

# **SKRIPSI**

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN WATERPASS DIGITAL  
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 16**



**Disusun Oleh :**

**IFUNG SUGIARTO**

**NIM : 03.17.116**

**KONSENTRASI ELEKTRONIKA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S -1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
MARET 2008**

REPUBLIC OF INDONESIA  
MINISTRY OF EDUCATION AND CULTURE  
GENERAL DIRECTORATE OF HIGHER EDUCATION  
ACADEMIC AFFAIRS DIVISION

NO: 05/2010  
TANGGAL 05/05/2010

DI BANGKAYA

BERIKUT INI DAFTAR NAMA DAN NIM/STANISIA  
SISWA BARU YANG DITETAPKAN DAN DIBERIKAN  
KARTU IDENTITAS

05/05/2010

# LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN *WATERPASS* DIGITAL  
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA16

## SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

**IFUNG SUGIARTO**  
NIM : 03.17.116

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP.Y 1039500274

M. ASHAR, ST, MT  
NIP. P 1030500408

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
NIP.Y 1039500274



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2008**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Ifung Sugiarto  
NIM : 03.17.116  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan *Waterpass* Digital Berbasis  
Mikrokontroller ATmega 16.

Dipertahankan di hadapan majelis penguji Skripsi jenjang Strata satu ( S-1 ) pada :

Hari : Senin  
Tanggal : 17 Maret 2008  
Dengan Nilai : 89 (A) *BY*



**Ketua Majelis Penguji**

**(Ir. Mochtar Asroni, MSME.)**  
NIP.Y.1018100036

**Sekretaris Majelis Penguji**

**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.)**  
NIP.Y.1039500274

**Penguji I**

**(Joseph Dedy Irawan, ST, MT.)**  
NIP.132315178

**Penguji II**

**(Dr. Cahyo Crysdian , MSc.)**  
NIP.P.1030400412

## ABSTRAKSI

### PERENCANAAN DAN PEMBUATAN *WATERPASS* DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 16

Ifung Sugiarto  
03.17.116

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro S1,  
Konsentrasi Teknik Elektronika, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jln. Raya Karanglo Km 2 Malang  
Email: capunk256@yahoo.com

Dosen Pembimbing : I. Ir. F. Yudhi Limpraptono, MT  
II. M. Ashar, ST, MT

**Kata Kunci** : ADXL202E, MikrokontrolerAVR ATMega16, LCD M1632

Pada Laporan Tugas Akhir ini telah diimplementasikan sebuah sistem pengukuran kemiringan suatu bidang dengan memanfaatkan sensor percepatan ADXL202E. Outputan dari sensor ADXL202E adalah PWM yang disambung pada kaki interrupt dan hasil dari kemiringan sumbu X di tampilkan pada layar LCD. Penyusunan rangkaian ADXL202E dengan menggunakan kapasitor 0.1  $\mu$ F pada pin *Xfilt* dan *Yfilt*. Resistor variable diset sebesar 156.25 Kohm, didatasheet disebut pin Rset. Pin outputan duty cycle dari sensor ADXL202E yaitu Xout dan Y out dihubungkan ke port d.2 and port d. Sitem ini dilengkapi dengan tampilan nilai sudut kemiringan bidang menggunakan layar LCD dan diantarmukakan menggunakan mikrokontroler ATMEGA 16. Hasilnya alat ini mampu mengukur kemiringan dengan akurat dan eror yang terjadi sangat kecil. Software compiler yang digunakan adalah *BASCOM AVR* dan menggunakan skrip bahasa basic. Software untuk pengisian IC mikrokontrollernya menggunakan *SPI-Flash Programmer 3.7*.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat-Mu Ya Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan dan Pembuatan *Waterpass* Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega 16” ini dengan lancar. Skripsi ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang dan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Keberhasilan penyelesaian laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Dosen Pembimbing I dan selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
2. Bapak M. Ashar, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
3. Ayah dan Ibu serta saudara-saudara kami yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, dan biaya.
4. Rekan-rekan Instruktur di Laboratorium Teknik Elektronika dan Komponen.
5. Semua yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penyusun semoga laporan skripsi ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pembaca.

Malang, Maret 2008

*Penyusun*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Metodologi Penulisan .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Sensor ADXL202E .....	5
2.1.1. Arsitektur ADXL202E .....	7
2.1.2. Konfigurasi Pin ADXL202E .....	9
2.1.3. Prinsip Kerja ADXL202E .....	10
2.1.4. Dimensi/Ukuran IC ADXL202E .....	10



2.2. Mikrokontroler ATmega16 .....	11
2.2.1. Arsitektur ATmega 16 .....	12
2.2.2. Fitur ATmega 16 .....	13
2.2.3. Konfigurasi Pin ATmega 16 .....	14
2.2.4. Peta Memori .....	15
2.2.5. Status Register(SREG) .....	17
2.3. LCD( <i>Liquid Crystal Display</i> ) M1632 .....	18
2.3.1. Register .....	20
2.4. <i>Buzzer</i> .....	21
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b> .....	<b>22</b>
3.1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem .....	22
3.2. Prinsip Kerja Alat .....	23
3.3. Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	23
3.3.1. Perancangan Minimum Sistem ATmega 16.....	23
3.3.2. Perancangan Rangkaian LCD .....	25
3.3.3. Perancangan Rangkaian Sensor ADXL202E.....	26
3.3.4. Perancangan Rangkaian <i>Buzzer</i> .....	28
3.4. Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) .....	29
3.4.1. Diagram Alir .....	30
<b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL</b> .....	<b>33</b>
4.1. Pengujian Mikrokontroler ATmega 16 .....	33
4.1.1. Hasil dan Analisa Pengujian .....	34

4.2. Pengujian Rangkaian Sensor ADXL202E.....	35
4.2.1. Hasil dan Analisa Pengujian .....	37
4.3. Pengujian Alat <i>Waterpass</i> Digital .....	43
4.3.1. Hasil dan Analisa Pengujian .....	43
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>45</b>
5.1. Kesimpulan .....	45
5.2. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

2-1. Posisi IC Tegak Lurus Terhadap Grafitasi Bumi .....	6
2-2. Blok Diagram IC ADXL202.....	8
2-3. Konfigurasi Pin ADXL202E .....	9
2-4. Sinyal Output ADXL202E .....	10
2-5. Dimensi/Ukuran ADXL202E .....	11
2-6. Blok Diagram Fungsional ATmega 16 .....	12
2-7. Pin ATmega 16 .....	15
2-8. Konfigurasi Memori Data AVR ATmega16 .....	16
2-9. Memory Program AVR ATmega16 .....	16
2-10. LCD M1632 (a), Konektor dan Pin pada LCD M1632 (b).....	20
2-11. Rangkaian <i>Buzzer</i> .....	21
3-1. Diagram Blok Keseluruhan Sistem.....	22
3-2. Rangkaian Minimum Sistem ATmega 16 .....	24
3-3. Perancangan Rangkaian <i>Clock</i> .....	25
3-4. Perancangan Rangkaian <i>LCD</i> .....	26
3-5. Sinyal output ADXL202E .....	26
3-6. Rangkaian ADXL202E .....	28
3-7. Rangkaian <i>Buzzer</i> .....	29
3-8. <i>Software</i> yang digunakan, <i>BASCOMAVR</i> (a) dan <i>SPI-Flash Programmer</i> (b) ...	29
3-9. Diagram Alir Program Mikrokontroler ATmega 16.....	30
4-1. Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler .....	33

4-2. Diagram Blok Pengujian Sensor ADXL202E dengan Menggunakan Osiloskop .....	35
4-3. Diagram Blok Pengujian Sensor ADXL202E dengan Menggunakan Osiloskop .....	36
4-4. Pengujian Outputan Sensor Saat Posisi Sensor 0 g ( <i>dutycycle</i> = 50%).....	37
4-5. Pengujian Outputan Sensor Saat Posisi Sensor Diputar Berlawanan Arah Jarum Jam.....	37
4-6. Pengujian Outputan Sensor Saat Posisi Sensor Diputar Searah Jarum Jam.....	37
4-7. Diagram Blok Pengujian <i>Waterpass</i> Digital .....	43

## - DAFTAR TABEL

2-1. Respon Sumbu X dan Y pada Perubahan Kemiringan .....	7
2-2. Tabel Pengaturan Bandwidth.....	8
2-3. Tabel Pengaturan Periode .....	9
2-4. Fungsi Pin ADXL202E .....	9
2-5. Fungsi Pin LCD .....	19
3-1. Tabel Pengaturan Bandwidth IC ADXL202E.....	28
4-1. Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler .....	34
4-2. Hasil Pengujian Output Sensor ADXL202E Terhadap Sudut Kemiringan.....	38
4-3. Perbandingan Hasil Pengujian dengan Hasil Perhitungan Output Sensor ADXL202E Terhadap Sudut Kemiringan.....	40
4-4. Hasil Pengujian Alat <i>Waterpass</i> Digital .....	44

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada zaman sekarang manusia selalu menuntut kemudahan-kemudahan dalam bekerja dengan menginginkan hasil yang maksimal seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, oleh sebab itu maka perlu dibuat alat elektronik yang sederhana yang dapat membantu dan mempermudah pekerjaan manusia misalkan alat ukur suatu besaran secara digital, dimana pengukuran merupakan kegiatan yang hampir selalu dilakukan oleh manusia. Tujuan dari pengukuran adalah untuk mendapatkan nilai kuantitatif dari suatu besaran fisis yang diukur, salah satu besaran fisis tersebut adalah derajat sudut kemiringan.

*Waterpass* adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengukur kemiringan. Pada bidang pertukangan *waterpass* sangatlah dibutuhkan, misalnya untuk meratakan suatu tatanan tegel sehingga tegel terlihat tidak bergelombang, bisa juga digunakan untuk menentukan berapa kemiringan sudut dari tangga rumah sehingga didapatkan kenyamanan dan keindahan pada sebuah bangunan tangga rumah. Para pekerja bangunan biasanya hanya mengukur kemiringan sudut dengan hanya dikira-kira, kadang dalam mengira-ngira sudut dari *waterpass* disetiap tempat masih sering keliru. Padahal dalam membangun diperlukan ketepatan dalam mengukur agar bangunan betul-betul seperti yang diharapkan. Oleh karena itu perlu diciptakan suatu alat yang mampu mengukur kemiringan

dengan cepat dan tepat.

Berawal dari sinilah maka dalam skripsi ini penulis akan merancang alat *waterpass* digital. *Waterpass* difungsikan untuk melihat apakah bidang tersebut miring atau tidak yang dilengkapi dengan nilai sudut kemiringan bidang menggunakan sensor ADXL202E yang diantarmukakan menggunakan mikro-kontroller ATMEGA 16 dengan LCD sebagai tampilannya.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Mengacu pada permasalahan yang ada, maka dalam perencanaan dan pembuatan alat ini diutamakan pada hal-hal sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sebuah sistem yang dapat mengukur suatu kemiringan bidang baik perangkat kerasnya (*hardware*) maupun perangkat lunaknya (*software*).
2. Bagaimana menghitung sudut kemiringan bidang dalam besaran digital menggunakan IC ADXL202E.

## **1.3. Batasan Masalah**

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan masalah tersebut dibatasi sebagai berikut :

1. Hanya membahas sistem mikrokontroller ATMEGA16 yang diimplementasi-kan pada alat *waterpass* digital menggunakan sensor ADXL202E dengan menggunakan LCD sebagai tampilannya.
2. Sudut kemiringan yang diukur hanya sampai  $90^{\circ}$  (kuadrant I).

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika pembahasan dari skripsi ini terdiri dari pokok pembahasan yang saling berkaitan antara satu dengan lainnya, yaitu :

### **BAB I Pendahuluan**

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan dari alat yang direncanakan.

### **BAB II Landasan Teori**

Pada bab ini dibahas tentang teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

### **BAB III Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Pada bab ini dibahas tentang perencanaan dan pembuatan keseluruhan sistem perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

### **BAB IV Pengujian dan Analisa Hasil**

Pada bab ini dibahas tentang proses serta hasil dari pengujian alat, yang didasarkan oleh pengukuran-pengukuran yang diperlukan.

### **BAB V Penutup**

Pada bab ini akan disampaikan kesimpulan dan saran dari perencanaan dan pembuatan sistem ini.



3. Ketelitian alat tergantung dari ketelitian sensor ADXL202E.

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah merancang dan membuat *waterpass* digital yang digunakan untuk mengukur kemiringan bidang tegel.

#### **1.5. Metodologi Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah

##### **1. Kajian Pustaka**

Menggunakan buku-buku literature berisikan teori yang berhubungan dengan perencanaan alat, dipadukan dengan teori yang di dapat di bangku kuliah.

##### **2. Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Bertujuan untuk membuat diagram blok rangkaian yang sesuai dengan rencana kerja, kemudian direalisasikan dengan melaksanakan perencanaan dan pembuatan alat berdasarkan diagram blok rangkaian yang disusun.

##### **3. Analisa Hasil dan Pembuatan Alat**

Dimaksudkan untuk melakukan analisa pengujian hasil alat yang telah dirancang dan dibuat, apakah sesuai dengan fungsi kerja yang diharapkan atau tidak.

##### **4. Penyusunan Buku Laporan**

Bertujuan untuk menyusun data laporan berpedoman pada alat yang selesai dibuat beserta kesimpulan cara kerja dari alat tersebut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

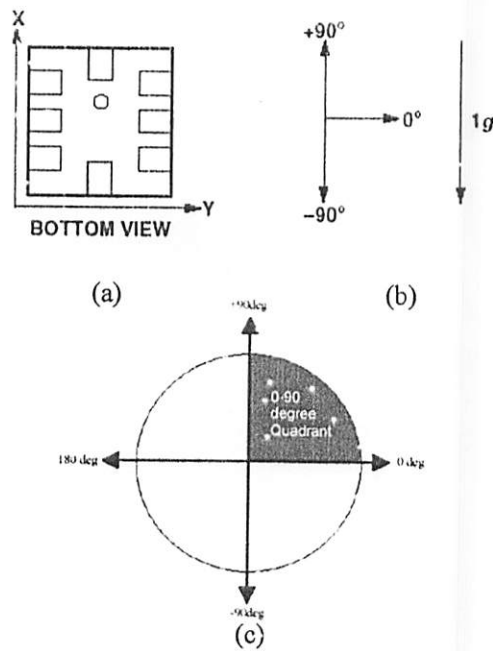
Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka yang berkaitan dengan sistem. Tinjauan pustaka ini akan membahas tentang komponen dan peralatan pada alat yang dibuat.

#### 2.1. Sensor ADXL202E

ADXL202E adalah salah satu sensor percepatan (*acceleration sensor*) produksi Analog Device yang mempunyai 2 sumbu percepatan yaitu sumbu *x* dan sumbu *y* dalam satu *chip* IC. IC ini berisi sensor mikronesin *polysilicon* dan rangkaian pengkondisi sinyal yang diimplementasikan pada arsitektur pengukuran percepatan loop terbuka. Keluaran rangkaian berupa sinyal analog dirubah ke sinyal digital tipe *duty cycle* yang dapat dibaca oleh *port counter/timer* pada mikrokontroller. ADXL202E mampu mengukur percepatan positif dan negative sampai  $\pm 2$  g. Sensor ini dapat mengukur percepatan statis seperti percepatan gravitasi, bisa juga digunakan sebagai sensor kemiringan.

Sensor ini menghasilkan sinyal *Pulse Width Modulated* (PWM). Setiap perubahan outputan (*duty cycle*) baik outputan sumbu *x* atau sumbu *y* dapat diukur dengan mudah dan tanpa menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC).

Salah satu aplikasi yang paling populer dari ADXL202E adalah mengukur kemiringan. Ketika ADXL202E tegak lurus terhadap gravitasi bumi, output akan berubah mendekati 17.5 mg tiap derajat kemiringan, akan tetapi saat 45° perubahan outputnya hanya 12.2 mg tiap derajat dan kesensitifannya turun. Tabel 2-4 menunjukkan perubahan sumbu X dan sumbu Y pada posisi sensor yang dimiringkan antara  $\pm 90^\circ$  terhadap gravitasi.



Gambar 2-1. Posisi IC Tegak Lurus Terhadap Gravitasi Bumi<sup>[1]</sup>

Tabel 2-1. Respon Sumbu X dan Y pada Perubahan Kemiringan<sup>[1]</sup>

X Axis orientation to Horizon (°)	X Output		Y Output	
	X Output (g)	Δ per Degree of Tilt (mg)	Y Output (g)	Δ per Degree of Tilt (mg)
-90	-1.000	-0.2	0.000	17.5
-75	-0.966	4.4	0.259	16.9
-60	-0.866	8.6	0.500	15.2
-45	-0.707	12.2	0.707	12.4
-30	-0.500	15.0	0.866	8.9
-15	-0.259	16.8	0.966	4.7
0	0.000	17.5	1.000	0.2
15	0.259	16.9	0.966	-4.4
30	0.500	15.2	0.866	-8.6
45	0.707	12.4	0.707	-12.2
60	0.866	8.9	0.500	-15.0
75	0.966	4.7	0.259	-16.8
90	1.000	0.2	0.000	-17.5

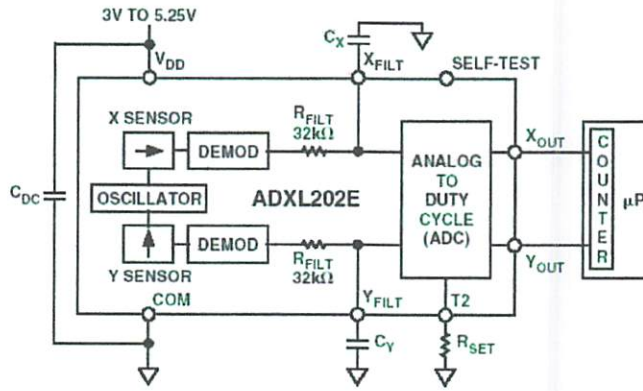
Sumbu X dan Y dapat digunakan sebagai sensor kemiringan 2 sumbu dengan cara diputar (*pitch*) dan dirol/digulung (*roll*). Sinyal output dari ADXL202E adalah PWM yang perubahannya berbanding lurus dengan percepatan antara -1 g dan +1 g, output kemiringan sudut (°) dapat dihitung dengan dengan rumus sebagai berikut:

$$Pitch = \text{ArcSIN} (Ax/1g) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Roll = \text{ArcSIN} (Ay/1g) \dots\dots\dots (2.2)$$

### 2.1.1. Arsitektur ADXL202E

ADXL202E adalah termasuk *single monolithic intergrated circuit* dimana keluaran sinyal analog dari x dan y sensor diubah menjadi sinyal digital berupa lebar pulsa dengan menggunakan *low pass filter* yang sudah terintegrasi di dalamnya, berikut diagram blok IC ini.



Gambar 2-2. Blok Diagram IC ADXL202<sup>[1]</sup>

Sinyal analog dari demodulator adalah *low pass filter* lalu di ubah menjadi lebar pulsa dengan menggunakan DCM (*duty cycle modulator*) sehingga menghasilkan sinyal PWM.

ADXL202E mempunyai ketentuan batas *Bandwidth* tertentu yang dapat diatur pada pin  $X_{FILT}$  dan  $Y_{FILT}$ . Capacitor harus ditambahkan pada kedua pin tersebut agar *low-pass filter* dapat berjalan dengan baik sebagai *noise reduction*. Ketentuan dari *datasheet* peredaman yang digunakan sebesar 3dB. Persamaan untuk *bandwidth* 3dB adalah sebagai berikut:

$$F_{-3dB} = \frac{1}{(2\pi(32k\Omega) \times C(x,y))} \dots\dots\dots (2.3)$$

Tabel 2-2. Tabel Pengaturan Bandwidth<sup>[1]</sup>

Bandwidth	Capasitor Value
10 Hz	0.47 $\mu$ F
50 Hz	0.10 $\mu$ F
100 Hz	0.05 $\mu$ F
200 Hz	0.027 $\mu$ F
500 Hz	0.01 $\mu$ F
5 KHz	0.001 $\mu$ F

Untuk mengatur nilai dari T2 maka kita harus mengubah nilai resistansi dari pin Rset seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

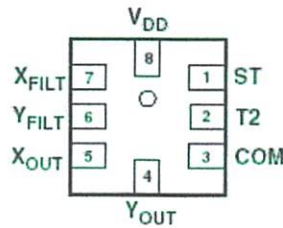
Tabel 2-3. Tabel Pengaturan Periode (T2)<sup>[1]</sup>

T2	R <sub>SET</sub>
1 ms	125 kΩ
2 ms	250 kΩ
5 ms	625 kΩ
10 ms	1.25 MΩ

atau dapat juga menggunakan rumus:

$$T2 = \frac{RSET (\Omega)}{125 M\Omega} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.1.2. Konfigurasi Pin ADXL202E



BOTTOM VIEW

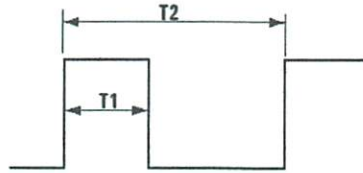
Gambar 2-3. Konfigurasi Pin ADXL202E<sup>[1]</sup>

Tabel 2-4. Fungsi Pin ADXL202E<sup>[1]</sup>

Pin No.	Mnemonic	Description
Pin 1	ST	Self-Test
Pin 2	T2	Connect R <sub>SET</sub> to Set T2 Period
Pin 3	COM	Common
Pin 4	Y <sub>OUT</sub>	Y-Channel Duty Cycle Output
Pin 5	X <sub>OUT</sub>	X-Channel Duty Cycle Output
Pin 6	Y <sub>FILT</sub>	Y-Channel Filter Pin
Pin 7	X <sub>FILT</sub>	X-Channel Filter Pin
Pin 8	V <sub>DD</sub>	3 V to 5.25 V

### 2.1.3. Prinsip Kerja ADXL202E

Percepatan dapat ditentukan dengan mengukur panjang dari T1 dan T2. Perbandingan dari T1 dan T2 proporsional terhadap percepatan.



Gambar 2-4. Sinyal Output ADXL202E<sup>[1]</sup>

Untuk menghitung akselerasi atau percepatan dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$a(g) = \frac{\text{duty cycle} - \text{duty cycle saat } 0g}{\text{duty cycle per } g} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dutycycle pada saat 0 gravitasi adalah 50 % sedangkan perubahan dutycycle per-gravitasi adalah 12,5% sehingga rumus diatas menjadi :

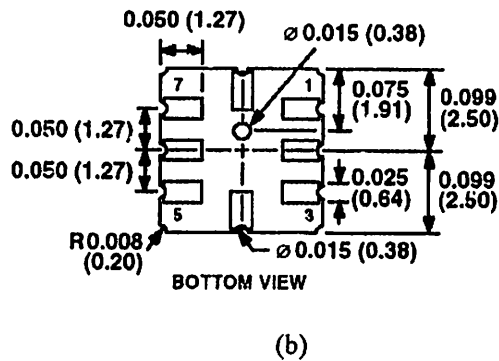
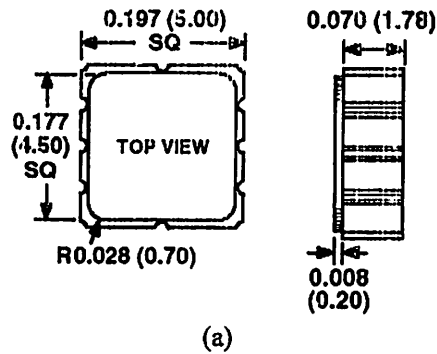
$$a(g) = \frac{\left(\frac{T_1}{T_2}\right) 0,5}{0,125} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana g adalah percepatan gravitasi bumi yang memiliki konstanta 9,8 m/s<sup>2</sup>.

### 2.1.4. Dimensi/Ukuran IC ADXL202E

Ukuran IC ini sangat kecil bahkan tergolong *Ultrasmall Chips*. Ukuran umumnya 5mm x 5mm x 2mm. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada gambar 2-5.

Dimensions shown in inches and (mm).



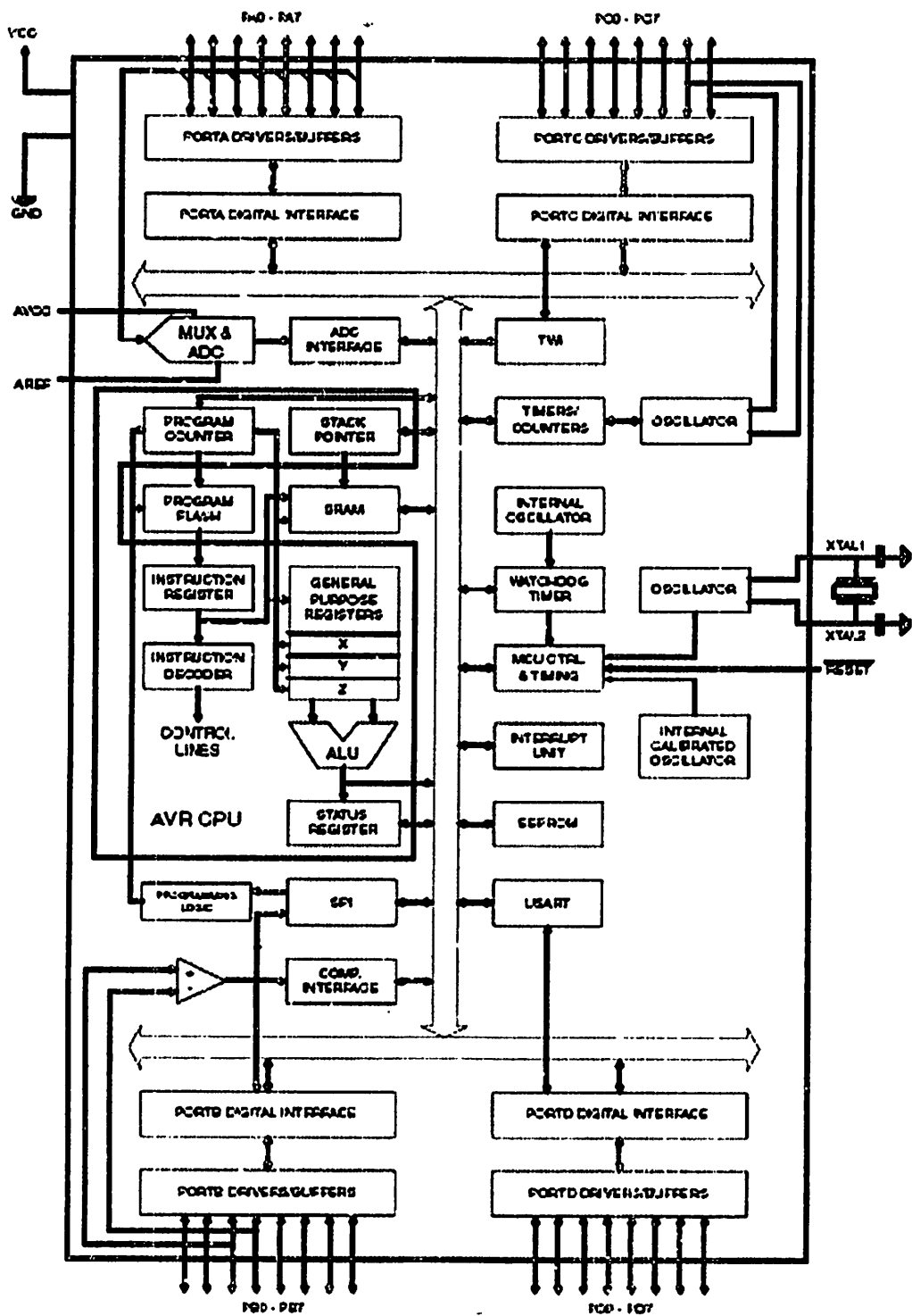
Gambar 2-5. Dimensi/Ukuran ADXL202E<sup>[1]</sup>

## 2.2. Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.



## 2.2.1. Arsitektur ATmega16



Gambar 2-6. Blok Diagram Fungsional ATmega16<sup>[2]</sup>

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATMega16 memiliki bagian sebagai berikut :

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembandingan.
4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 512 byte.
7. Memori Flash sebesar 16 kb dengan kemampuan *Read While Write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
11. Antarmuka komparator analog.
12. Port USART untuk komunikasi serial.

### 2.2.2. Fitur ATMega16

Kapabilitas detail dari ATMega16 adalah sebagai berikut :

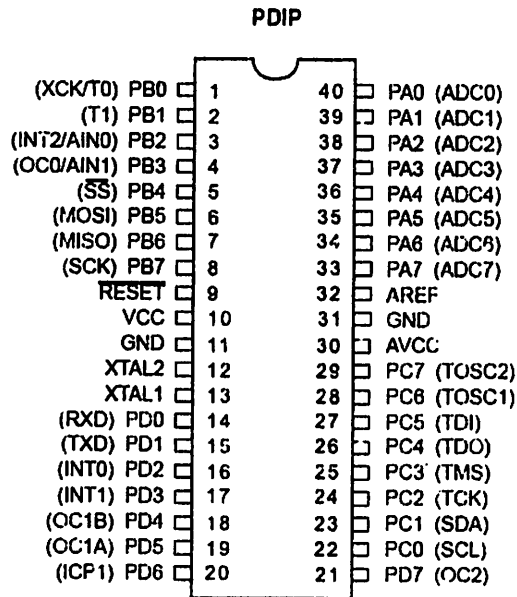
1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
2. Kapabilitas memori *flash* 8 KB, *SRAM* sebesar 512 byte, dan *EEPROM* (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte.
3. *ADC* internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 *channel*.

4. Portal komunikasi serial (*USART*) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
5. Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

### 2.2.3. Konfigurasi Pin ATmega16

Konfigurasi pin ATmega16 bisa dilihat pada gambar 2-7. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega16 sebagai berikut :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
6. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

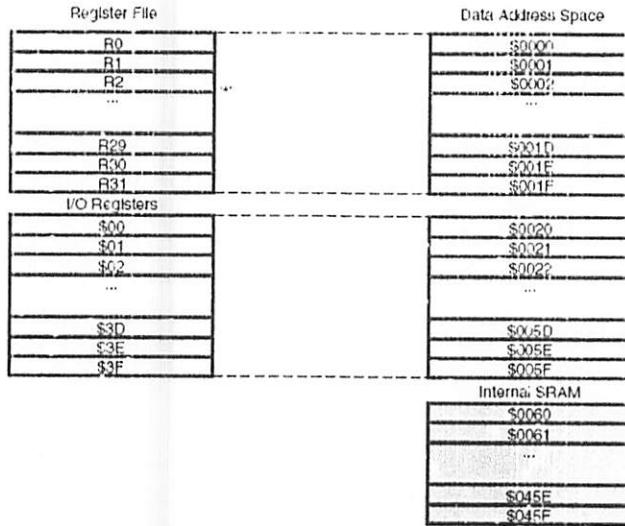


Gambar 2-7. Pin ATMega16<sup>[2]</sup>

#### 2.2.4. Peta Memori

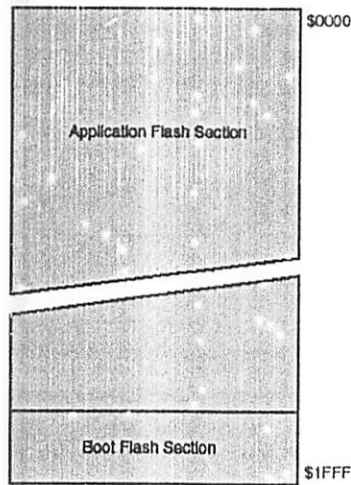
AVR ATMega16 memiliki ruang pengamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 *byte* SRAM *Internal*.

Register keperluan umum menempati space data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan control terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai *peripheral* mikrokontroler, seperti control register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan pada gambar 2-8.



Gambar 2-8. Konfigurasi Memori Data AVR ATmega16<sup>[2]</sup>

Memori program yang terletak dalam *Flash PEROM* tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit. AVR ATmega16 memiliki 4KByteX16-bit *Flash PEROM* dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12-bit *Program Counter (PC)* sehingga mampu mengamati isi *Flash*.



Gambar 2-9. Memory Program AVR ATmega16<sup>[2]</sup>

Selain itu, AVR ATMega16 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 *byte*. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

#### 2.2.5. Status Register (SREG)

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler.

a. Bit 7 – I : *Global Interrupt Enable*

Bit harus diset untuk meng-enable interupsi. Setelah itu, anda dapat mengaktifkan interupsi mana yang akan anda gunakan dengan cara meng-enable bit control register yang bersangkutan secara individu. Bit akan di-clear apabila terjadi suatu interupsi yang dipicu oleh hardware, dan bit tidak akan mengizinkan terjadinya interupsi, serta akan diset kembali oleh instruksi RETI.

b. Bit 6 – T : *Bit Copy Storage*

Instruksi BLD dan BST menggunakan bit-T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit menggunakan instruksi BST, dan sebaliknya bit-T dapat disalin kembali ke suatu bit dalam register GPR menggunakan instruksi BLD.

c. Bit 5 – H : *Half Carry Flag*

d. Bit 4 – S : *Sign Bit*

Bit-S merupakan hasil operasi EOR antara *flag-N* (negatif) dan *flag V* (komplemen dua overflow).

e. Bit 3 – V : *Two's Complement Overflow Flag*

Bit berguna untuk mendukung operasi aritmatika.

f. Bit 2 – N : *Negative Flag*

Apabila suatu operasi menghasilkan bilangan negatif, maka *flag-N* akan diset.

g. Bit 1 – Z : *Zero Flag*

Bit akan diset bila hasil operasi yang diperoleh adalah nol.

h. Bit 0 – C : *Carry Flag*

Apabila suatu operasi menghasilkan *carry*, maka bit akan diset.

### 2.3. LCD ( *Liquid Crystal Display* ) M1632

*Liquid Crystal Display* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah controller CMOS didalamnya. Controller tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan *display* data RAM. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu instruksi modul LCD dapat dengan mudah diantar mukakan dengan MPU.

Spesifikasi dari LCD M1632:

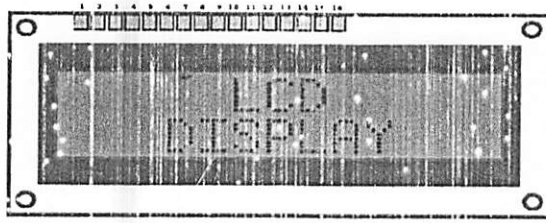
- ❖ Terdiri dari 32 karakter yang dibagi menjadi 2 baris dengan tampilan dot matrik 5 X 7 ditambah cursor.
- ❖ Karakter generator ROM dengan 192 karakter.
- ❖ Karakter generator RAM dengan 8 tipe karakter.
- ❖ 80 x 8 bit display data RAM .
- ❖ Dapat diantar mukakan dengan MPU 8 atau 4 bit.

- ❖ Dilengkapi fungsi tambahan : Display clear, cursor home, display ON/OFF, cursor ON/ OFF, display character blink, cursor shift dan display shift.
- ❖ Internal data.
- ❖ Internal otomatis dan *reset* pada *power ON*.
- ❖ +5 V *power supply* tunggal.

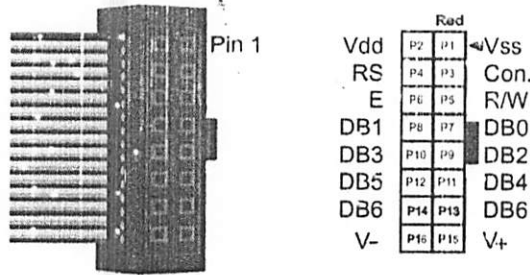
Tabel 2-5. Fungsi Pin LCD<sup>[4]</sup>

Nama Pin	Jumlah	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	MPU	Tri state bidirectional lower data bus: data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul melalui bus
DB4-DB7	4	I/O	MPU	Tri state bidirectional upper four data bus: data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul melalui bus
E	1	Input	MPU	Sinyal operasi dimulai: sinyal aktif baca/tulis
R/W	1	Input	MPU	Sinyal pilih data dan tulis (0:tulis,1:baca)
RS	1	-	Power supply	Sinyal pilih register : 0 : Instruction register (write) Busy flag dan address counter (read) 1 : Data register (write dan read)
Con.	1	-	Power supply	Penyetelan kontras pada tampilan LCD
Vdd	1	-	Power supply	+ 5V
Vss	1	-	Power supply	Ground 0V





(a)



(b)

Gambar 2-10. LCD M1632<sup>[3]</sup> (a), Konektor dan Pin pada LCD M1632<sup>[3]</sup> (b)

### 2.3.1. Register

Kontrol LCD mempunyai 2 *register* 8 bit yaitu *Instruction register* (IR) dan *Data Register* (DR). Kedua *register* tersebut dipilih melalui *Register Select* (RS). IR menyimpan kode instruksi seperti *display clear* dan *cursor shift*, dan alamat informasi dari *Display Data RAM* (DDRAM) dan *Character Generator RAM* (CG RAM)

DR menyimpan data sementara untuk ditulis ke DDRAM atau CGRAM, atau dibaca dari DD RAM atau CG RAM. Ketika data ditulis ke DDRAM atau CGRAM dari MPU, data di DR secara otomatis ditulis ke DDRAM atau CGRAM dengan operasi internal. Tetapi ketika data dibaca dari DDRAM atau CGRAM maka alamat data ditulis pada IR. Data tersebut akan dimasukkan ke DR dan MPU akan membaca data dari DR, Setelah operasi pembacaan, alamat berikutnya diset

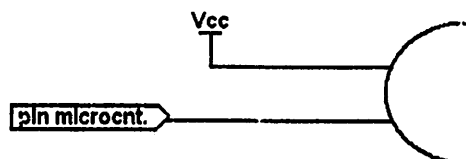
data dari DDRAM atau CGRAM pada alamat tersebut akan dimasukkan ke DR untuk operasi berikutnya.

*Display Data RAM* (DDRAM) mempunyai kapasitas area 80 X 8 bit. Beberapa area dari DDRAM yang tidak digunakan untuk *display* dapat digunakan sebagai *General Data RAM*.

Pada LCD masing-masing pin mempunyai range alamat tersendiri, alamat itu diekspresikan dengan bilangan heksa. Untuk line 1 range alamat berkisar antara 00h-0Fh sedangkan untuk line 2 alamat berkisar antara 40h-4fh

#### 2.4. *Buzzer*

Perangkat *Buzzer* digunakan untuk menghasilkan bunyi, merupakan komponen resonator *Riezoelectric* yang digunakan untuk menimbulkan isyarat yang terdengar sebagai indikator. *Buzzer* akan aktif dengan cara mengeluarkan sinyal suara (berbunyi) dengan lama waktu sesuai dengan perencanaan nanti.



Gambar 2-11. Rangkaian *Buzzer*<sup>[5]</sup>

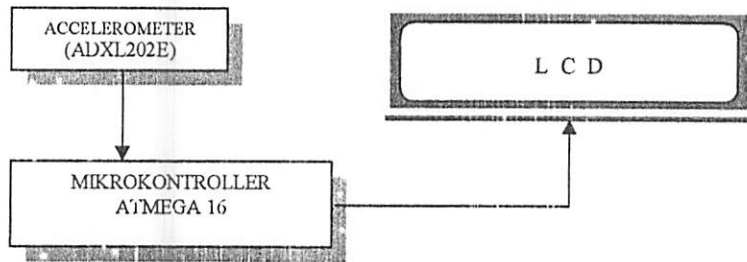
## BAB III

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan membahas tentang perencanaan dan pembuatan keseluruhan sistem perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan pada alat *waterpass* digital.

#### 3.1. Blok Diagram Keseluruhan Sistem

Perancangan dan pembuatan alat ditunjukkan dengan gambar blok diagram dibawah ini :



Gambar 3-1. Diagram Blok Keseluruhan Sistem

Keterangan fungsi dari masing-masing blok diagram diatas sebagai berikut :

- **IC ADXL202E**

*Device* yang mensensing dan mengubah energi/besaran nonlistrik (kemiringan bidang) yang kemudian dikonversi menjadi besaran digital.

- **MIKROKONTROLLER ATMEGA16**

Bagian ini berfungsi sebagai pusat kontrol, dimana data diproses dan selanjutnya ditampilkan ke LCD.

- **LCD (*Liquid Crystal Display*)**

Merupakan alat yang digunakan sebagai penampil hasil akhir, pada alat ini yang ditampilkan adalah berapa besar sudut bidang yang diukur.

### 3.2. Prinsip Kerja Alat

Ketika alat ini diletakkan pada bidang tertentu IC ADXL202E akan mensensing perubahan inputan sesuai posisi akhir sensor. Keluaran IC ADXL202E ini berupa PWM, perubahan lebar pulsa dari outputan sensor akan diinputkan ke kaki *interrupt* pada mikrokontroler ATmega 16. Kemudian sinyal input *height* dibaca dengan cara mengaktifkan *timer* sampai keadaan menjadi *low* baru *timer* dimatikan. Selanjutnya data akan diproses oleh mikrokontroler ATmega 16 dengan menggunakan formula rumus-rumus tertentu sehingga didapatkan derajat kemiringan bidang tersebut. Data akhir dari mikrokontroler ditampilkan ke layar LCD.

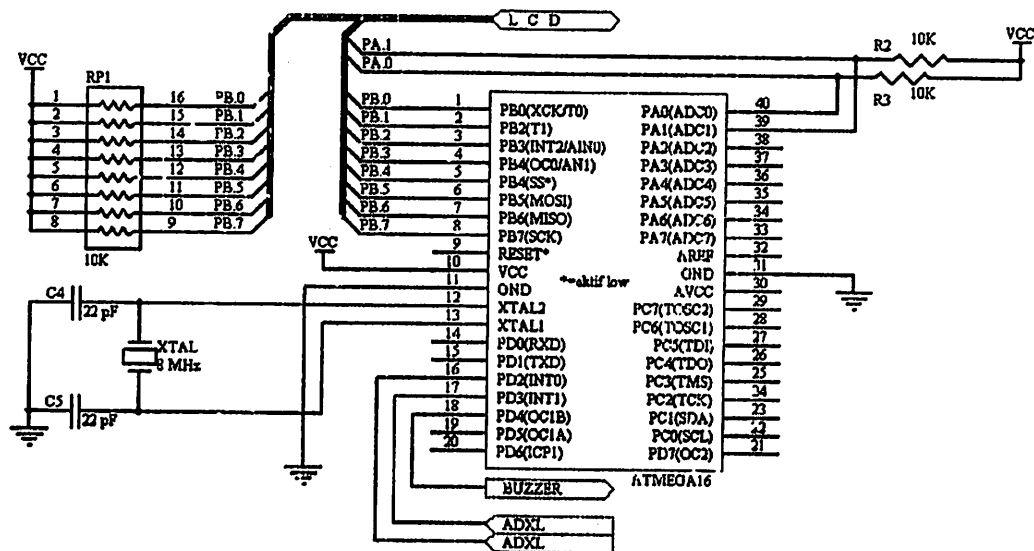
### 3.3. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada perancangan perangkat keras (*hardware*) sistem akan dibahas perancangan perangkat keras secara terpisah. Perancangan dilakukan tiap blok, mulai dari perancangan minimum sistem ATmega 16, perancangan rangkaian LCD, perancangan rangkaian sensor ADXL202E, dan perancangan rangkaian *buzzer*.

#### 3.3.1. Perancangan Minimum Sistem ATmega 16

Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler keluarga AVR ATmega 16 yang mempunyai arsitektur *RISC (Reduce Instruction Set)*. ATmega 16 mempunyai 4 *channels* PWM, 8 *channels* ADC 10-bit, dan juga ATmega 16 mempunyai kemampuan PWT (*Programmable Watchdog Timer*) dengan osilator

yang terpisah, sehingga memungkinkan untuk mengapiikasinya sebagai MCU yang cukup handal.

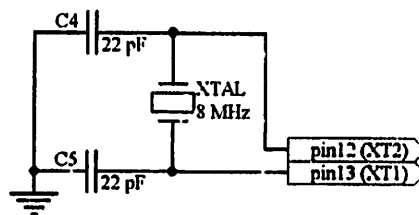


Gambar 3-2. Rangkaian Minimum Sistem ATmega 16

Dalam perancangan dan pembuatan rangkaian sistem ini mikrokontroler ATmega 16 bekerja sebagai pengontrol masukan dan keluaran. Alokasi penggunaan pin mikrokontroler ATmega16 adalah sebagai berikut :

- PA.0, PA.1, PB.0-PB.7 dihubungkan ke respack 10K ohm yang kemudian dihubungkan ke LCD.
- PD.2-PD.3 digunakan sebagai port input yang akan menerima sinyal PWM dari sensor ADXL202E.
- PD.4 digunakan sebagai port output untuk memicu *buzzer*, apabila keluaran dari mikrokontroller *low* maka *buzzer* aktif (berbunyi) dan apabila *height* maka *buzzer* tidak mengeluarkan bunyi.

- XTAL1 dan XTAL2 sebagai masukan dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri atas osilator 8 MHz, kapasitor  $C_4$  dan  $C_5$  yang masing-masing bernilai 22 pF yang akan membangkitkan pulsa *clock* yang digunakan sebagai penggerak bagi sejumlah operasi internal CPU. Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Gambar 3-3 memperlihatkan rangkaian *clock* yang dirancang.

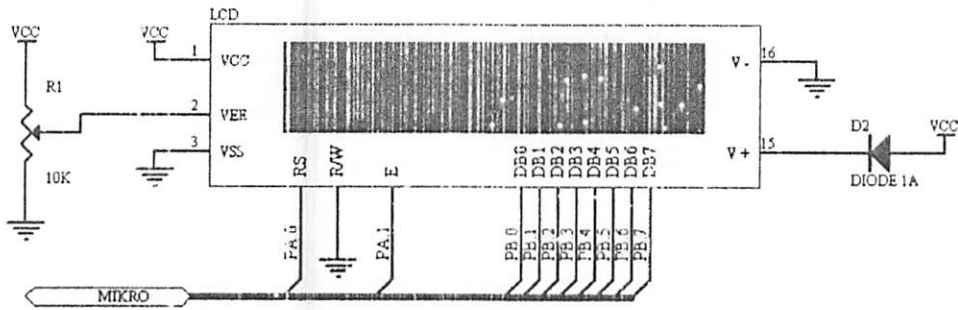


Gambar 3-3. Perancangan Rangkaian *Clock*

### 3.3.2. Perancangan Rangkaian LCD

Pada perancangan ini digunakan LCD *dot matrix* 2 x 16 karakter yaitu M1632. Sinyal-sinyal yang diperlukan oleh LCD adalah RS dan *Enable*, sinyal RS dan *Enable* dipergunakan sebagai input yang outputnya dipakai untuk mengaktifkan LCD. LCD akan aktif apabila mikrokontroler memberikan instruksi tulis pada LCD. Saat kondisi RS *don't care* dan *Enable* 0 maka LCD tetap pada kondisi semula, pengiriman data ke LCD dilakukan saat RS berlogika 0 dan *enable* berlogika 1. Instruksi dikirim pada LCD bila keadaan RS 1 dan *Enable* 1. Pin LCD ini untuk data terkoneksi pada *Port B* mikrokontroler ATmega 16. Kemudian untuk RS dihubungkan pada *Port A.0*, tulis/baca (*Read/Write*) diberikan logika *low* karena disini LCD bersifat menulis data, dan yang terakhir

Enable (E) dikendalikan dengan Port A.0. Gambar rangkaian LCD ditunjukkan pada gambar 3 – 4.

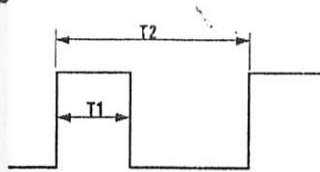


Gambar 3-4. Perancangan Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)

### 3.3.2. Perancangan Rangkaian Sensor ADXL202E

IC ADXL202 ini berfungsi sebagai sensor yang mendeteksi kemiringan suatu bidang dan memiliki output sinyal berupa lebar pulsa. Perancangan rangkaian IC ini berfungsi untuk menentukan periode atau  $T_2$  dan bandwidth.

- Menentukan periode



Gambar 3-5. Sinyal Output ADXL202E<sup>[1]</sup>

Periode atau  $T_2$  adalah panjang total dalam satu pulsa, nilainya konstan sedangkan  $T_1$  adalah panjang pulsa ketika dalam kondisi *height* dan lebarnya akan berubah sesuai dengan keadaan.

Berdasarkan *datasheet* IC ADXL202E menentukan  $T_2$  dapat digunakan rumus (3.1).

$$T2 = \frac{RSET (\Omega)}{125 M\Omega} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dalam perencanaan T2 yang digunakan 1,25 ms, sehingga:

$$Rset = T2 \times 125 M\Omega$$

$$Rset = 1,25 \text{ ms} \times 125 M\Omega$$

$$Rset = 156,25 \text{ K}\Omega$$

- Menentukan *bandwidth*

ADXL202E mempunyai ketentuan batas *Bandwidth* tertentu yang dapat diatur pada pin X<sub>FILT</sub> dan Y<sub>FILT</sub>. Capacitor harus ditambahkan pada kedua pin tersebut agar *low-pass filter* dapat berjalan dengan baik sebagai *noise reduction*. Ketentuan dari *datasheet* peredaman yang digunakan sebesar 3dB, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$F_{-3dB} = \frac{1}{(2\pi(32k\Omega) \times C(x,y))} \dots\dots\dots (3.2)$$

atau lebih sederhananya:

$$F_{-3dB} = \frac{5 \mu F}{C(x,y)} \dots\dots\dots (3.3)$$

Pada perancangan *bandwith* yang akan digunakan adalah 50 Hz maka nilai kapasitor (C) dapat dicari dengan menggunakan rumus (3.3)

$$F_{-3dB} = \frac{5 \mu F}{C(x,y)}$$

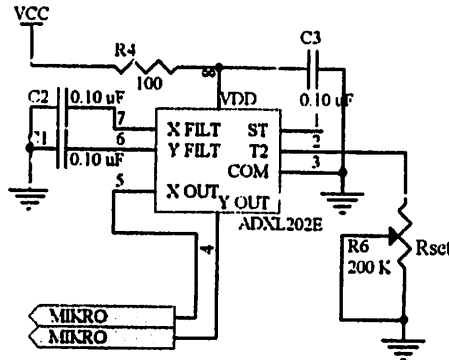
$$50 \text{ Hz} = \frac{5 \mu F}{C(x,y)}$$

$$C(x,y) = 0.10 \mu F$$



Tabel 3-1. 'Tabel Pengaturan Bandwidth IC ADXL202E<sup>[1]</sup>

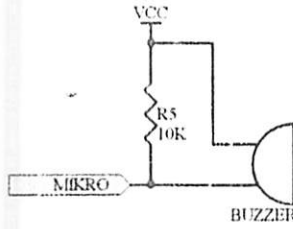
Bandwidth	Capasitor Value
10 Hz	0.47 $\mu$ F
50 Hz	0.10 $\mu$ F
100 Hz	0.05 $\mu$ F
200 Hz	0.027 $\mu$ F
500 Hz	0.01 $\mu$ F
5 KHz	0.001 $\mu$ F



Gambar 3-6. Rangkaian ADXL202

### 3.3.3. Perancangan Rangkaian *Buzzer*

*Buzzer* berfungsi sebagai indikator saat alat berada pada posisi 0°. PD.4 pada mikrokontroller ATmega 16 digunakan sebagai port output untuk memicu *buzzer*, apabila keluaran mikrokontroller *low* maka *buzzer* berbunyi dan apabila keluaran mikrokontroller *height* maka *buzzer* tidak berbunyi. Pada gambar 3-2. Ditampilkan R5 yang bernilai 10K, R5 disini hanya berfungsi sebagai *pull up* pada mikrokontroller ATmega 16. Sehingga tidak terjadi kondisi menggantung/ kondisi yang tidak pasti.



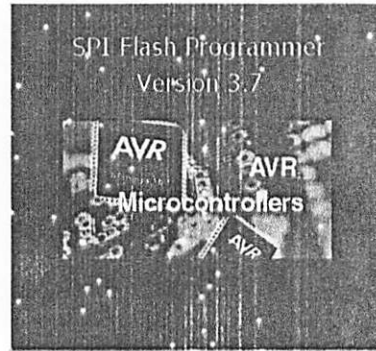
Gambar 3-7. Rangkaian Buzzer

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

Perancangan perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam perencanaan dan pembuatan *waterpass digital* berbasis mikrokontroler ATmega 16 akan dipaparkan dalam *flowchart* sistem secara keseluruhan. Pembuatan *software* hanya dilakukan pada mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman *Basic* dengan bantuan *compiler BASCOM AVR* dan *SPI-flash Programmer* untuk mengisi *file hex* ke mikrokontroler ATmega 16.



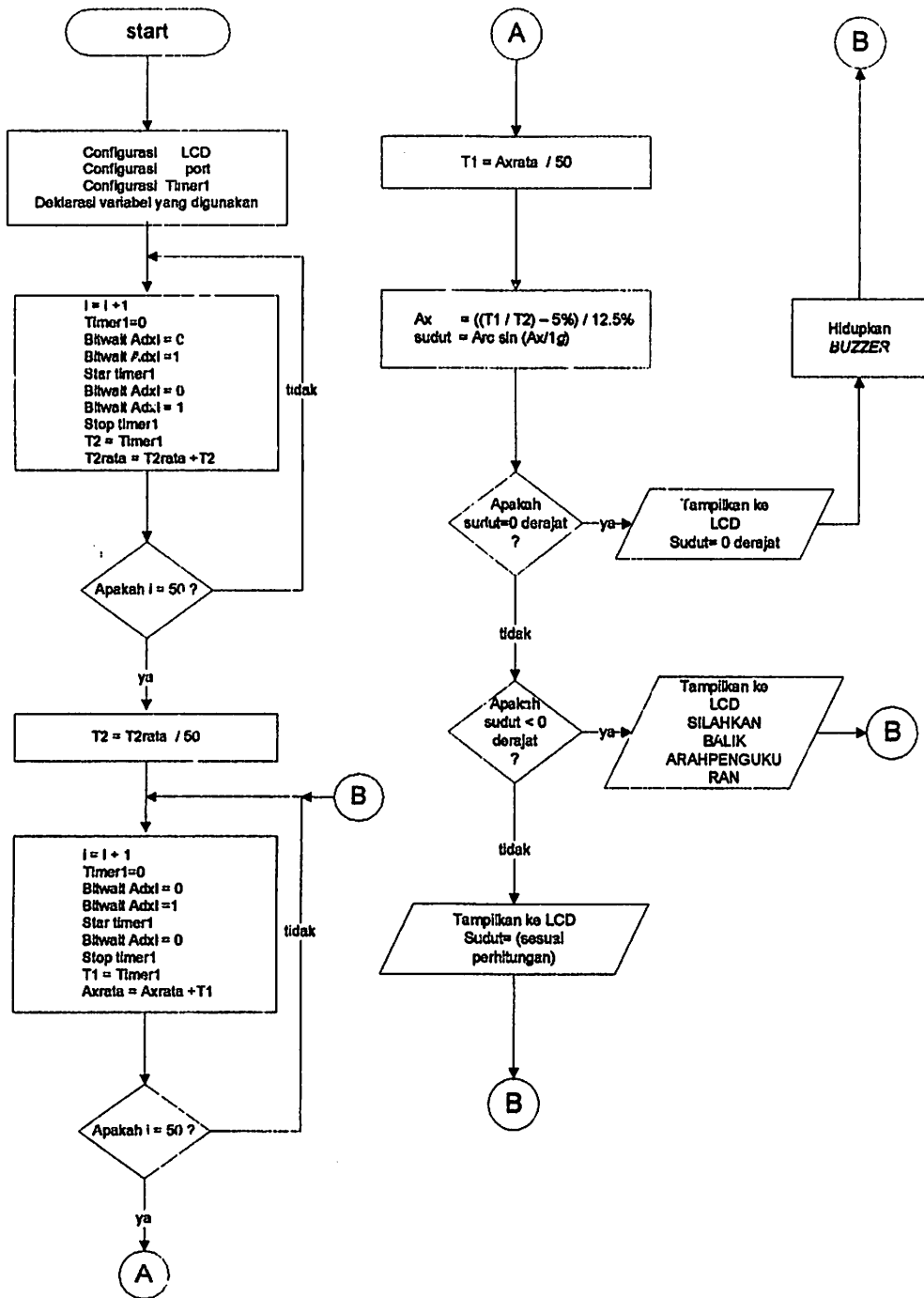
(a)



(b)

Gambar 3-7. *Software* yang digunakan, *BASCOMAVR* (a) dan *SPI-Flash Programmer* (b)

### 3.4.1. Diagram Alir



Gambar 3-8. Diagram Alir Program Mikrokontroler ATmega 16

Penjelasan *flowchart* secara keseluruhan :

1. Pertama kali *software* akan melakukan pengenalan terhadap mikrokontroller dan kristal yang digunakan, pada perancangan *software* ini menggunakan mikrokontroller ATmega 16 dan kristal 8MHz. Selanjutnya program mengkonfigurasi pin-pin LCD, jenis LCD yang dipakai, dan juga mendefinisikan karakter baru yang dipakai. Kemudian program mengkonfigurasi timer1 agar timer pada mikrokontroller ATmega 16 dikenali dan dapat digunakan. Setelah itu program mendeklarasikan variabel-variabel yang digunakan.
2. Selanjutnya menentukan periode( $T_2$ ), program mengambil *sample*  $T_2$  dari outputan sensor dengan cara menghidupkan *timer1* pada saat outputan sensor *height* sampai didapatkan satu siklus penuh, baru kemudian *timer1* dimatikan. Pengambilan *sample*  $T_2$  dilakukan sebanyak 50 kali dan kemudian baru diambil rata-ratanya. Sehingga didapatkan  $T_2$  yang lebih presisi dibanding dengan satu *sample* saja. Periode( $T_2$ ) hanya diambil satu kali saja karena  $T_2$  bersifat statis.
3. Proses berikutnya adalah program mengambil *sample*  $T_1$  dari outputan sensor dengan cara menghidupkan *timer1* pada saat outputan sensor *height* dan mematikan *timer1* pada saat outputan sensor *low*. Pengambilan *sample*  $T_1$  dilakukan sebanyak 50 kali dan kemudian diambil rata-ratanya.
4. Program selanjutnya memproses  $T_1$  dan  $T_2$  sehingga didapatkan percepatan sumbu x ( $a_x$ ) dan hasilnya dikonversi menjadi derajat.

Sehingga didapatkan sudut bidang dalam derajat.

5. Kemudian sudut ditampilkan ke LCD. Apabila sudut sama dengan  $0^\circ$  maka *buzzer* akan dinyalakan, selain keadaan itu *buzzer* dimatikan.
6. Apabila sudut kurang dari  $0^\circ$  maka LCD tidak akan menampilkan sudut, melainkan akan menampilkan kalimat sebagai berikut:  
SILAHKAN BALIK ARAH PENGUKURAN.
7. Program mengulang kembali pada langkah ketiga (3).

## BAB IV

### PENGUJIAN DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini membahas tentang pengujian dan pengukuran dari peralatan yang dibuat. Secara umum pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang telah direalisasikan dapat bekerja sesuai dengan perencanaan yang telah direncanakan.

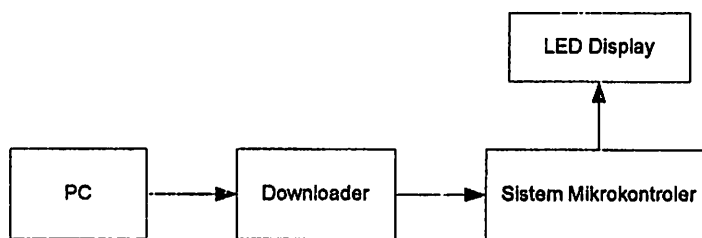
#### 4.1. Pengujian Mikrokontroler ATmega 16

Pada pengujian mikrokontroler ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal dari Mikrokontroler apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan. Adapun peralatan yang digunakan sebagai berikut:

- *Personal Computer (PC)* yang dilengkapi LPT1
- *Downloader* mikrokontroler ATmega 16
- *ISP programmer* dengan *connector* LPT1
- *Catu daya* 5 volt

Tahapan Pengujian mikrokontroler ATmega 16 sebagai berikut:

1. Rangkaian dibuat seperti gambar 4-1.



Gambar 4-1. Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler

2. Memberikan catu daya 5 volt.
3. Membuat program yang digunakan untuk menguji mikrokontroler.  
Program yang digunakan dalam pengujian mikrokontroler ini merupakan program yang sederhana yang meletakkan  $F0_H$  dan  $0F_H$  secara bergantian pada *PortC* ATmega 16.
4. Mengamati keluaran pada LED Display.

#### 4.1.1. Hasil dan Analisa Pengujian

Tabel 4-1. Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada LED <i>Display</i>							
	<i>Bit 0</i>	<i>Bit 1</i>	<i>Bit 2</i>	<i>Bit 3</i>	<i>Bit 4</i>	<i>Bit 5</i>	<i>Bit 6</i>	<i>Bit 7</i>
Satu	0	0	0	0	1	1	1	1
Dua	1	1	1	1	0	0	0	0

Keterangan :

- Kondisi bit *low* ( 0 ) = LED menyala
- Kondisi bit *height* ( 1 ) = LED mati

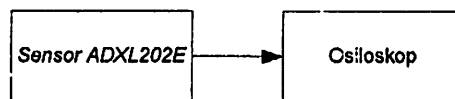
Dari hasil pengujian pada tabel 4-1 dapat dilihat bahwa *port C* memberikan logika  $0F_H$  dan  $F0_H$  secara bergantian sesuai dengan isi program.

## 4.2. Pengujian Rangkaian Sensor ADXL202E

Pada pengujian rangkaian sensor ADXL202E berfungsi untuk mengetahui apakah sensor ADXL202E dapat berfungsi dengan baik. Adapun peralatan yang digunakan sebagai berikut:

- *Personal Computer* (PC) yang dilengkapi LPT1
- *Downloader* mikrokontroler ATmega 16
- *ISP programmer* dengan *connector* LPT1
- LCD 16x2
- Rangkaian sensor ADXL202E
- Osiloskop
- Catu daya 5 volt.

Tahapan Pengujian rangkaian sensor ADXL202E dengan menggunakan osiloskop adalah sebagai berikut:

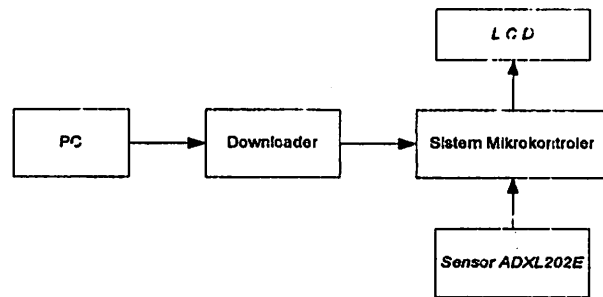


Gambar 4-2. Diagram Blok Pengujian Sensor ADXL202E dengan Menggunakan Osiloskop

1. Rangkaian dibuat seperti gambar 4-2.
2. Memberikan catu daya 5 volt.
3. Memastikan sensor dapat bekerja dengan cara menghubungkan outputan sumbu x sensor ke osiloskop.



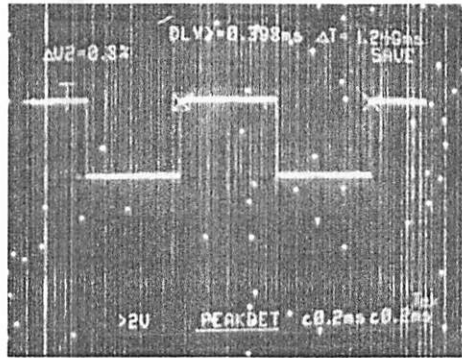
Tahapan Pengujian rangkaian sensor ADXL202E dengan menggunakan mikrokontroller dan LCD adalah sebagai berikut:



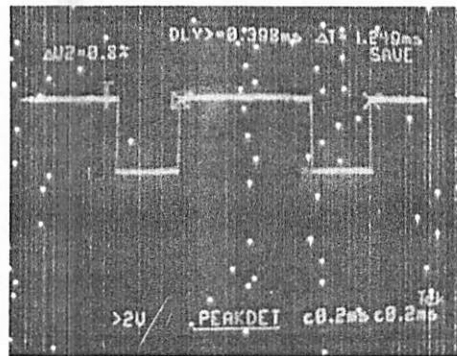
Gambar 4-3. Diagram Blok Pengujian Sensor ADXL Menggunakan Mikrokontroller dan LCD

1. Rangkaian dibuat seperti gambar 4-3.
2. Memberikan catu daya 5 volt.
3. Membuat program yang digunakan untuk menguji sensor ADXL202E.  
Pertama kali *software* yang rancang akan melakukan pengenalan terhadap mikrokontroller dan kristal yang digunakan. Selanjutnya program mengkonfigurasi pin-pin LCD, jenis LCD yang dipakai, dan juga mendefinisikan karakter baru yang dipakai. Kemudian program mengkonfigurasi timer1 agar timer pada mikrokontroller ATmega 16 dikenali dan dapat digunakan. Setelah itu program mendeklarasikan variabel-variabel yang digunakan.
4. Mengamati keluaran LCD.
5. Mengamati perubahan T1 pada sensor, percepatan pada sumbu x ( $a_x$ ), dan sudut yang dihasilkan dari perubahan T1.
6. Mengamati keluaran LCD.

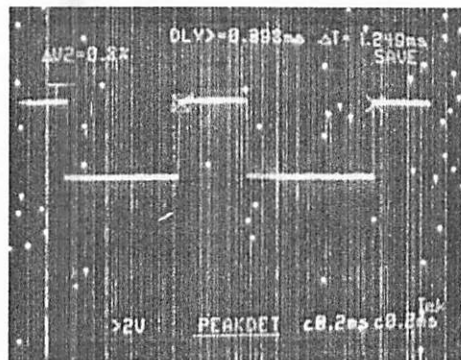
#### 4.2.1 Hasil dan Analisa Pengujian



Gambar 4-4. Pengujian Outputan Sensor Saat Posisi Sensor 0 g (*dutycycle*= 50%)



Gambar 4-5. Pengujian Outputan Sensor Saat Posisi Sensor Diputar Berlawanan Arah Jarum Jam



Gambar 4-6. Pengujian Outputan Sensor Saat Posisi Sensor Diputar Searah Jarum Jam

Dari gambar 4.4, gambar 4.5, dan gambar 4.6 dapat dilihat bahwa outputan sensor dapat berubah-ubah dipengaruhi oleh posisi kemiringan sensor, maka dapat dikatakan bahwa sensor telah dapat bekerja dengan baik, dan pada osiloskop ditampilkan nilai T2 sebesar 1,249 ms (pada osiloskop ditunjukkan dengan variabel  $\Delta T$ ). Sesuai dengan perencanaan T2 dengan nilai T2 sebesar 1,250 ms.

Pada pengujian ini didapatkan nilai T2, T1, Ax, dan Sudut dalam satuan derajat ditunjukkan pada table 4-2.

Tabel 4-2. Hasil Pengujian Output Sensor ADXL202E Terhadap Sudut Kemiringan

T2 (ms)	T1 (ms)	Ax (m/s <sup>2</sup> )	Sudut (°)
1,2502	0.6250	0.0000	0
1,2502	0.6286	0.0231	1
1,2502	0.6316	0.0423	2
1,2502	0.6334	0.0542	3
1,2502	0.6373	0.0791	4
1,2502	0.6395	0.0931	5
1,2502	0.6427	0.1132	6
1,2502	0.6444	0.1241	7
1,2502	0.6472	0.1423	8
1,2502	0.6505	0.1632	9
1,2502	0.6537	0.1836	10
1,2502	0.6563	0.2005	11
1,2502	0.6590	0.2179	12
1,2502	0.6614	0.2320	13
1,2502	0.6632	0.2449	14
1,2502	0.6667	0.2669	15

Table selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan pada hasil pengujian outputan dari sensor ADXL202E pada tabel 4-2 dapat dilihat bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dan sensor sangat sensitif terhadap perubahan posisi sensor (kemiringan sensor) hal ini dapat dibuktikan bahwa sensor dapat mengukur sudut tiap 1derajat.

Analisa hasil pengujian sensor ADXL202E adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$T_2 = 1,250 \text{ ms}$$

- Analisa untuk sudut =  $0^\circ$

$$\Theta = \text{arcSin} (Ax/1g)$$

$$Ax = \text{Sin } 0^\circ$$

$$= 0$$

$$Ax = ((T_1/T_2)-0,5)/0,125$$

$$T_1 = (((Ax) 0,125) + 0,5) T_2$$

$$= 0.6250 \text{ ms}$$

- Analisa untuk sudut =  $1^\circ$

$$\Theta = \text{arcSin} (Ax/1g)$$

$$Ax = \text{Sin } 1^\circ$$

$$= 0.0174$$

$$Ax = ((T_1/T_2)-0,5)/0,125$$

$$T_1 = (((Ax) 0,125) + 0,5) T_2$$

$$= 0.6277 \text{ ms}$$

- Analisa untuk sudut =  $2^\circ$

$$\Theta = \text{arcSin} (Ax/1g)$$

$$Ax = \text{Sin } 2^\circ$$

$$= 0.0348$$

$$Ax = ((T_1/T_2)-0,5)/0,125$$

$$T_1 = (((Ax) 0,125) + 0,5) T_2$$

$$= 0.6304 \text{ ms}$$

- Analisa untuk sudut = 3°

$$\Theta = \arcsin (Ax/1g)$$

$$Ax = \sin 3^\circ$$

$$= 0.0523$$

$$Ax = ((T1/T2)-0,5)/0,125$$

$$T1 = (((Ax) 0,125) + 0,5) T2$$

$$= 0.6332 \text{ ms}$$

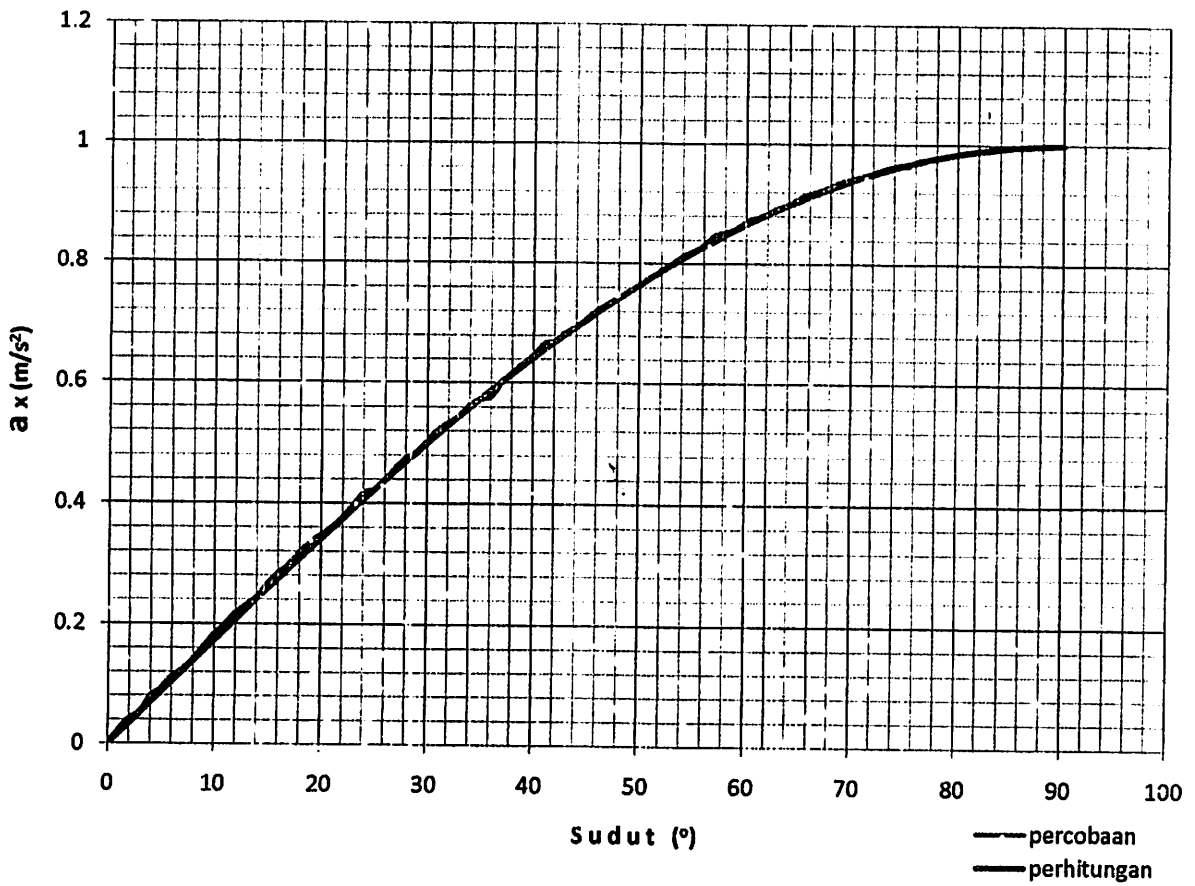
Tabel 4-3. Perbandingan Hasil Pengujian dengan Hasil Perhitungan Output Sensor ADXL202E Terhadap Sudut Kemiringan

Sudut (°)	T1 (ms)		Error T1	Ax (m/s <sup>2</sup> )		Error Ax
	pengukuran	perhitungan		pengukuran	perhitungan	
0	0.6250	0.6250	0	0.0000	0.0000	0
1	0.6286	0.6277	0.0009	0.0231	0.0174	0.0057
2	0.6316	0.6304	0.0012	0.0423	0.0348	0.0075
3	0.6334	0.6332	0.0002	0.0542	0.0523	0.0019
4	0.6373	0.6359	0.0014	0.0791	0.0697	0.0094
5	0.6395	0.6386	0.0009	0.0931	0.0871	0.006
6	0.6427	0.6413	0.0014	0.1132	0.1045	0.0087
7	0.6444	0.6440	0.0004	0.1241	0.1218	0.0023
8	0.6472	0.6467	0.0005	0.1423	0.1391	0.0032
9	0.6505	0.6494	0.0011	0.1632	0.1564	0.0068
10	0.6537	0.6521	0.0016	0.1836	0.1736	0.01
11	0.6563	0.6548	0.0015	0.2005	0.1908	0.0097
12	0.6590	0.6575	0.0015	0.2179	0.2079	0.01
13	0.6614	0.6601	0.0013	0.2320	0.2249	0.0071
14	0.6632	0.6628	0.0004	0.2449	0.2419	0.003
15	0.6667	0.6654	0.0013	0.2669	0.2588	0.0081

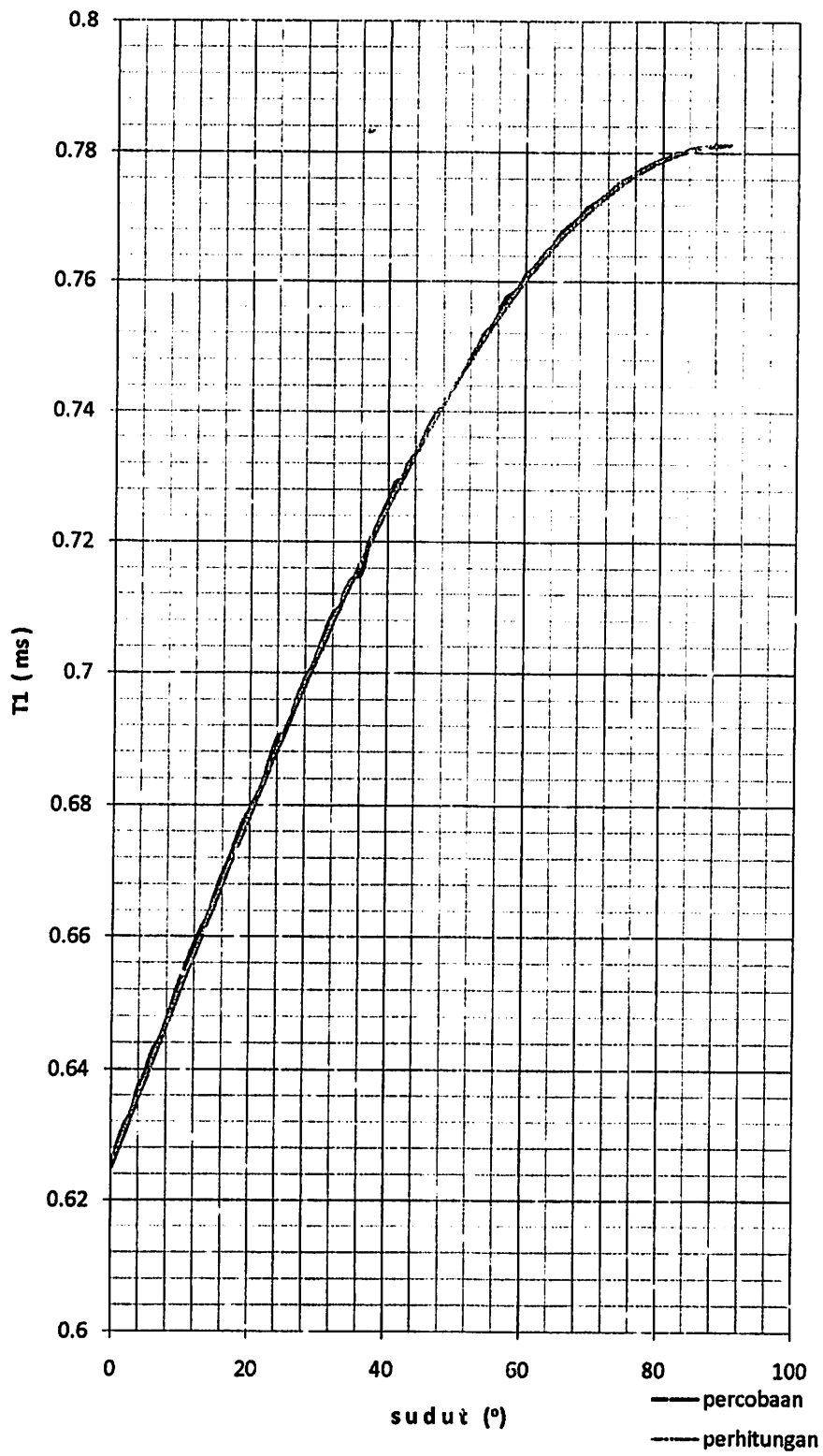
Tabel selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Pada tabel 4-3 dapat dilihat perbandingan hasil pengujian dengan hasil perhitungan output sensor ADXL202E terhadap sudut kemiringan dan error rata-rata dari T1 dan Ax sama-sama hampir mendekati 0.

Dari table 4-3 dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut:



Grafik 4-1. Hubungan Analisa Hasil Percobaan dan Perhitungan antara  $a_x$  dan sudut.

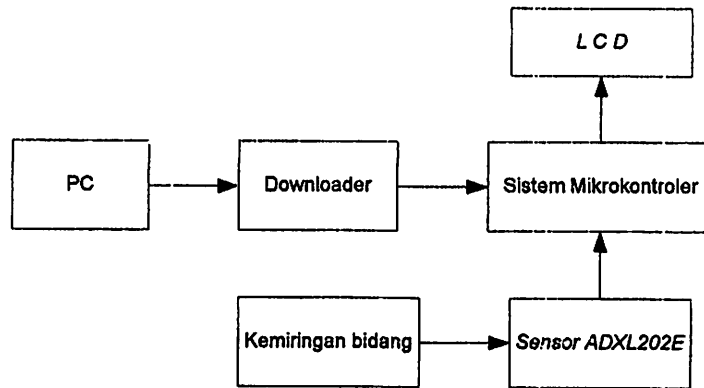


Grafik 4-2. Hubungan Analisa Hasil Percobaan dan Perhitungan antara T1 dan sudut.

### 4.3. Pengujian Alat *Waterpass* Digital

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah semua sistem berjalan dengan normal dan juga untuk mengetahui *error* yang terjadi.

Tahapan Pengujian alat secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 4-7. Diagram Blok Pengujian *Waterpass* Digital

1. Rangkaian dibuat seperti gambar 4-7.
2. Memberikan catu daya 5 volt.
3. Program keseluruhan yang digunakan untuk menguji alat adalah sebagai berikut:
4. *Compile* dan *download* program diatas.
5. Mengamati perubahan sudut yang ditampilkan di LCD sesuai dengan posisi pengukuran alat.

#### 4.3.1. Hasil dan Analisa Pengujian

*Waterpass* digital bekerja dengan baik seperti terlihat pada tabel 4-4. Ketika *waterpass* berada pada posisi  $0^\circ$ , LCD menampilkan sudut =  $0^\circ$  dan



buzzer berbunyi. Buzzer tidak berbunyi apabila posisi tidak berada pada sudut  $0^\circ$ .

tampilan LCD sesuai dengan kemiringan bidang yang diukur.

Tabel 4-4. Hasil Pengujian Alat *Waterpass* Digital

Posisi Alat (sudut( $^\circ$ ))	Tampilan LCD	Buzzer
$-1 < \text{sudut} < 1$	Sudut = $0^\circ$	Aktif
$15 < \text{sudut} < 16$	Sudut = $15^\circ$	Tidak aktif
$30 < \text{sudut} < 31$	Sudut = $30^\circ$	Tidak aktif
$45 < \text{sudut} < 46$	Sudut = $45^\circ$	Tidak aktif
$60 < \text{sudut} < 61$	Sudut = $60^\circ$	Tidak aktif
$75 < \text{sudut} < 76$	Sudut = $75^\circ$	Tidak aktif
$89 < \text{sudut} < 90$	Sudut = $90^\circ$	Tidak aktif

Saat posisi alat antara sudut  $-1$  dan sudut  $1$  derajat LCD menampilkan sudut sama dengan  $0$  derajat dan *buzzer* aktif. ketika posisi alat antara sudut  $15$  dan sudut  $16$  derajat LCD menampilkan sudut sama dengan  $15$  derajat dan *buzzer* tidak aktif. Begitu pula dengan sudut-sudut berikutnya seperti ditunjukkan pada tabel 4-4. Pada table jelas terlihat bahwa alat yang dirancang mampu mengukur suatu kemiringan bidang dengan baik.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian, 99% sensor ADXL202E mampu mengukur kemiringan dengan baik.
2. Sudut kemiringan bidang dapat dihitung dengan cara mengkonversi perubahan outputan sensor yang berupa PWM menjadi percepatan kemudian percepatan tersebut dirubah menjadi sudut.
3. Bascom AVR sebagai compiler program basic jauh lebih mudah digunakan dan dipahami dibandingkan dengan menggunakan *asm compiler* dan *c compiler*.

#### 5.2. Saran

Pada perencanaan dan pembuatan alat ini masih mempunyai kekurangan, untuk itu ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk melakukan pengembangan yaitu perlu adanya perbaikan sistem, dengan menambahkan program untuk menyimpan data memanfaatkan EEPROM internal yang sudah tersedia pada mikrokontroller ATmega 16, sehingga data dapat disimpan dan dilihat sewaktu-waktu tanpa harus dicatat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] [www.analog.com](http://www.analog.com) , datasheet ADXL202E
- [2] [www.atmel.com](http://www.atmel.com) , datasheet ATMega 16
- [3] [www.parallax.com](http://www.parallax.com) , 2x16 Parallel LCD(#603-00006)
- [4] *LCD Module User Manual.*
- [5] <http://elektronika-elektronika.blogspot.com>



# LAMPIRAN



**FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI**

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Ifung Sugiarto  
NIM : 03 17 116  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Elektronika  
Masa Bimbingan : 17 januari s/d 17 juli 2008  
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Waterpass Digital Berbasis Mikrokontroller Atmega 16.

Penguji/Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji I 24 Maret 2008	Pengujian dijelaskan letak programnya	
Penguji II 24 Maret 2008	Ubah kalimat "rumus-rumus tertentu" atau tunjukkan rumusnya (pada hal.23)	

**Mengetahui,**

**Dosen Pembimbing I**

(Ir. F. Yudi Lampraptono, MT.)  
NIP.Y. 1039500274

**Dosen Pembimbing II**

(M. Ashar, ST, MT.)  
NIP.P. 1030500408

**Dosen Penguji,**

**Penguji I**

(Joseph Dedy Irawan, ST, MT.)  
NIP.132315178

**Penguji II**

(Dr. Cahyo Crisdian, MSc.)  
NIP.P. 1030400412

## LEMBAR KOREKSI

Koreksi dari : **Dr. Cahyo Crysdiyan, MSc. (NIP.P. 1030400412)**

Halaman : 23

Penjelasan dari : rumus-rumus tertentu

Pada kalimat : Selanjutnya data akan diproses oleh mikrokontroler ATmega16 dengan menggunakan formula rumus-rumus tertentu sehingga didapatkan derajat kemiringan bidang tersebut.

Penjelasan dari pernyataan “rumus-rumus tertentu” pada kalimat di atas adalah:

Outputan dari sensor berupa sinyal PWM, sinyal PWM ini langsung diinputkan ke mikrokontroler. Setelah data inputan dari sensor diterima oleh mikrokontroler maka mikrokontroler akan membaca berapa mili detik lebar pulsa *high* yang dikeluarkan oleh sensor yang disimbolkan dengan T1 dan T2 (periode). Setelah itu mikrokontroler akan memproses T1 dan T2 menjadi percepatan ( $A_x$ ), dan kemudian  $A_x$  diproses untuk dijadikan sudut ( $\Theta$ ). Sudut ini masih dalam satuan radian selanjutnya dirubah menjadi sudut dengan satuan derajat.

**Rumus percepatan:**

$$A_x = ((T1/T2)-0,5)/0,125$$

**Rumus sudut:**

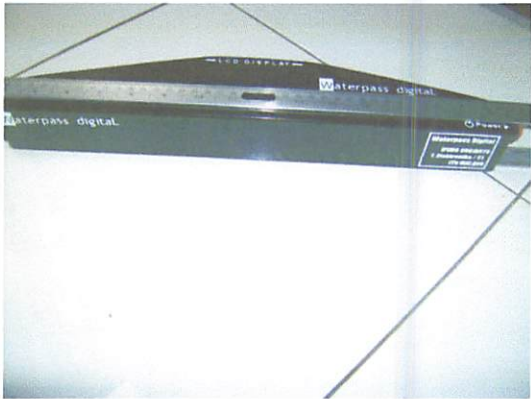
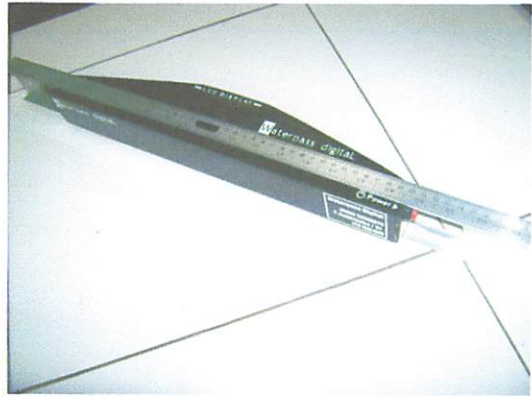
$$\Theta = \text{arcSin} (A_x/1g)$$

Ket. :  $\Theta$  = sudut antara horisontal gravitasi bumi dengan posisi kemiringan alat.

**Konversi dari satuan radian menjadi derajat:**

$$\text{Sudut} = \text{Rad2deg} (\Theta)$$

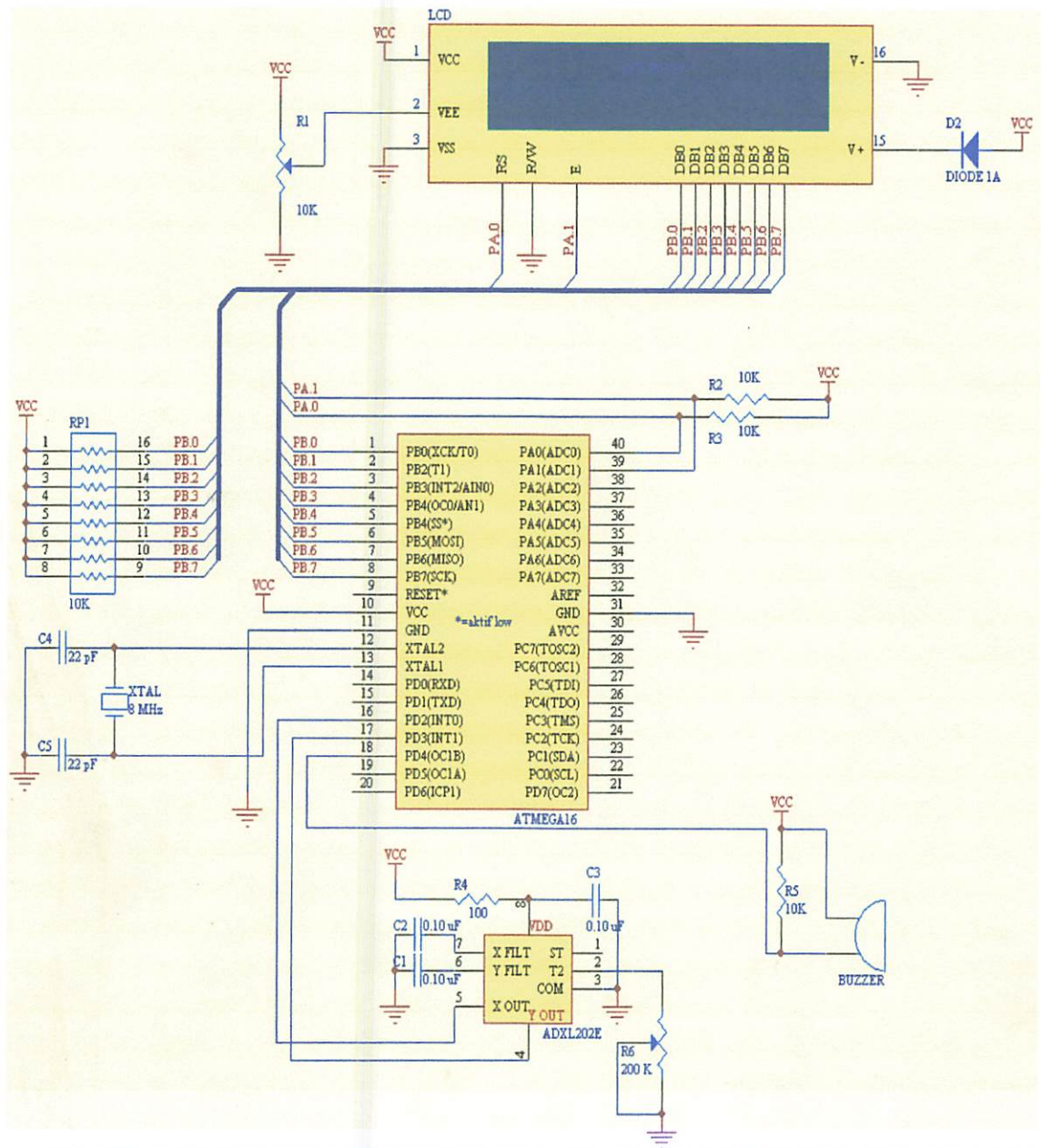
**FOTO ALAT WATERPASS DIGITAL**







# Rangkaian Keseluruhan :



## LISTING PROGRAM PENGUJIAN SISTEM MIKROKONTROLLER:

```
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000
Config Portc = Output
Do
  Portc = &HF0
  Wait 3
  Portc = &H0F
  Wait 3
Loop
```

```
' mikrokontroller ATMEGA16
' cristal 8MHz
' port c sebagai output

' Pc.0 s/d Pc.3 nyala
' delay 3 dtk
' Pc.4 s/d Pc.7 nyala
```

## LISTING PROGRAM PENGUJIAN SENSOR ADXL202E :

```
$regfile = "m16def.dat
$crystal = 8000000
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pb.4 , Db5 = Pb.5 , Db6 = Pb.6 , Db7 = Pb.7 , E = Pa.1 , Rs = Pa.0
Config Lcd = 16 * 2
Deflcdchar 1 , 6 , 9 , 9 , 6 , 32 , 32 , 32 , 32      ' character baru untuk derajat
Cls
Config Timer1 = Timer , Prescale = 1
Stop Timer1
Dim Ax As Single
Dim Ax1 As Single
Dim Ax2 As Single
Dim Sudut As Long
Dim T1 As Single
Dim T2 As Single
Dim Sudut_c As Single
Dim I As Single
Dim T2rata As Single
Dim Axrata As Single
Adxl Alias Pind.2
Config Adxl = Input
Config Portd.4 = Output
Set Portd.4
Cursor Off
Cls

T2rata = 0
For I = 1 To 50
  Counter1 = 0
  Timer1 = 0
  Bitwait Adxl , Reset
  Bitwait Adxl , Set
  Start Timer1
  Bitwait Adxl , Reset
  Bitwait Adxl , Set
  Stop Timer1
  T2 = Timer1
  T2rata = T2rata + T2
Next
T2 = T2rata / 50
```

```

Do
  Axrata = 0
  For I = 1 To 50
    Counter1 = 0
    Timer1 = 0
    Bitwait Adxl , Reset
    Bitwait Adxl , Set
    Start Timer1
    Bitwait Adxl , Reset
    Stop Timer1
    T1 = Timer1
    Axrata = Axrata + T1
  Next
  Ax = Axrata / 50
  T1 = Ax
  Ax2 = T1 / T2
  Ax = Ax2 - 0.50
  Ax1 = Ax / 0.125
  Ax = Asin(ax1)
  Sudut = Rad2deg(ax)

```

'pitch= Asin(Ax/1g)=...derajat

'-----output LCD-----

```

Cls
Locate 1 , 1 : Lcd "S= "
Locate 1 , 3 : Lcd Sudut ; Chr(1)
Locate 1 , 8 : Lcd "T1= "
Locate 1 , 11 : Lcd T1
Locate 2 , 1 : Lcd "Ax = "
Locate 2 , 5 : Lcd Ax1
Waitms 100
Loop
End

```

'-----end program-----

## LISTING PROGRAM PENGUJIAN ALAT :

```
'-----  
' nama file : test Device.bas  
' compailer : BASCOM AVR  
' programer : ifung sugiarto  
' deskripsi : digunakan untuk tes alat lengkap [WATERPASS digital]  
'             mulai dari sensorADXL, MCU ATMEGA16, BUZZER, dan LCD  
'-----  
$regfile = "m16def.dat"           ' mikrokontroller ATMEGA16  
$crystal = 8000000                ' Kristal 8 MHz  
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pb.4 , Db5 = Pb.5 , Db6 = Pb.6 , Db7 = Pb.7 , E = Pa.1 , Rs = Pa.0  
Config Lcd = 16 * 2  
Deflcdchar 1 , 6 , 9 , 9 , 6 , 32 , 32 , 32 , 32           ' character baru untuk derajat  
Cls  
Config Timer1 = Timer , Prescale = 1  
Stop Timer1  
Dim Ax As Single  
Dim Ax1 As Single  
Dim Ax2 As Single  
Dim Sudut As Long  
Dim T1 As Single  
Dim T2 As Single                ' T2= [Rset/125M]  
Dim Sudut_c As Single  
Dim I As Single  
Dim T2rata As Single  
Dim Axrata As Single  
Adxl Alias Pind.2  
Config Adxl = Input  
Config Portd.4 = Output  
Set Portd.4  
  
'-----tampilan awal-----  
Cursor Off  
Cls  
Locate 2 , 1 : Lcd "   Loading  "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd "   Loading. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd "   Loading.. "  
Waitms 150
```

Locate 2 , 1 : Lcd " Loading..."  
Waitms 150  
Cls  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading.. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading..."  
Waitms 150  
Cls  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading.. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading..."  
Waitms 150  
Cls  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading.. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading..."  
Waitms 150  
Cls  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading.. "  
Waitms 150  
Locate 2 , 1 : Lcd " Loading..."  
Waitms 300  
Locate 1 , 1 : Lcd "S"  
Locate 2 , 16 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls

Locate 1 , 1 : Lcd "SS"  
Locate 2 , 15 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "ASS"  
Locate 2 , 14 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "PASS"  
Locate 2 , 13 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "RPASS"  
Locate 2 , 12 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "ERPASS"  
Locate 2 , 11 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "TERPASS"  
Locate 2 , 10 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "ATERPASS"  
Locate 2 , 9 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "WATERPASS"  
Locate 2 , 8 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 2 : Lcd "WATERPASS"  
Locate 2 , 7 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 3 : Lcd "WATERPASS"  
Locate 2 , 6 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 4 : Lcd "WATERPASS"  
Locate 2 , 5 : Lcd "DIGITAL"



Wait 3  
Cls  
Locate 1 , 3 : Lcd "WATERPASS"  
Locate 2 , 6 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 2 : Lcd "WATERPASS"  
Locate 2 , 7 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "WATERPASS"  
Locate 2 , 8 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "ATERPASS"  
Locate 2 , 9 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "TERPASS"  
Locate 2 , 10 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "ERPASS"  
Locate 2 , 11 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "RPASS"  
Locate 2 , 12 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "PASS"  
Locate 2 , 13 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "ASS"  
Locate 2 , 14 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Locate 1 , 1 : Lcd "SS"  
Locate 2 , 15 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls

```
Locate 1, 1 : Lcd "S"  
Locate 2, 16 : Lcd "DIGITAL"  
Waitms 75  
Cls  
Waitms 300  
Locate 1, 1 : Lcd " Ifung Sugiarto "  
Locate 2, 1 : Lcd " ITN Malang "  
Wait 2  
Cls  
Waitms 75
```

```
'-----main program-----'
```

```
T2rata = 0  
For I = 1 To 50           ' membaca inputan sb.X dari ADXL202AE untuk T2  
  Counter1 = 0  
  Timer1 = 0  
  Bitwait Adxl , Reset  
  Bitwait Adxl , Set  
  Start Timer1  
  Bitwait Adxl , Reset  
  Bitwait Adxl , Set  
  Stop Timer1  
  T2 = Timer1  
  T2rata = T2rata + T2  
Next  
  T2 = T2rata / 50  
  
Do  
  Axrata = 0  
  For I = 1 To 50       ' membaca inputan sb.X dari ADXL202AE untuk T1  
    Counter1 = 0  
    Timer1 = 0  
    Bitwait Adxl , Reset  
    Bitwait Adxl , Set  
    Start Timer1  
    Bitwait Adxl , Reset  
    Stop Timer1  
    T1 = Timer1  
    Axrata = Axrata + T1  
  Next  
  Ax = Axrata / 50  
  T1 = Ax  
  Ax2 = T1 / T2
```

```
Ax = Ax2 - 0.50
Ax1 = Ax / 0.125
Ax = Asin(ax1)
Sudut = Rad2deg(ax)
```

' pitch= Asin(Ax/1g)= ... derajat

'-----BUZZER-----

```
Set Portd.4
If Sudut = 0 Then
  Reset Portd.4
  Waitms 150
  Set Portd.4
  Waitms 150
End If
```

'-----output LCD-----

```
If Sudut < 0 Then
  Cls
  Locate 1, 1 : Lcd " silahkan balik"
  Locate 2, 1 : Lcd "arah pengukuran"
Else
  Cls
  Locate 1, 1 : Lcd "sudut= "
  Locate 1, 8 : Lcd Sudut ; Chr(1)
End If
Waitms 100
```

' Tulis ke LCD

```
Loop
End
```

'-----end program-----