g. Persamaan 2-3 memperlihatkan cara mengukur keluaran sensor Memsic 2125 *Dual-Axis Accelerometer*.

$$A_{(g)} = \left( \frac{THx}{Tx} - 0.5 \right) / 12.5\% \quad (2-3)$$

Keterangan:

$A_{(g)}$  = Output sensor Memsic 2125 *Dual-Axis Accelerometer*

$THx$  = durasi *hight* pulsa output Memsic 2125 *Dual-Axis Accelerometer*

$Tx$  = periode output Memsic 2125 *Dual-Axis Accelerometer*

Setiap perubahan posisi sudut pada sensor Memsic 2125 *Dual-Axis Accelerometer* akan mengakibatkan perubahan pada nilai  $THx$  menjadi lebih besar atau lebih kecil. Berdasarkan persamaan 2-3, besar sudut dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2-4.

$$Sudut = A_{(g)} \cdot k \quad (2-4)$$

Keterangan:

$k$  = konstanta, nilai k diambil dari tabel 2.1

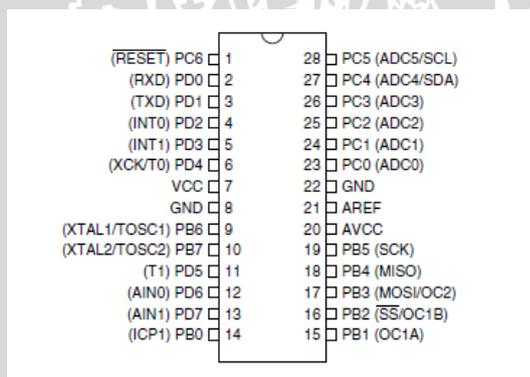
## 2.4 Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler ATmega8 merupakan mikrokontroler produk Atmel dengan 8k byte flash EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*). ATmega8 mempunyai memori dengan teknologi *nonvolatile memory* untuk menyimpan kode program dan *volatile memory* untuk menyimpan data, sehingga memori program mikrokontroler lebih terlindungi dari *spike* tegangan dan faktor lain yang dapat merusak kode program. Secara umum *feature* yang dimiliki mikrokontroler ATmega8 adalah sebagai berikut.

- ☑ 130 instruksi yang hampir seluruhnya dieksekusi dalam satu siklus clock.
- ☑ 32 x 8-bit register serbaguna.
- ☑ 8 Kbyte flash memory dengan fasilitas *in-system programming*.
- ☑ 512 byte internal EEPROM dan 512 byte SRAM.
- ☑ 2 *timer/counter* 8 bit dan 1 *timer/counter* 16 bit.
- ☑ *Programming Lock*, untuk mengamankan kode program.
- ☑ 8 *channel* ADC 10-bit.
- ☑ Serial USART.
- ☑ *Master/Slave* SPI serial interface.
- ☑ Serial TWi atau I2C.

#### 2.4.1 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler ATmega8 mempunyai 28 pin, susunan masing-masing pin ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Mikrokontroler Atmel ATmega8

Sumber: <http://www.atmel.com>

Fungsi kaki-kaki ATmega8 adalah sebagai berikut.

- ☑ *Port B* (Pin B0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port B* diantaranya adalah : *Port B0* (*ICP* (*Timer/counter input capture pin*)), *Port B1* (*OC1A* (*Timer/counter 1 output compare A match output*)), *Port B2* (*OC1B* (*Timer/counter 1 output compare B match output*)) & (*SS* (*SPI slave select input*)), *Port B3* (*OC2* (*timer/counter 2 compare match output*) & (*MOSI* (*SPI bus master*

output/slave input)), Port B4 (MISO (SPI bus master input/slave output)), (SS (SPI *slave select input*)) , Port B5 (SCK (SPI *bus serial clock*)), Port B6 (XTAL1), Port B7 (XTAL2).

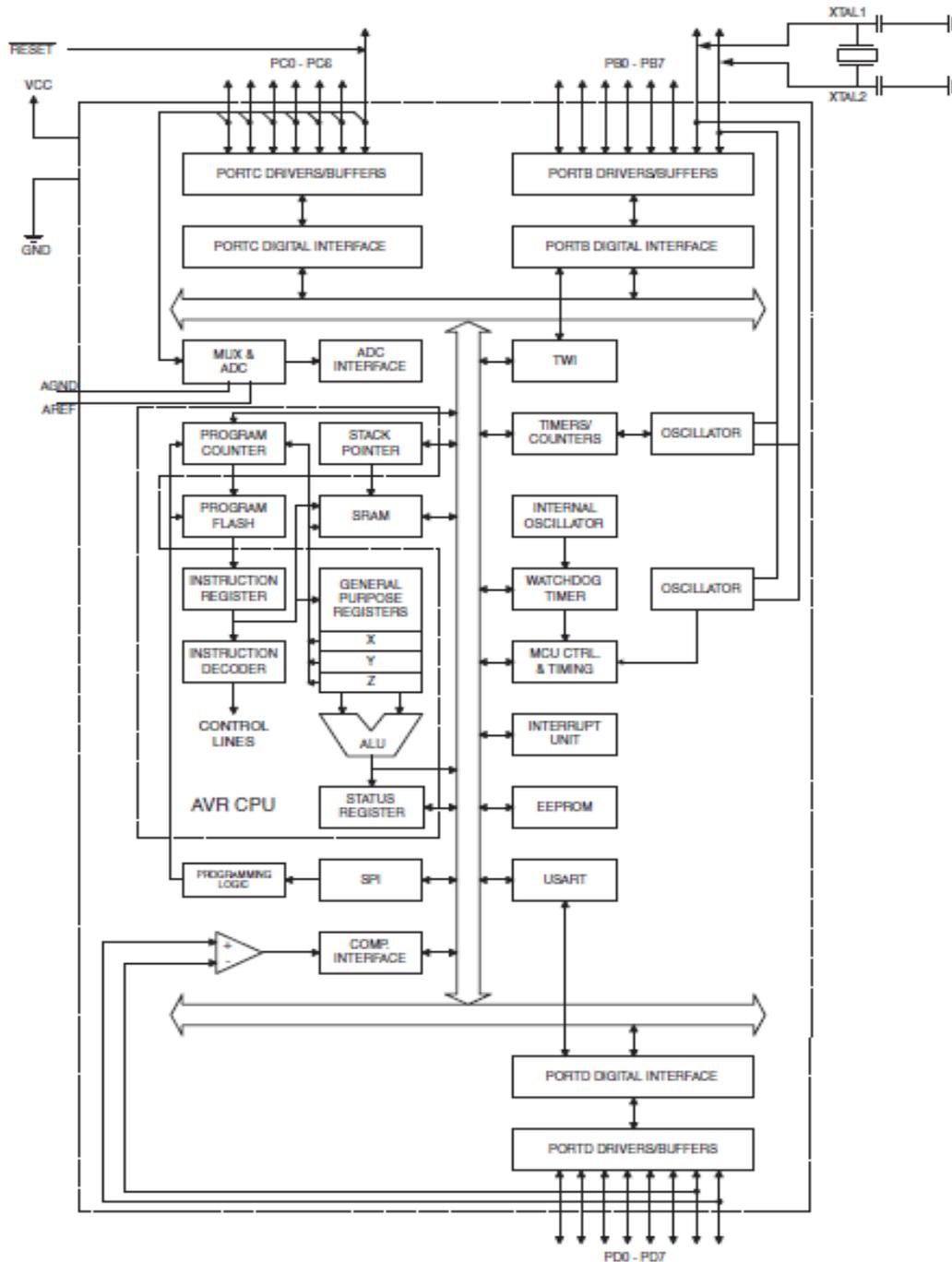
- ☑ *Port C* (Pin C0..6), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port C* adalah sebagai ADC (*input ADC channel 0..5*). Fungsi khusus lain *Port C* diantaranya adalah : Port C5 (SCL (*Two-Wire serial bus clock line*)), Port C4 (SDA (*Two-Wire serial bus data input/output line*)), Port C6 (RESET pin).
- ☑ *Port D* (Pin D0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port D* diantaranya adalah : Port D0 (RXD (USART *input pin*)), Port D1 (TXD (USART *output pin*)), Port D2 (INT0 (Eksternal *interrupt 0 input*)), Port D3 (INT1 (Eksternal *interrupt 1 input*)), Port D4 (XCK (USART eksternal *clock input/output*)), Port D5 (T1 (*timer/counter eksternal counter input*)), Port D6 (AIN0 (*Analog comparator negative input*)), Port D7 (AIN1 (*Analog comparator negative input*)).
- ☑ Pin 7 VCC, merupakan saluran masukan untuk catu daya positif sebesar 5 volt DC.
- ☑ Pin 8 GND, merupakan *ground* dari seluruh rangkaian.
- ☑ Pin 20 AVCC, merupakan catu daya untuk perangkat ADC.
- ☑ Pin 21 AREF, merupakan pin analog referensi untuk masukan ADC.
- ☑ Pin 22 GND, merupakan *ground* dari ADC.

#### 2.4.2 Arsitektur Mikrokontroler ATMega8

Mikrokontroler ATMega8 merupakan keluarga mikrokontroler RISC keluaran Atmel dengan konsep arsitektur AVR. AVR merupakan mikrokontroler dengan arsitektur Harvard di mana antara kode program dan kode data disimpan dalam memori secara terpisah.

Mikrokontroler ATMega8 terdiri dari sebuah CPU (*central processing unit*), dua jenis memori yaitu memori data (RAM) dan memori program (ROM), port masukan/keluaran dengan *programmable* pin secara *independent* dan

register-register mode, status, internal *timer* dan *counter*, *serial communication* serta logika *random* yang diperlukan oleh berbagai fungsi *peripheral*. Arsitektur mikrokontroler ATmega8 ditunjukkan dalam Gambar 2.11.

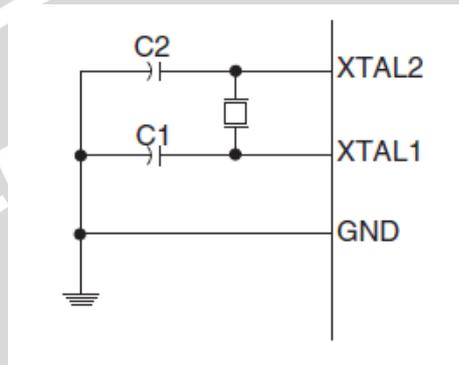


Gambar 2.11 Arsitektur Mikrokontroler ATmega8

Sumber: <http://www.atmel.com>

### 2.4.3 Pewaktu Mikrokontroler

Mikrokontroler ATmega8 memiliki osilator internal (*on chip oscillator*) yang dapat digunakan sebagai sumber *clock* bagi MCU. Untuk menggunakan osilator internal diperlukan sebuah kristal antara pin XTAL 1 dan pin XTAL 2 serta dua buah kapasitor ke *ground*. Komponen kristal dapat digunakan frekuensi dari 0 sampai 33 MHz, sedangkan untuk kapasitor dapat bernilai  $30 \text{ pF} \pm 10 \text{ pF}$ . Rangkaian osilator eksternal ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



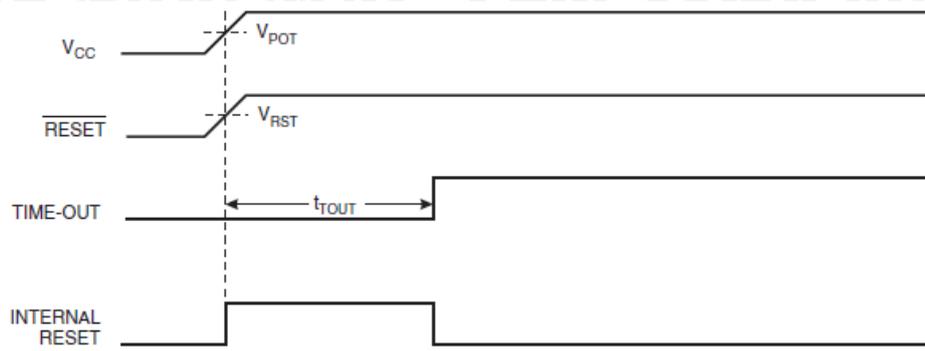
Gambar 2.12 Rangkaian Osilator Mikrokontroler

Sumber: <http://www.atmel.com>

### 2.4.4 Reset

Rangkaian *power on reset* diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap catu daya dinyalakan. Rangkaian ini juga berfungsi untuk mereset secara otomatis pada saat tegangan catu di bawah tegangan *Power-on Reset threshold* ( $V_{POT}$ ).

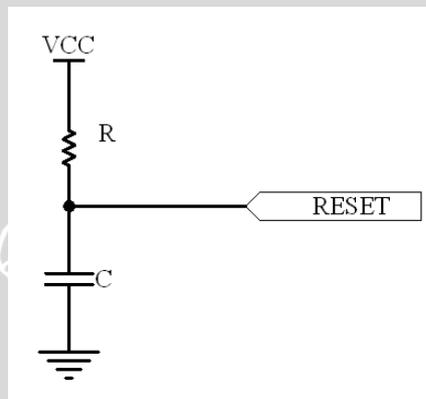
Ketika catu daya diaktifkan, rangkaian *power on reset* menahan logika rendah pin RST dengan jangka waktu yang ditentukan oleh lamanya pengisian muatan C, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Mikrokontroler *Start-up* dengan *Power On Reset*

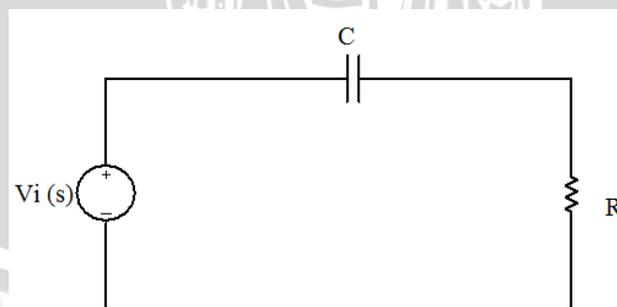
Sumber: <http://www.atmel.com>

Rangkaian *power on reset* ditunjukkan dalam Gambar 2.14a.



Gambar 2.14a Rangkaian *Power On Reset*

Rangkaian ekuivalen *power on reset* ditunjukkan dalam Gambar 2.14b.



Gambar 2.14b Rangkaian Ekuivalen *Power On Reset*

Dari Gambar 2.10b diperoleh:

$$V_o(s) = \frac{1}{R + \frac{1}{Cs}} \cdot V_i(s) = \frac{1}{RCs + 1} \cdot V_i(s) \quad (2-3)$$

Keterangan:

$V_o$  = Tegangan keluaran (V)

$V_i$  = Tegangan masukan (V)

R = Tahanan resistor ( $\Omega$ )

C = Tahanan kapasitor (F)

Dengan tegangan  $V_i$  adalah tegangan VCC yaitu 5V, dalam fungsi *Laplace* adalah  $5/s$ , sehingga:

$$V_o = \frac{1}{RCs + 1} \cdot \frac{5}{s} = \frac{1}{RC} \cdot \frac{5}{s} = \frac{5}{s} - \frac{5}{s + \frac{1}{RC}} \quad (2-4)$$

$$V_o - 5 = -5 \cdot e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$$

$$\frac{5}{5 - V_o} = e^{\frac{t}{RC}} \rightarrow \ln\left(\frac{5}{5 - V_o}\right) = \frac{t}{RC}$$

maka:

$$t = R \cdot C \cdot \left(\ln \frac{5}{5 - V_o}\right), \quad \text{atau} \quad t = R \cdot C \cdot \frac{\left(\log \frac{5}{5 - V_o}\right)}{\log e} \quad (2-5)$$

Dengan nilai  $V_o$  adalah tegangan logika nominal yang diijinkan oleh pin RST ATmega8, di mana:

$$V_o = 0,9 \cdot VCC = 0,9 \times 5 = 4,5 \text{ volt.}$$

maka:

$$t = R \cdot C \cdot \frac{\left( \log \frac{5}{4,5} \right)}{\log e}, \text{ sehingga}$$

$$t = 0,431 \cdot R \cdot C \quad (2-6)$$

## 2.5 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menampilkan huruf, angka, atau simbol-simbol tertentu. Tipe LCD yang sering digunakan adalah LCD 16 x 2 (16 kolom 2 baris) dan LCD 20 x 2 (20 kolom 2 baris). Bentuk fisik LCD 16 x 2 ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.15 LCD

Dalam pengoperasian LCD ada tiga buah line kontrol yaitu line EN, line RS, dan line RW. Jika LCD dioperasikan sebagai mode 4 bit, maka diperlukan 7 buah line (3 line kontrol dan 4 line data bus). Sedangkan jika dioperasikan sebagai 8 mode bit diperlukan 11 buah line (3 line kontrol dan 8 line data bus).

LCD 16 x 2 mempunyai 16 pin. Fungsi masing- masing pin LCD tersebut ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Fungsi Pin LCD

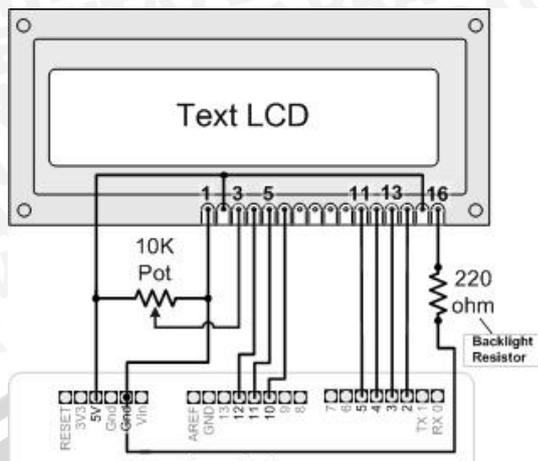
No. Pin	Nama	Fungsi
1	Vss	Ground
2	Vdd	positif supply
3	Vee	Contrast
4	Rs	register select
5	R/W	read/write
6	EN	Enable
7-14	D0-D7	data bus

Pin 1 dan pin 2 merupakan line power supply. Pin Vdd terhubung dengan positif supply (5V DC) dan Vss dengan 0V supply atau ground. Pin 3 (Vee) adalah pin kontrol yang digunakan untuk mengatur ketajaman karakter yang tampil di LCD. Pin terhubung dengan resistor variabel. Pin 4 adalah line Rs (register select). Saat RS berlogika low, data yang terdapat pada data bus diperlakukan sebagai instruksi khusus seperti: clear scene, positioning cursor, dll. Saat RS berlogika high, data yang ada pada data bus diperlakukan sebagai karakter/ teks yang kemudian ditampilkan ke LCD.

Pin 5 adalah R/W (read write). Saat R/W low, data (instruksi/karakter) ditulis ke LCD, sedangkan saat R/W high digunakan untuk membaca data karakter atau status informasi pada register LCD. Read status informasi busy flag menggunakan DB7 sebagai indikator. Jika DB 7 high, maka operasi internal sedang berlangsung sehingga belum boleh mengirim instruksi/ karakter selanjutnya sampai saat DB7 low.

Pin 6 adalah line EN (Enable). Line kontrol ini digunakan untuk memberi informasi pada LCD bahwa sedang mengirimkannya suatu data dengan melakukan transisi dari 1 – 0.

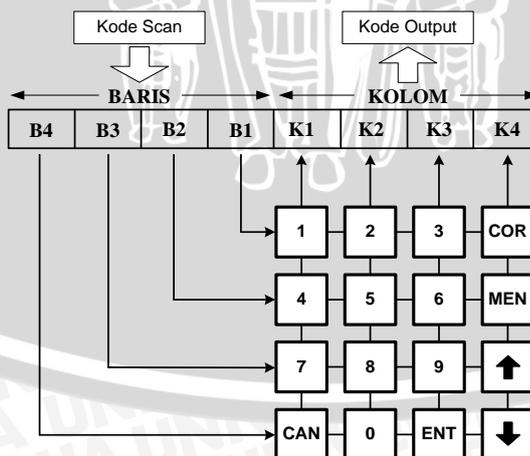
Agar LCD dapat menampilkan karakter yang diberikan oleh mikrokontroler, maka beberapa kaki LCD harus dihubungkan ke pin-pin mikrokontroler. Gambar 2.12 menunjukkan interface LCD ke rangkaian mikrokontroler.



Gambar 2.16 Rangkaian Interface LCD.

## 2.6 Keypad

*Keypad* memiliki bentuk sederhana menyerupai *keyboard* kecil yang difungsikan untuk memberikan masukan data melalui tombol-tombol yang terdapat dalam papan *keypad* tersebut. *Keypad* merupakan penyederhanaan dari tombol-tombol *push button* yang disusun secara matrik. *Keypad* dapat dibedakan berdasarkan jumlah baris dan kolomnya, salah satunya adalah *keypad* matrik 4×4. *Keypad* matrik 4×4 terdiri atas 4 lajur kolom dan 4 lajur baris, dimana tiap baris dan kolom tersebut dihubungkan dengan tombol *push button* dengan jumlah keseluruhan sebanyak 16 buah. Bentuk dasar keypad 4×4 ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.17 Keypad 4×4

Sumber: [www.grayhill.com](http://www.grayhill.com)

Proses pengambilan data pada *keypad*, menggunakan metode *scanning* pada lajur kolom dan lajur baris. Jika terdeteksi adanya persambungan antara baris dan kolom yang valid, maka mikrokontroler akan mengkodekan baris dan kolom mana yang aktif menjadi data *biner*. Apabila ada yang sesuai, maka mikrokontroler akan melakukan instruksi sesuai dengan data yang dimasukkan dari *keypad*.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan penelitian ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dirancang adalah sebagai berikut.

- 1) Studi Literatur.
- 2) Penentuan Spesifikasi Alat.
- 3) Perancangan Alat.
- 4) Pembuatan Alat.
- 5) Pengujian Alat dan Analisis.

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori penunjang sistem yang dibutuhkan dalam perencanaan dan pembuatan alat. Teori yang diperlukan antara lain cara kerja modul sensor kemiringan *accelerometer* teori-teori dasar Mikrokontroler ATmega8 beserta pemrogramannya, LCD, dan instruksi-instruksi beserta fitur-fitur yang dimiliki oleh masing-masing komponen agar dapat diterapkan pada alat pengukur ketinggian pohon ini.

### 3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasiian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan sebagai berikut.

- 1) Sensor accelerometer yang digunakan adalah Memsic 2125.
- 2) Resolusi pengukuran kemiringan sebesar  $1^\circ$ .
- 3) Kemiringan maksimal yang dapat diukur alat ini adalah  $\pm 70^\circ$  dari horisontal.

- 4) Mikrokontroler Atmel ATmega8 bekerja sebagai pengolah data dan antarmuka sensor *accelerometer*.
- 5) Jarak pengukuran dimasukkan secara manual melalui *keypad* 4x4.
- 6) Jarak maksimal yang dapat dimasukkan adalah 50m.
- 7) Ketinggian maksimal yang dapat diukur adalah 137m pada jarak pengukuran 50m.
- 8) Media penampil data hasil pengukuran adalah melalui LCD.

### **3.3 Perancangan dan Perealisasian Alat**

#### **3.3.1 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok**

- 1) Pembuatan blok diagram lengkap sistem.
- 2) Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan.
- 3) Desain papan cetak (PCB) menggunakan *software* Protel DXP.
- 4) Merakit perangkat keras masing-masing blok.

#### **3.3.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak**

Setelah diketahui seperti apa perangkat keras yang dirancang, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja alat pencatat data hasil produksi gula. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan dalam mikrokontroler ATmega8 menggunakan bahasa *basic* dan *compiler* BASCOM AVR.

### **3.4 Pengujian Alat**

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan maka perlu dilakukan pengujian alat. Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras yang dilakukan baik per blok rangkaian maupun keseluruhan sistem.

#### **3.4.1 Pengujian Perangkat Keras**

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai tegangan dan arus yang diijinkan bekerja dalam komponen berdasarkan data

sekunder komponen yang diambil dari buku data komponen elektronika maupun datasheet.

### 3.4.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama.

### 3.5 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah didapatkan hasil pengujian. Jika hasil yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan maka alat tersebut telah memenuhi harapan dan memerlukan pengembangan untuk penyempurnaannya.



## BAB IV

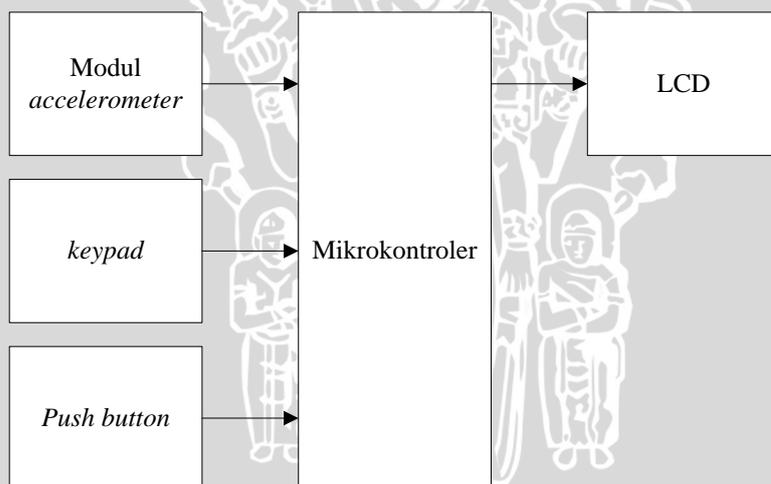
### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknnya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri atas:

- 1) Perancangan sistem.
- 2) Perancangan perangkat keras, meliputi perancangan modul sensor *accelerometer*, rangkaian *keypad*, rangkaian mikrokontroler, dan rangkaian LCD.
- 3) Perancangan perangkat lunak.

#### 4.1 Perancangan Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 4.1, dapat dijelaskan secara umum mengenai bagian-bagian yang menyusun keseluruhan sistem alat ini.

Penjelasan bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut.

1) Modul *Accelerometer*

Modul *accelerometer* berfungsi untuk mendeteksi kemiringan. Modul ini sudah tersusun atas sensor *accelerometer* dan pengkondisi sinyalnya sehingga keluarannya bisa langsung diolah mikrokontroler.

2) *Keypad*

*Keypad* digunakan untuk memasukkan nilai jarak pengukuran.

3) *Push Button*

*Push button* digunakan untuk menangkap titik yang dihitung ketinggiannya.

4) Mikrokontroler

Berfungsi sebagai pusat pengontrol semua rangkaian.

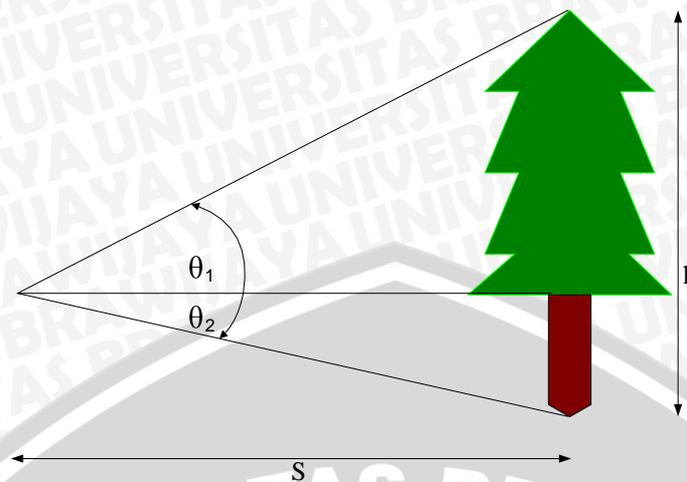
5) LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD merupakan tampilan yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukurann dengan satuan meter dan dalam bentuk angka nominal, serta menampilkan jarak dan sudut pengukuran.

#### 4.2 Prinsip Kerja

Prinsip kerja alat ini adalah pengukuran tinggi dihitung menggunakan kemiringan dan jarak pengukuran. Pengukuran ini menggunakan perhitungan trigonometri yang mana ketinggian diperoleh dari hasil kali tangen sudut kemiringan dengan jarak pengukuran.

Pengukuran dilakukan dengan dua langkah. Langkah pertama yaitu pengukuran tinggi pohon dari ketinggian mata pengukur sampai ke bagian ujung atas pohon. Langkah kedua yaitu pengukuran dari ketinggian mata pengukur sampai ke bagian ujung pohon bagian bawah. Cara pengukuran tinggi ini ditunjukkan dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2 Prinsip Kerja Alat

Pada alat ini jarak pengukuran dimasukkan melalui *keypad* sedangkan sudut kemiringan diperoleh dengan menggunakan sensor *accelerometer* Memsic 2125.

### 4.3 Perancangan Perangkat Keras

Perencanaan bagian perangkat keras ini dapat diuraikan sebagai berikut.

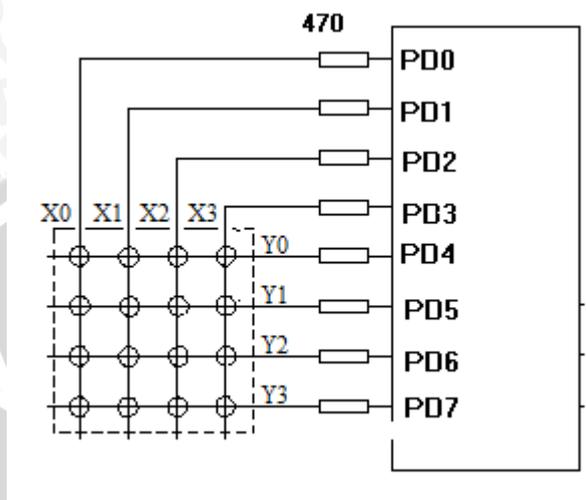
- 1) Perencanaan rangkaian *keypad*.
- 2) Perencanaan rangkaian mikrokontroler ATmega8.
- 3) Perencanaan sensor *accelerometer*.
- 4) Perencanaan rangkaian *Push Button*.
- 5) Perencanaan tampilan LCD 16×2.

#### 4.3.1 Perencanaan Rangkaian *Keypad*

*Keypad* pada sistem ini berfungsi sebagai media untuk memasukkan nilai jarak yang digunakan dalam pengukuran. *Keypad* yang digunakan adalah *keypad* matrik 4×4, *keypad* matrik ini bekerja menggunakan metode *scanning* pada lajur kolom dan lajur baris. Jika terdeteksi adanya persambungan antara baris dan kolom yang valid, maka mikrokontroler akan mengkodekan baris dan kolom mana yang aktif menjadi data *biner*. Apabila ada yang sesuai, maka mikrokontroler akan melakukan instruksi sesuai dengan data yang dimasukkan dari *Keypad*. Untuk

lajur baris X0-X3 pada *keypad* dihubungnkan ke port D0-D4, dan lajur kolom Y0-Y3 *keypad* dihubungnkan ke port D.4-D.7.

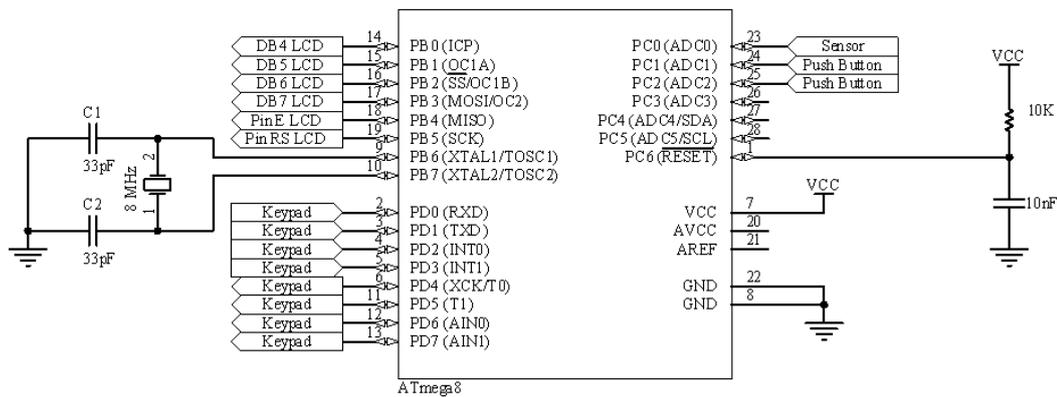
Susunan penekanan tombol pada *keypad* dan penentuan port masukan ke mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rangkaian *Keypad* 4×4

#### 4.3.2 Perencanaan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler yang digunakan pada rangkaian ini adalah mikrokontroler tipe ATmega8 yang termasuk dalam seri AVR. Komponen ini mempunyai 8 Kbyte flash program, 512 Kbyte EPROM (*Erasable and Programmable Read Only Memory*), 1 Kbyte SRAM, 2 timer 8 byte dan sebuah timer 16 byte. Mikrokontroler ini memiliki 23 pin masukan keluaran dimana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri. Pemilihan mikrokontroler jenis ini karena mudah diperoleh dipasaran, mempunyai bentuk fisik yang kecil dan mempunyai internal EEPROM. Sebagai tempat pengolahan data dan pengontrolan alat, pin-pin ATmega8 dihubungnkan pada rangkaian pendukung membentuk suatu minimum sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

Mikrokontroler ATmega mempunyai 23 jalur I/O yang dapat diprogram menjadi masukan atau keluaran. Jalur-jalur I/O ini dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu port B, C, dan D. Pada perancangan ini, pin-pin yang digunakan adalah sebagai berikut.

1) Port B

PB0 – PB3 digunakan sebagai keluaran mengirimkan data ke alamat bus data LCD DB4 - DB7.

PB4 digunakan sebagai pengirim perintah RS (*Register Selection*) pada LCD.

PB5 digunakan sebagai pengirim perintah E (*Enable*) pada LCD.

2) Port D

PD0 - PD3 digunakan sebagai saluran masukan data dari *keypad*.

3) Port C

PC0 digunakan sebagai saluran masukan dari sensor *accelerometer*.

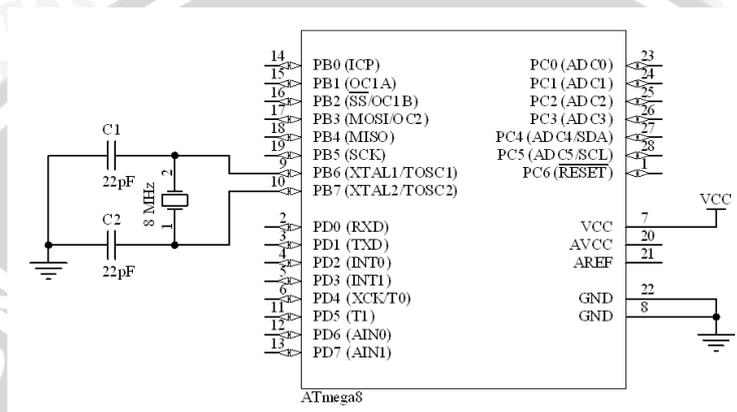
PC1-PC2 digunakan sebagai masukan dari *push button*.

#### 4.3.2.1 Rangkaian Osilator

Osilator internal mikrokontroler ATmega8 dapat dibangkitkan dengan menggunakan kristal sebagai pembangkit pulsa dimana besarnya kristal yang diizinkan sebesar 0,4 - 16 MHz. Dalam perancangan digunakan kristal sebesar 8

MHz, sehingga kecepatan pelaksanaan instruksi per siklus sebesar  $1/8 \mu$  ( $(1/8\text{MHz}) \times \text{siklus periode}$ ).

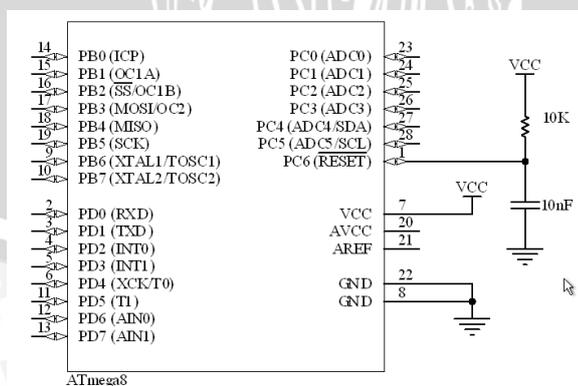
Rangkaian osilator ditunjukkan dalam Gambar 4.5. Kristal dihubungkan ke pin 9 (PB6) dan 10 (PB7) pada mikrokontroler ATmega8 dengan menambahkan  $C_1$  dan  $C_2$  sebesar 22 pF. Besarnya kapasitansi  $C_1$  dan  $C_2$  disesuaikan dengan spesifikasi dalam lembar *datasheet* ATmega8 yaitu 12 pF-22pF untuk penggunaan Kristal 3 - 8 MHz.



Gambar 4.5 Rangkaian Osilator Mikrokontroler

### 4.3.2.2 Rangkaian Reset

Dalam rangkaian mikrokontroler diperlukan rangkaian *reset*. Untuk membangkitkan sinyal *reset*, sebuah kapasitor dihubungkan dengan VCC dan sebuah resistor dihubungkan ke *ground*. Rangkaian *reset* ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rangkaian Reset Mikrokontroler

Berdasarkan *datasheet*, pin RST harus diberi logika rendah selama sekurangnya  $1,5\mu\text{s}$  untuk mereset mikrokontroler ATmega8. Waktu minimal ini dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C. Nilai C telah ditetapkan sebesar  $10\mu\text{F}$ , maka berdasarkan Persamaan 2-6 nilai R adalah sebagai berikut:

$$t = 0,431 \cdot R \cdot C$$

$$1,5 \times 10^{-6} = 0,431 \cdot R \cdot 10 \times 10^{-9}$$

$$R = \frac{3 \times 10^{-6}}{0,431 \cdot 10 \times 10^{-9}}$$

$$R = 696,055 \Omega$$

Jadi dengan nilai komponen  $C = 10\mu\text{F}$  nilai resistor yang dapat memenuhi syarat untuk mereset mikrokontroler harus di atas  $696,055\Omega$ . Pada perancangan ini dipilih nilai resistor  $1\text{ k}\Omega$ , sehingga waktu logika tinggi untuk mereset lebih besar dari  $1,5\mu\text{s}$  yaitu :

$$t = 0,431 \cdot R \cdot C$$

$$= 0,431 \times 10^3 \Omega \cdot 10 \times 10^{-9} \text{ F}$$

$$= 4,31 \mu\text{s}$$

### 4.3.3 Perancangan Sensor Accelerometer Memsic 2125

Keluaran sensor yang berupa *duty cycle* dibaca dengan menggunakan timer pada mikrokontroler ATmega8. Pada alat ini pembacaan keluaran sensor hanya dilakukan pada salah satu sumbu saja, dalam perancangan alat ini digunakan sumbu x. Hal ini dikarenakan alat hanya digunakan untuk mengukur kemiringan pada satu sumbu.

Keluaran pada sumbu x akan dibaca oleh port C0 mikrokontroler. Pada saat pulsa keluaran sensor berlogika 0, mikrokontroler akan menunggu. Setelah terjadi transisi menuju logika 1, mikrokontroler akan mulai mengaktifkan *counter*. Apabila keluaran sumbu x berlogika nol maka *counter* akan dihentikan dan nilai hasil *counter* akan dipindahkan pada suatu variabel.

Dari *datasheet* diketahui bahwa sensor ini menghasilkan pulsa dengan frekuensi  $100\text{Hz}$ . Jika sensor dianggap ideal, maka periode untuk satu pulsa

adalah 10mS. Karena pada saat kondisi horizontal *duty cycle* yang dihasilkan adalah 50%, maka untuk setengah periode membutuhkan waktu sebesar 5mS.

Penentuan besarnya sudut yang dibaca sensor didasarkan pada pulsa yang dikeluarkan oleh sensor *Accelerometer* MX2125 dengan menggunakan Persamaan 2-3. Untuk mengkonversi nilai keluaran sensor menjadi sudut, digunakan Persamaan 2-4 dan tabel konstanta sensor seperti ditunjukkan Tabel 2.1. Di dalam tabel tersebut hanya diketahui nilai *range* sudut, karena itu harus dicari terlebih dahulu nilai *range*  $A_{(g)}$  (Williams, 2002).

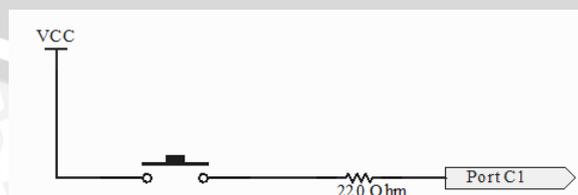
#### 4.3.4 Perencanaan Rangkaian *Push Button*

*Push button* pada alat ini digunakan sebagai tombol untuk membidik titik yang diukur ketinggiannya. Pada alat ini direncanakan dua buah *push button* yang berfungsi untuk membidik titik atas dan titik bawah pengukuran. *Push button* ini dihubungkan dengan pin C1 dan C2 mikrokontroler.

Dari datasheet diketahui bahwa arus maksimal yang diijinkan melewati pin pin mikrokontroler adalah sebesar 40mA dan  $V_{OL}$  mikrokontroler ATmega8 adalah 0,7V, sehingga arus *push button* harus kurang dari 40mA, disini ditetapkan sebesar 20mA. Dari keterangan tersebut maka untuk membatasi arus yang masuk pada pin mikrokontroler diberikan hambatan yang nilainya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= \frac{V_{cc}-V_{ol}}{I} \text{ Ohm} \\ &= \frac{5V-0,7V}{20mA} \text{ Ohm} \\ &= 215 \text{ Ohm} \approx 220 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

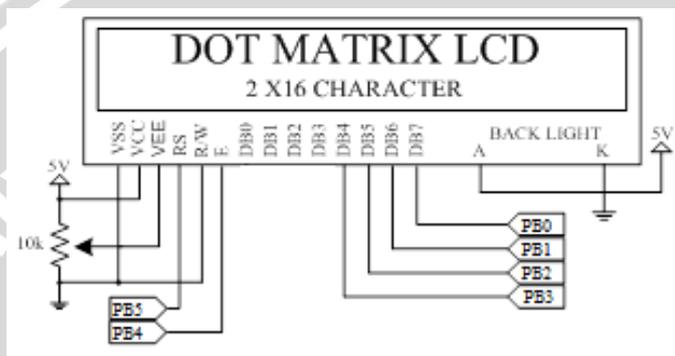
Susunan *push button* dan penentuan port masukan ke mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.7 Rangkaian *Push Button*

#### 4.3.5 Perencanaan Tampilan LCD 16x2

LCD yang digunakan adalah tipe M1632 (16 kolom×2 baris). Bus data LCD (D4-D7) terhubung dengan port B mikrokontroler (B0-B3). Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan *ground*. RS dihubungkan dengan pin B4 mikrokontroler. Pengaktifan E (*Enable*) LCD menggunakan keluaran pin B5. Pengaturan tingkat kecerahan LCD digunakan dengan mengubah resistor variabel 10 kΩ. Gambar LCD dan konfigurasi pinnya ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.8 Antarmuka Modul LCD

$V_R$  pada pin 3 (VEE) digunakan untuk mengatur kontras karakter yang ditampilkan, sedangkan pin 15 (V+) diberi dioda agar tegangan yang masuk sesuai dengan data *datasheet* yaitu 4,3 V.

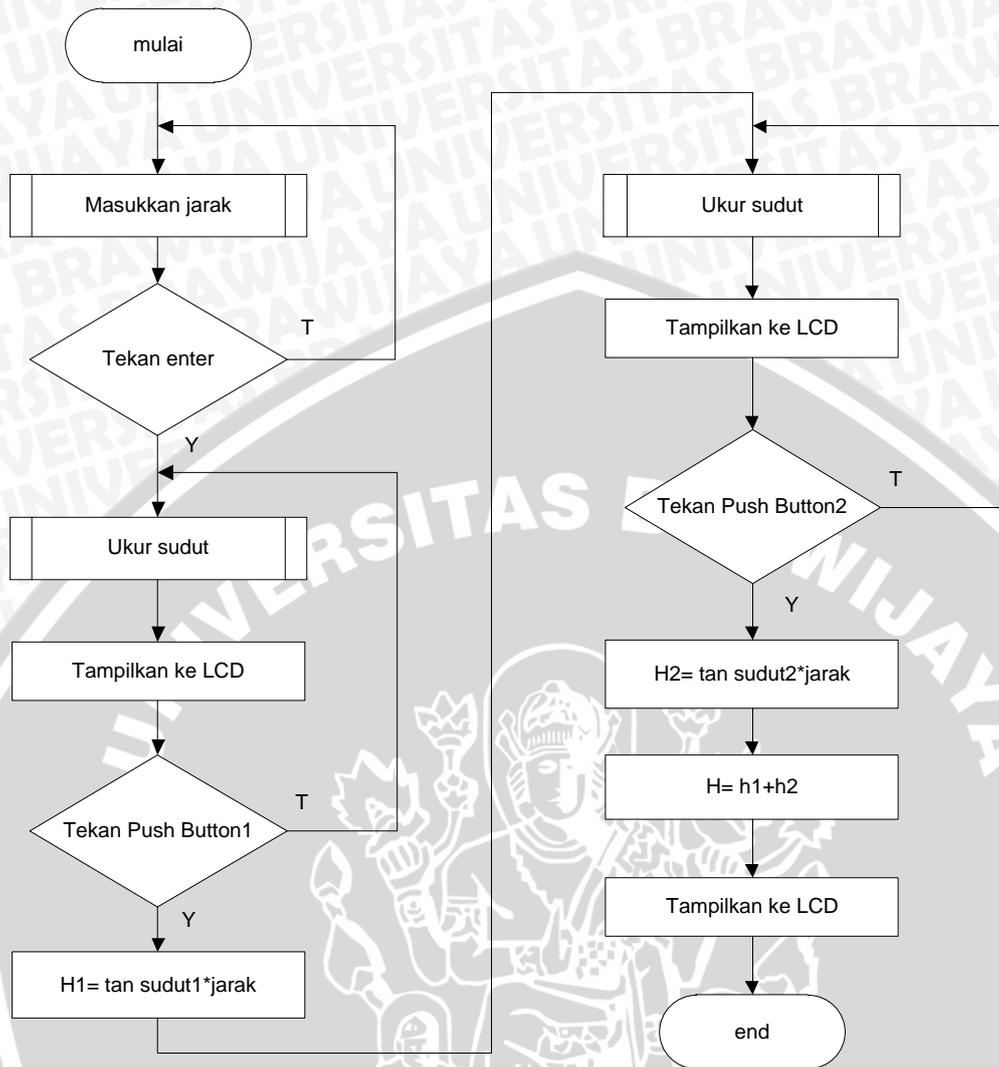
Jika Diketahui: Tegangan Dioda = 0,7 V

$$VCC = 5 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka tegangan Input adalah} &= 5\text{V} - 0,7\text{V} \\ &= 4,3 \text{ V} \end{aligned}$$

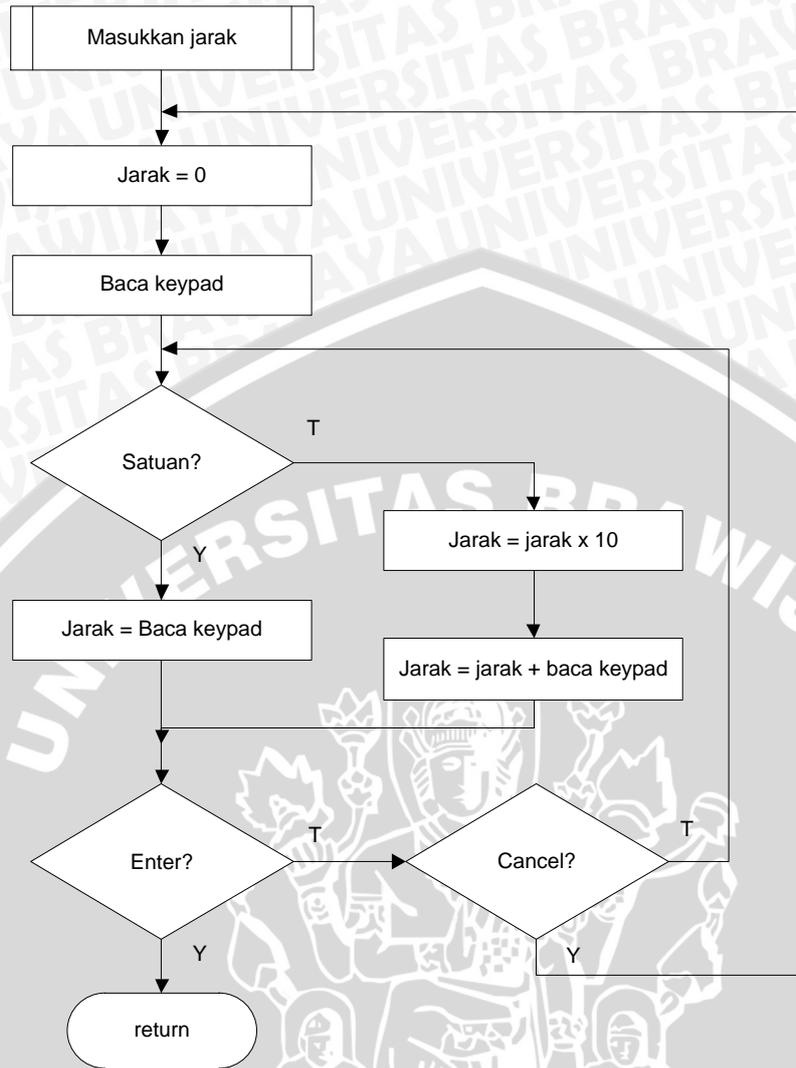
#### 4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dirancang dengan menggunakan bahasa *Bascom AVR*. Untuk memberikan gambaran umum jalannya program dan memudahkan pembuatan perangkat lunak, maka dibuat diagram alir yang menunjukkan jalannya program. Diagram alir program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



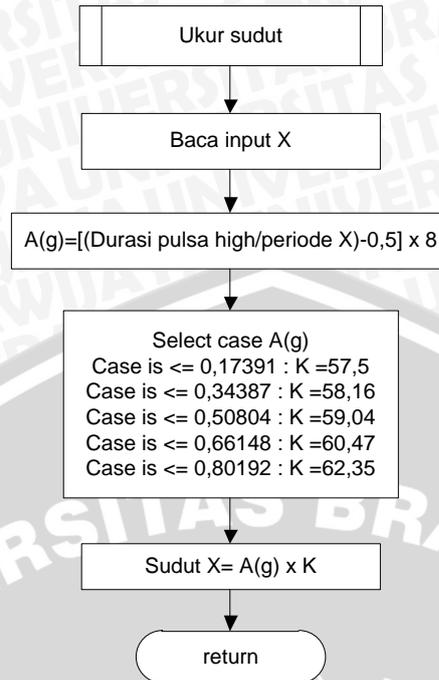
Gambar 4.9 Diagram Alir Program Utama

Ketika catu daya diaktifkan, mikrokontroler akan melakukan *scan* keypad. *Scan* keypad ini berfungsi untuk memasukkan jarak pengukuran. Jika tombol CAN ditekan maka jarak yang telah dimasukkan akan direset dan program akan meminta pemasukkan ulang jarak melalui *kepad*. Nilai jarak akan disimpan setelah tombol ENT ditekan. Diagram alir pembacaan keypad ini ditunjukkan dalam gambar 4.8.



Gambar 4.10 Diagram Alir Pembacaan Keypad

Setelah tombol ENT ditekan, mikrokontroler akan melakukan pembacaan pada sensor. Pembacaan sensor dilakukan dengan mengaktifkan *counter* untuk menghitung panjang logika tinggi pada keluaran sensor *accelerometer* yang berupa *duty cycle*. Hasil pembacaan sensor kemudian dihitung menggunakan persamaan 2-3 dan persamaan 2-4 untuk mendapatkan nilai derajat kemiringan. Diagram alir pembacaan sensor accelerometer ini ditunjukkan dalam gambar 4.9.



Gambar 4.11 Diagram Alir Perhitungan Sudut X

Pembacaan sensor akan terus dilakukan oleh mikrokontroler sampai *push button* yang digunakan untuk membidik titik yang diukur kemiringan ditekan. *Push button* ini ada dua buah, satu digunakan untuk menentukan kemiringan dari garis horizontal yang diambil dari ketinggian mata pengguna alat ke titik atas yang telah dibidik, sedangkan yang lain digunakan untuk menentukan kemiringan dari horizontal yang diambil dari ketinggian pengguna alat ke titik bawah yang telah dibidik.

Setelah pengukuran kemiringan dilakukan, akan didapatkan dua buah data sudut kemiringan. Mikrokontroler akan menghitung tangen masing-masing sudut. Data ketinggian akan diperoleh dari hasil perkalian tangen sudut kemiringan dengan panjang jarak pengukuran. Dari pengukuran tersebut diperoleh dua buah ketinggian, yaitu ketinggian dari titik bawah ke tinggi mata pengukur, dan dari tinggi mata pengukur ke titik atas pengukuran, sehingga ketinggian total yang diukur adalah jumlah dari kedua data tinggi tersebut. Data yang ditampilkan dalam LCD adalah ketinggian total.

## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai perancangan yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan per blok sistem kemudian secara keseluruhan. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut.

- 1) Pengujian mikrokontroler ATmega8.
- 2) Pengujian antarmuka *keypad*.
- 3) Pengujian LCD.
- 4) Pengujian modul sensor *accelerometer*.
- 5) Pengujian sistem keseluruhan.

Untuk mencari besar persentase kesalahan pengukuran, terlebih dahulu dicari nilai Kesalahan Relatif. Persentase kesalahan diperoleh dengan mengalikan kesalahan relatif dengan 100%. Kesalahan relatif dan persentase kesalahan dapat dihitung menggunakan Persamaan 5-1 dan Persamaan 5-2, sedangkan Persamaan 5-3 digunakan untuk menghitung persentase rata-rata kesalahan.

$$\text{Kesalahan Relatif} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai Aktual}}{\text{Nilai Aktual}} \right| \quad (5-1)$$

$$\text{Persentase Kesalahan (\%error)} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai Aktual}}{\text{Nilai Aktual}} \right| \times 100\% \quad (5-2)$$

$$\% \text{Kesalahan (error) rata - rata} = \frac{\text{Jumlah kesalahan (\%)}}{\text{banyaknya pengujian yang dilakukan}} \quad (5-3)$$

#### 5.1 Pengujian Mikrokontroler ATmega8

##### 5.1.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi sistem minimum mikrokontroler baik input maupun output mikrokontroler.

### 5.1.2 Peralatan Pengujian

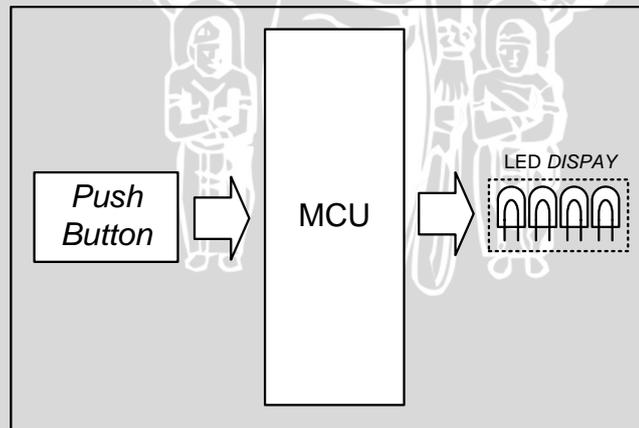
Dalam pengujian Mikrokontroler ATmega8 diperlukan peralatan-peralatan pengujian. Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut.

- 1) Catu daya 5 volt.
- 2) Minimum sistem mikrokontroler ATmega8.
- 3) LED.
- 4) *Push button*.

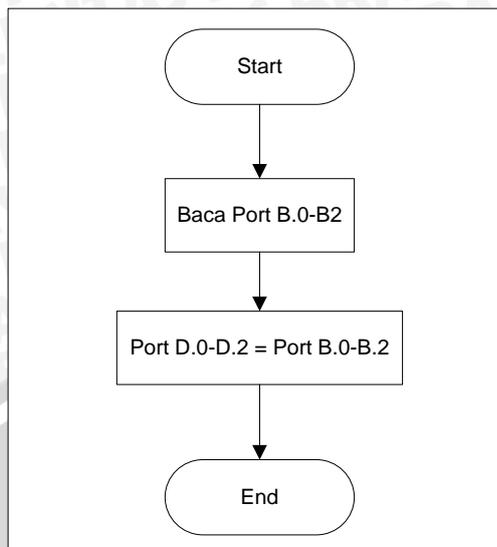
### 5.1.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Menyusun rangkaian pengujian mikrokontroler sesuai dengan diagram blok pengujian. Diagram blok pengujian antarmuka keypad ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
- 2) Menyusun program dimana mikrokontroler digunakan sebagai input dan output yang ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
- 3) Memberi catu daya pada rangkaian pengujian.
- 4) Menekan *push button* satu per satu.
- 5) Mengamati dan mencatat keluaran setiap penekanan tombol keypad melalui tampilan LED.



Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler



Gambar 5.2 Diagram Alir Pengujian Mikrokontroler

### 5.1.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang diperoleh adalah semua data hasil penekanan tombol pada port B.0-2 dapat ditampilkan dengan benar melalui nyala LED. Hasil pengujian mikrokontroler ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Mikrokontroler

Masukan			Keluaran		
B.2	B.1	B.0	D.2	D.1	D.0
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa port mikrokontroler dapat bekerja atau berfungsi sebagai input maupun output data dengan baik sesuai dengan perancangan.

## 5.2 Pengujian Antarmuka Keypad

### 5.2.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis bahwa keypad dapat digunakan sebagai media memasukkan nilai jarak yang digunakan dalam pengukuran tinggi.

### 5.2.2 Peralatan Pengujian

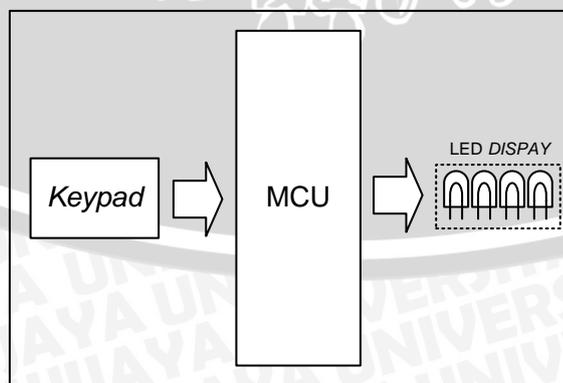
Dalam pengujian antarmuka keypad diperlukan peralatan-peralatan pengujian. Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut.

- 1) Catu daya 5 volt.
- 2) Minimum sistem mikrokontroler ATmega8.
- 3) LED.
- 4) Keypad 4×4.

### 5.2.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Menyusun rangkaian pengujian antarmuka keypad sesuai dengan diagram blok pengujian. Diagram blok pengujian antarmuka keypad ditunjukkan dalam Gambar 5.3.
- 2) Memberi catu daya pada rangkaian pengujian.
- 3) Menekan tombol keypad satu per satu.
- 4) Mengamati keluaran setiap penekanan tombol keypad melalui tampilan LED.



Gambar 5.3 Diagram Blok Pengujian Antarmuka Keypad

Pengujian antarmuka keypad dilakukan dengan memberi logika pada lajur baris dan mengecek pada lajur kolom dengan tampilan LED. Pada pengujian ini dilakukan penamaan untuk lajur baris diberikan nama Y0, Y1, Y2, Y3, sedangkan lajur kolom diberi nama X0, X1, X2, X3. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pengujian antarmuka keypad.

#### 5.2.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang diperoleh adalah semua data hasil penekanan tombol dapat ditampilkan dengan benar melalui nyala LED. Hasil pengujian antarmuka keypad ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Antarmuka Keypad

Cek				Set				Routine	Keterangan
X3	X2	X1	X0	Y3	Y2	Y1	Y0		
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>Set Baris 1</b>							
1	1	1	0	1	1	1	0	Cek Kolom	1
1	1	0	1	1	1	1	0	Cek Kolom	2
1	0	1	1	1	1	1	0	Cek Kolom	3
0	1	1	1	1	1	1	0	Cek Kolom	A/13
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>Set Baris 2</b>	
1	1	1	0	1	1	0	1	Cek Kolom	4
1	1	0	1	1	1	0	1	Cek Kolom	5
1	0	1	1	1	1	0	1	Cek Kolom	6
0	1	1	1	1	1	0	1	Cek Kolom	B/14
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Set Baris 3</b>	
1	1	1	0	1	0	1	1	Cek Kolom	7
1	1	0	1	1	0	1	1	Cek Kolom	8
1	0	1	1	1	0	1	1	Cek Kolom	9
0	1	1	1	1	0	1	1	Cek Kolom	C/15
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Set Baris 4</b>	
1	1	1	0	0	1	1	1	Cek Kolom	CAN/11
1	1	0	1	0	1	1	1	Cek Kolom	0
1	0	1	1	0	1	1	1	Cek Kolom	ENT/12
0	1	1	1	0	1	1	1	Cek Kolom	D/16

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa keypad dapat bekerja atau berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan.

### 5.3 Pengujian Antarmuka Modul LCD

#### 5.3.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis *port* B mikrokontroler dapat mengirim data ke LCD sesuai dengan program yang dibuat dan untuk mengetahui keberhasilan LCD dalam menampilkan data karakter.

#### 5.3.2 Peralatan Pengujian

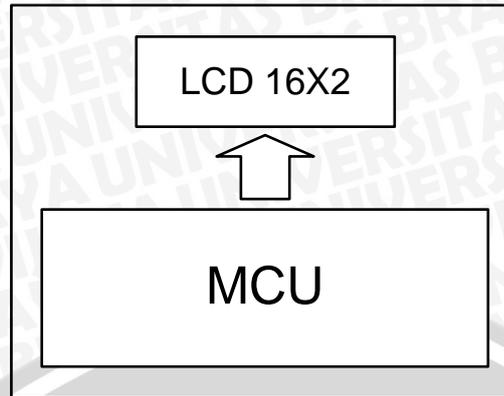
Dalam pengujian antarmuka modul LCD diperlukan peralatan-peralatan pengujian sebagai berikut.

- 1) Catu daya +5 volt.
- 2) Keypad 4×4.
- 3) Minimum sistem mikrokontroler ATmega8.
- 4) Modul LCD 16x2.

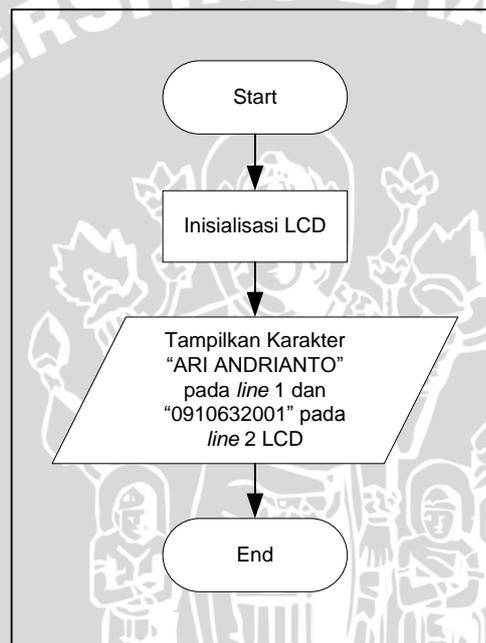
#### 5.3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian. Diagram blok pengujian antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
- 2) Menyusun program untuk menampilkan data karakter huruf “ARI ANDRIANTO” pada baris pertama, dan karakter angka “0910632001” pada baris kedua pada LCD sesuai dengan diagram alir pengujian antarmuka mikrokontroler dengan modul LCD yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3.
- 3) Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
- 4) Mengamati data karakter yang ditampilkan pada LCD.



Gambar 5.4 Diagram Blok Pengujian Antarmuka Modul LCD



Gambar 5.5 Diagram Alir Pengujian Antarmuka Modul LCD

Pada saat catu daya diaktifkan, mikrokontroler akan melakukan inisialisasi LCD. Inisialisasi LCD meliputi pemberian instruksi berupa *display clear*, *Cursor Home*, *Entry Mode Set*, *Display ON/OFF*, *Cursor Display Shift*, *Function Set*, *CGRAM Address Set*, *DDRAM Address Set*, *BF/ Address Read*, *Data Write To CGRAM* dan *Data Read From CGRAM*. Kemudian dilakukan penulisan data karakter ASCII pada LCD. Selanjutnya dilakukan pembacaan dan data hasil pembacaan ditampilkan ke layar LCD.

### 5.3.4 Hasil Pengujian

Pada layar LCD tampil huruf “ARI ANDRIANTO” pada baris pertama dan tampil angka “0910632001” pada baris kedua. Hasil pengujian antarmuka modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.4.



Gambar 5.6 Hasil Pengujian Antarmuka Modul LCD

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa LCD dapat menampilkan data karakter dengan baik.

## 5.4 Pengujian Sensor *Accelerometer* Memsic 2125

### 5.4.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menghitung penyimpangan sudut yang dibaca oleh sensor *accelerometer* dengan pembacaan sudut pada busur derajat.

### 5.4.2 Peralatan Pengujian

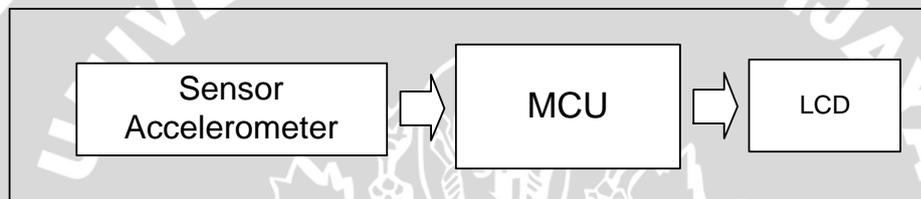
Dalam pengujian sensor *accelerometer* ini diperlukan peralatan-peralatan pengujian sebagai berikut.

- 1) Catu daya +5 volt.
- 2) Minimum sistem mikrokontroler ATmega8.
- 3) Sensor *accelerometer* Memsic 2125.
- 4) Modul LCD 16x2.
- 5) Busur derajat.

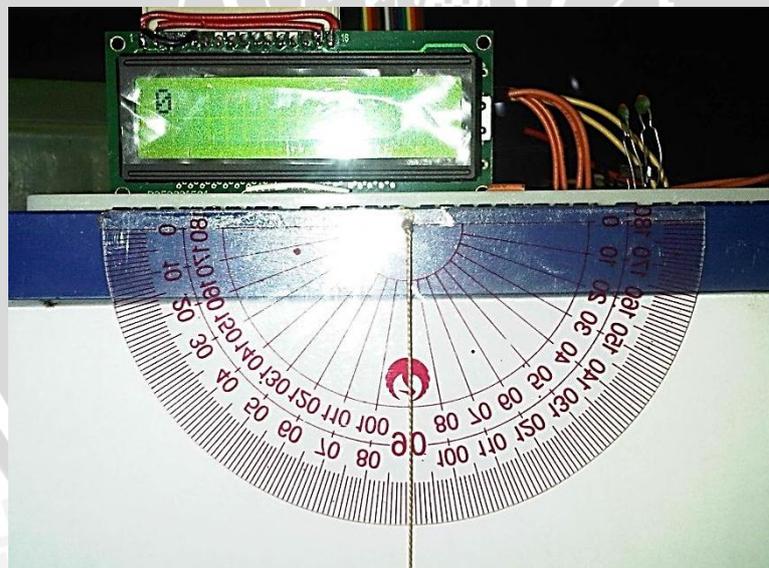
### 5.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Menyusun rangkaian sesuai dengan diagram blok pengujian. Diagram blok pengujian rangkaian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 5.7.
- 2) Memberi catu daya pada rangkaian.
- 3) Memasang busur derajat pada rangkaian seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.8.
- 4) Memiringkan rangkaian setiap kelipatan  $5^\circ$  sampai kemiringan  $70^\circ$ .
- 5) Mengamati dan mencatat data yang ditampilkan oleh LCD.



Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Sensor Memsic 2125



Gambar 5.8 Busur Derajat Untuk Mengukur Kemiringan

### 5.4.3 Hasil Pengujian

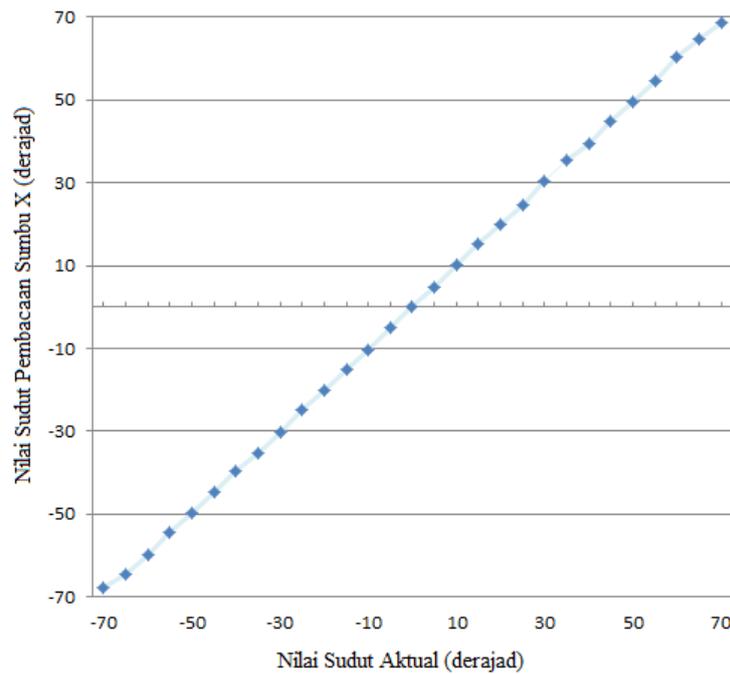
Hasil pengujian sensor *accelerometer* Memsic 2125 untuk mengukur sudut kemiringan ditunjukkan dalam Tabel 5.3. Error pembacaan kemiringan dihitung dengan menggunakan Persamaan 5-2, sedangkan rata-rata error dihitung menggunakan Persamaan 5-3.

Tabel 5.3. Hasil Pengujian Sensor *Accelerometer* Memsic 2125

sudut pada busur derajat(°arc)	sudut pembacaan sensor (°arc)		error (%)	
	positif	negatif	positif	negatif
0	0.0	0.0	0	0
5	4.8	4.9	4.0	3.0
10	10.2	10.3	2.0	1.3
15	15.4	15.2	2.7	1.0
20	19.8	20.2	1.0	1.2
25	24.7	24.7	1.2	0.3
30	30.4	30.1	1.3	0.9
35	35.3	35.3	0.9	1.0
40	39.6	39.6	1.0	0.4
45	44.8	44.8	0.4	0.6
50	49.7	49.7	0.6	0.9
55	54.5	54.5	0.9	0.2
60	60.2	59.9	0.3	0.8
65	64.6	64.5	0.6	3.0
70	68.7	67.9	1.9	2.0

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa persentase kesalahan terbesar adalah 4%. Sedangkan kesalahan rata-rata pada pengujian ini adalah 0,507%. Dengan kesalahan rata-rata kurang dari 5% maka rangkaian sensor *accelerometer* dapat dikatakan bekerja dengan baik sesuai dengan aplikasi yang direncanakan.

Dari Tabel 5.3 dapat dibuat grafik hubungan antara nilai sudut aktual yang diukur oleh busur derajat dengan nilai pembacaan sensor yang terbaca pada LCD yang ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik Nilai Sudut Pembacaan Sumbu X terhadap Nilai Sudut Aktual

Gambar 5.9 menunjukkan sensor *accelerometer* dapat bekerja dengan baik. Penyimpangan pembacaan sudut masih dalam toleransi dan grafik pembacaan sudut dapat dikatakan linier.

## 5.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

### 5.5.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat mampu bekerja sesuai dengan perancangan baik perancangan perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*).

### 5.5.2 Peralatan Pengujian

Dalam pengujian sistem secara keseluruhan diperlukan peralatan-peralatan pengujian. Peralatan pengujian yang diperlukan sebagai berikut.

- 1) Alat pengukur ketinggian pohon.
- 2) Meteran.
- 3) Sampel ketinggian.

### 5.5.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Mengukur jarak pengukuran sebesar 5 meter.
- 2) Mengukur dan mencatat tinggi sampel ketinggian menggunakan alat pengukur ketinggian pohon.
- 3) Mengulangi pengukuran dengan jarak pengukuran 10 meter dan 20 meter.

### 5.5.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian alat secara keseluruhan untuk mengukur ketinggian ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Analisis dilakukan dengan menghitung kesalahan hasil pengukuran tinggi menggunakan alat pengukur ketinggian pohon dengan tinggi sampel ketinggian.

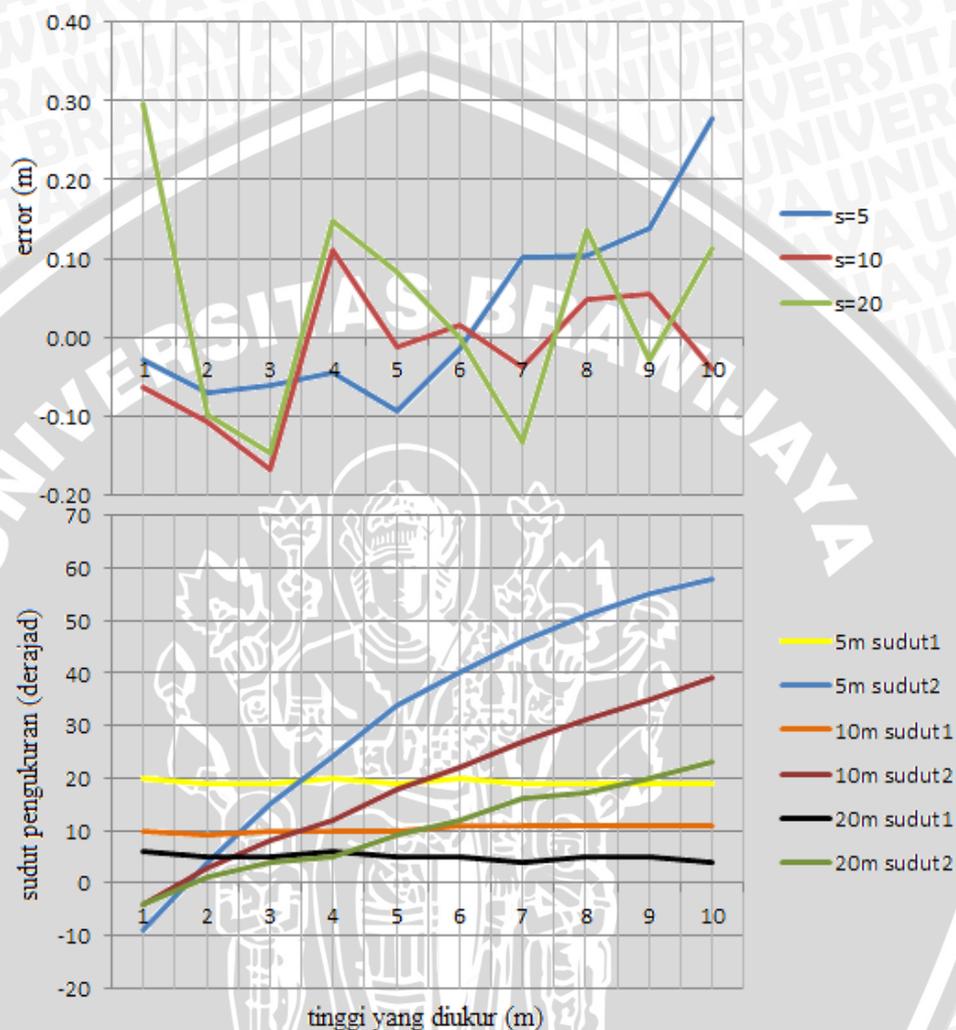


Tabel 5.4. Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

tinggi yang diukur (m)	Hasil pengukuran														
	5m					10m					20m				
	sudut1 (°Arc)	sudut2 (°Arc)	tinggi (m)	error (m)	%error (%)	sudut1 (°Arc)	sudut2 (°Arc)	tinggi (m)	error (m)	%error (%)	sudut1 (°Arc)	sudut2 (°Arc)	tinggi (m)	error (m)	%error (%)
1	20	-9	1.03	-0.03	3.00	10	-4	1.06	-0.06	6.00	6	-4	0.70	0.30	30.00
2	19	4	2.07	-0.07	3.50	9	3	2.11	-0.11	5.50	5	1	2.10	-0.10	5.00
3	19	15	3.06	-0.06	2.00	10	8	3.17	-0.17	5.67	5	4	3.15	-0.15	5.00
4	20	24	4.05	-0.05	1.25	10	12	3.89	0.11	2.75	6	5	3.85	0.15	3.75
5	19	34	5.09	-0.09	1.80	10	18	5.01	-0.01	0.20	5	9	4.92	0.08	1.60
6	20	40	6.02	-0.02	0.33	11	22	5.98	0.02	0.33	5	12	6.00	0.00	0.00
7	19	46	6.90	0.10	1.43	11	27	7.04	-0.04	0.57	4	16	7.13	-0.13	1.86
8	19	51	7.90	0.10	1.25	11	31	7.95	0.05	0.63	5	17	7.86	0.14	1.75
9	19	55	8.86	0.14	1.56	11	35	8.95	0.05	0.56	5	20	9.03	-0.03	0.33
10	19	58	9.72	0.28	2.80	11	39	10.04	-0.04	0.40	4	23	9.89	0.11	1.10

\* Tanda negatif pada error (-) menunjukkan selisih lebih besar dari ketinggian aktual.

Dari Tabel 5.4 dapat dibuat grafik hubungan antara tinggi aktual, jarak pengukuran, kesalahan pengukuran, dan sudut-sudut pengukuran seperti diunjukkan dalam Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Tinggi Aktual, Jarak Pengukuran, Kesalahan Pengukuran dan Sudut-sudut pengukuran

Berdasarkan data hasil pengujian secara keseluruhan, kesalahan pengukuran terbesar terjadi pada pengukuran 1 meter pada jarak 20 meter yaitu sebesar 30 cm (30%). Akan tetapi pengukuran ketinggian 1 meter pada jarak pengukuran 5 meter dan 10 meter menunjukkan kesalahan yang kecil yaitu sebesar 3 cm (3%) pada jarak pengukuran 5 meter dan 6 cm (6%) pada jarak

pengukuran 10 meter. Pada pengukuran ketinggian 10 meter, pengukuran pada jarak pengukuran 5 meter mengalami penyimpangan sebesar 28 cm (2.8%), sedangkan pada jarak pengukuran 5 meter dan 10 meter menunjukkan kesalahan yang kecil yaitu sebesar 4 cm (0,4%) pada jarak pengukuran 10 meter dan 11 cm (1,1%) pada jarak pengukuran 20 meter.

Sehingga dari Tabel 5.4 dan Gambar 5.10, dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengukuran terbaik diperoleh jika sudut pengukuran dari horisontal tidak melebihi  $55^\circ$ . Selain itu perlu diperhatikan juga jarak pengukuran yang ideal, misalnya untuk ketinggian yang diukur kurang dari 2 meter, maka hasil terbaik diperoleh jika jarak yang digunakan diantara 5 sampai 10 meter. Hal ini disebabkan perubahan  $1^\circ$  pada jarak pengukuran yang besar akan mengakibatkan perubahan tinggi yang besar.

Untuk mengetahui tingkat kepercayaan terhadap alat, maka dilakukan uji t terhadap data-data hasil pengukuran dengan data tinggi acuan. Karena yang dibandingkan adalah nilai tinggi terukur dengan tinggi hasil pengukuran maka uji t yang dilakukan adalah uji t sampel berpasangan. Uji t sampel berpasangan diterapkan untuk membandingkan rerata dua sampel yang saling terkait. Dengan menggunakan *software* SPSS 17, didapatkan hasil uji t yang ditunjukkan dalam table-table berikut.

Tabel 5.5 Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Data0	5.5000	10	3.02765	.95743
	Jarak5	5.4700	10	2.92593	.92526
Pair 2	Data0	5.5000	10	3.02765	.95743
	Jarak10	5.5200	10	2.99224	.94623
Pair 3	Data0	5.5000	10	3.02765	.95743
	Jarak20	5.4630	10	3.04370	.96250

Tabel Paired Sample Statistics menunjukkan ringkasan statistik untuk hasil pengukuran ketinggian pada tiap-tiap jarak pengukuran. Untuk tinggi yang diukur mempunyai rata-rata tinggi sebesar 5.5m, untuk pengukuran menggunakan jarak 5m mempunyai rata-rata tinggi sebesar 5.47m, untuk tinggi yang diukur

menggunakan jarak 10m mempunyai rata-rata sebesar 5.52m, sedangkan rata-rata ketinggian yang diukur menggunakan jarak pengukuran 20m adalah 5.46m.

Tabel 5.6 Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Data0 & jarak5	10	1.000	.000
Pair 2	Data0 & Jarak10	10	1.000	.000
Pair 3	Data0 & Jarak20	10	.999	.000

Tabel 5.6 menunjukkan korelasi antara kedua variable yaitu sebesar 1.0 untuk jarak pengukuran 5m dan 10m, dan 0.999 untuk jarak pengukuran 20m dengan nilai probabilitas yang jauh dibawah 0.05 yaitu sebesar 0.000. Hal ini menunjukkan hubungan antara tinggi terukur dan tinggi hasil pengukuran sangat erat dan benar-benar berhubungan secara nyata.

Tabel 5.7 Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Data0 - jarak5	.03000	.11991	.03792	-.05578	.11578	.791	9	.449
Pair 2	Data0 - Jarak10	-.02000	.08260	.02612	-.07909	.03909	-.766	9	.463
Pair 3	Data0 - Jarak20	.03700	.14423	.04561	-.06617	.14017	.811	9	.438

Tabel 5.7 digunakan untuk menguji hipotesis. Hipotesis diuji berdasarkan nilai signifikan. Hipotesis pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

$H_0$  = kedua rata-rata populasi adalah identik (rata-rata populasi tinggi terukur dan tinggi pengukuran adalah sama/tidak berbeda secara nyata)

$H_1$  = kedua rata-rata populasi adalah tidak identik (rata-rata populasi tinggi terukur dan tinggi hasil pengukuran tidak sama/berbeda secara nyata)

Pengambilan keputusan dilakukan dengan dasar sebagai berikut.

1) berdasarkan perbandingan t hitung dengan t tabel

- jika statistik hitung (t output) > statistik tabel (table t), maka  $H_0$  ditolak.

- jika statistik hitung ( $t$  output) < statistik tabel (table  $t$ ), maka  $H_0$  diterima.
- 2) berdasarkan nilai probabilitas
- jika probabilitas > 0.05, maka  $H_0$  diterima.
  - jika probabilitas < 0.05, maka  $H_0$  ditolak.

Dari Tabel T, diperoleh nilai 2,262 untuk tingkat kepercayaan 95% dengan derajat kebebasan 9 (jumlah data-1), sedangkan dari Tabel Paired Samples Test ditunjukkan bahwa nilai masing-masing probabilitas untuk tiap jarak pengukuran yaitu 0.449, 0.463, 0.438. Oleh karena  $t$  hitung lebih kecil daripada statistik tabel, dan nilai probabilitas lebih besar dari 0.05, maka  $H_0$  diterima. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan baik pengujian per blok rangkaian maupun pengujian sistem secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

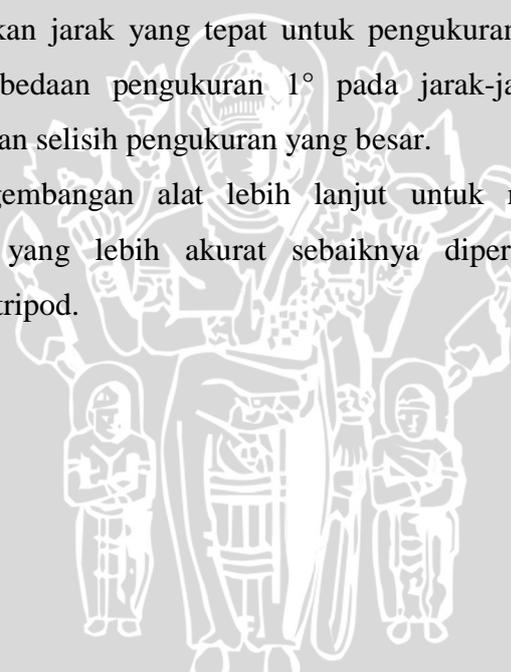
- 1) Hasil pengujian sensor *accelerometer* untuk mengukur sudut kemiringan diperoleh nilai persentase kesalahan terkecil sebesar 0% dan kesalahan terbesar sebesar 4% serta nilai kesalahan rata-rata sebesar 0,507%.
- 2) Dari hasil uji t diperoleh hasil sebagai berikut.
  - Nilai rata-rata data-data tinggi hasil pengukuran mendekati nilai rata-rata tinggi acuan. Hal ini menunjukkan nilai masing-masing data hasil pengukuran mendekati nilai data acuan.
  - Korelasi antara data tinggi acuan dan data-data hasil pengukuran sebesar +1 untuk jarak pengukuran 5m dan 10m, dan sebesar +0.999 untuk jarak pengukuran 20m. Artinya, data-data hasil pengukuran menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan terhadap data tinggi acuan.
  - Dari pengujian hipotesis menggunakan signifikansi diperoleh bahwa kedua rata-rata populasi adalah identik (rata-rata populasi tinggi terukur dan tinggi pengukuran adalah sama/tidak berbeda secara nyata). Hal ini menunjukkan bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.
- 3) Sumber-sumber kesalahan pengukuran yang mengakibatkan pengukuran kurang tepat adalah sebagai berikut.
  - Kedudukan alat pada saat melakukan pengukuran kurang tepat.
  - Pengambilan jarak tidak dilakukan secara horisontal.

- Kesalahan pengukur seperti pengukuran dilakukan secara terburu-buru atau kurang terampil.

## 6.2 Saran

Meskipun alat yang dirancang telah mampu bekerja dengan cukup baik akan tetapi hasil pengujian beberapa ketinggian tidak sesuai dengan perancangan. Untuk itu agar alat tersebut dapat bekerja lebih optimal ada beberapa hal yang harus diperhatikan.

- 1) Untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam pengukuran hendaknya memperkirakan sudut heilling pengukuran yang digunakan tidak melebihi  $50^\circ$ .
- 2) Memperkirakan jarak yang tepat untuk pengukuran, karena ketelitian alat  $1^\circ$ , perbedaan pengukuran  $1^\circ$  pada jarak-jarak tertentu akan mengakibatkan selisih pengukuran yang besar.
- 3) Dalam pengembangan alat lebih lanjut untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat sebaiknya dipertimbangkan untuk penggunaan tripod.



## DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2002, Improved, Ultra Low Noise  $\pm 2$  g Dual Axis Accelerometer with Digital Outputs, *search.alkon.net/cgi-bin/pdf.pl?pdfname=memsic/mxd2125gl.pdf*, Diakses tanggal 5 Maret 2011.

Anonim, 2005a, Accelerometer-Getting Started, *http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/compshop/SICMemsicTut.pdf*, Diakses tanggal 5 Maret 2011.

Anonim, 2005b, Improved, Ultra Low Noise  $\pm 3$  g Dual Axis Accelerometer with Digital Outputs, *http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/acc/MXD2125G%26M.pdf*, Diakses tanggal 5 Maret 2011.

Anonim, 2009c, Memsic 2125 Dual-Axis Accelerometer (#28017), *http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/sens/28017-Memsic2Axis-v2.0.pdf*, Diakses tanggal 5 Maret 2011.

Atmel. 2003. *8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-system Programmable Flash*. San Jose: Atmel Corporation.

Budiharto, Widodo; Firmansyah, Sigit. 2005. *Elektronika Digital dan Mikroprosesor*. Andi Offset : Yogyakarta.

Cooper, William D. 1999, *Instrumentasi Elektronika dan Pengukuran*, Edisi Kedua, diterjemahkan oleh Sahat Pakpahan, Erlangga, Jakarta.

Dao, R., 2005, Inclination sensing with thermal accelerometers, *www.memsic.cn/data/pdfs/an-00mx-007.pdf*, Diakses tanggal 5 Maret 2011.

Hadi, Moch Sholihul. 2008. *Mengenal Mikrokontroler AVR ATmega8*.

<http://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2008/08/sholihul-atmega16.pdf>. Diakses tanggal 26 Februari 2011.

Halim. 2010. *Aplikasi Sensor Akselerometer untuk Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor*. Yogyakarta: Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Universitas Gadjah Mada.

Lindsay, Andy. 2005. *Accelerometer - Getting Started*. Parallax Inc.

Malvino, Albert Paul. 1994. *Prinsip-Prinsip dan Penerapan Digital*. Edisi Ketiga, terjemahan Irwan Wijaya. Jakarta: Erlangga.

Prakosa, Ahmad Jalu. 2009. *Pengukuran Kemiringan dengan Sensor Percepatan*. <http://jaluahmad.blogspot.com/2009/11/pengukuran-kemiringan-dengan-sensor.html> (diakses tanggal 10 Maret 2011).

Wardhana, L. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8 Simulasi, Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta.

Williams, J., 2002, *It's All About Angles*, <http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/cols/nv/vol3/col/nv92.pdf>, Diakses tanggal 5 Maret 2011.

LAMPIRAN





```
$regfile = "m8def.dat"
```

```
$crystal = 12000000
```

```
Config Lcd = 16 * 2
```

```
Config Lcdpin = Pin , Rs = Portb.5 , E = Portb.4 , Db4 = Portb.3 , Db5 = Portb.2 , Db6 = Portb.1 ,  
Db7 = Portb.0
```

```
Config Kbd = Portd , Debounce = 255 [delay = 600]
```

```
Config Portc = Input
```

```
Declare Sub Sudut
```

```
Declare Sub Keypad
```

```
Portc = 0
```

```
Cls
```

```
Locate 1 , 1
```

```
Lcd "s"
```

```
Cursor Off
```

```
Dim Sudut As Single
```

```
Dim H1 As Single
```

```
Dim H2 As Single
```

```
Dim T1 As String * 10
```

```
Dim Tinggi As Single
```

```
Dim Alpha As String * 10
```

```
Dim S1 As String * 10
```

```
Dim S2 As String * 10
```

```
Dim L As Byte
```

```
Dim J As Byte
```

```
Dim I As Byte
```

```
Do
```

```
  J = 0
```

```
  I = 0
```

```
  input jarak dari keypad
```

```
  Do
```

```
    Call Keypad
```

```
    If L < 10 Then
```

```
      If I = 0 Then
```

```
        J = L
```

```
        Incr I
```

```
      Else
```

```
        J = J * 10
```

```
        J = J + L
```

```
      End If
```

```
      Alpha = Str(j)
```

```
      Alpha = Format(alpha , " ")
```

```
      Locate 1 , 3
```

```
      Lcd Alpha
```

```
      Locate 1 , 6
```

```
      Lcd "m"
```

```
    Elseif L = 11 Then
```

```
      J = 0
```

```
    End If
```

```
  Loop Until L = 15
```



```
'pengukuran tinggi h1
```

```
Do
```

```
  Call Sudut
```

```
  S1 = Fusing(sudut , "#.#")
```

```
  S1 = Format(s1 , " ")
```

```
  If Sudut <= 0 Then
```

```
    Locate 1 , 11
```

```
  Else
```

```
    Locate 1 , 12
```

```
  End If
```

```
  Lcd S1
```

```
  Waitms 500
```

```
  H1 = Sudut * 3.141593
```

```
  H1 = H1 / 180
```

```
  H1 = Tan(h1)
```

```
  H1 = H1 * J
```

```
Loop Until Portc.3 = 1
```

```
'pengukuran tinggi h2
```

```
Do
```

```
  Call Sudut
```

```
  S2 = Fusing(sudut , "#.#")
```

```
  S2 = Format(s1 , " ")
```

```
  If Sudut < 0 Then
```

```
    Locate 2 , 11
```

```
  Else
```

```
    Locate 2 , 12
```

```
  End If
```

```
  Lcd S2
```

```
  Waitms 600
```

```
  H2 = Sudut * 3.141593
```

```
  H2 = H2 / 180
```

```
  H2 = Tan(h2)
```

```
  H2 = H2 * J
```

```
Loop Until Portc.2 = 1
```

```
'tinggi total
```

```
Tinggi = H1 + H2
```

```
T1 = Fusing(tinggi , "#.##")
```

```
T1 = Format(t1 , " ")
```

```
Locate 2 , 1
```

```
Lcd "h"
```

```
If Tinggi < 0 Then
```

```
  Locate 2 , 3
```

```
Else
```

```
  Locate 2 , 4
```

```
End If
```

```
Lcd T1
```

```
Waitms 600
```

```
Call Keypad
```

```
Loop Until L = 11
```

```
End
```

```
'end program
```



Angka:

Data 1, 4, 7, 11, 2, 5, 8, 0, 3, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 15

Sub Keypad

Dim Tombol As Byte

Dim Tampil As Byte

Tombol = Getkbd()

Waitms 1000

If Tombol < 16 Then

    Tampil = Lookup(tombol, Angka)

    L = Tampil

Else

    L = 16

End If

End Sub

Sub Sudut

Dim X As Word

Dim Ax As Single

Dim K As Single

Dim Sign As Bit

Dim Arc As String \* 10

Bitwait Pinc.1, Set

Pulsein X, Pinc, 1, 1

Ax = X / 1024

Ax = Ax - 0.5

Ax = Ax \* 8

If Ax <= 0 Then

    Sign = 1

    Ax = -ax

Else

    Sign = 0

End If

Select Case Ax

    Case Is <= 0.34387 : K = 57.5

    Case Is <= 0.59375 : K = 58.16

    Case Is <= 0.65625 : K = 60.47

    Case Is <= 0.71875 : K = 62.35

    Case Is <= 0.78125 : K = 64.5

End Select

Sudut = K \* Ax

If Sign = 1 Then

    Sudut = -sudut

End If

End Sub

