



**PROTOTYPE INSTRUMEN PENDETEKSI JARAK DAN POSISI
BENDA MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN
TAMPILAN PADA PC**

SKRIPSI

Oleh

Zanuar Ardiansyah

NIM. 061910201108

**PROGRAM STUDI STRATA-I TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2011



**PROTOTYPE INSTRUMEN PENDETEKSI JARAK DAN POSISI
BENDA MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN
TAMPILAN PADA PC**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata-I Teknik Elektro
guna mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Zanuar Ardiansyah

NIM. 061910201108

PROGRAM STUDI STRATA-I TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

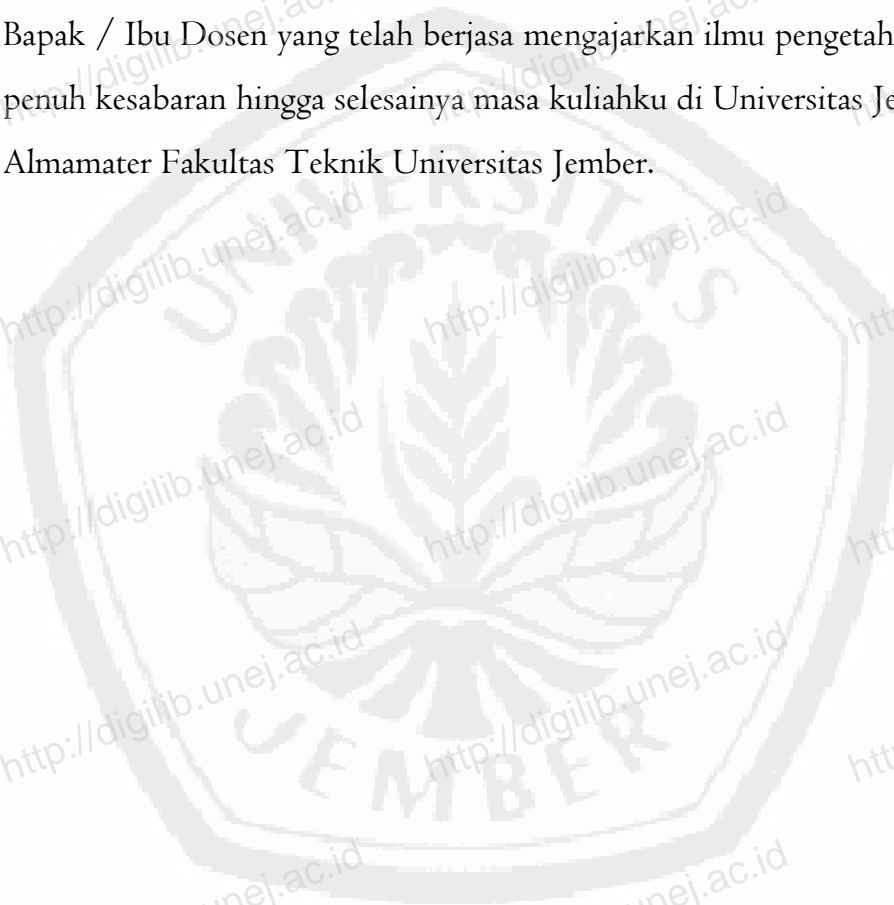
UNIVERSITAS JEMBER

2011

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah sebuah karya yang aku persembahkan untuk :

- I Kedua orang tuaku, beserta saudara-saudaraku semua yang telah memberikan dukungan dan doa restunya hingga selesainya kuliahku.
- 2 Bapak / Ibu Dosen yang telah berjasa mengajarkan ilmu pengetahuan dengan penuh kesabaran hingga selesainya masa kuliahku di Universitas Jember.
- 3 Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



MOTTO

***"Allah SWT tidak memikulkan tanggung jawab kepada seseorang
melainkan sesuai dengan kesanggupannya"***

(QS. Al-Baqoroh : 286)*

***"Lakukanlah segala kebaikan dengan niat, usaha dan do'a, serta
bersabarlah"***

(Zanuar Ardiansyah)

*) Departemen Agama RI. 2007. Al – Quran dan Terjemahnya. Bandung: Erlangga.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zanuvar Ardiansyah

NIM : 061910201108

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Prototype Instrumen Pendeteksi Jarak dan Posisi Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Tampilan pada PC*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtransi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2011

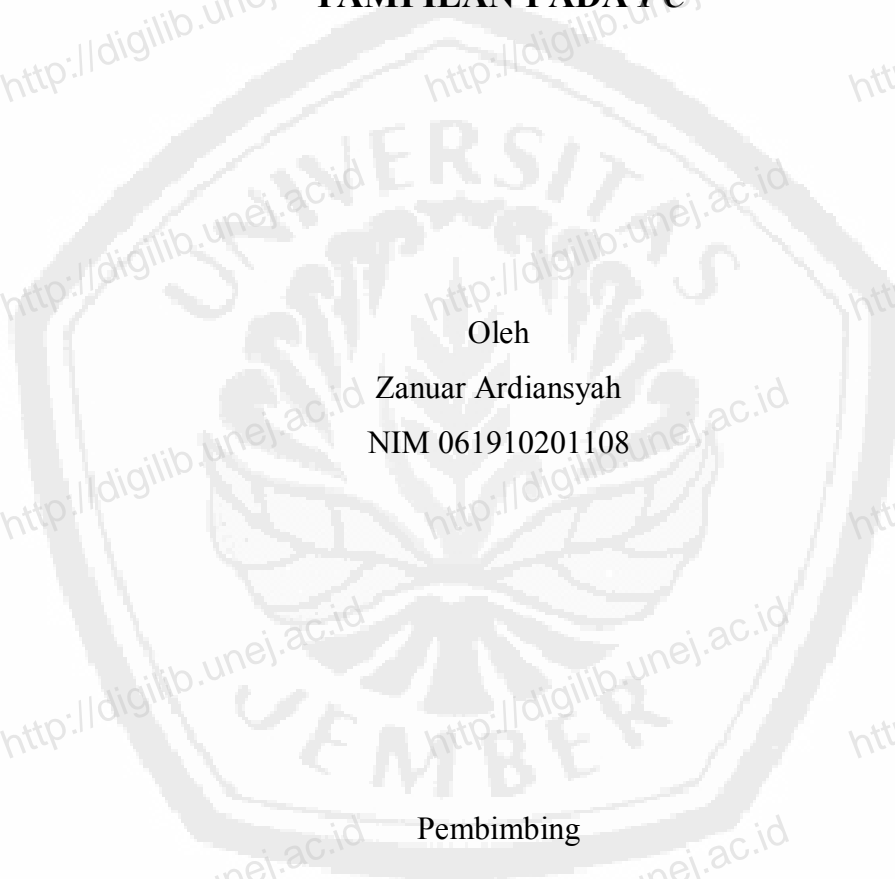
Yang menyatakan,

Zanuvar Ardiansyah

NIM 061910201108

SKRIPSI

**PROTOTYPE INSTRUMEN PENDETEKSI JARAK DAN POSISI
BENDA MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN
TAMPILAN PADA PC**



Oleh

Zanuar Ardiansyah

NIM 061910201108

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Sumardi, ST., MT

Dosen Pembimbing Anggota : Dwiretno Istiyadi Swasono, ST.,MKom

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Prototype Instrumen Pendeteksi Jarak dan Posisi Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Tampilan pada PC*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember Pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 5 Oktober 2011

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama (Ketua Penguji)

Pembimbing Anggota (Sekretaris)

Sumardi, ST.,MT

NIP. 19670113 199802 1 001

Dwiretno Istiyadi Swasono, ST.,MKom

NIP. 19780330 200312 1 003

Mengetahui,

Penguji I

Penguji II

Khairul Anam, S.T.,M.T

NIP. 19780405 200501 1 002

H.R.B.Moch Gozali, S.T.,M.T

NIP. 19690608 199903 1 002

Mengesahkan,

an. Dekan

Pembantu Dekan I,

Mahros Darsin, ST., M.Sc.

NIP. 19700322 199501 1 001

**PROTOTYPE INSTRUMEN PENDETEKSI JARAK DAN POSISI BENDA
MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK
DENGAN TAMPILAN PADA PC**

Zanuar Ardiansyah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Pada penelitian ini dibuat *prototype* untuk mendeteksi jarak dan posisi suatu obyek, kemudian hasil pendeteksian tersebut ditampilkan pada layar komputer sebagai animasi. *Prototype* ini mempunyai komponen utama adalah sensor ultrasonik, sistem minimum ATmega 8535L untuk memprogram kerja sensor ultrasonik dan juga telah dilengkapi dengan IC MAX232 untuk komunikasi serial dengan, motor DC servo *continuous*, sistem minimum ATmega 16A untuk memprogram kerja motor servo. Untuk membuat tampilan animasi pada PC menggunakan *software* Visual Basic 6.0. Prinsip kerja alat ini adalah dengan menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak yang diputar oleh sebuah motor servo. Oleh motor servo tersebut sensor diputar 360° secara bolak balik dalam proses *scanning object*. Sedangkan arah sudut putaran motor servo akan dideklarasikan sebagai pendeteksi posisi sudut dari target, yaitu dengan melakukan sinkronisasi putaran antara motor servo dan animasi pada PC. Misalnya pada tampilan tertulis 1000 mm sudut 90, artinya obyek yang dideteksi berada pada jarak 1000 mm dari pusat sensor dengan posisi pada sudut 90° dari posisi *start* putaran sensor. Setelah melalui beberapa pengujian, maka didapatkan hasil bahwa keakuratan *prototype* dipengaruhi oleh bentuk permukaan obyek yang dideteksi. Hal ini dibuktikan dengan hasil percobaan dengan obyek benda tabung memiliki eror 1% sedangkan benda balok 0.25%. Selain itu sudut datang dan sudut pantul gelombang ultrasonik yang membentur obyek juga berpengaruh terhadap hasil pengukuran, misalnya pada percobaan dengan obyek berbentuk ruangan persegi dengan eror terbesar untuk sudut datang 0° adalah 7.442% dan untuk eror terbesar pada sudut datang 30° adalah 27.688%.

Kata kunci : Sensor Ultrasonik, Motor Servo, Komunikasi Serial, ATmega 8535, ATmega 16, Alat Pendeteksi

PROTOTYPE RANGE AND POSITION OBJECT DETECTION USING ULTRASONIC SENSOR WITH DISPLAY ON PC

Zanuar Ardiansyah

Electrical Engineering Department, Faculty of Technology, University of Jember

ABSTRACT

In this research, prototype was made to detect the distance and position of an object, then the detection results are displayed on the computer screen as an animated. The main components of the prototype are ultrasonic sensor, the minimum system ATmega 8535L for programming ultrasonic sensor and also equipped with IC MAX232 for serial communication with computer, minimum system ATmega 16A and DC servo motor continuous. To create a animation in the computer, used the software Visual Basic 6.0. The work principle of this prototype is using ultrasonic sensor as range detector that rotated by a servo motor. Ultrasonic sensor rotated 360° counter clock wise and clock wise to scanning object. The direction of servo motor rotation was declared as position detector, that is by synchronize the timer between servo motor rotation with the animation on PC screen. For example in animation displayed 1000 mm angle 90°, it mean the object is detected at range 1000 mm from the center of the sensor, with position at angle 90° from the starting sensor rotation. Accuracy is affected by ultrasonic wave and surface of object that detected. For example from results of experiment for object with tube body have error 1%, while beam object have error 0.25%. In addition the direction of arrive angle and reflected angle of ultrasonic wave that hit the object also affects the measurement result, e.g. in the experiment for object with square room have result largest error for arrive angle 0° is 7.442% and the largest error for arrive angle 30° is 27.688%.

Keyword: *Ultrasonic Sensor, Servo Motor, Serial Communication, ATmega 8535, ATmega 16, Detection Instrument*

RINGKASAN

Prototype Instrumen Pendeteksi Jarak dan Posisi Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Tampilan pada PC; Zanuar Ardiansyah; 061910201108; 2011; 100 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang mengaplikasikan gelombang untuk mendeteksi adanya suatu obyek. Pada sensor terdapat *transmitter* yang memancarkan gelombang ultrasonik, kemudian saat gelombang tersebut membentur suatu obyek maka gelombang akan dipantulkan. Pantulan gelombang tersebut kemudian ditangkap oleh *receiver* ultrasonik. Waktu tempuh gelombang yang dipancarkan terhadap gelombang yang dipantulkan itulah yang menjadi perhitungan untuk mengukur jarak obyek yang dideteksi. Dalam dunia robotika sensor ultrasonik digunakan sebagai pendeteksi halangan non kontak agar robot tidak menabrak, contoh aplikasinya dalam industri adalah sebagai pengukur *level* ketinggian zat dalam tangki tertutup, dan lain sebagainya.

Prototype ini bekerja dengan memanfaatkan sensor ultrasonik yang diputar menggunakan motor servo sejauh 360° secara bolak balik dalam proses *scanning object*. Berdasarkan jarak yang dideteksi dan posisi sudut putaran motor servo tersebut maka dapat dideklarasikan koordinat obyek yang dideteksi. Sedangkan output dari alat ini akan ditampilkan pada *PC (Personal Computer)* dalam bentuk animasi seperti radar. Untuk komunikasi data antara *PC* dengan *prototype* ini menggunakan komunikasi *port* serial. Pada alat ini terdapat dua buah sistem minimum mikrokontroler, yaitu sistem minimum ATmega 8535L yang dilengkapi IC MAX232 untuk komunikasi data dengan *PC* melalui *port* serial. Sistem minimum ATmega 8535L ini juga berfungsi untuk memprogram kerja sensor ultrasonik lalu mengirim data hasil pengukurannya ke *PC*. Sedangkan yang kedua adalah sistem minimum ATmega 16A yang berfungsi untuk mengatur putaran motor servo. Untuk

tampilan animasi pada PC dibuat menggunakan *software* Visual Basic 6.0, pada animasi akan ditampilkan jarak dalam satuan milimeter dan posisi dalam sudut. Misalnya pada animasi tertulis data 1000 mm sudut 90, artinya obyek yang dideteksi berada pada jarak 1000 mm dari pusat sensor dengan posisi pada sudut 90° dari posisi *start* putaran sensor. Jadi untuk menghasilkan data yang akurat maka yang harus dilakukan adalah mengkalibrasi sensor ultrasonik dalam pengukuran jarak dan sinkronisasi putaran motor servo terhadap animasi pada *PC* agar pendeklarasian posisi obyek lebih akurat.

Dari hasil percobaan dan analisa data maka dapat diambil kesimpulan bahwa *prototype* ini sudah dapat bekerja dengan cukup baik, namun diperlukan adanya pengembangan dan penyempurnaan agar alat ini dapat menghasilkan data yang lebih akurat. Keakuratan *prototype* dalam mendeteksi jarak suatu obyek sangat dipengaruhi oleh karakteristik sensor ultrasonik dan obyek yang dideteksi. Obyek dengan permukaan datar dan tepat menghadap kepala sensor akan menghasilkan pengukuran jarak yang lebih akurat. Sedangkan keakuratan dalam mendeteksi posisi suatu obyek bergantung pada keakuratan sinkronisasi program animasi dengan program motor servo. *Prototype* ini tidak efektif dalam mendeteksi jarak dan posisi obyek yang terbuat dari bahan *sound damper* seperti *sponge*. *Prototype* ini dapat bekerja dengan seting parameter *port* serial adalah *baud rate* = 9600, *data bits* = 8, *bit parity* = None, *stop bits* = 1.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Prototype Instrumen Pendeteksi Jarak dan Posisi Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Tampilan pada PC.*” Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

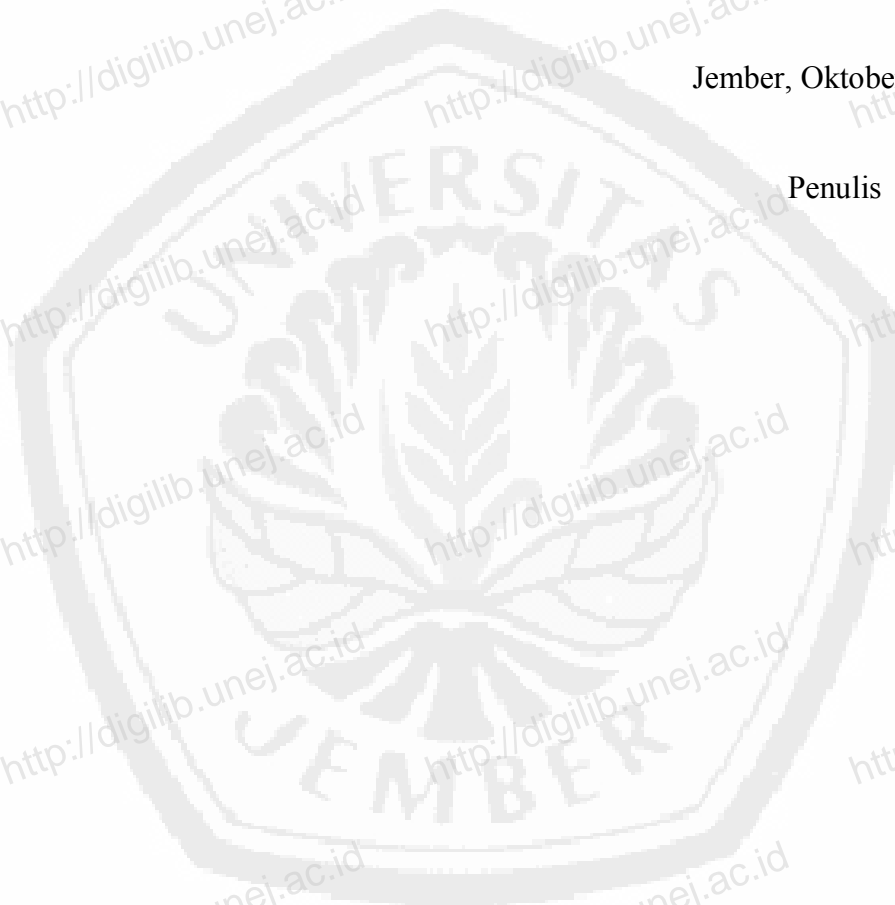
Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Sumardi, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Utama dalam skripsi ini.
3. Dwiretno Istiyadi Swasono, ST.,MKom selaku Dosen Pembimbing Anggota.
4. Khairul Anam, S.T.,M.T. dan H.R.B.Moch Gozali S.T.,M.T. selaku Tim Penguji.
5. Kedua orang tuaku, beserta saudara-saudaraku semua yang telah memberikan dukungan dan doa restunya hingga selesainya kuliahku.
6. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.
7. Teman – teman seperjuangan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik yang telah membantu selama kuliah dan proses penyusunan skripsi ini.
8. Teman – teman kost yang selama ini juga memberikan semangat dan bantuannya hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
9. Ferawati, Amd. Kep beserta keluarga yang telah memberikan bantuan dan dukungannya hingga dapat terselesaikannya penyusunan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bantuan kalian dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan demi perkembangan karya ini agar menjadi semakin lebih baik.

Jember, Oktober 2011

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mikrokontroler ATmega 8535L dan 16A	4
2.2 Komunikasi <i>Port</i> Serial Mikrokontroler dengan <i>PC</i>	7
2.3 Sensor Ultrasonik	11
2.4 Motor Servo	18
2.5 <i>CodeVisionAVR</i>	20

2.6	<i>Microsoft Visual Basic 6.0</i>	22
BAB 3. METODE PENELITIAN		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.1.1	Tempat Penelitian	23
3.1.2	Waktu Penelitian	23
3.2	Alat dan Bahan	23
3.2.1	<i>Hardware</i>	23
3.2.2	<i>Software</i>	25
3.2.3	Pendukung	26
3.3	Tahap Penelitian	26
3.4	Desain Penelitian	28
3.4.1	Desain Konstruksi <i>Hardware</i>	28
3.4.2	Desain Kontruksi <i>Software</i>	30
3.4.3	Sistem Kerja Alat	45
3.4.4	Langkah Pengoperasian Alat	45
BAB 4. HASIL DAN ANALISA DATA		
4.1	Pengujian <i>Hardware</i>	46
4.1.1	Pengujian <i>Power Supply</i>	46
4.1.2	Pengujian Sistem Minimum ATMega 8535L	47
4.1.3	Pengujian Sistem Minimum ATMega 16A	48
4.1.4	Pengujian Sensor Ultrasonik	48
4.1.5	Pengujian Motor Servo	50
4.2	Pengujian <i>Software</i>	51
4.2.1	Pengujian Program untuk Sensor Ultrasonik	51
4.2.2	Pengujian Program untuk Motor Servo	52
4.2.3	Pengujian Program untuk Animasi pada <i>PC</i>	52
4.3	Pengujian Alat Secara Keseluruhan	54
4.3.1	Pengujian Pendeteksian Obyek	55
	A. Obyek Kaleng	55

B. Obyek <i>Sponge</i>	58
C. Pendeteksian 2 Obyek Berdekatan	61
4.3.3 Pengujian Terhadap Obyek Berbentuk Ruang.....	65
A. Ruang Berbentuk Persegi.....	65
B. Ruang Berbentuk Lingkaran	76
4.3.4 Pengujian di Ruang Tertutup dan Terbuka.....	79
A. Pengujian di Ruang Tertutup	79
B. Ruang di Ruang Terbuka.....	89

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran	100

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konfigurasi saluran RS232 pada konektor DB-9.....	9
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	23
Tabel 3.2 <i>Timing</i> sinyal USIRR.....	33
Tabel 4.1 Hasil pengukuran tegangan keluaran dari <i>power supply</i>	46
Tabel 4.2 Data pengujian sistem minimum ATmega 8535L	47
Tabel 4.3 Data pengujian sistem minimum ATmega 16A.....	48
Tabel 4.4 Data hasil pengujian sensor ultrasonik	49
Tabel 4.5 Data hasil pengujian motor servo	50
Tabel 4.6 Data hasil pengujian program untuk sensor ultrasonik.....	51
Tabel 4.7 Data hasil pengujian program untuk motor servo	52
Tabel 4.8 Data hasil pengujian program untuk animasi pada <i>PC</i>	53
Tabel 4.9 Data hasil pengujian sinkronisasi posisi sudut antara motor servo dengan <i>software</i> animasi.....	54
Tabel 4.10 Data hasil pendeteksian jarak dengan obyek kaleng	56
Tabel 4.11 Data hasil pendeteksian jarak dengan obyek <i>sponge</i>	59
Tabel 4.12 Data hasil pengujian pendeteksian 2 obyek yang berdekatan saat <i>scanning</i> putar kiri	64
Tabel 4.13 Data hasil pengujian pendeteksian 2 obyek yang berdekatan saat <i>scanning</i> putar kanan	64
Tabel 4.14 Data hasil pengujian <i>prototype</i> dengan obyek ruangan berbentuk persegi.....	66
Tabel 4.15 Data hasil pendeteksian jarak dengan obyek ruangan berbentuk persegi pada saat sudut datang gelombang ultrasonik 0° terhadap sisi dinding	68

Tabel 4.16	Data hasil pendeteksian jarak dengan obyek ruangan berbentuk persegi pada saat sudut datang gelombang ultrasonik 30° terhadap sisi dinding	70
Tabel 4.17	Data hasil pendeteksian jarak untuk pengukuran jarak sensor terhadap sudut-sudut ruangan	73
Tabel 4.18	Data hasil pendeteksian jarak dengan obyek ruangan berbentuk lingkaran.	77
Tabel 4.19	Data hasil <i>scanning</i> pendeteksian jarak di ruang tertutup tanpa obyek	80
Tabel 4.20	Data hasil pendeteksian jarak di ruang tertutup dengan obyek tabung.....	82
Tabel 4.21	Data hasil pendeteksian jarak di ruang tertutup dengan obyek balok.....	86
Tabel 4.22	Data hasil pendeteksian jarak dengan target benda tabung dan balok di ruang tertutup	88
Tabel 4.23	Data hasil pendeteksian jarak dengan target benda tabung di ruang terbuka.....	91
Tabel 4.24	Data hasil pendeteksian jarak dengan target benda balok di ruang terbuka.....	94
Tabel 4.25	Data hasil pendeteksian jarak dengan target benda tabung dan balok di ruang terbuka.....	96

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Pin ATmega 8535L dan 16A	4
Gambar 2.2	Rangkaian sistem minimum untuk ATmega 8535L dan 16A...	6
Gambar 2.3	ISP <i>downloader</i>	7
Gambar 2.4	Konektor DB-9.....	8
Gambar 2.5	Rangkaian <i>level converter</i> menggunakan IC MAX232	11
Gambar 2.6	Karakteristik gelombang ultrasonik	12
Gambar 2.7	Sensor Ultrasonik.....	12
Gambar 2.8	Cara kerja sensor ultrasonik.....	13
Gambar 2.9	Multi refleksi yang dapat dialami sensor ultrasonik	15
Gambar 2.10	Contoh batas zona sensor ultrasonik	16
Gambar 2.11	Contoh karakteristik <i>directional</i> sensor ultrasonik	17
Gambar 2.12	Pancaran sinyal sensor PING)))	17
Gambar 2.13	Motor servo dengan <i>horn</i> bundar dan <i>horn X</i>	18
Gambar 2.14	Pengendalian motor servo <i>standard</i> menggunakan PWM	19
Gambar 3.1	Desain <i>Hardware</i>	28
Gambar 3.2	<i>Prototype Instrumen Pendeteksi Jarak dan Posisi Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Tampilan pada PC</i> ..	29
Gambar 3.3	Rangkaian <i>power supply</i>	30
Gambar 3.4	Sinyal USIRR	33
Gambar 3.5	<i>Flowchart</i> pemrograman sensor ultrasonik	36
Gambar 3.6	<i>Flowchart</i> pemrograman motor servo	39
Gambar 3.7	Susunan <i>form</i> untuk tampilan animasi dibuat dengan <i>software</i> Visual Basic 6.0	40
Gambar 3.8	Tampilan animasi ketika dijalankan tetapi tidak ada data masuk	1
Gambar 3.9	<i>Flowchart</i> pemrograman animasi pada <i>PC</i>	44

Gambar 4.1	Grafik eror % pengukuran sensor ultrasonik.....	50
Gambar 4.2	Pengujian <i>prototype</i> dengan obyek kaleng.....	55
Gambar 4.3	Pengujian <i>prototype</i> dengan obyek kaleng pada jarak 1000 mm dan sudut 270°.....	57
Gambar 4.4	Pantulan gelombang ultrasonik pada permukaan benda berbentuk lingkaran.....	58
Gambar 4.5	Pengujian <i>prototype</i> dengan obyek <i>sponge</i>	59
Gambar 4.6	Pengujian <i>prototype</i> dengan obyek <i>sponge</i> pada jarak 400 mm dan sudut 270°	60
Gambar 4.7	Pengujian pendeteksian 2 obyek yang berdekatan.....	61
Gambar 4.8	Pengujian saat balok A pada posisi sudut 80° dan balok B pada 100°	62
Gambar 4.9	Pengujian saat balok A pada posisi sudut 70° dan balok B pada 110°	62
Gambar 4.10	Pengujian saat balok A pada posisi sudut 60° dan balok B pada 120°	63
Gambar 4.11	Pengujian saat balok A pada posisi sudut 50° dan balok B pada 130°	63
Gambar 4.12	Pengujian terhadap ruangan berbentuk persegi	65
Gambar 4.13	Sudut datang gelombang ultrasonik 0° terhadap sisi dinding....	67
Gambar 4.14	Sudut datang gelombang ultrasonik 30° terhadap sisi dinding .	69
Gambar 4.15	Pancaran dan pantulan gelombang ultrasonik	71
Gambar 4.16	Pengukuran jarak terhadap sudut-sudut ruangan	72
Gambar 4.17	Pengujian dengan obyek ruangan berbentuk persegi saat <i>scanning</i> putar kiri.....	74
Gambar 4.18	Pengujian dengan obyek ruangan berbentuk persegi saat <i>scanning</i> putar kanan.....	75
Gambar 4.19	Pengujian dengan obyek ruangan berbentuk lingkaran.....	76

Gambar 4.20	Hasil grafis pengujian dengan obyek ruangan berbentuk lingkaran saat <i>scanning</i> putar kiri.....	78
Gambar 4.21	Hasil grafis pengujian dengan obyek ruangan berbentuk lingkaran saat <i>scanning</i> putar kanan.....	78
Gambar 4.22	Ilustrasi dua dimensi bentuk ruangan dan posisi alat tampak dari atas.....	79
Gambar 4.23	Hasil <i>scanning</i> ruangan tertutup tanpa obyek saat <i>scanning</i> putar kiri.....	80
Gambar 4.24	Hasil <i>scanning</i> ruangan tertutup tanpa obyek saat <i>scanning</i> putar kanan.....	81
Gambar 4.25	Pengujian dengan target benda tabung dalam ruang tertutup....	81
Gambar 4.26	Hasil animasi dengan obyek tabung dalam ruang tertutup saat <i>scanning</i> putar kiri.....	82
Gambar 4.27	Hasil animasi dengan obyek tabung dalam ruang tertutup saat <i>scanning</i> putar kanan.....	83
Gambar 4.28	Pengujian dengan target benda balok dalam ruang tertutup.....	84
Gambar 4.29	Hasil animasi dengan obyek balok dalam ruang tertutup saat <i>scanning</i> putar kiri.....	84
Gambar 4.30	Hasil animasi dengan obyek balok dalam ruang tertutup saat <i>scanning</i> putar kanan.....	85
Gambar 4.31	Pengujian dengan obyek tabung dan balok sekaligus di ruang tertutup.....	86
Gambar 4.32	Hasil animasi dengan obyek tabung dan balok sekaligus dalam ruang tertutup saat <i>scanning</i> putar kiri.....	88
Gambar 4.33	Hasil animasi dengan obyek tabung dan balok sekaligus dalam ruang tertutup saat <i>scanning</i> putar kanan.....	88
Gambar 4.34	Pengujian di ruang terbuka.....	89
Gambar 4.35	<i>Scanning</i> ruang terbuka saat putar kiri.....	90
Gambar 4.36	<i>Scanning</i> ruang terbuka saat putar kanan.....	90

Gambar 4.37	Pengujian dengan target benda tabung di ruang terbuka.....	91
Gambar 4.38	Hasil animasi pengujian dengan target benda tabung di ruang terbuka saat <i>scanning</i> putar kiri	92
Gambar 4.39	Hasil animasi pengujian dengan target benda tabung di ruang terbuka saat <i>scanning</i> putar kanan.....	92
Gambar 4.40	Pengujian dengan target benda balok di ruang terbuka.....	93
Gambar 4.41	Hasil animasi pengujian dengan target benda balok di ruang terbuka saat <i>scanning</i> putar kiri	94
Gambar 4.42	Hasil animasi pengujian dengan target benda balok di ruang terbuka saat <i>scanning</i> putar kanan.....	95
Gambar 4.43	Pengujian dengan obyek tabung dan balok sekaligus di ruang terbuka	96
Gambar 4.44	Hasil animasi pengujian dengan target benda tabung dan balok di ruang terbuka saat <i>scanning</i> putar kiri	97
Gambar 4.45	Hasil animasi pengujian dengan target benda tabung dan balok di ruang terbuka saat <i>scanning</i> putar kanan.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

- A. Listing Program Untuk Sensor Ultrasonik.
- B. Listing Program Untuk Motor Servo.
- C. *Form* dan Listing Program Untuk Animasi pada *PC*.
- D. Foto “*Prototype Instrumen Pendeteksi Jarak dan Posisi Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik dengan Tampilan pada PC*”.

