

## MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR

### PEMANFAATAN PING)))™ ULTRASONIC DISTANCE SENSOR DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEL ATMEGA8515 UNTUK MENGETAHUI LETAK BENDA PADA PENDERITA CACAT TUNANETRA Sundrya Aldrin<sup>1</sup>, Sumardi<sup>2</sup>, Iwan Setiawan<sup>3</sup>

**Abstrak** – Perkembangan teknologi elektronika terutama dibidang mikrokontroler terjadi sangat pesat. Telah banyak penerapan dan pemanfaatan mikrokontroler yang berguna dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam penelitian di laboratorium. Pada tugas akhir ini digunakan mikrokontroler ATmega8515 produk dari ATMEL sebagai pengukur jarak dengan menggunakan Ultrasonic Distance Sensor untuk mengetahui jarak suatu benda dengan keakuratan yang tinggi.

Metode yang digunakan ialah dengan memanfaatkan f(Timer/Counter) yang sudah ada dalam mikrokontroler. Mikrokontroler ATMEL ATmega8515 memiliki kecepatan pembangkit frekuensi hingga 8 MHz, kemampuan pencacah 16-bit, serta dengan menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya. CodeVisionAVR merupakan salah satu perangkat lunak yang menggunakan bahasa C. CodeVisionAVR dirancang dengan mempertimbangkan sifat-sifat pengkodean bahasa C sehingga program yang dihasilkan kompilasi bisa sekecil mungkin dan secepat mungkin.

Hasil penelitian ini akan didapatkan pengukuran jarak benda dari sensor gelombang ultrasonik dengan mikrokontroler ATMEL ATmega8515. Frekuensi ini berada pada frekuensi gelombang ultrasonik, yang besarnya diatas 20 KHz.

**Kata kunci** : ATmega8515, Sensor ultrasonik, Mikrokontroler.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manusia adalah makhluk ciptaan Tuhan yang paling sempurna bentuknya dibandingkan dengan makhluk hidup lainnya. Tetapi tidak semua manusia diciptakan dalam keadaan yang sempurna bentuk fisiknya sejak lahir, salah satunya adalah penderita cacat tunanetra.

Didasari oleh keprihatinan akan keadaan penderita cacat tunanetra tersebut, penulis merancang sebuah alat yang dimaksudkan untuk memudahkan penderita cacat tunanetra dalam berjalan.

Pada tugas akhir ini digunakan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur jarak, mikrokontroler ATMEL ATmega8515 produk dari ATMEL, dan perangkat lunak yang digunakan adalah CodeVisionAVR, yang menggunakan bahasa C dalam pembuatan programnya. Penggunaan mikrokontroler

ini dirasa cukup penting selain karena kemudahan dalam pemrograman yang diberikan.

### 1.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Membuat perangkat keras dan lunak untuk pengukur jarak dengan sensor ultrasonik menggunakan mikrokontroler ATMEL ATmega8515.
2. Memudahkan penderita cacat tunanetra untuk berjalan.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini, sistem yang akan dibuat dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Perangkat keras yang digunakan berbasis mikrokontroler ATMEL ATmega8515..
2. Sensor yang digunakan adalah Ping)))™ Ultrasonic Distance Sensor.
3. Tidak membahas tentang cara dan hasil kompilasi dari perangkat lunak CodeVisionAVR.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Sensor Ultrasonik

Sensor merupakan “indera” bagi sebuah sistem. Sensor memperoleh data dari lingkungan berupa besaran mekanis dan menampilkannya kembali dalam bentuk besaran listrik. Salah satu jenis sensor yang banyak dipakai saat ini adalah sensor ultrasonik.

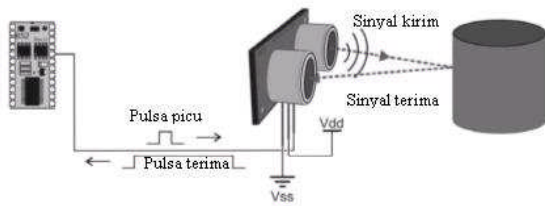
Gelombang Ultrasonik dapat didefinisikan sebagai gelombang suara yang memiliki frekuensi diatas 20 KHz. Secara alami kelelawar menghasilkan gelombang ultrasonik untuk mengenali lingkungannya. Aplikasi ultrasonik sendiri muncul dengan mengadaptasi fenomena ini. Ultrasonik dalam aplikasinya dapat dihasilkan menggunakan PZT (*piezoelectric*) material yang berfungsi sebagai *transducer*, dimana ketika material ini diberikan tegangan akan bergetar, yang menghasilkan gelombang ultrasonik (sebagai *transmitter*). Dan sebaliknya jika *transducer* ultrasonik sebagai *receiver* maka akan mengubah gelombang ultrasonik menjadi

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

<sup>3</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

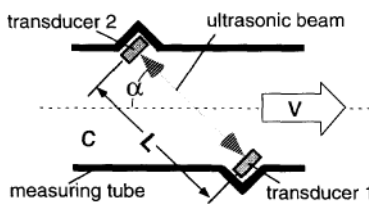
besaran listrik. Gambar 2.1 menunjukkan prinsip kerja dari sensor ultrasonik.



Gambar 2.1 Prinsip kerja sensor ultrasonik pengukur jarak.

Secara umum, berdasarkan cara pengiriman dan penerimaan gelombang ultrasonik, sensor ultrasonik dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

1. Sensor ultrasonik dengan pantulan  
Hasil pengukuran sensor ini ditentukan oleh waktu dan amplitudo yang ditempuh gelombang ultrasonik tersebut. Sensor jenis ini biasanya digunakan untuk mengukur jarak suatu benda, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1.
2. Sensor ultrasonik dengan perambatan  
Hasil pengukuran sensor ini ditentukan oleh kecepatan perambatan, pembelokan atau pembiasan arah gelombang, dan besarnya penguatan perambatan gelombang ultrasonik, karena sensor ini banyak digunakan untuk pengukuran laju aliran, baik zat cair maupun gas. Prinsip kerja sensor ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Prinsip kerja sensor ultrasonik pengukur laju aliran.

## 2.2 Tinjauan umum perangkat keras

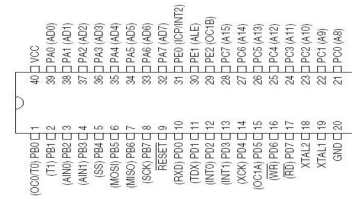
### 2.2.1 Mikrokontroler ATmega8515<sup>[9]</sup>

Mikrokontroler ATmega8515 adalah mikrokontroler 8-bit buatan ATMEL dengan 8 KByte System Programable Flash dengan teknologi memori tak sumirna (*nonvolatile*), kepadatan tinggi, dan kompatibel dengan pin out dan set instruksi standar industri MCS51 INTEL. Arsitektur yang digunakan dengan RISC (*Reduce Instruction set in single chip*).

#### 2.2.1.1 Susunan Kaki Mikrokontroler ATmega8515

Bentuk kemasan dan susunan kaki-kaki mikrokontroler dari ATmega8515 diperlihatkan seperti pada Gambar 2.1<sup>[9]</sup>. Pada penggunaan sumber

clock eksternal, pin yang digunakan ialah pin T1. Pin T1 berada pada Port B1.



Gambar 2.1 Susunan kaki pada ATmega8515.

#### 2.2.1.2 PORT A/B/C/D/E, DDR A/B/C/D/E, dan PIN A/B/C/D/E

PORTA/B/C/D/E dan DDRA/B/C/D/E merupakan *register-register* yang digunakan untuk mengatur PORTA/B/C/D/E<sup>[9]</sup>, sedangkan PIN PORTA/B/C/D/E digunakan untuk mengakses pin pada *port* A,B,C,D,E secara individu. Hubungan antara PORT PORTA/B/C/D/E dan DDR PORTA/B/C/D/E diperlihatkan pada Tabel 2.1.

TABEL 2.1 KOMBINASI BIT DDRn DAN PORTn .

DDRn/Dn	PORTn/Dn	I/O	Keterangan
0	0	Input	Tri-state (High-Z)
0	1	Input	PORTA/B/C/D/En akan menghasilkan arus jika eksternal pull-low
1	0	Output	Push-pull zero output
1	1	Output	Push-pull one output

#### 2.2.1.3 Pewaktu/Pencacah

Pencacah pada ATmega8515 diatur oleh register TCCR1B (*Timer/Counter1 Control Register B*). Register TCCR1B dijelaskan pada Gambar 2.2.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TCCR1B
	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 2.2 Register TCCR1B.

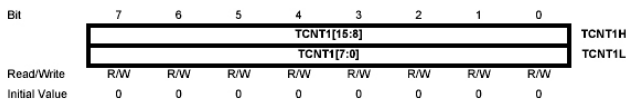
*Bit* yang digunakan untuk penghitung frekuensi dari sumber eksternal adalah *bit* 2:0 CS12, CS11, CS10: *Clock Select1*, *Bits* 2, 1 dan 0. Kombinasi dari *bit-bit* ini menentukan sumber *prescale* dari *Timer/Counter1* sebagaimana dijelaskan melalui Tabel 2.2.

TABEL 2.2 CLOCK 1 PRESCALE SELECT.

CS12	CS11	CS10	Deskripsi
0	0	0	Stop, Timer/Counter1 dihentikan
0	0	1	CK
0	1	0	CK/8
0	1	1	CK/64
1	0	0	CK/256
1	0	1	CK/1024
1	1	0	Kaki Eksternal T1, tepian jatuh
1	1	1	Kaki Eksternal T1, tepian naik

Register TCNT1 merupakan register yang berisi data 16-bit hasil perhitungan pencacah. Register ini memiliki fungsi akses langsung, baik untuk operasi

menulis atau membaca data. Register TCNT1 terbagi atas 2 register 8-bit, yaitu TCNT1H dan TCNT1L seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Register TCNT1

### 2.3 Tinjauan umum perangkat lunak

#### 2.3.1 Bahasa C<sup>[4]</sup>

Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah, yang memiliki kemampuan diatas bahasa assembly, serta memiliki kemudahan seperti bahasa tingkat tinggi lainnya. Bahasa ini digunakan untuk mengatur kerja dari Mikrokontroler ATmega8515. Bahasa C yang digunakan ini hampir semuanya sesuai dengan standar dari ANSI (*American National Standards Institute*) dengan penambahan beberapa fitur untuk menyesuaikan dengan arsitektur AVR dan sistem pada mikrokontroler. Program *compiler* C yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah CodeVisionAVR versi 1.24.6 Standard yang dapat diperoleh di website [www.hpinfotech.ro](http://www.hpinfotech.ro).

#### 2.3.2 CodeVisionAVR

CodeVisionAVR adalah pengkompiler bahasa C, dan pembangkit program secara otomatis yang dirancang untuk keluarga mikrokontroler Atmel AVR. CodeVisionAVR ini mengimplementasikan hampir semua elemen dari bahasa C, dimana fungsi-fungsinya ditambahkan untuk mendukung struktur keluarga mikrokontroler Atmel AVR dan sistem-sistem yang membutuhkannya. CodeVisionAVR sebagai perangkat lunak dapat juga difungsikan sebagai pemindah otomatis dari program yang dibuat kedalam *chip* mikrokontroler.

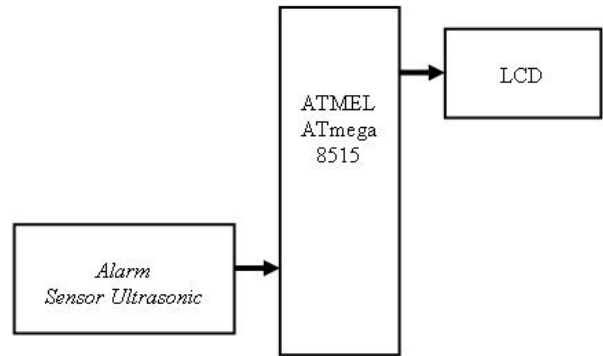
#### 2.3.3 Bahasa Rakitan (Assembler)

Bahasa yang lain yang digunakan adalah bahasa rakitan (*Assembler*). Program CodeVisionAVR juga mendukung bahasa rakitan untuk menginisialisasikan port LCD.

## III. PERANCANGAN

### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok sistem secara keseluruhan pada perancangan alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



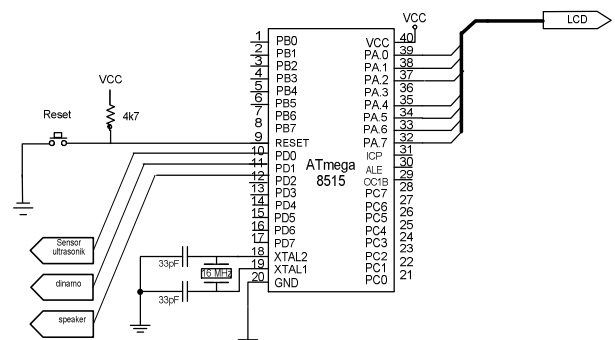
Gambar 3.1 Diagram blok sistem.

#### 3.1.1 Rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega8515

Mikrokontroler ini dirancang sebagai suatu rangkaian *single chip* seperti terlihat pada Gambar 3.2, sehingga dalam perancangannya cukup dibutuhkan rangkaian pembangkit *clock* (*crystal* dan kapasitor) dan *power supply*. Mikrokontroler diberi osilator kristal eksternal sebagai pembangkit frekuensi internal sebesar 16 MHz. Secara umum penggunaan port-port pada rangkaian ATmega8515 adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1.

TABEL 3.1 PENGGUNAAN PORT-PORT PADA ATMEGA8515.

Port ATMEGA8515	Fungsi
Port A	PA0-PA2, PA4 – PA7
Port B	Tidak digunakan
Port C	Tidak digunakan
Port D	PD0
Port D	PD1
Port D	PD2

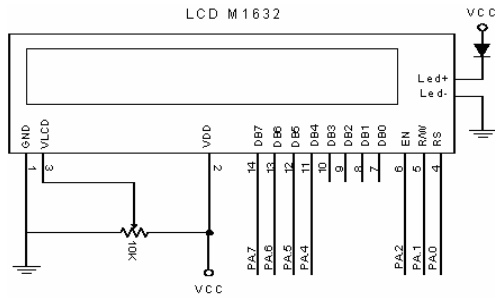


Gambar 3.2 Rangkaian pengontrol mikrokontroler ATmega8515.

#### 3.1.2 Liquid Crystal Display (LCD)

Perangkat ini digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan frekuensi kerja pada generator sinkron, menampilkan frekuensi batas bawah sebagai referensi,

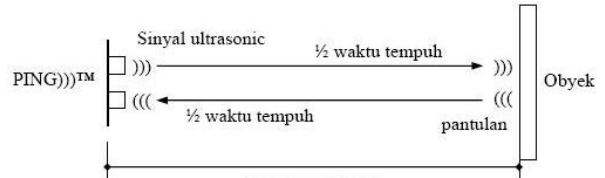
dan menampilkan keadaan dari sistem secara keseluruhan. Jenis LCD yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir ini adalah LCD matrix 2x16 seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian LCD M1632.

mikrokontroler sebagai pengendali. Lebar pulsa *high* ( $t_{IN}$ ) akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2x jarak ukur dengan objek seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Maka jarak yang diukur dapat dirumuskan sebagai berikut :

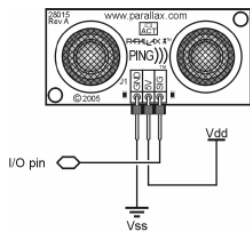
$$\text{Jarak} = \left[ \frac{t_{IN} \times 344 \text{ m/s}}{2} \right] \text{ meter}$$



Gambar 3.6 Ilustrasi cara kerja sensor PING.

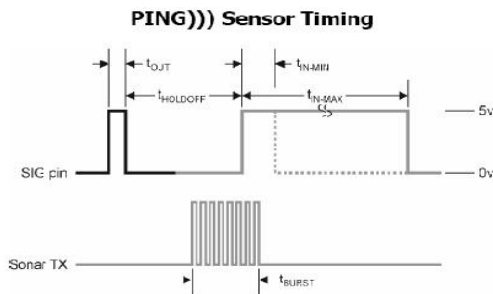
### 3.1.3 Rangkaian Sensor Ultrasonik

Sensor yang digunakan pada tugas akhir ini merupakan sebuah sensor ultrasonik buatan Parallax (Sensor PING Ultrasonik *Distance Sensor*). Rangkaian lengkap dari sensor ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sensor PING Ultrasonik *Distance Sensor*.

Sensor PING ini secara khusus didesain untuk dapat mengukur jarak sebuah benda padat (solid). Oleh karena itu pada bak 2, dipasang pelampung yang akan terdeteksi oleh sensor PING. *Range* jarak yang mampu diukur oleh sensor PING adalah 3 cm sampai dengan 300 cm. Sensor PING mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40kHz) selama waktu pemancaran kemudian mendeteksi pantulannya. Gambar 3.5 menunjukkan *timing diagram* dari Sensor PING



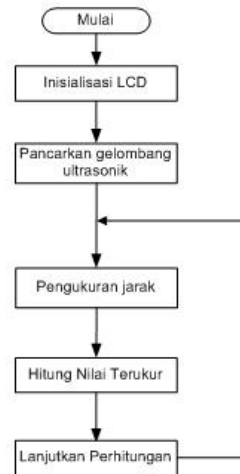
Gambar 3.5 Sensor PING Ultrasonik Range Finder *timing diagram*.

Sensor PING memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan pulsa *trigger* dari

## 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

### 3.2.1 Program utama

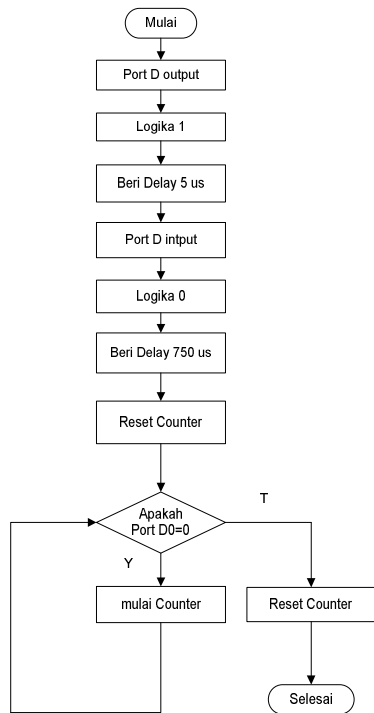
Bagian ini merupakan bagian utama dimana *compiler* akan melakukan inisialisasi dan pemanggilan fungsi-fungsi lain. Seperti pada Bahasa C yang biasa digunakan, fungsi `main()` merupakan fungsi istimewa. Hal ini karena fungsi ini merupakan titik awal dan titik akhir eksekusi program. Diagram alir (*flowchart*) program utama ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram alir program utama.

### 3.2.2 Fungsi Pancar

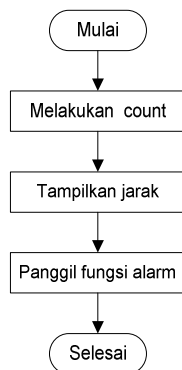
Fungsi `pancar()` berguna untuk memancarkan sinyal dari sensor ultrasonik. Dalam fungsi `pancar()` terdiri dari beberapa fungsi lain yang saling berhubungan. Diagram alir untuk fungsi `pancar()` terlihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram alir fungsi pancar().

### 3.2.3 Fungsi Hitung

Fungsi `hitung()` melakukan penghitungan jarak pancar sensor ultrasonik. Dimulai dengan melakukan penghentian `counter`, kemudian akan menampilkan jarak, setelah itu akan memanggil fungsi `alarm()`. Diagram alir fungsi `hitung()` diperlihatkan pada Gambar 3.9.

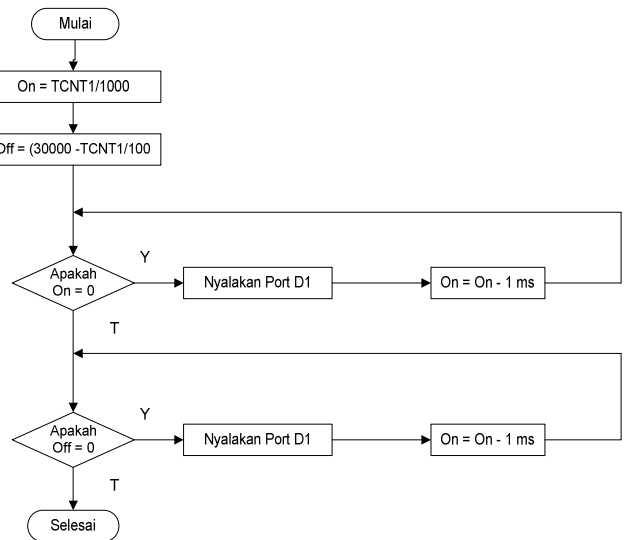


Gambar 3.9 Diagram alir fungsi hitung().

### 3.2.4 Fungsi Alarm

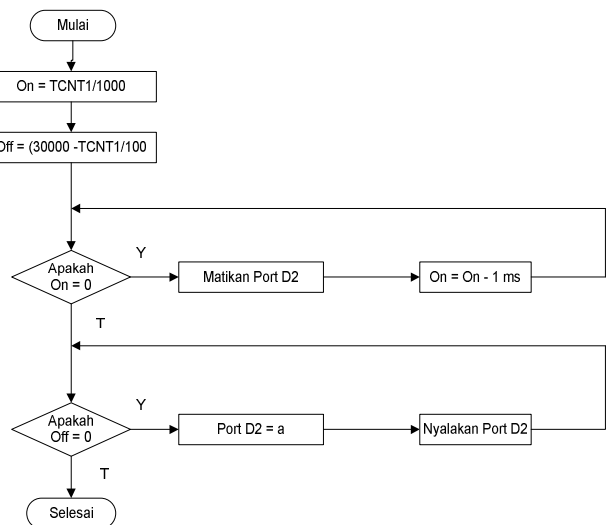
Fungsi `alarm()` berguna untuk penanda bila sensor mendeteksi adanya objek. Ada dua `alarm` yang digunakan, yaitu: dinamo getar dan suara `speaker`.

Pada dinamo getar, dinamo akan bergetar antara jarak 0 – 300 cm. semakin dekat sensor dengan objek maka getarannya akan semakin kuat. Diagram alir untuk fungsi `alarm()` untuk menggetarkan dinamo terlihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Diagram alir Fungsi alarm() pada dinamo.

Pada suara `speaker`, pada jarak 0 – 70 cm objek di depan sensor maka `speaker` akan memberikan bunyi 'bip' dengan `delay` 1 ms. Diagram alir untuk fungsi `alarm()` untuk membunyikan speaker terlihat pada Gambar 3.11.



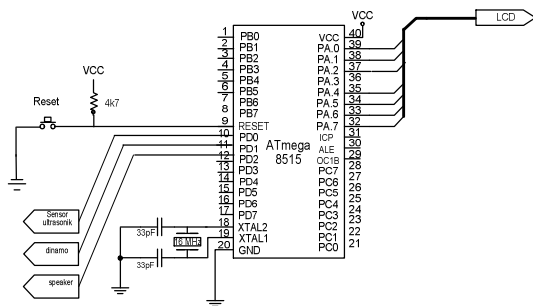
Gambar 3.11 Diagram alir Fungsi alarm() pada speaker.

#### IV. HASIL PENELITIAN

Pada bab pengujian dan analisa alat ini dilakukan pengujian pada sistem dengan melakukan pengukuran terhadap jarak dan hasilnya akan dibandingkan melalui pengukuran dengan menggunakan alat ukur biasa (meteran).

Pada bab pengujian dan analisa alat ini dilakukan dua pengujian, *pertama* pengukuran jarak benda dari arah depan sensor dan *kedua* dengan melakukan pengukuran dari arah jangkauan sensor sebesar 20°.

Sensor ultrasonik memiliki kemampuan untuk memancarkan dan menerima sinyal ultrasonik sudut jangkauan 20° kearah kanan dan kiri arah pancar sensor. Skema rangkaian pengujian seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Skema rangkaian pengujian alat.

##### 4.1 Pengukuran Jarak Dari Arah Depan Sensor

Pada pengujian ini, besarnya jarak yang terukur pada sensor akan tampil pada layar LCD. Kemudian hasil dari pengukuran ini dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan meteran yang diukur horizontal ke arah depan sensor. Hasil pengujian pengukuran jarak dari arah depan sensor ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian dengan alat ukur

Jarak yang terukur pada meteran (cm)	Jarak pada LCD Mikrokontroler ATmega8515 (cm)	Selisih jarak (cm)	Kesalahan (%)
0	2,67	2,67	39,56
3	2,98	0,02	0,29
10	10,05	0,05	0,74
20	20,12	0,12	1,78
30	29,93	0,07	1,03
40	41,02	1,02	15,11
50	50,08	0,08	1,19
60	60,54	0,54	8,00
70	70,13	0,13	1,92
80	80,21	0,21	3,1
90	89,74	0,26	3,85
100	101,29	1,29	19,11
120	120,51	0,51	7,56
130	130,36	0,36	5,33
140	139,89	0,11	1,62
150	150,34	0,34	5,03
160	162,32	2,32	34,37
170	170,28	0,28	4,15
180	179,94	0,06	0,89
190	190,53	0,53	7,85
200	201,41	1,41	20,89
210	209,97	0,03	0,44
220	222,04	2,04	30,22
230	230,76	0,76	11,26
240	239,33	0,67	9,92
250	251,19	1,19	17,62
260	260,55	0,55	8,15
270	271,08	1,08	16,00
280	280,78	0,78	11,56
290	289,83	0,17	2,52
300	302,21	2,21	32,74
310	311,62	1,62	24,00
320	320,54	0,54	8,00
330	332,92	2,92	43,26
340	333,35	6,65	98,52
350	333,35	16,65	246,67
360	333,35	26,65	394,81
370	333,35	36,65	542,96
380	333,35	46,65	691,11
390	333,35	56,65	839,26
400	333,35	66,65	987,41

##### 4.2 Pengukuran Jarak Dari Arah 10° Jangkauan Sensor

Pada pengujian ini, Pada pengukuran ini dilakukan pada arah jangkauan sudut 10°. Kemudian hasil dari pengukuran ini dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan meteran. Hasil pengujian pengukuran jarak dari arah 10° jangkauan sensor ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian dengan alat ukur

Jarak yang terukur pada meteran (cm)	Jarak pada LCD Mikrokontroler ATmega8515 (cm)	Selisih jarak (cm)	Kesalahan (%)
0	2,67	2,67	39,38
3	2,16	0,84	12,39
10	9,31	0,69	10,18
20	19,07	1,07	15,78
30	29,28	0,72	10,62
40	40,53	0,53	7,82
50	48,94	1,06	15,63
60	60,35	0,35	5,16
70	71,52	1,52	22,42
80	79,21	0,79	11,65
90	88,65	1,35	19,91
100	100,57	0,57	8,41
120	120,64	0,64	9,43
130	129,88	0,12	1,77
140	140,08	0,08	1,18
150	151,74	1,74	25,66
160	159,42	0,58	8,55
170	170,33	0,33	4,87
180	180,54	0,54	7,96
190	190,96	0,96	14,16
200	198,32	1,68	29,20
210	210,78	0,78	11,50
220	219,02	0,98	14,45
230	230,69	0,69	10,18
240	241,12	1,12	16,52
250	251,30	1,30	19,17
260	259,33	0,67	9,88
270	270,75	0,75	11,06
280	280,23	0,23	3,39
290	292,01	2,01	29,64
300	300,85	0,85	12,54
310	309,65	0,35	5,16
320	320,27	0,27	3,98
330	329,48	0,52	7,67
340	333,35	6,65	98,08
350	333,35	16,65	245,57
360	333,35	26,65	393,07
370	333,35	36,65	540,56
380	333,35	46,65	688,05
390	333,35	56,65	835,55
400	333,35	66,65	983,04

Dengan memperhatikan range sensitifitas dari sensor pada referensi antara 3 cm sampai dengan 300 cm. Ternyata tidak berbeda dengan yang ditampilkan pada layar LCD. Pada jarak yang lebih kecil dari 3 cm layar LCD menampilkan jarak yang relatif tetap 2,16 cm. Untuk jarak lebih besar dari 3 m, Pada layar LCD menampilkan jarak yang relatif tetap 333,35 cm. Sedangkan pada daerah jangkauan sensor antara 3 cm sampai dengan 300 cm, hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya.

Perbedaan nilai ini dapat disebabkan karena adanya faktor toleransi dari masing-masing komponen sehingga menyebabkan adanya sedikit penyimpangan dari kondisi idealnya.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian pengukuran jarak dari arah depan horizontal pada sensor dibandingkan dengan jarak yang terukur pada meteran, pada jarak yang lebih kecil dari 3 cm layar LCD menampilkan jarak yang relatif tetap 2,67 cm.

Untuk jarak lebih besar dari 300 cm, Pada layar LCD menampilkan jarak yang relatif tetap 333,35 cm. Sedangkan pada daerah jangkauan sensor antara 3 cm sampai dengan 300 cm, hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya

2. Pada pengujian pengukuran jarak dari arah depan sudut  $10^\circ$  dibandingkan dengan jarak yang terukur pada pada meteran, pada jarak yang lebih kecil dari 3 cm layar LCD menampilkan jarak yang relatif tetap 2,16 cm. Untuk jarak lebih besar dari 300 cm, Pada layar LCD menampilkan jarak yang relatif tetap 333,35 cm. Sedangkan pada daerah jangkauan sensor antara 3 cm sampai dengan 300 cm, hasil pengukuran mendekati nilai yang sebenarnya.
3. Eksekusi program atau jumlah *looping* pada mikrokontroler ATmega8515 dan toleransi harga dari suatu komponen sangat berpengaruh dalam pengukuran jarak pada sensor ultrasonik.

## 5.2 Saran

Dari hasil perancangan dan pembuatan alat ini serta pengujian yang telah dilakukan dapat diberikan saran bahwa sistem ini dapat diaplikasikan ke dalam sistem yang lebih kompleks, sehingga didapat suatu sistem yang handal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bueche R.J., 1986. *Introduction to Physics for Scientists and Engineers*, Mc Graw-Hill, New York, pp 50-56.
- [2] Wollard, Barry, *Elektronika Praktis*, Pradnya Paramitha, Jakarta, 1988.
- [3] Fitzgerald, A. E., D. E. Higginbotham, and A. Gabel, *Basic Electrical Engineering*, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1981.
- [4] Kadir, A., *Pemrograman Dasar Turbo C untuk IBM PC, ANDI Offset*, Yogyakarta, 1997.
- [5] Kleitz, William, *Digital Electronics, a Practical Approach*, Fifth Edition, Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 1999.
- [6] Malvino, A. P., *Prinsip-prinsip Elektronik*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1999.
- [7] Tocci, Ronald J., *Digital Systems, Principles and Application*, Fifth Edition, Prentice Hall Internasional, Inc., 1991.
- [8] Tokheim, Roger L., *Digital Electronics*, Second Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1990.
- [9] Tokheim, Roger L., *Prinsip-prinsip Digital, Seri Buku Schaum, Teori dan Soal-soal*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [10] Wasito S., *Vademekum Elektronika*, Edisi Kedua, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.
- [11] ---, *8-bit AVR Microcontroller instruction set*, <http://www.atmel.com>, 2005.
- [12] ---, *8-bit Microcontroller with 8 K Bytes Flash, ATmega8515 datasheet*, <http://www.atmel.com>, 2005.
- [13] ---, *CodeVisionAVR User Manual*, Version 1.0.1.7, HP InfoTech, 2001.
- [14] ---, *Instruction Set*, <http://www.atmel.com>.
- [15] ---, *PING)))™ Ultrasonic Distance Sensor User Manual*, <http://www.parallax.com>.



**Sundrya Aldrin (L2F099642)**

Dilahirkan di Palopo, 06 September 1981. Saat ini masih menjadi Mahasiswa Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang dengan konsentrasi Kontrol.

Mengetahui dan Mengesahkan

Pembimbing I

Pembimbing II

Sumardi, ST, MT

NIP. 132 125 670

Tanggal: \_\_\_\_\_

Iwan Setiawan, ST, MT

NIP. 132 283 183

Tanggal: \_\_\_\_\_