

**RANCANG BANGUN GENERATOR GELOMBANG ULTRASONIK
BERBASIS MIKROKONTROLER DAN IMPLEMENTASINYA
UNTUK PENGUKURAN PERGESERAN BENDA**

SKRIPSI

Oleh:

**SAIFUL BAHAR
0510930053-93**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2010**

**RANCANG BANGUN GENERATOR GELOMBANG
ULTRASONIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN
IMPLEMENTASINYA UNTUK PENGUKURAN
PERGESERAN BENDA**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

SAIFUL BAHAR

0510930053 - 93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2010

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN GENERATOR GELOMBANG
ULTRASONIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN
IMPLEMENTASINYA UNTUK PENGUKURAN
PERGESERAN BENDA**

Oleh :

SAIFUL BAHAR
0510930053-93

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Pembimbing I

Pembimbing II

DR. Eng. Agus Naba S.Si., M.T
NIP. 197208061995121001

Ir.D.J. Djoko H.S., M.Phil., Ph.D
NIP. 196601311990021001

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Brawijaya**

Drs. Adi Susilo,M.Si,Ph.D
NIP. 196312271991031002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : SAIFUL BAHAR
NIM : 051093053-93
Jurusan : Fisika
Penulisan Skripsi Berjudul :

**RANCANG BANGUN GENERATOR GELOMBANG
ULTRASONIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN
IMPLEMENTASINYA UNTUK PENGUKURAN PERGESERAN
BENDA**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, nama-nama dan karya-karya yang ada dalam daftar pustaka digunakan semata-mata untuk acuan / referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Januari 2010
Yang menyatakan,

(SAIFUL BAHAR)
NIM. 0510930053

RANCANG BANGUN GENERATOR GELOMBANG ULTRASONIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN IMPLEMENTASINYA UNTUK PENGUKURAN PERGESERAN BENDA

ABSTRAK

Telah dibuat generator gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler yang digunakan untuk mengukur pergeseran benda melalui rekaman osiloskop digital, yang dianalisa dengan cara visual dan metode *cross correlation*. Gelombang ultrasonik dibuat dengan menggunakan data diskrit gelombang sinusoidal berfrekuensi 40 kHz sebanyak 25 buah yang dimasukkan pada mikrokontroler ATmega8535. Alat ini terdiri dari rangkaian sistem minimum mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali utama. Rangkaian DAC R-2R ladder sebagai pengubah sinyal digital ke sinyal analog. Rangkaian pemancar ultrasonik menggunakan rangkaian *push-pull* sebagai penguat gelombang sinusoidal melalui transistor 2N2222 dan 2N2907. Pada rangkaian penerima menggunakan rangkaian penguat inverting dengan penguatan 100 kali dan digunakan *Op-amp* LF351.

Pengujian alat ini menggunakan dua metode, pertama melalui cara visual yang mana pergeseran gelombang diamati langsung pada layar osiloskop digital dan dihitung jumlah kotak untuk tiap pergeseran. Kedua, dengan memakai metode *cross correlation* berdasar pada data yang sudah direkam pada osiloskop digital. Pada pengujian generator ultrasonik, diperoleh frekuensi sebesar 39.93 kHz. Pengujian secara visual, diperoleh hubungan linier antara *delay time* dengan pergeseran benda dengan gradien 7×10^{-6} dan tingkat korelasi $R = 0,999$, sehingga didapat kecepatan gelombang ultrasonik di udara 286 m/s. Pengujian dengan metode *cross correlation*, diperoleh hubungan linier antara *delay time* dengan pergeseran dengan gradien 6×10^{-6} dan tingkat korelasi $R = 0,999$, sehingga didapat kecepatan gelombang ultrasonik di udara 333 m/s.

Kata kunci: sensor, ultrasonik, mikrokontroler Atmega 8535, gelombang sinusoidal, kecepatan suara di udara, rangkaian *push-pull*.

MICROCONTROLLER-BASED ULTRASONIC WAVE GENERATOR ENGINEERING AND IT'S IMPLEMENTATION FOR MEASURING OBJECT DISPLACEMENT

Microcontroller-based ultrasonic wave generator was used to measure object displacement by digital oscilloscope recorder, which was analyzed visually and by using cross correlation method. Ultrasonic wave was produced by putting 25 discrete data of 40 kHz sinusoidal wave into ATmega8535 microcontroller. This device consisted of minimum microcontroller system series in function as main controller. DAC R-2R ladder series convert the digital signal into analog signal. The series of ultrasonic transmitter used push-pull series as the lasing of sinusoidal through 2N2222 and 2N2907 transistor, while the receiver series use inverting series with 100 times power amplification and *Op-amp LF351*.

The testing of this device used two methods. The first method was by using visual way. The wave displacement is directly observed on digital oscilloscope screen, and total squares of each displacement were measured. The second method was by using cross correlation method based on recorded data in digital oscilloscope. In ultrasonic generator testing, the acquired frequency was 39.93 kHz. In visual test, the acquired linearization was 7×10^{-06} and $R=0.999$, so the velocity of ultrasonic wave in the air was 286 m/s. In cross correlation method test, the acquired linearization was 6×10^{-06} and $R=0.999$, so the velocity of ultrasonic wave in the air was 333 m/s.

Keywords: sensor, ultrasonic, ATmega8535 microcontroller, sinusoidal wave, sound velocity in the air, push-pull series.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah *Rabb* semesta alam. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad beserta keluarga dan para shahabatnya serta mereka yang mengikutinya dengan baik hingga hari pembalasan.

Alhamdulillah, penulis bersyukur kepada Allah, *Rabb* segenap makhluk, yang dengan taufiqNya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Abi, Ummi, kakak2, dan ponakan yang selalu memberikan motivasi dan semangat, dengan semua doanya selama ini.
2. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
3. DR. Eng. Agus Naba S.Si., M.T. dan Ir.D.J. Djoko H.S., M.Phil., Ph.D. selaku pembimbing I dan II, atas waktu yang telah diluangkan selama pembuatan alat dan laporan tugas akhir ini.
4. Drs. Didik Yudianto M.Si. selaku pembimbing akademik, atas waktu yang telah diluangkan selama di perkuliahan.
5. Bapak Naho'i dan Ibu Sahriyah yang selalu memberikan bimbingan, motivasi dan semangat semenjak di SMAN 1 Arosbaya hingga sekarang.
6. Bapak dan Ibu Dosen, Laboran, dan Karyawan Jurusan Fisika.
7. Teman-teman Takmir Masjid Qolbun Salim dan Ust. Wahyu selaku Ketua Takmir yang selalu membimbing dan memotivasi.
8. Mas Hendra, yang selalu menyempatkan waktunya untuk memberikan pelajaran.
9. Angkatan 2005, yang merupakan teman seperjuangan.
10. Buat teman-teman Kerto Rejo 16, terima kasih atas tumpangan tempatnya .

Akhir kata penulis memohon kritik dan saran pembaca skripsi ini untuk perbaikan di masa mendatang.

Malang, Januari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Mikrokontroler Atmega8535.....	3
2.1.1 Timer.....	4
2.1.1.1 Timer / Counter 0.....	4
2.1.1.2 Timer / Counter 1.....	5
2.1.1.3 Timer / Counter 2.....	6
2.2 Komunikasi serial computer.....	6
2.3 DAC R-2R Ladder.....	7
2.3.1 Struktur DAC R-2R Ladder.....	8
2.4 Penguat Transistor.....	9
2.4.1 Penguat Daya Kelas B.....	9
2.4.2 Penguat Daya Kelas AB (Push-Pull).....	11
2.5 Penguat Arus ke Tegangan.....	12
2.5.1 Analisa Matematika.....	13
2.6 Sensor Ultrasonik.....	14
2.6.1 Karakteristik Fisik Gelombang Ultrasonik.....	15

2.6.2 Intensitas Gelombang Ultrasonik	16
2.7 Transduser Ultrasonik.....	17
2.8 Cross-Correlation Methode.....	18
2.8.1 Vector Displacement	19
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Tahapan Penelitian	21
3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat	23
3.3.1 Perancangan Sistem Minimum Mikrokontroler 8535	23
3.4 Perancangan <i>Digital to Analog Converter</i> (DAC) R-2R <i>Ladder</i>	25
3.5 Perancangan Modul Ultrasonik.....	26
3.5.1 Rangkaian <i>Transmitter</i> (Pemancar).....	26
3.5.2 Rangkaian <i>Receiver</i> (Penerima)	27
3.6 Pengujian Alat Keseluruhan.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian alat.....	31
4.1.1 Pengujian Sistem Minimum Atmega 8535.....	31
4.1.2 Pengujian DAC.....	33
4.1.3 Pengujian Modul Ultrasonik.....	35
4.1.3.1 Pengujian Rangkaian Push-Pull (Pemancar) ..	35
4.1.3.2 Pengujian Rangkaian Penguat Inverting (Penerima)	37
4.2 Pengujian Sistem Alat Keseluruhan.....	39
4.2.1 Pengujian Pergeseran Jarak Benda dengan Cara Visual	40
4.2.2 Pengujian Pergeseran Jarak Benda dengan Program <i>Methode Cross Correlation</i>	43
4.3 Pembahasan.....	48
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konfigurasi PIN ATmega 8535	3
Gambar 2.2 <i>Register</i> TCCR0.....	5
Gambar 2.3 <i>Register</i> TCCR1A.....	5
Gambar 2.4 <i>Register</i> TCCR2.....	6
Gambar 2.5 Port <i>Serial</i> pada PC.....	7
Gambar 2.6 R-2R <i>Ladder</i>	9
Gambar 2.7 Rangkaian Penguat Kelas B.....	10
Gambar 2.8 Penguat Daya Kelas AB	12
Gambar 2.9 Umpan-Balik Tegangan Membalik	13
Gambar 2.10 Ultrasonik	14
Gambar 2.11 Pola Radiasi Gelombang Ultrasonik.....	18
Gambar 2.12 Cross-Korelasi sebagai Fungsi Pergeseran Gambar. Gambar menunjukkan penghalusan pada korelasi silang	19
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian.....	22
Gambar 3.2 Skema sistem kerja alat	23
Gambar 3.3 Sistem minimum mikrokontroler Atmega 8535	24
Gambar 3.4 Rangkaian DAC R-2R <i>ladder</i>	25
Gambar 3.5 Rangkaian pemancar.....	26
Gambar 3.6 Rangkaian penerima	27
Gambar 3.7 Gelombang pada posisi awal benda dan gelombang setelah benda digeser menjauh 2 mm .	28
Gambar 3.6 Gambar kedua digeser sampai sefase dengan gelombang pertama	29
Gambar 3.9 Pengujian alat keseluruhan	29
Gambar 4.1 Gelombang sinusoidal	33
Gambar 4.2 Alur masukan data DAC.....	33
Gambar 4.3 Hasil pengujian DAC dengan mikrokontroler	34
Gambar 4.4 Rangkaian <i>Push-pull</i>	36
Gambar 4.5 Hasil pengujian rangkaian <i>push-pull</i>	36
Gambar 4.6 Rangkaian dasar penguat penerima ultrasonik	37
Gambar 4.7 Grafik hasil uji penguatan antara tegangan <i>input</i>	

(mVolt) dan tegangan <i>output</i> (mVolt).....	38
Gambar 4.8 Perbandingan hubungan V_{out} rangkaian dan V_{out} teori.....	39
Gambar 4.9 Hasil pengujian gelombang sinusoidal pada posisi awal (nol) sebagai titik awal pergeseran jarak benda.....	40
Gambar 4.10 Gelombang sinusoidal ultrasonik hasil pengukuran pergeseran jarak benda pada rekaman osiloskop digital	41
Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian pergeseran jarak benda.....	43
Gambar 4.12 Gelombang pada posisi awal benda dan gelombang Setelah benda digeser menjauh 2 mm	44
Gambar 4.13 Gelombang kedua digeser sampai sefase dengan gelombang pertama.....	45
Gambar 4.15 Program perhitungan <i>cross correlation</i>	46
Gambar 4.16 Grafik hasil pengukuran pergeseran jarak benda....	47



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Kecepatan dalam medium / jaringan	16
Tabel 4.1 Data diskrit sinusoidal	32
Tabel 4.2 Data hasil percobaan DAC	34
Tabel 4.3 Pengujian rangkaian penguat dan perhitungan teori.....	38
Tabel 4.4 Hasil pengujian alat terhadap pergeseran benda.....	42
Tabel 4.5 Hasil perhitungan pergeseran benda melalui program cross correlation.....	46



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Program.....	55
Lampiran 1.1 Source kode perangkat lunak	55
Lampiran 1.2 Program perhitungan cross correlation	65
Lampiran 2. Data	66
Lampiran 2.1 Data gelombang sinusoidal frekuwensi 40kHz	66
Lampiran 2.2 Hasil pengujian visual	66
Lampiran 2.3 Tabel hasil perhitungan croos correlation	67
Lampiran 3. Gambar grafik	68
Lampiran 3.1 Gambar grafik hasil signal generator pada osiloskop.....	68
Lampiran 3.2 Grafik hasil uji rangkaian penerima	69
Lampiran 3.3 Gambar Hasil pengujian pergeseran benda	70
Lampiran 3.4 Gambar grafik hasil pergeseran benda secara program	71
Lampiran 4. Gambar alat	73
Lampiran 4.1 Gambar alat prototipe modul ultrason.....	73
Lampiran 4.2 Gambar rangkaian keseluruhan.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dunia robotika di indonesia saat ini berkembang pesat, yang mana perkembangan tersebut dapat dilihat dari banyaknya perlombaan robot baik tingkat lokal maupun di tingkat nasional yang diikuti para peserta dari berbagai kalangan, mulai dari universitas hingga industri. Perkembangan ini ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya adalah teknologi sensor.

Salah satu sensor yang digunakan dalam robotika adalah sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik difungsikan untuk mendeteksi jarak benda menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40kHz (Agus,2009;Anonymus,2009). Pada umumnya gelombang ultrasonik dibangkitkan menggunakan rangkaian pembangkit pulsa dengan komponen utama IC 555. IC tersebut berfungsi sebagai osilator yang dapat diset pada frekuensi 40 kHz yang mana sesuai dengan frekuensi kerja *transducer piezoelektrik* yang digunakan.

Penelitian ini mencoba merancang dan membuat sistem sensor ultrasonik untuk mendeteksi pergeseran jarak benda dan kecepatan gelombang ultrasonik di udara. Rangkaian yang dipilih sebagai pembangkit gelombang ultrasonik adalah rangkaian mikrokontroler Atmega 8535. Gelombang ultrasonik yang dibangkitkan berupa gelombang sinusoidal berfrekuensi 40 kHz. Pembangkitan gelombang ultrasonik dilakukan melalui program bahasa C yang diupload ke mikrokontroler Atmega 8535.

Salah satu keuntungan penggunaan rangkaian mikrokontroler sebagai pembangkit gelombang ultrasonik adalah bisa memilih bentuk gelombang ultrasonik sesuai dengan yang diinginkan, dalam hal ini dipilih bentuk gelombang sinusoidal. Gelombang ultrasonik sinusoidal dapat digunakan untuk mendeteksi pergeseran benda, dengan cara

menduga selisih waktu (*delay time*) antara gelombang yang dipancarkan dengan yang diterima. Selisih waktu selanjutnya bisa dikonversi menjadi kecepatan gelombang suara di udara.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana membuat generator gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler Atmega 8535 yang dapat digeser untuk menduga pergeseran benda.
- b. Bagaimana perilaku *transceiver* dengan pemicu mikrokontroler.
- c. Bagaimana menduga pergeseran benda dengan menganalisa sinyal ultrasonik yang terekam pada osiloskop digital.

1.3 Batasan masalah

- a. Rangkaian pembangkit gelombang ultrasonik menggunakan mikrokontroler Atmega8535.
- b. Penelitian ini menggunakan buku sebagai penghalang dalam pemantulan gelombang dari pemancar ke penerima.
- c. Perekaman data ultrasonik pada pemancar dan penerima menggunakan osiloskop digital (*Tektronix*).
- d. Analisa sinyal dilakukan tanpa proses penfilteran

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Merancang dan membuat sebuah generator gelombang sinusoidal ultrasonik.
- b. Menduga pergeseran jarak benda dengan menganalisa sinyal ultrasonik yang terekam pada osiloskop digital.

1.5 Manfaat Penelitian

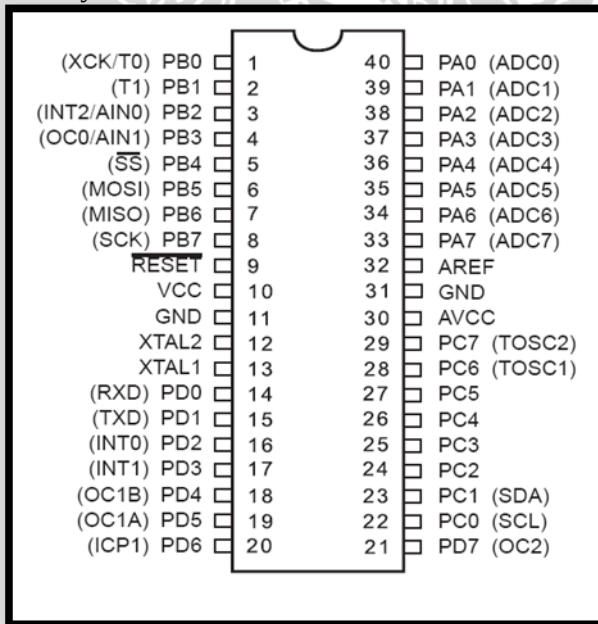
Dari penelitian ini diperoleh modul ultrasonik sederhana dan murah yang dapat diaplikasikan sebagai sensor pengukur pergeseran jarak pada robot.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler Atmega8535

Atmega8535 adalah salah satu jenis mikrokontroler AVR produk Atmel yang memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua intruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits *word*) dan sebagian besar instruksinya dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock* (Lingga, 2006).

Fitur ATmega8535 yang tersedia antara lain adalah sistem mikrokontroler 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz, kapabilitas memori flash 8 KB, SRAM sebesar 512 byte, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memori*) sebesar 512 byte, ADC internal dengan fadelitas 10 bit sebanyak 8 channel, portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps, enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.



Gambar 2.1 Konfigurasi PIN ATmega8535

Konfigurasi pin ATMega8535 bisa lihat pada Gambar 2.1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagian pin masukan catu daya, GND merupakan pin *ground*, port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC, port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu Timer/Counter, komparator analog dan SPI, port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu TWI, komparator analog dan *Timer Oscillator*, port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial, *RESET* merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler, *XTAL1* dan *XTAL2* merupakan pin masukan *clock* eksternal, AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC, dan AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC (Lingga, 2006).

2.1.1 *Timer*

AVR ATMega8535 memiliki tiga buah *timer* yaitu *Timer/Counter 0* (8bit), *Timer/Counter 1* (16 bit), dan *Timer/Counter 2* (8 bit).

2.1.2.1 *Timer/Counter 0*

Timer/Counter 0 adalah 8 bit *Timer/Counter* yang multifungsi. Deskripsi untuk *Timer/Counter 0* pada ATMega85345 adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai *Counter* 1 kanal
- b. *Timer* dinolkan saat *mact compare (auto reload)*
- c. Dapat menghasilkan gelombang PWM dengan *glitch-free*
- d. Frekuensi generator
- e. *Prescaler* 10 bit untuk *timer*
- f. *Interupsi timer* yang disebabkan *timer overflow* dan *match compare*

Pengaturan *Timer/Counter 0* diatur oleh TCCR0 (*Timer/Counter Control Register 0*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Bit7	6	5	4	3	2	1	0	
FOC	WGM0	COM0	COM0	WGM0	CS0	CS0	CS0	TCCR
0	0	1	0	1	2	1	0	

Gambar 2.2 Register TCCR0

2.1.2.2 *Timer/Counter 1*

Timer/Counter 1 adalah 16-bit *Timer/Counter* yang memungkinkan program pewaktuan lebih akurat. Berbagai fitur dari *Timer/Counter 1* adalah :

- Desain 16 bit (juga memungkinkan 16 bit PWM)
- Dua buah *compare unit*
- Dua buah *register* pembandingan
- Satu buah *input capture unit*
- Timer* dinolkan saat *match compare (auto reload)*
- Dapat menghasilkan gelombang PWM dengan *glitch-free*
- Periode PWM yang dapat diubah-ubah
- Pembangkit frekuensi
- Empat buah sumber *interupsi* (TOV1, OCF1A, OCF1B, dan ICF1)

Pengaturan pada *Timer/Counter 1* diatur melalui *register* TCCR1A. Seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3.

Bit 7	6	5	4	3	2	1	0	
COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B1	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	TCCR1A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	W	W	R/W	R/W	
Initial Value	00	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.3 Register TCCR1A

2.1.2.3 Timer/Counter 2

Timer/Counter 2 adalah 8 bit *timer/counter* yang multifungsi. Deskripsi untuk *timer/counter* 0 pada ATmega8535 adalah sebagai berikut:

- Sebagai *Counter* 1 kanal
- Timer dinolkan saat *mact compare (auto reload)*
- Dapat menghasilkan gelombang PWM dengan *glitch-free*
- Frekuensi generator
- Prescaler 10 bit untuk *timer*
- Intrupsi timer* yang disebabkan *timer overflow* dan *match compare*

Pengaturan *timer/counter* 2 diatur oleh TCCR2 (*Timer/Counter Control Register 0*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Bit 7	6	5	4	3	2	1	0	
FOC2	WGM	COM2	COM	WGM	CS	CS	CS2	TCCR2
	20	1	22	21	22	21	0	
R/W	R/W	R/W	R/W	W	W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.4 Register TCCR2. (Lingga, 2006)

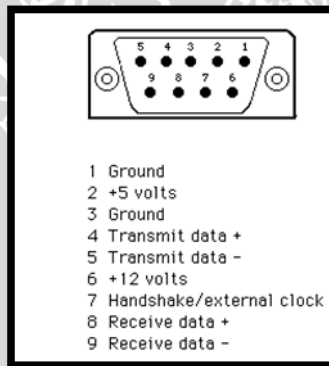
2.2 Komunikasi serial computer

Port paralel mengirimkan data secara paralel, sedangkan *port* serial mengirimkan data secara serial. *Port* serial lebih sulit ditangani dari pada *port* paralel karena peralatan yang dihubungkan ke *port* serial harus berkomunikasi dengan menggunakan transmisi serial, sedang data di komputer diolah secara paralel. Permasalahan tersebut ditangani dengan mengkonversikan data dari dan ke *port* serial ke dalam bentuk paralel secara *hardware*, hal ini bisa dilakukan oleh *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART) namun pada *software*-nya justru ada lebih banyak *register* UART yang harus ditangani dibandingkan pada *port* paralel. Dari segi kecepatan, transmisi data serial juga tidak mungkin bisa mengalahkan kecepatan

transmisi paralel. Namun demikian ada hal yang menjadi keunggulan *port serial* (Khoirun, 2009).

- Kabel *port serial* bisa lebih panjang dibanding kabel *port paralel*. Ini karena *port serial* mengirimkan logika 1 sebagai -3 volt hingga -25 volt dan logika 0 sebagai +3 Volt hingga +25 Volt, sedangkan *port paralel* menggunakan TTL, yakni hanya 0 Volt untuk logika 0 dan +5 volt untuk logika 1.
- Tidak diperlukan lebih banyak kabel untuk transmisi dibandingkan dengan *port paralel*.
- Banyak mikrokontroller menggunakan SCI (*Serial Communication Interface*) untuk berkomunikasi dengan “dunia luar”.

Komunikasi serial dengan komputer dilakukan dengan cara menghubungkan perangkat luar dengan komputer melalui *port serial* yang terdapat pada komputer tersebut. Bentuk *port serial* dan *pinout* nya ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Port Serial pada PC(Khoirun,2009)

2.3 DAC R-2R ladder

Sebuah DAC menerima informasi digital dan mentransformasikannya ke dalam bentuk suatu tegangan analog. Informasi digital adalah dalam bentuk angka *biner* dengan digit yang pasti. Khususnya ketika dipergunakan sebagai penghubung dengan sebuah komputer, angka *biner* ini disebut *word biner* atau *word*

komputer. Digit-digit tersebut bit *word*. Sehingga, sebuah *word* 8 bit akan memberikan sebuah angka biner yang memiliki delapan digit, seperti 101101102. Konverter D/A mengonversi sebuah *word* digital ke dalam sebuah tegangan analog dengan memberikan skala output analog berharga nol ketika semua bit adalah nol dan sejumlah nilai maksimum ketika semua bit adalah satu. Hal ini dapat direpresentasikan secara matematis dengan memperlakukan angka biner sebagai angka pecahan. Dalam konteks ini, *output* dari konverter D/A dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan(2.1) yang memberikan salah dari sejumlah tegangan referensi.

$$V_x = V_R [b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + \dots + b_n 2^{-n}] \quad (2.1)$$

dimana :

V_x = *output* tegangan analog

V_R = tegangan referensi

$b_1 b_2 \dots b_n$ = *word biner* n bit

Perlu diketahui bahwa minimum dari V_x adalah nol, dan harga maksimum ditentukan oleh ukuran dari *word biner*, karena dengan semua bit yang diset berharga satu, ekivalen desimal mendekati harga V_R sesuai dengan peningkatan jumlah bit. Sehingga sebuah *word* 4-bit memiliki harga maksimum

$$V_{\max} = V_R [2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4}]$$

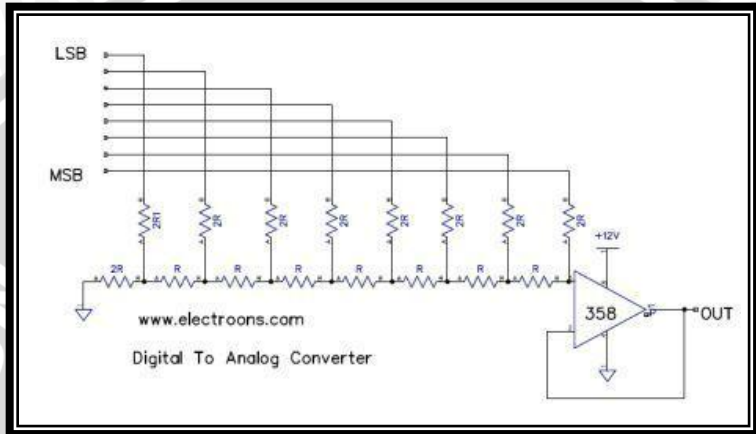
Sedangkan sebuah *word* 8-bit memiliki harga maksimum

$$V_{\max} = V_R [2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-6} + 2^{-7} + 2^{-8}]$$

2.3.1 Struktur DAC R-2R *ladder*

DAC R-2R dipergunakan sebagai kotak hitam (*black box*), dan tidak ada pengetahuan mengenai cara kerja internal diperlukan. Ada beberapa hal penting untuk menunjukkan bagaimana konversi dapat diimplementasikan. Konversi yang paling sederhana mempergunakan sebuah suatu deretan op-amp untuk input dengan tujuan dipilih penguatan yang memberikan suatu *output* sesuai dengan persamaan diatas. Macam yang paling umum adalah mempergunakan sebuah jaringan *ladder resistif* untuk menghasilkan

fungsi transfer. Jaringan ini diperlihatkan dalam Gambar 2.7 dalam hal konverter 8-bit. Dengan pilihan resistor R-2R, dapat diperlihatkan melalui analisis jaringan dimana tegangan *output* diberikan oleh persamaan diatas.



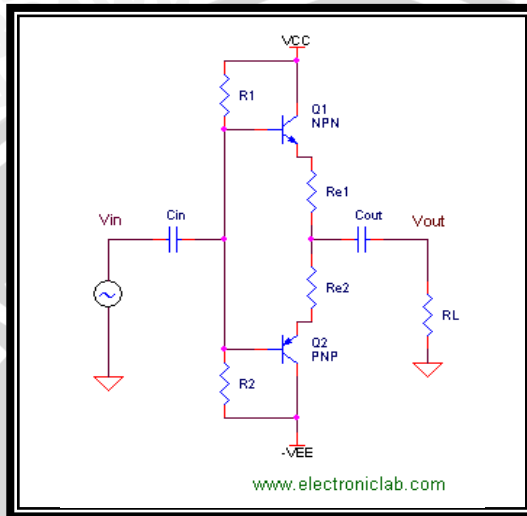
Gambar 2.6. R-2R Ladder

2.4 Penguat transistor

2.4.1 Penguat daya kelas B

Operasi kelas B dari sebuah transistor berarti arus kolektornya mengalir hanya selama 180° dari siklus ac. Dengan operasi jenis ini, titik Q terletak di titik putus pada garis beban ac dan dc. Keuntungan dari operasi kelas B adalah lebih kecilnya kehilangan daya transistor, daya beban dan efisiensi tahapan yang lebih besar.

Apabila sebuah transistor beroperasi dalam kelas B, selama setengah siklus isyarat akan terpotong olehnya. Untuk menghindari distorsi kita harus menggunakan dua transistor yang dihubungkan dorong-tarik (*"push-pull connection"*). Dengan demikian, suatu transistor menghantar selama siklus yang positif dan yang lain selama siklus yang negatif. Dengan rangkaian dorong-tarik, kita dapat membuat penguat-penguat kelas B yang mempunyai daya-beban yang tinggi dan kehilangan daya transistor yang rendah (Malvino, 1985).



Gambar 2.7. Rangkaian penguat kelas B (Aswan Hamonangan, 2009)

Gambar 2.8 memperlihatkan suatu cara untuk membuat pengikut *emiter* menjadi hubungan dorong-tarik kelas B. Dalam setengah siklus positif dari tegangan masukan, transistor yang di atas menghantar sedangkan yang dibawah berada dalam keadaan putus. Transistor yang atas bekerja sebagai pengikut *emiter*, sehingga tegangan keluaran lintas R_L kira-kira sama dengan bagian yang positif dari tegangan masukan. Pada bagian negatif dari siklus tegangan masukan, transistor yang dibawah yang bekerja sebagai pengikut *emiter* dan menghasilkan bagian negatif dari tegangan keluaran. Demikianlah, maka transistor yang atas menangani setengah siklus yang positif dan transistor yang bawah menangani setengah siklus yang negatif.

Secara ideal titik Q dari suatu penguat dorong-tarik kelas B adalah pada titik putus. Kenyataan dalam prakteknya, titik Q harus sedikit di atas keadaan putus untuk menghindari distorsi. Mengapa? Misalkan tidak ada prategangan sama sekali yang diterapkan pada dioda-dioda *emiter*. Dalam setengah siklus yang positif tegangan ac yang masuk harus naik di atas 0,7 V agar supaya melampaui

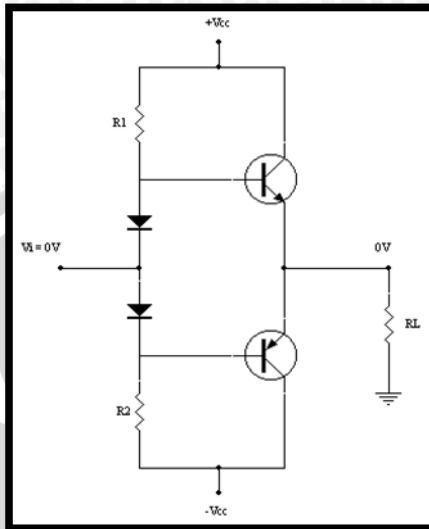
potensial *barier* dari transistor yang di atas . Oleh karena itu maka tidak ada arus mengalir selama masukan ac kurang dari 0,7 V.

Oleh karena itu keluarannya akan nampak seperti dalam gambar (distorsi), bila tidak ada prategangan yang diterapkan pada dioda-dioda *emiter*. Tegangan keluaran ini mengalami distorsi. Tegangan tersebut tidak lagi berbentuk sinusoidal disebabkan oleh pemotongan yang terjadi di antara kedua setengah siklus. Oleh karena pemotongan terjadi dalam waktu antrara satu transistor tidak menghantar dan transistor lain mulai menghantar, maka distorsi tersebut dinamakan distorsi penyeberangan.

Untuk meniadakan distorsi penyeberangan, kita perlu menerapkan sedikit prategangan maju pada masing-masing dioda, ini berarti menempatkan titik Q sedikit di atas keadaan putus seperti ditunjukkan dalam gambar (Q). Sebagai panduan, suatu i_{CQ} antara 1 sampai 5 persen dari $i_{c(sat)}$ cukup untuk meniadakan distorsi penyeberangan dalam kebanyakan penguat dorong-tarik kelas B. Misalnya, apabila $i_{c(sat)} = 100 \text{ mA}$, kita harus memasang I_{CQ} antara 1 dan 5 mA untuk menghindari distorsi penyeberangan (Malvino,1985).

2.4.2 Penguat daya kelas AB (Push Pull)

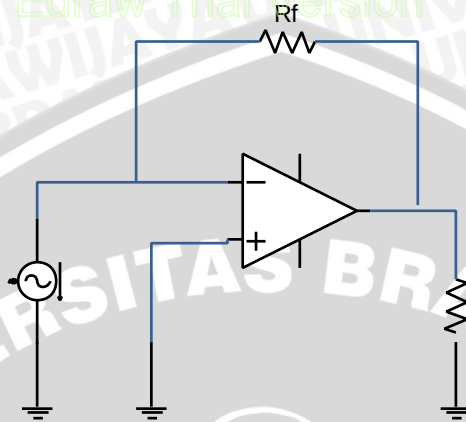
Penguat daya kelas AB (lihat Gambar 2.9) sebenarnya hampir sama dengan penguat kelas B. Perbedaan hanya terletak pada pemasangan dioda pada masing-masing basis dari kedua transistor untuk kelas AB. Pemasangan dioda ini akan menghasilkan cacat yang terjadi pada penguat daya kelas B. Karena basis, $V_B = 0,7 \text{ V}$. Maka dari itu pada penguat kelas AB tidak terdapat cacat pada sinyal *output*-nya seperti pada kelas B (Handry dkk, 2004).



Gambar. 2.8. Penguat Daya Kelas AB (Handry dkk, 2004).

2.5 Penguat arus ke tegangan

Gambar 2.10 memperlihatkan penguat dengan masukan tak membalik. Sinyal masukan menggerakkan masukan membalik, dan tegangan keluaran dicuplik. Cara ini menghasilkan umpan-balik tegangan membalik. Penguat dengan umpan-balik membalik cenderung berlaku seperti pengubah arus ke tegangan sempurna, yaitu alat yang mempunyai impedansi masukan nol, impedansi keluaran nol, dan perbandingan v_{out}/i_{in} yang tetap.



Gambar. 2.9 Umpan-balik tegangan membalik

2.5.1 Analisa matematika

Untuk menghindari tegangan *offset* keluaran yang berlebih, tahanan umpan-balik R_f biasanya berharga kurang dari 100k Ω . Karena resistansi masuk dari op-amp yang khas berharga megaohm, hampir semua arus masuk mengalir melalui R_f . Oleh karena itu, kita dapat menjumlahkan tegangan-tegangan melingkari rangkaian untuk mendapatkan,

$$v_{out} - i_{in}R_f + v_{kes} = 0$$

Atau

$$v_{out} - i_{in}R_f + \frac{v_{out}}{A} = 0$$

Sekarang kita dapat mengubahnya menjadi

$$\frac{v_{out}}{i_{in}} = \frac{AR_f}{1+A} \quad (2.2)$$

Bila bati simpal terbuka jauh lebih besar daripada 1, persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi

$$\frac{v_{out}}{i_{in}} = R_f \quad (2.3)$$

Atau

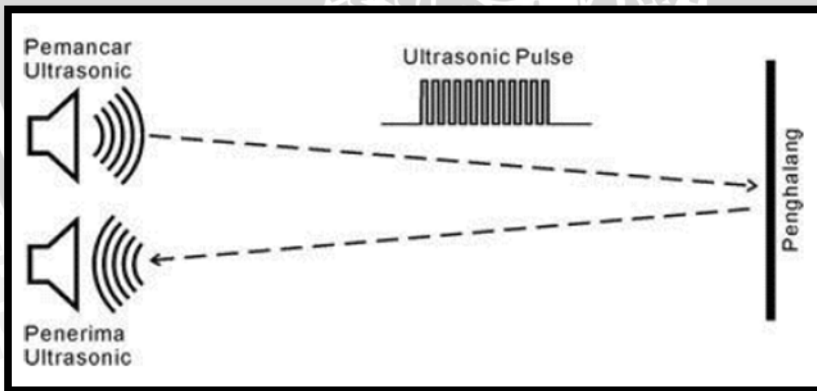
$$v_{out} = i_{in}R_f \quad (2.4)$$

Dalam persamaan (2.2), perbandingan v_{out} terhadap i_{in} kadang-kadang disebut sebagai transresistansi (resistansi alih) karena

menyangkut resistansi yang dipasang di antara masukan dan keluaran. Penguat umpan-balik dengan umpan-balik tegangan dan keluaran. Penguat umpan-balik dengan umpan-balik tegangan membalik kadang-kadang disebut sebagai penguat transresistansi. Rangkaian seperti ini juga disebut *penguat arus ke tegangan* karena arus masuk mengendalikan tegangan keluar (Malvino,1990).

2.6 Sensor ultrasonik

Ultrasonik adalah jenis suara diatas batas suara yang bisa didengar manusia. Seperti diketahui, telinga manusia hanya bisa mendengar suara dengan frekuensi 20 Hz sampai 20KHz. Lebih dari itu hanya beberapa jenis binatang yang mampu mendengarnya, seperti kelelawar dan lumba-lumba. Lumba-lumba bahkan memanfaatkan ultrasonik untuk mengindra benda-benda dilaut. Prinsip ini kemudian ditiru oleh sistem pengindra kapal selam. Dengan cara mengirimkan sebuah suara dan mengitung lamanya pantulan suara tersebut maka dapat diketahui jarak kapal selam dengan benda tersebut. Mula-mula suara dibunyikan, kemudian dihitung lama waktu sampai terdengar suara pantulan. Jarak dapat dihitung dengan mengalikan kecepatan suara dengan waktu pantulan. Kemudian hasilnya dibagi 2. Misalnya lama waktu pantulan adalah 1 detik, maka jaraknya adalah $(344,424\text{m/detik} \times 1 \text{ detik})/2 = 172\text{m}$ (Hendawan, 2008).



Gambar 2.10. Ultrasonik (Anonymus, 2008)

2.6.1 Karakteristik fisik gelombang ultrasonik

Gelombang ultrasonik adalah gelombang yang timbul akibat getaran dengan frekuensi diatas batas ambang pendengaran manusia yakni diatas 20khz. Gelombang ultrasonik merambat dalam dua bagian.

Jika gelombang bolak-balik terjadi terus menerus secara periodik maka akan menghasilkan deretan gelombang periodik dimana pada setiap gerak priodik, partikel-partikel yang berada pada titik-titik yang sma pada gelombang teersebut akan berada dalam fase yang sama.

Jarak antara dua nilai puncak gelombang yang berurutan (gelombang trasversal) atau jarak dari bagian pemampatan gelombang yang berurutan (gelombang longitudinal) disebut panjang gelombang (λ). Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu gelombang penuh atau yang ditempuh sepanjang gelombang tersebut disebut periode (T). Hubungan antara panjang gelombang dengan periode ini adalah :

$$\lambda = c T \quad (2.5)$$

Frekuwensi gelombang (f) adalah banyaknya getaran yang terjadi persatuan waktu periode sehingga persamaan (2.6) dapat juga ditulis dalam bentuk frekuensi terhadap laju gelombang bunyi dalam medium (c) yakni

$$\lambda = c / f \quad (2.6)$$

Besarnya panjang gelombang ini sangat penting untuk menentukan batas resolusi pencitraan sistem. Dua bentuk struktur yang berdekatan panjang gelombangnya tidak bisa diidentifikasi secara terpisah pada pencitraan ultrasonik.

Kecepatan bunyi dalam medium bergantung pada kerapatan (ρ) dan kompressibilitas medium (B). Material dengan molekul berat cenderung bergerak lebih lambat dibandingkan molekul ringan saat terjadinya perubahan tekanan dalam medium. Material yang sangat kompressibel seperti gas akan meneruskan gelombang bunyi lebih lambat sehingga penambahan intensitas atau kompressibilitas cenderung akan menurunkan kecepatan bunyi. Jadi besarnya nilai kecepatan bunyi dalam medium / jaringan adalah

Tabel 2.1 Kecepatan dalam medium / jaringan

Medium/Jaringan	Kecepatan bunyi (m/s)
Udara	331
Lamak	1.450
Air	1.495
Jaringan Lunak (rata-rata)	1.540
Ginjal	1.561
Otot	1.585
Tulang	4.080

Tabel 2.1 memperlihatkan kecepatan bunyi melalui beberapa medium, dimana kecepatan bunyi bergantung kepada kerapatan dan kompresibilitas medium. Material dengan molekul berat, kecepatan bunyinya cenderung lebih lambat dibandingkan molekul ringan. Material yang sangat kompresibel seperti gas dengan jarak simpangan molekul yang panjang akan merambatkan gelombang lebih lambat.

2.6.2 Intensitas gelombang ultrasonik

Jika kita nyatakan terdapat suatu bidang datar imajiner tegak lurus gelombang bunyi, maka daya (p) menyatakan laju besarnya energi gelombang yang melewati bidang. Intensitas didefinisikan sebagai besaran daya persatuan luas penampang dinyatakan dalam satuan watt/m^2 .

Untuk lebih memudahkan seringkali orang tidak membuat dalam harga yang absolut dengan cara membandingkan intensitas gelombang bunyi (I) dengan intensitas acuan untuk gelombang ultrasonik ($I_0 = 10^{12} \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) dan dinyatakan dalam bentuk tingkat intensitas gelombang (β) dengan satuan (dB) yang berbentuk (yakuzanet,2008) :

$$\beta = 10 \log I / I_0 \text{ (dB)} \quad (2.7)$$

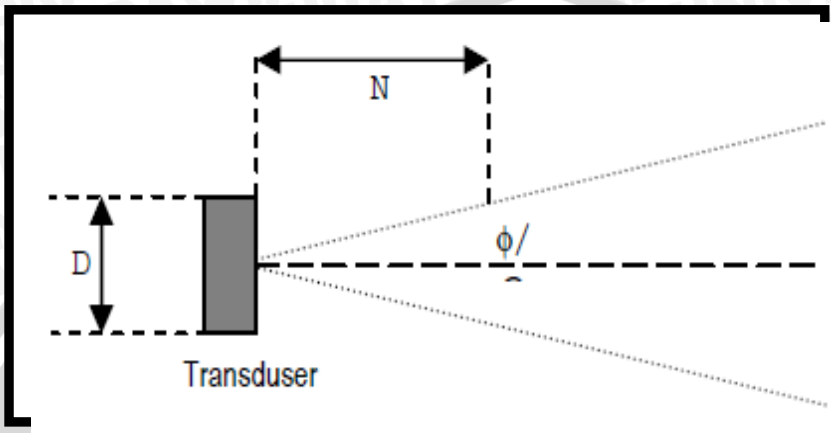
dimana;
 I_0 = intensitas acuan = 10^{12}Wm^{-2}
 I = Intensitas bunyi

2.7 Transduser ultrasonik

Transduser adalah piranti yang dapat mengubah suatu bentuk energi kedalam bentuk energi lain. Transduser ultrasonik untuk merubah suatu sinyal listrik ke dalam energi suara ultra yang dapat dipancarkan kedalam jaringan, mengubah energi ultrasonik yang dipantulkan kembali dari jaringan/materi ke dalam sinyal. Pada sistem elektronik, gelombang ultrasonik dapat dibangkitkan melalui kristal tipis yang bersifat piezoelektrik terbuat dari bahan alami kuarsa, *garam rochelle*, *tourmaline* atau bahan piezoelektrik buatan, misalnya: *Barium Titanate*, *Lead Circonate-titanate*, *Lead Metanionate*. Bahan tersebut bersifat seperti kapasitor dengan konstanta dielektrik tertentu yang memiliki perbedaan muatan listrik dalam lapisannya.

Penggunaan gaya perubahan bentuk atau tegangan pada kristal asimetris akan menciptakan suatu tegangan listrik, fenomena ini disebut dengan efek piezoelektrik. Ketika transduser piezoelektrik berfungsi sebagai pemancar (*transmitter*) akan mengubah energi listrik menjadi energi mekanis (efek piezoelektrik terbaik), dan bila sebagai penerima (*receiver*) maka akan mengubah energi mekanis menjadi energi listrik (efek piezoelektrik). Untuk membangkitkan gelombang ultrasonik, bahan tersebut digetarkan oleh rangkaian osilator.

Pola radiasi yang dipancarkan melalui transduser yang berada didepannya tergantung pada diameter transduser dan panjang gelombangnya sehingga transduser yang sama dapat memiliki pola radiasi yang berlainan jika medium yang dilalui juga berlainan. Pola radiasi suatu transduser ultrasonik merupakan gabungan antara gelombang bidang datar (bergerak hanya ke satu arah) dan gelombang bola seperti ditunjukkan Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Pola radiasi gelombang ultrasonik

Terlihat bahwa dari permukaan transduser sampai jarak tertentu yang disebut medan dekat, gelombang ultrasonik yang dipancarkan merupakan gelombang bidang datar. Panjang medan dekat ini dihitung dengan persamaan :

$$N = \frac{D^2}{4\lambda} \quad (2.8)$$

Dengan D adalah diameter transduser dan λ adalah panjang gelombang yang dipancarkan. Intensitas gelombang ultrasonik yang diradiasikan dalam suatu medium akan mengalami proses atenuasi (pelemahan). Proses ini disebabkan oleh penyerapan gelombang dan absorpsi (penyerapan) gelombang (Agus, 2008).

2.8 *Cross-correlation method*

Metode *cross*-korelasi (CC) menjelaskan metode cepat untuk menghitung pergeseran sebuah objek di waktu yang berbeda dari gambar yang berbeda, untuk memaksimalkan korelasi gambar di daerah yang ditetapkan pada gambar. Pergeseran vektor akan mewakili besarnya pergeseran suatu objek relatif terhadap referensi.

Pada awalnya, teknik korelasi dikembangkan untuk mengukur jarak perpindahan titik pada titik yang lain dari deretan gambar dalam selang waktu (t). Superposisi dari setiap gambar untuk setiap langkah pada gambar referensi akan membentuk daerah titik

pergeseran. Besarnya pergeseran titik diwakili oleh jarak objek dalam setiap waktu terhadap titik acuan.

2.8.1 Vector displacement

Pergeseran adalah perpindahan sebuah objek dari dua gambar dalam selang waktu yang kecil hingga sama dengan objek yang diamati. Misalkan diambil $\Delta = (\Delta_1, \Delta_2)$ sebagai fungsi spasial $x = (x_1, x_2)$ sehingga antara dua gambar cross-correlation $r(x)$ dan $j[x - \Delta(x)]$ di setiap bagian pada x maksimum. Fungsi dua dimensi CC yang didefinisikan sebagai daerah tertentu pada gambar dengan mengalikan intensitas dengan fungsi bobot $W(\xi)$ yang paling besar Didadaerah sekitarnya untuk $|\xi|$ kecil. CC pada daerah ini, $C(\delta, x)$, bertindak sebagai fungsi vektor pergeseran antara gamabr dua dimensi (δ) dan titik pusat (x) dari fungsi dua dimensi. CC didefinisikan sebagai:

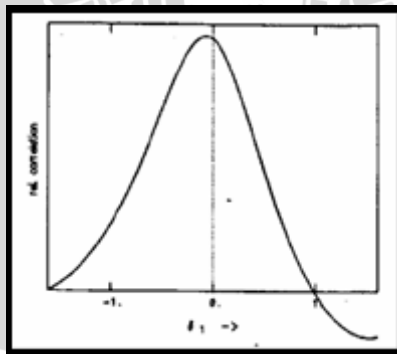
$$c(\delta, x) = \int_{-\infty}^{\infty} j(\xi) \cdot r(\xi + \delta) \cdot W(x - \xi) d\xi \quad (2.9)$$

dengan mengintegrasi seluruh ruang gambar ξ .

Vektor pergeseran $\Delta(x)$ didefinisikan sebagai $\delta(x)$ sehingga $C(\delta)$ maksimum pada setiap titik di x . Untuk setiap dimensi i dari x_i , vector pergeseran sebagai fungsi turunan:

$$\left. \frac{\partial C(\delta, x)}{\partial \delta_i} \right|_{\Delta_i} = 0 \quad (2.10)$$

Pergeseran kecil δ_i dibandingkan dengan ukuran dari gambar C korelasi akan bervariasi secara halus, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Cross-korelasi sebagai fungsi pergeseran gambar δ_l . Gambar menunjukkan penghalusan pada korelasi-silang.

Persamaan (2.9) adalah ditulis ulang sebagai fungsi diskrit δ dan sebagai fungsi kontinu pergeseran x oleh konvolusi operator:

$$C(\delta, x) = [f(x) \cdot r(x + \delta)W(x)] \quad (2.11)$$

konvolusi didefinisikan sebagai fungsi dari ruang x dan didefinisikan sebagai:

$$fg = \int f(\xi)g(x - \xi)d\xi \quad (2.12)$$

dimana integral meliputi semua ruang.

Nilai korelasi C dihitung dari (2.11) dan nilai pergeseran $\Delta \equiv [\Delta_1(x), \Delta_2(x)]$ sehingga C maksimum dapat diperoleh. Untuk mencapai hal ini kita harus melakukan tiga pengukuran dalam setiap l dimensi, dimana $l = 0$ dan $l = \pm d$. fungsi $C(\delta_l)$ diperlakukan sebagai kuadrat di δ_l yang melalui tiga titik $C = C(-d), C_0 = C(0)$, dan $C_+ = C(+d)$:

$$c(\delta_l) = \frac{1}{2d^2}(c_+ + c_- - 2c_0)\delta_l^2 + \frac{1}{2d}(c_+ - c_-)\delta_l + c_0 \quad (2.13)$$

Untuk C Maksimum, perpindahan $\delta_l = \Delta_l$:

$$\Delta_l = \frac{d}{2} \frac{c_- - c_+}{c_- + c_+ - 2c_0} \quad (2.14)$$

(Clara, 2003).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan pengukuran Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian dari bulan Agustus 2009 – Januari 2010.

3.2 Tahapan penelitian

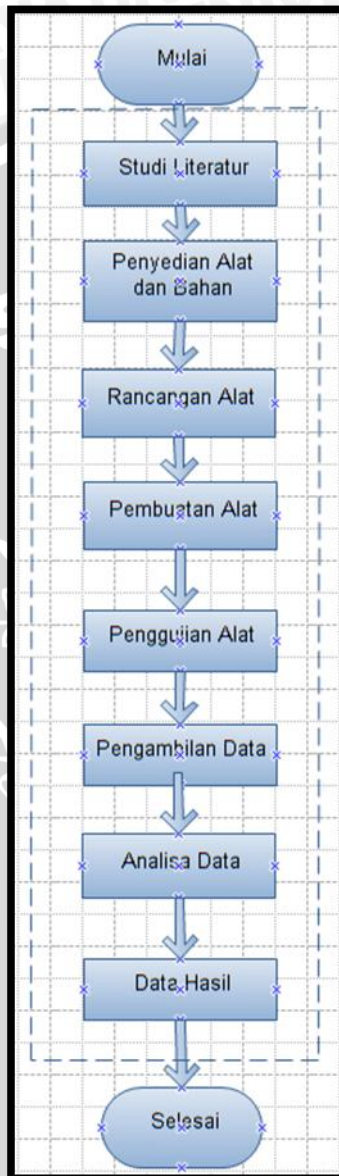
Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan sebagai berikut (lihat Gambar 3.1) :

1. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari literatur dari buku-buku dan artikel-artikel yang berhubungan dengan ultrasonik, mikrokontroler, DAC, rangkaian transmitter, receiver, dan komunikasi serial.
2. Perancangan rangkaian elektronik yaitu rangkaian minimum sistem mikrokontroler Atmega8535, rangkaian DAC dengan *IVconverter* , modul Ultrasonik.
3. Pembuatan rangkaian minimum sistem Atmega8535, *downloader* Atmega8535, DAC *Ladder* R-2R dan *Iv converter*, Rangkaian pemancar (rangkaiannya penguat kelas AB / rangkaian *push pull*) dan rangkaian penerima (rangkaiannya *inverting*).
4. Pembuatan program untuk sinyal gelombang sinusoidal dengan frekuensi 40kHz di Mikrokontroler Atmega8535.
5. Pengujian program untuk sinyal gelombang sinusoidal dengan frekuensi 40 kHz pada DAC dan *IVconverter* serta pangkalibrasian gelombang yang dihasilkan.
6. Pengujian modul ultrasonik.
7. Pengujian keseluruhan alat

8. Pengambilan data
9. Analisa.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

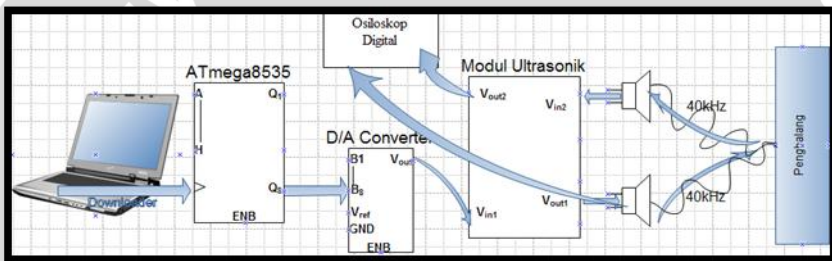




Gambar 3.1 Diagram Alir tahapan Penelitian

3.3 Perancangan dan pembuatan alat

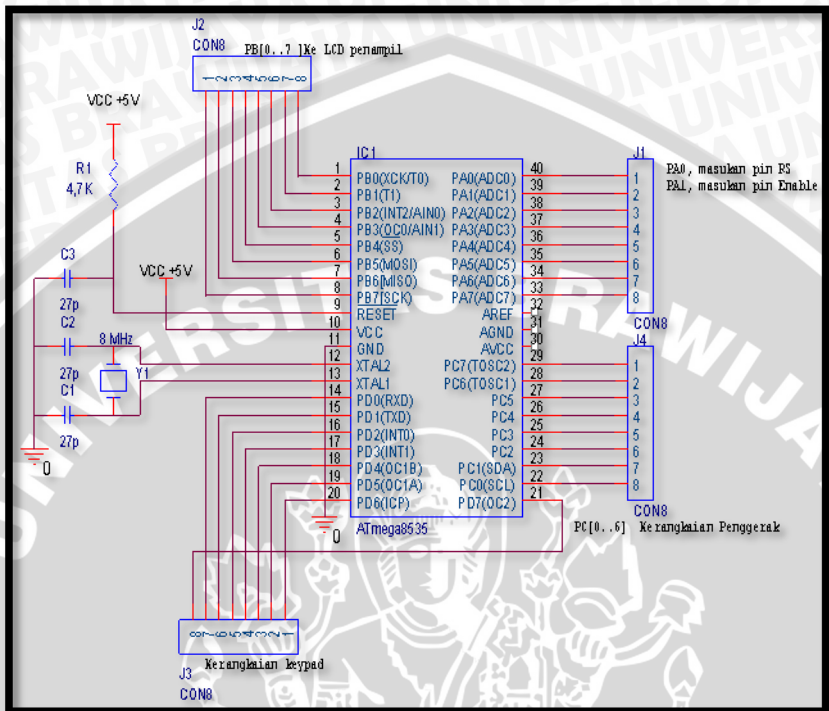
Skema sistem kerja alat secara keseluruhan ditunjukkan oleh Gambar 3.2. Modul Ultrasonik dibuat dengan menggunakan pemicu transduser yang berupa sinyal gelombang sinusoidal berfrekuensi 40kHz yang diprogram pada mikrokontroler Atmega8535 dengan PORTC sebagai *output*. PORTC dihubungkan dengan DAC untuk menghasilkan output analog. Sinyal analog tersebut digunakan sebagai masukan pada rangkaian pemancar yang berfungsi sebagai pemicu transduser. Transduser memancarkan gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali receiver setelah mengenai penghalang.



Gambar 3.2 Skema sistem kerja alat

3.3.1 Perancangan sistem minimum mikrokontroler Atmega8535

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler Atmega8535 diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sistem Minimum Mikrokontroler Atmega8535

Komponen yang digunakan untuk merancang dan membuat sistem minimum Mikrokontroler Atmega8535 antara lain :

1. Mikrokontroler Atmega8535
2. Kristal 12 MHzt
3. Dua buah *capasitor* 33pF
4. Dua buah resistor 1kΩ
5. LED
6. *Switch*
7. *Header*

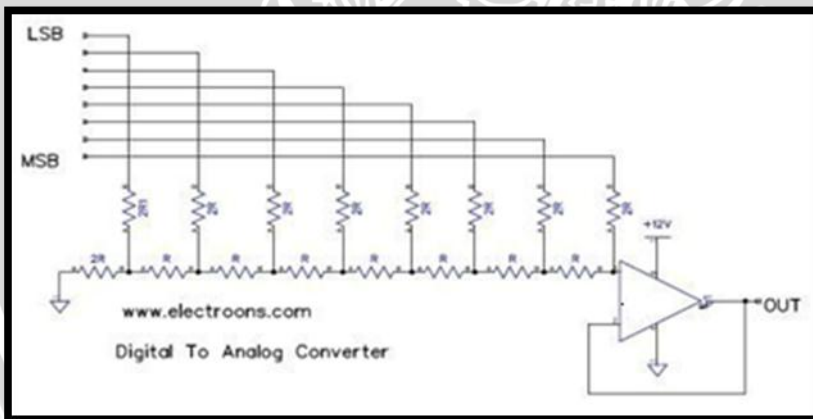
Sistem minimum mikrokontroler Atmega8535 dapat berjalan jika diisi kode program pada *flash* memori mikrokontroler Atmega8535. Proses pengisian program pada mikrokontroler Atmega8535 didukung oleh beberapa komponen antara lain :

1. AVR programmer
2. AVR C kompiler
3. Downloader programmer

3.4 Perancangan *digital to analog converter* (DAC) R-2R ladder

DAC (*Digital to Analog converter*) adalah sebuah perangkat yang berfungsi mengkonversi sinyal digital ke sinyal analog. Rangkaian ini menerima masukan dari PortC mikrokonroler dan data paralel diubah ke nilai tegangan (arus), jika masukan digital yang berurutan diulang maka keluaran berbentuk gelombang analog.

Rangkaian DAC menggunakan komponen R-2R ladder yang berfungsi sebagai pengubah sinyal digital ke sinyal analog, dan LF351 sebagai pengubah arus menjadi tegangan, LF351 mempunyai *gain bandwidth product* sebesar 100kHz. Rangkaian DAC yang dibuat diperlihatkan pada Gambar 3.4.



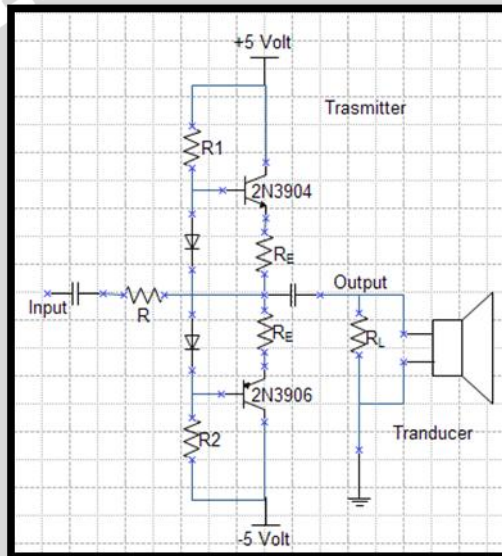
Gambar 3.4 Rangkaian DAC R-2R Ladder

DAC R-2R Ladder menerima masukan melalui port C0 sampai C7 dimana masukan berupa sinyal gelombang sinusoidal yang berfrekuensi 40kHz. Keluaran dihubungkan ke DAC R-2R ladder pada pin A1 sampai A8 dimana A1 sebagai MSB (*Most Significant Bit*) dan A8 sebagai LSB (*Least Significant Bit*).

3.5 Perancangan modul ultrasonik

3.5.1 Rangkaian *transmitter* (Pemancar)

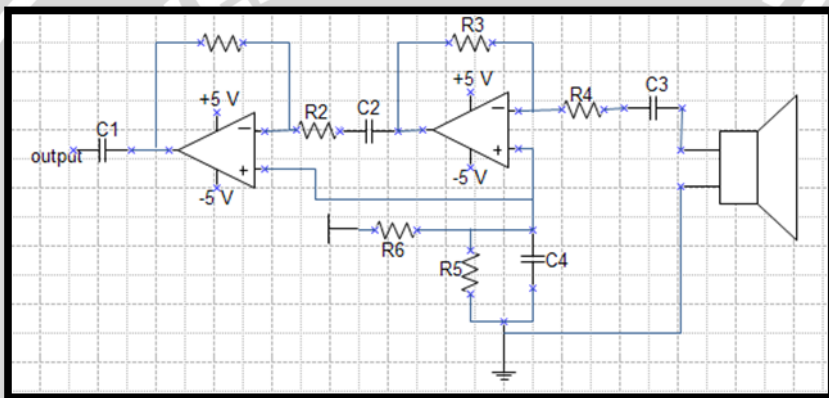
Rangkaian pemancar dirancang menggunakan rangkaian *push pull* yang mendapatkan masukan dari rangkaian DAC R-2R *ladder*. Rangkaian *push pull* menggunakan transistor tipe 2N2222 dan 2N2907 dengan dioda 1N4818, $R_1=R_2$ sebesar $10k\Omega$, R_E sebesar 1Ω , $R=R_L$ sebesar $1k\Omega$ dan kapasitor $C = 1\mu F$. Rangkaian pemancar diperlihatkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian Pemancar

3.5.2 Rangkaian *receveir* (Penerima)

Rangkaian penerima dirancang menggunakan penguat *inverting* dengan IC LF351, $R_3=R_1$ sebesar $100\text{K}\Omega$, $R_4=R_2$ sebesar $10\text{K}\Omega$, $R_6=R_5$ sebesar $10\text{K}\Omega$ dan $C_1=C_2=C_3=C_4$ sebesar $1\mu\text{F}$ (lihat Gambar 3.6). Rangkaian penerima ini berfungsi untuk menangkap sinyal yang di pancarkan oleh pemancar. Sinyal yang diterima dikuatkan terlebih dahulu sebelum dikeluarkan.



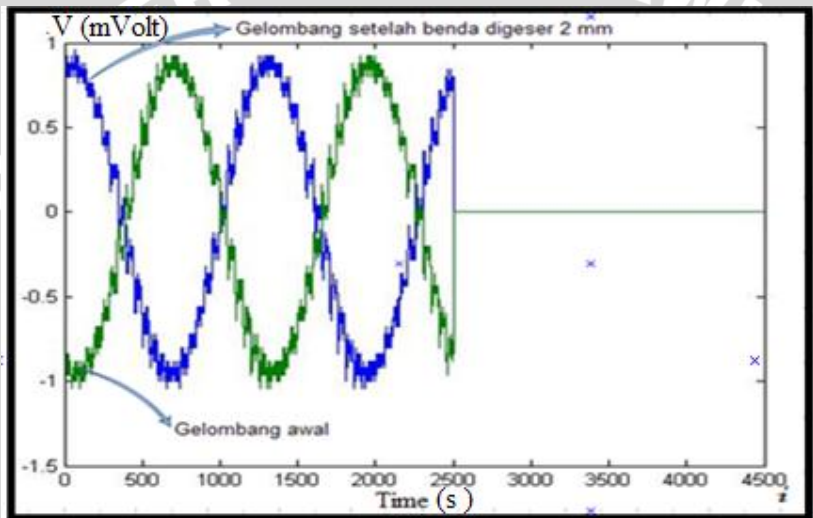
Gambar 3.6 Rangkaian Penerima

3.6 Pengujian alat keseluruhan

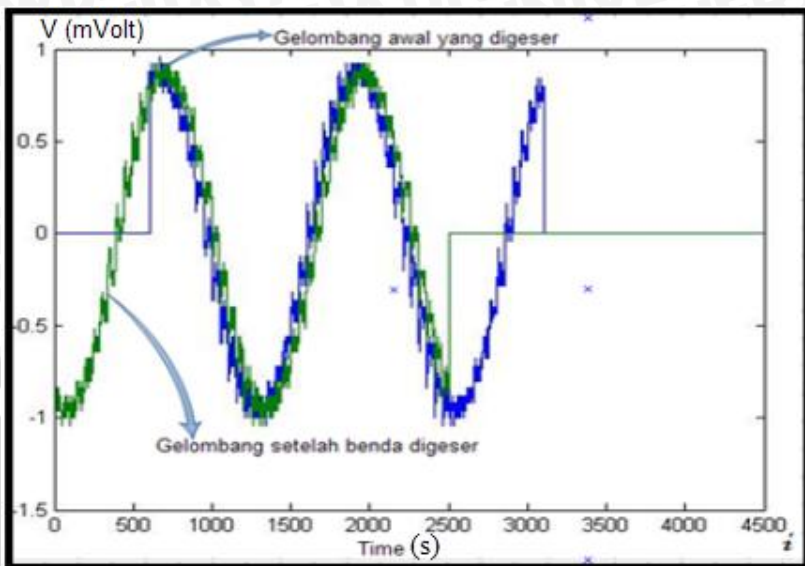
Pengujian alat (lihat Gambar 3.9) dilakukan dengan menggunakan dua cara, yaitu cara visual dan dengan metode *cross correlation*. Pengujian visual dilakukan dengan cara melihat secara langsung pergeseran gelombang ultrasonik yang terekam oleh osiloskop digital. Langkah berikutnya mengkalibrasi posisi awal benda sebelum benda digeser. Jarak ini diambil sebesar $7,5\text{ cm}$ sebagai titik nol (titik awal). Gelombang sinusoidal ultrasonik kemudian disimpan pada osiloskop. Dari titik awal yang sudah diset, benda digeser sejauh 2 mm . Ketika benda digeser, gelombang yang terekam osiloskop pada bagian transmitter bergeser. Pergeseran gelombang pada bagian *transmitter* diamati, lalu dihitung pergeseran

untuk tiap kotaknya. Langkah ini diulang-ulang untuk jarak yang semakin jauh.

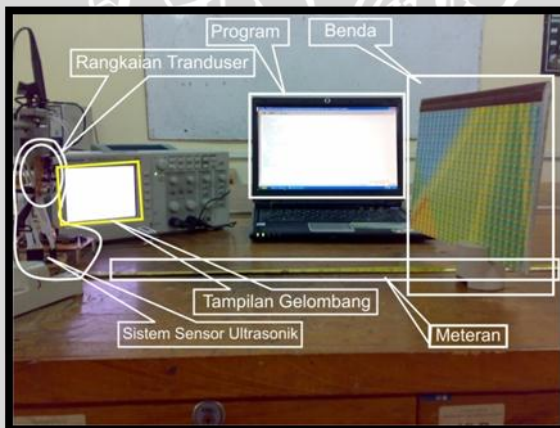
Pengujian dengan metode *cross correlation* dilakukan untuk mencari *delay time* / waktu pergeseran dari gelombang sinusoidal ultrasonik terhadap pergeseran jarak benda. Metode *cross correlation* menghitung gelombang dan dua posisi benda yang berbeda. Metode ini akan bekerja jika pergeseran benda tidak melebihi satu panjang gelombang.



Gambar 3.7 Gelombang pada posisi awal benda dan gelombang setelah benda digeser menjauh 2mm.



Gambar 3.8 Gelombang kedua digeser sampai sefase dengan gelombang pertama



Gambar 3.9 Pengujian alat keseluruhan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas tentang pengujian dan pembahasan generator gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler dan implementasinya untuk pengukuran pergeseran benda dengan cara visual dan dengan metode *cross correlation*.

4.1 Pengujian alat

4.1.1 Pengujian sistem minimum ATmega8535

Langkah pertama pengujian sistem minimum adalah menentukan nilai diskrit titik-titik pada gelombang sinusoidal yang akan digunakan sebagai data pemicu transduser ultrasonik. Data-data diskrit ini didapatkan berdasarkan persamaan 4.1.

$$y = 127 \sin(2\pi f n \Delta t) + 128 \quad (4.1)$$

dimana:

y = Jarak suatu titik ke titik asal

f = 40kHz

n = indeks 0.....n

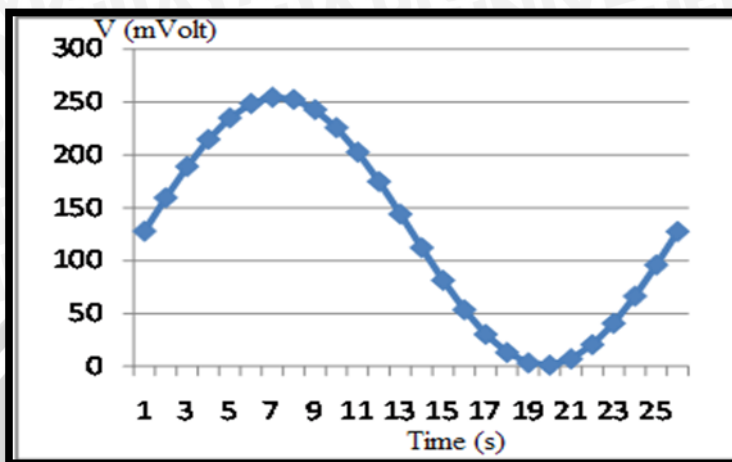
Δt = sampling

Dengan menggunakan persamaan 4.1 buat gelombang sinusoidal 25 titik, yang dinyatakan dalam data heksadesimal, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

Tabel. 4.1.Data diskrit sinusoidal

No.	Nilai Heksa
0	0x80
1	0x9F
2	0xBD
3	0xD6
4	0xEB
5	0xF8
6	0xFE
7	0xFC
8	0xF2
9	0xE1
10	0xCA
11	0xAE
12	0x90
13	0x70
14	0x51
15	0x35
16	0x1E
17	0x0D
18	0x03
19	0x01
20	0x07
21	0x14
22	0x28
23	0x42
24	0x60

Berdasarkan tabel 4.1, data diplot dengan *excel* untuk mendapatkan gambaran tentang data-data diskrit, seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. Setelah itu, data tersebut diprogram dalam mikrokontroler sebagai data pemicu transduser ultrasonik.



Gambar 4.1 Gelombang sinusoidal

Mikrokontroler mengeluarkan data tersebut pada PortC sebagai data pemicu transduser ultrasonik (*trigger osilator*). Namun, data *output* PortC masih berupa data digital sedangkan rangkaian sensor ultrasonik pada bagian pemancar data harus berupa sinyal analog. Sehingga untuk mendapatkan sinyal analog, PortC akan dihubungkan rangkaian DAC (*Digital to Analog Converter*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Alur masukan data DAC

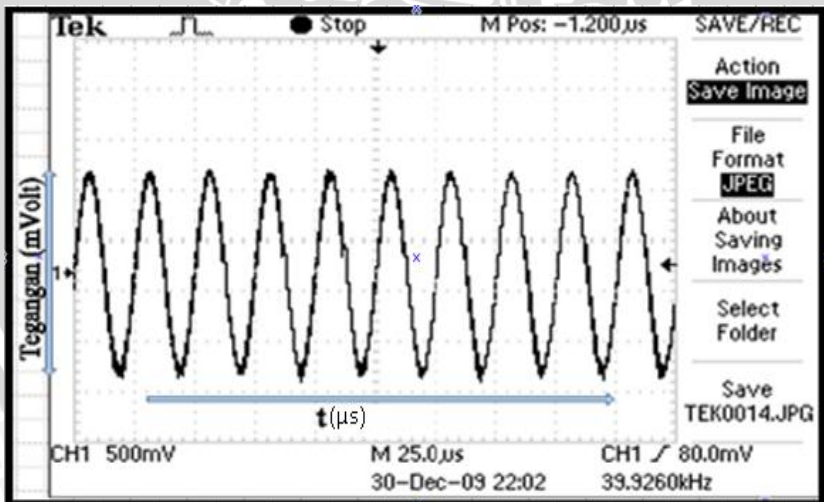
4.1.2 Pengujian DAC

Pengujian DAC dilakukan dengan memberikan inputan bernilai 0 sampai 255. Setiap *input* (desimal) dibuat kelipatan dua kali dari angka *input* (desimal) sebelumnya. Sampel yang diambil sebanyak sepuluh buah. Hasil konversi dari *input* (desimal) berupa *output* analog harga 0 Volt ketika *input* (desimal) 0 dan bernilai 2,49 Volt ketika *input* (desimal) bernilai maksimal 255. Dari hasil pengujian diketahui bahwa outputnya juga bertambah dua kali angka *output* sebelumnya. *Output* analog DAC R-2R ladder memiliki nilai maksimal 2,49 Volt.

Tabel.4.2 Data Hasil Percobaan DAC

Input (Desimal)	Output (Volt)
0	0
1	0.02
2	0.03
4	0.05
8	0.09
16	0.17
32	0.32
64	0.63
128	1.25
255	2.49

Pengujian DAC R-2R *ladder* selanjutnya adalah dengan memprogram mikrokontroler sebagai generator sinyal gelombang sinusoidal digital yang berfrekuensi 40 kHz . Data gelombang sinusoidal dibentuk dari persamaan 4.1 dan bentuk gelombangnya seperti pada Gambar 4.1. Pengkonverteran sinyal tersebut menghasilkan sinyal gelombang sinusoidal digital 39.9260kHz dengan tegangan puncak ke puncak sebesar 2,08 Volt dan bentuk gelombang seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



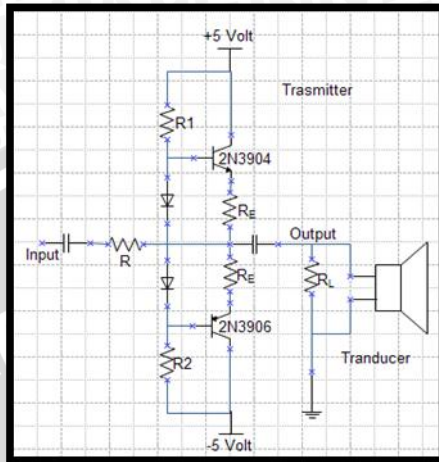
Gambar 4.3 Hasil Pengujian DAC dengan mikrokontroler

4.1.3 Pengujian modul ultrasonik

Pada penelitian ini gelombang suara digunakan sebagai pendeteksi pergeseran benda. Untuk mendeteksi objek diperlukan rangkaian pemancar dan penerima. Rangkaian pemancar adalah rangkaian yang digunakan untuk memancarkan gelombang suara pada suatu objek. Setelah gelombang mengenai suatu objek maka gelombang tersebut dipantulkan. Sinyal gelombang pantulan diterima oleh rangkaian penerima. Rangkaian pemancar menggunakan rangkaian *push-pull* dan rangkaian penerima menggunakan rangkaian penguat *inverting*. Gelombang yang dipancarkan dan yang diterima dianalisa melalui tampilan osiloskop.

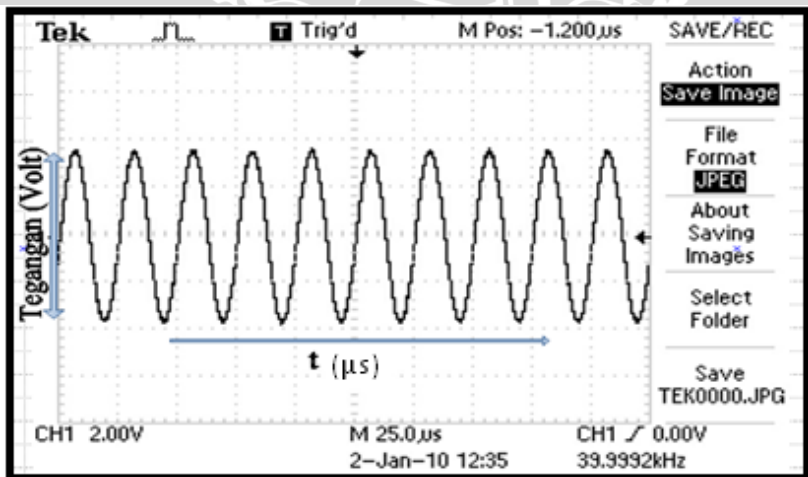
4.1.3.1 Pengujian rangkaian *push-pull* (pemancar)

Rangkaian pemancar menggunakan rangkaian *push-pull* yang menghasilkan *output* tegangan linear. Rangkaian *push-pull* ditunjukkan oleh Gambar 4.4. Pada pengujian ini digunakan rangkaian *push-pull* karena sinyal *input* berupa sinyal gelombang sinusoidal. Ketika gelombang sinusoidal sempurna sebagai masukan maka keluarannya juga harus gelombang sinusoidal. Pada rangkaian *push-pull* ini dihasilkan *output* gelombang sinusoidal yang sempurna tidak ada *crossover* (atau ter jadi cacat penyebrangan). Pada rangkaian terdapat dua buah dioda pengkompensasi untuk menghasilkan tegangan bias pada dioda-dioda *emiter*.



Gambar 4.4 Rangkaian *push-pull*

Rangkaian *push-pull* (pada Gambar 4.4) menggunakan transistor tipe 2n2222A dan 2n2907, yang bekerja pada frekuensi 100Mhz dan kecepatan membacanya 10nS. Rangkaian *push-pull* diuji menggunakan *signal generator*, sebagai sinyal masukan untuk mengetahui bahwa rangkaian berfungsi dengan benar. Hasil pengujian ini ditampilkan pada Gambar 4.5.



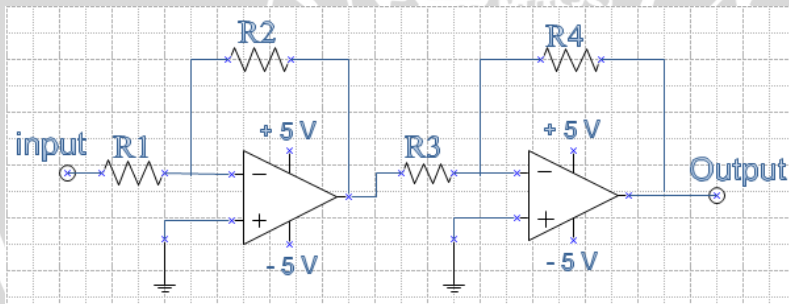
Gambar 4.5 Hasil pegujian Rangkaian *Push-pull*

Dari Gambar 4.5, kita mendapatkan frekuensi keluaran dari rangkaian *push-pull* yaitu sebesar $f=39.9992\text{kHz}$, dengan tegangan puncak – ke puncak (V_{pp}) = 7.44 Volt dan masukan dari *signal generator* $f = 40\text{kHz}$ (lampiran 4). Hasil kalibrasi antara *signal generator* dengan osiloskop adalah $f = 39.9992\text{kHz}$ dengan tegangan puncak – ke puncak (V_{pp}) = 10.2 Volt (lampiran 7). Dengan melihat hasil kalibrasi, frekuensi yang di hasilkan oleh rangkaian *push-pull* sudah benar dan tegangan puncak – ke puncak dari 10.2 volt menjadi 7.44 Volt ini mendekati benar karena rangkaian *push-pull* pada kaki *emiter* transistor mempunyai $R_E = 1\Omega$, dengan penurunan tegangan sebesar 2.74 volt yang mana dapat di toreransi.

4.1.3.2 Pengujian rangkaian penguat *inverting* (penerima)

Rangkaian penerima menggunakan penguat *inverting* bertingkat yaitu penguatan pertama sebesar 10 kali dan penguatan kedua sebesar 10 kali. Penguatan total yang dihasilkan sebesar 100 kali yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$V_{out} = \left(\frac{R_4}{R_3} \times \frac{R_2}{R_1} \right) \times V_{in} \quad (2.2)$$



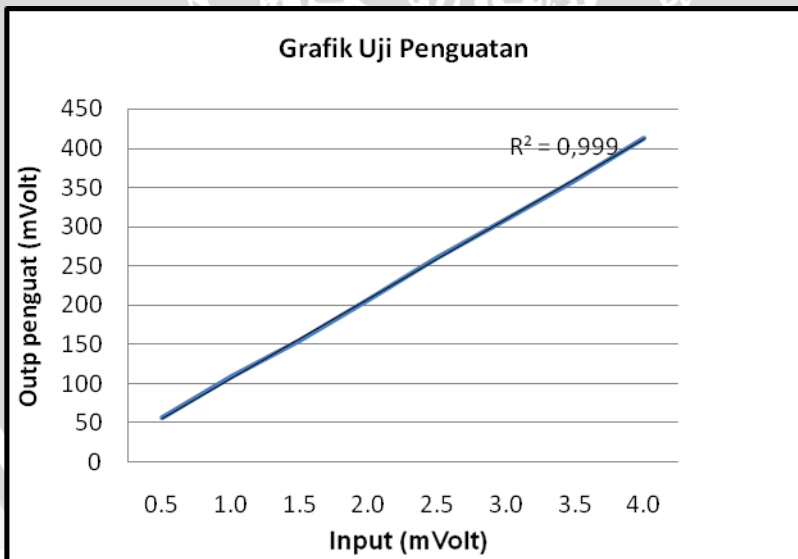
Gambar 4.6 Rangkaian dasar penguat penerima ultrasonik

Pada pengujian rangkaian penguatan *inverting*, bagian *input* rangkaian dihubungkan dengan tegangan 0.5-4.0 mVolt. *Output* rangkaian penguat dicek dengan hasil perhitungan secara teori.

Tabel.4.3 Pengujian rangkaian penguat dan perhitungan teori

Input (mVolt)	Output rangkaian (mVolt)	Output perhitungan (mVolt)
0.5	57	50
1.0	109	100
1.5	155	150
2.0	207	200
2.5	261	250
3.0	310	300
3.5	359	350
4.0	413	400

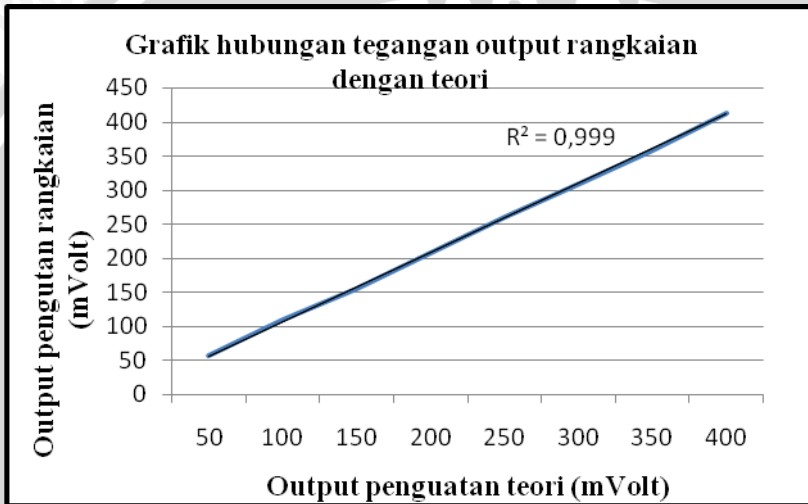
Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa ketika tegangan *input* bernilai 0.5 mVolt maka hasil *output* penguatan bernilai 57 mvolt sedangkan hasil perhitungan secara teori 50 mvolt. Antara *output* rangkaian dengan hasil perhitungan mempunyai selisih 7 mVolt. Selisih ini dipengaruhi dari komponen-komponen yang di pakai karena tiap komponen mempunyai toleransi dan juga dipengaruhi oleh kualitas komponen yang digunakan.



Gambar 4.7 Grafik hasil uji penguatan antara tegangan *input* (mVolt) dan tegangan *output* (mVolt)

Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian rangkaian penguat. Tegangan *input* dan tegangan *output* rangkaian penguat mempunyai hubungan yang linier, sehingga rangkaian dapat bekerja dengan baik.

Pengujian berikutnya antara perbandingan tegangan *output* rangkaian penguat dengan tegangan *output* teori. Gambar 4.8 menunjukkan bahwa hasil penguatan antara output rangkaian dengan *output* teori bersifat linier.



Gambar 4.8 Perbandingan hubungan V_{out} rangkaian dan V_{out} teori

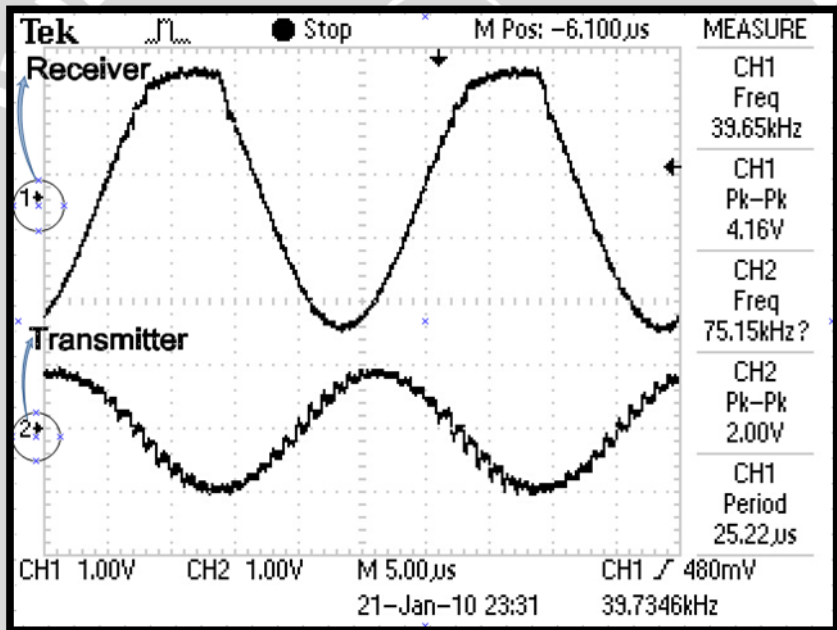
4.2 Pengujian sistem alat keseluruhan

Pengujian alat keseluruhan dilakukan dengan cara mengukur pergeseran jarak benda dan pergeseran gelombang sinusoidal. Pengukuran pergeseran jarak benda menggunakan dua cara yaitu cara visual dan secara program dengan metode *Cross Correlation*.

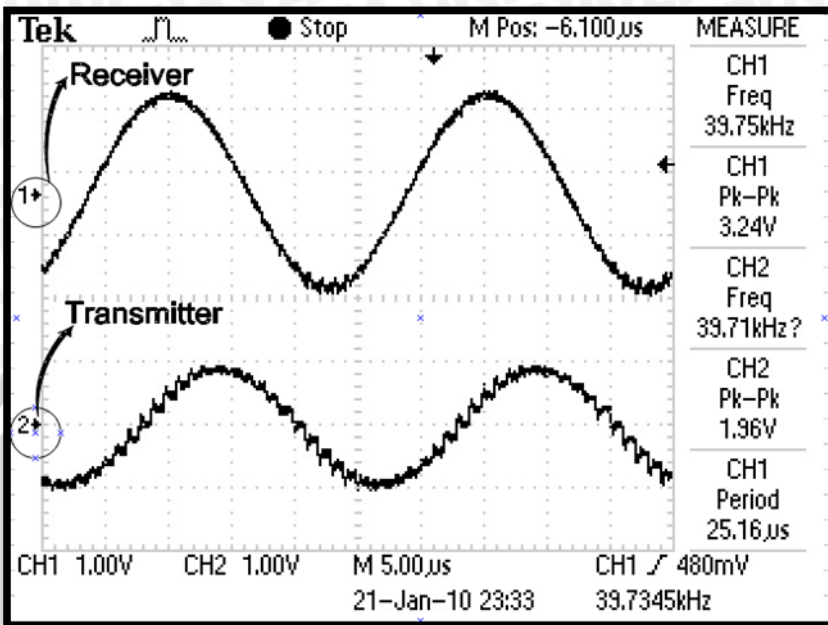
Pengujian sistem alat ini hanya memanfaatkan modul ultrasonik pada bagian *transmitter* untuk mendapatkan jarak pergeseran benda. Dengan mengetahui nilai pergeseran jarak benda ini dan *delay time* gelombang, maka besar kecepatan gelombang suara di udara dapat dihitung.

4.2.1 Pengujian pergeseran jarak benda dengan cara visual

Pengujian secara visual dengan cara melihat pergeseran gelombang sinusoidal pada bagian pemancara yang terekam oleh osiloskop digital. Hasil pergeseran gelombang sinusoidal pada rekaman osiloskop ditunjukkan pada Gambar 4.9 (titik awal/ nol gelombang sinusoidal) dan Gambar 4.10 (gelombang sinusoidal yang bergeser karena benda berpindah). Dua Gambar ini menunjukkan pergeseran gelombang sinusoidal, yang mana pergeseran tersebut tidak lebih 1 gelombang. Hasil pembacaan visual pergeseran gelombang untuk berbagai pergeseran benda ditunjukkan oleh Tabel 4.4.



Gambar 4.9 hasil pengujian gelombang sinusoidal pada posisi awal (nol) sebagai titik awal pergeseran jarak benda.



Gambar 4.10 Gelombang sinusoidal ultrasonik hasil pengukuran pergeseran jarak benda pada rekaman osiloskop digital

Pengujian pergeseran benda dari sensor ultrasonik sebanyak 19 kali. Pengujian diperoleh hasil seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil pengujian alat terhadap pergeseran benda

Jarak (S) pergeseran benda (mm)	Pergeseran gelombang perkotak (Kotak)	Time /div (Osiloskop digital) (s)	Hasil waktu (t) pergeseran benda (delay) (s)
2	3	0,000005	0,000015
4	6	0,000005	0,00003
6	9	0,000005	0,000045
8	12	0,000005	0,00006
10	15	0,000005	0,000075
12	18	0,000005	0,00009
14	21	0,000005	0,000105
16	24	0,000005	0,00012
18	27	0,000005	0,000135
20	30	0,000005	0,00015
22	32	0,000005	0,00016
24	35	0,000005	0,000175
26	38	0,000005	0,00019
28	41	0,000005	0,000205
30	44	0,000005	0,00022
32	47	0,000005	0,000235
34	50	0,000005	0,00025
36	53	0,000005	0,000265
38	56	0,000005	0,00028

Dari Tabel 4.4 ini dapat diplot dalam bentuk grafik pergeseran gelombang (dalam sekon) dengan jarak pergeseran benda seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian pergeseran jarak benda

Maka dari Gambar 4.11 ini diperoleh persamaan hubungan pergeseran gelombang dengan pergeseran benda

$$y = 7 \times 10^{-06}x + 2 \times 10^{-06} \quad 4.2$$

dimana y = Pergeseran gelombang (s)
 x = Pergeseran benda (mm)

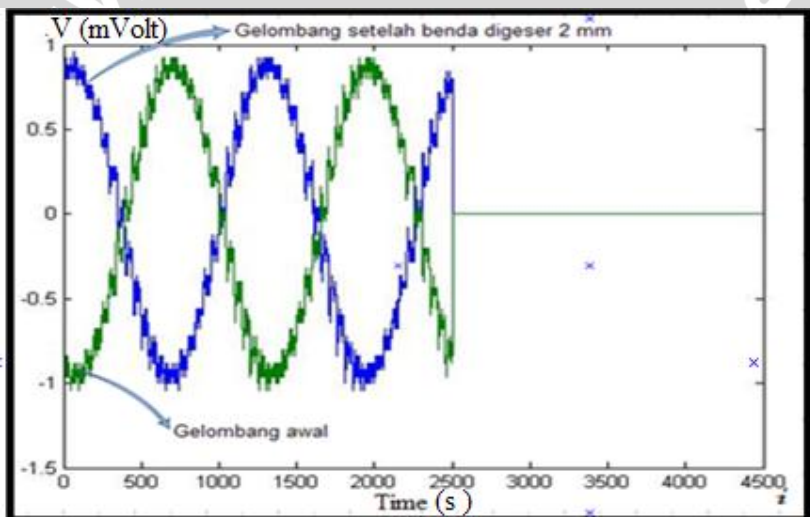
Dari persamaan 4.2, kecepatan jalan gelombang ultrasonik dihitung sebagai berikut:

$$V = \frac{2}{(7 \times 10^{-06})} \text{ m/s}$$

$$V = 285,7143 \text{ m/s.}$$

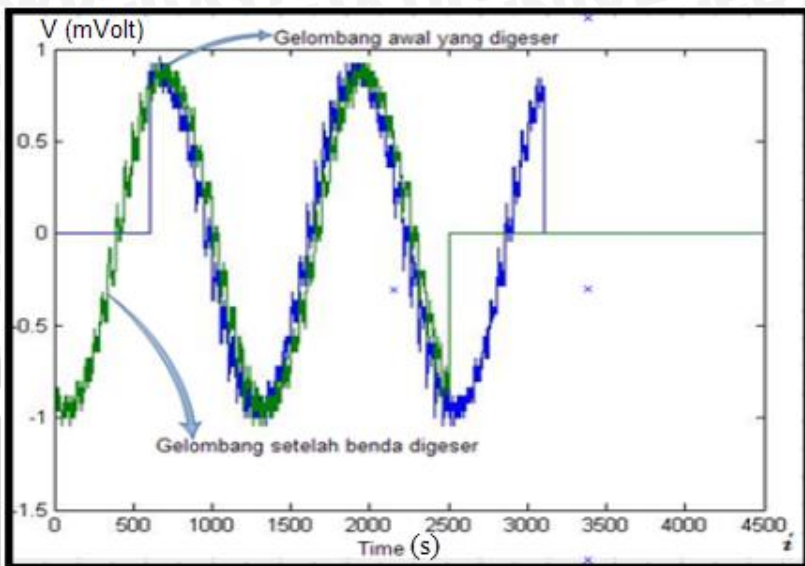
4.2.2 Pengujian pergeseran jarak benda melalui program metode *cross correlation*

Pengujian ini dilakukan untuk mencari pergeseran gelombang ultrasonik yang dipancarkan dan diterima kembali oleh transduser. Data gelombang ultrasonik diambil dari data yang direkam pada osiloskop digital. Pengambilan data digital osiloskop ini dilakukan melalui dua tahap. Pertama, *transmitter* memancarkan gelombang ultrasonik dan direkam oleh osiloskop. Data ini dipakai sebagai data acuan pertama (posisi awal benda). Kedua, benda digeser sejauh 2 mm, lalu gelombang direkam lagi. Kedua data rekaman dimasukkan ke program disusun seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.12. Dalam percobaan dipilih pergeseran 2 mm karena jarak ini merupakan jarak minimum yang bisa dicapai dalam percobaan.



Gambar 4.12 Gelombang pada posisi awal benda dan gelombang setelah benda digeser menjauh 2mm.

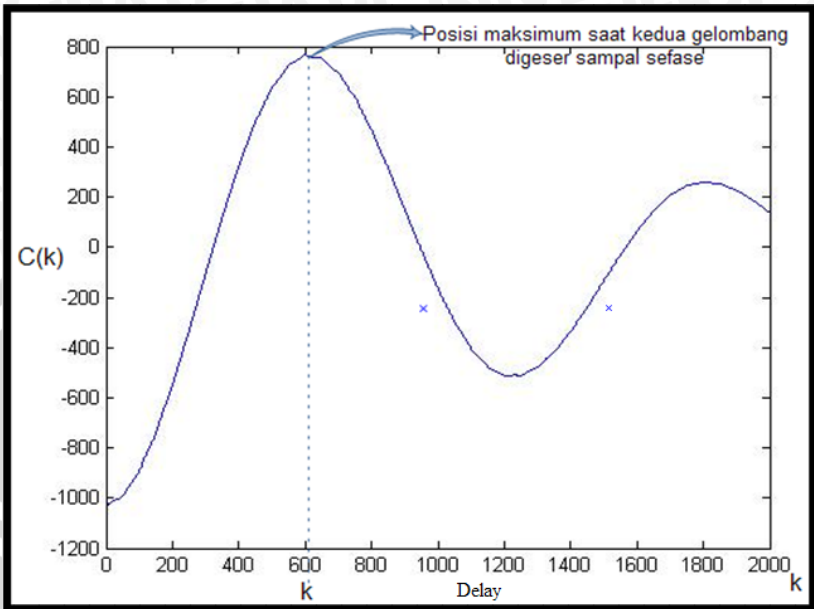
Gambar 4.12 menjelaskan bahwa kedua gelombang tersebut mempunyai beda fase dimana gelombang berwarna hijau (X_0) sebagai gelombang awal dan gelombang warna biru (X_1) sebagai gelombang akibat pergeseran benda. Beda fase dapat ditentukan dengan cara menggeser gelombang X_1 kekanan sampai sefase dengan gelombang X_0 (lihat Gambar 4.13). Dari posisi ini, kita bisa menentukan beda fase antara kedua gelombang X_0 dan X_1 .



Gambar 4.13. Gelombang kedua digeser sampai sefase dengan gelombang pertama

Untuk mendapatkan posisi yang lebih teliti saat gelombang X_1 menjadi sefase dengan gelombang X_0 , dipakai metode *cross-correlation* dengan persamaan berikut :

$$C(k) = \sum_i^N X_0(i) X_1(i - k) \quad (4.3)$$



Gambar 4.15. Program perhitungan *cross correlation*

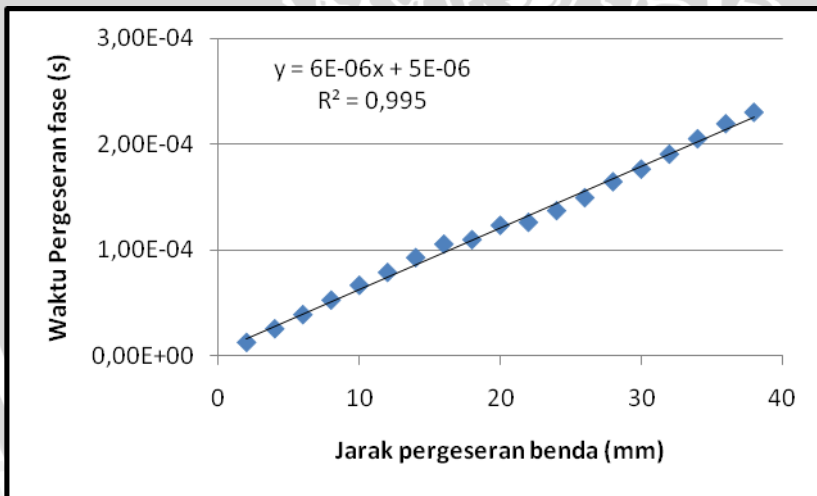
Plot untuk $C(k)$ diperlihatkan pada Gambar 4.15. Indeks k saat $C(k)$ maksimum sama dengan beda fase gelombang X_1 terhadap hasil X_0 . Pengujian ini dilakukan sebanyak 19 kali penggeseran jarak benda dari titik awal dengan rentang 2 mm tiap penggeseran. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil perhitungan waktu penggeseran melalui program matlab.

Jarak (S) penggeseran benda (mm)	Sampling timer pada osiloskop (s)	t (beda fase) (s)
2	2,00E-08	1,26E-05
4	2,00E-08	2,55E-05
6	2,00E-08	3,89E-05
8	2,00E-08	5,26E-05
10	2,00E-08	6,65E-05
12	2,00E-08	7,87E-05
14	2,00E-08	9,27E-05

16	2,00E-08	1,05E-04
18	2,00E-08	1,10E-04
20	2,00E-08	1,23E-04
22	2,00E-08	1,26E-04
24	2,00E-08	1,37E-04
26	2,00E-08	1,49E-04
28	2,00E-08	1,64E-04
30	2,00E-08	1,76E-04
32	2,00E-08	1,90E-04
34	2,00E-08	2,05E-04
36	2,00E-08	2,19E-04
38	2,00E-08	2,30E-04

Data pada Tabel 4.5 digunakan untuk mencari hubungan antara beda fase dengan pergeseran benda, dengan membuat plot regresi linier seperti ditunjukkan pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Grafik hasil pengukuran pergeseran jarak benda

Gambar 4.16 menghasilkan sebuah nilai gradien $m = 6 \times 10^{-6}$. Dengan nilai gradien ini, didapat kecepatan gelombang ultrasonik sebesar

$$V = 2 / (6 \times 10^{-6}) = 333 \text{ m/s}$$

4.3 Pembahasan

Pengujian visual dilakukan untuk melihat pergeseran gelombang ultrasonik yang terekam oleh osiloskop digital yang ditampilkan pada bagian layar osiloskop. Dari data hasil pengujian ini diperoleh hubungan waktu pergeseran jarak benda dengan beda fase gelombang, dengan nilai gradien 7×10^{-6} dan $R = 0,999$. Dari nilai gradien ini didapat kecepatan suara di udara sebesar $V = 285,7143 \text{ m/s}$. Kecepatan suara di udara berdasarkan teori yang diperlihatkan oleh Tabel 2.1 pada Bab 2 sebesar 331 m/s . Dengan membandingkan antara hasil pengujian dengan referensi dapat disimpulkan bahwa keakurasian sistem modul ultrasonik berbasis mikrokontroler dalam menduga pergeseran benda, tidak dapat dicapai dengan menggunakan cara visual karena keterbatasan kita dalam melihat langsung pergeseran gelombang pada tampilan osiloskop yang berfrekuensi 40 kHz . Pergeseran gelombang pada tampilan osiloskop sangat sensitif terhadap pergeseran benda. Hal ini terlihat ketika benda bergeser 1 mm maka gelombang ultrasonik sudah bergeser sehingga dalam pengamatan pergeseran gelombang ultrasonik mengalami kesulitan. Dengan peristiwa tersebut, pengujian ini tidak menggunakan rentang 1 mm tetapi menggunakan rentang 2 mm untuk melihat keakurasian pergeseran benda.

Pemakaian metode *cross correlation* untuk mencari beda fase gelombang ultrasonik akibat pergeseran jarak benda memberikan hasil yang lebih akurat. Hasil perhitungan dengan metode ini (diperlihatkan oleh tabel 4.4) memberikan nilai gradien 6×10^{-6} pada hubungan antara beda fase dengan pergeseran benda. Dari nilai gradien ini diperoleh $V = 333 \text{ m/s}$. Kecepatan suara di udara berdasarkan teori yang diperlihatkan oleh Tabel 2.1 pada Bab 2 sebesar 331 m/s .

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Telah dilakukan rencang bangun generator gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler, yang mampu menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 39.93kHz.
2. Modul yang dibuat mampu mendeteksi pergeseran benda dengan *range* pergeseran sebesar 2 mm.
3. Pergeseran benda dapat diduga dengan cara menganalisa sinyal ultrasonik yang terekam pada osiloskop digital. Pengukuran pergeseran benda menggunakan dua cara yaitu cara visual dan secara program dengan metode *Cross Correlation*.

5.1 Saran

Diharapkan setelah terbentuk generator gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler dapat mengukur pergeseran benda. Penelitian ini dilanjutkan sampai terbentuk sistem modul sensor ultrasonik berbasis mikrokonroler *portable*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2008. **Robot Laba-Laba Penghindar Halangan (Hexapod Avoider)**. <http://delta-electronic.com/article/wp-content/uploads/2008/09/an0139.pdf> diakses pada 28 April 2009
- Hamonangan, Aswan, 2009. **Klasifikasi Penguat Audio - bagian kedua dari 3 tulisan**. www.electroniclab.com/index.php?option=com_content&view=article&id=24:klasifikasi-penguat-audio-bag-2&catid=10:labaudiovideo&Itemid=10 diakses pada 01 Desember 2009.
- Khoswanto, Handry, dkk. 2004. **Balanced Amplifier dengan Menggunakan Driver OP Amp**. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/elk/article/viewFile/16194/16186> diakses pada 09 Juli 2009
- Nazi, Khoirul. 2009. **Perancangan dan Pembuatan Interface Alat Uji Tarik Serat Berbasis PC dan Mikrokontroler**. Universitas Brawijaya Malang.
- Paul Malvino, Albert. 1985. **APROKSIMASI RANGKAIAN SEMIKONDUKTOR**. Terjemahan oleh Barmawi dan M.O Tjia. Penerbit Erlangga, Jakarta 13740.
- Paul Malvino, Albert. 1991. **PRINSIP-PRINSIP ELEKTRONIKA EDISI KE TIGA JILID 2**. Terjemahan oleh Barmawi dan M. O. Tjia. Penerbit Erlangga, Jakarta 10430.
- Soebhakti, Hendawan. 2008. **Pin))) Parallax Ultrasonic Range Finder**. <http://hendawan.files.wordpress.com/2009/02/ping-parallax-application.pdf> diakses pada 30 April 2009

Syafrudin, Agus. 2008. **Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik dan Implementasi untuk Pengukuran Jarak Antara Dua Obyek.** Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, Semarang. <http://eprints.undip.ac.id> diakses pada 10 januari 2010.

Wardhana, Lingga. 2009. **Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535.**C.V Andi Offset. Yogyakarta.

Yazukanet, 2008. **Sensor Ultrasonik.**
<http://yakuzanet.wordpress.com/> diakses pada 22 Oktober 2009

Yatimi, Clara Y., S. Yo Shinori dan S.M. Emanuel. 2003. **Measurement of Sunspot Proper Motion Using Cross-Correlation Methode.** Jurnal Matematika dan Sains. Vol. 8. No.3. Lapan , Bandung 40173.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN-LAMPIRAN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 1. Program

Lampiran 1.1. Source kode perangkat lunak.

/******

This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.25.8 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2007 Pavel Häiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Tugas Akhir Kuliah dan Skripsi
Universitas Brawijaya
Jurusan Fisika
Bidang Minat Instrumentasi dan Pengukuran
Saiful Bahar bin Munir Al Riyadhi

Project :
Version :
Date : 13/10/2009
Author : F4CG
Company : F4CG
Comments:

Chip type : ATmega8535
Program type : Application
Clock frequency : 12,000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 128

*****/

#include <mega8535.h>

// Standard Input/Output functions

#include <stdio.h>

#include <delay.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x00

unsigned int data_high, data_low, data;
int i;

```

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

// Declare your global variables here

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

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

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

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

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

    // Timer/Counter 0 initialization
    // Clock source: System Clock

```

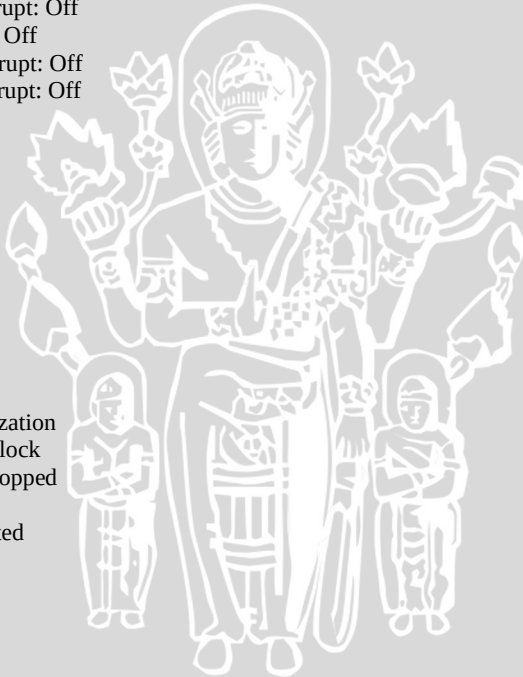
```
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
```

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

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

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

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
```



TIMSK=0x00;

```
// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x4D;
```

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

```
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 93,750 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: None
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x87;
SFIOR&=0xEF;
```

```
while (1)
{
{
//(0)
PORTC = 0x80;
asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x9F;
asm
nop
```

```

nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0xBD;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0xD6;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0xEB;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0xF8;
#asm
nop

```




```
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
```

```
//(1)
```

```
PORTC = 0xCA;
```

```
#asm
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
#endasm
```

```
PORTC = 0xAE;
```

```
#asm
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
#endasm
```

```
PORTC = 0x90;
```

```
#asm
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
nop
```

```
#endasm
```

```
PORTC = 0x70;
```

```
#asm
```



```

nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x51;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x35;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x1E;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x0D;
#asm

```



```

nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x03;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x01;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
//(2)
PORTC = 0x07;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x14;

```



```

#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x28;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x42;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
PORTC = 0x60;
#asm
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
#endasm
}

```



```
}  
}
```

Lampira 1.2 . Program perhitungan cross correlation

```
clc  
clear all  
load F0009CH2.txt  
load F0010CH2.txt  
kmax=2000;  
datalength=size(F0010CH2,1);  
dataR=F0009CH2(1:datalength);  
dataT=F0010CH2(1:datalength);  
R=zeros(datalength+kmax,1);  
T=[dataT;zeros(kmax,1)];  
t=1:datalength+kmax;  
figure(1)  
for k=1:kmax  
    C(k)=0;  
    R=zeros(datalength+kmax,1); % R direset ke vektor kolom nol  
    R(k:datalength+k-1)=dataR; % iko R mulai baris ke-k sampai  
    baris ke-datalength diganti dengan data receiver  
    if (k==1)  
        plot(t,R,t,T)  
    end  
    if (k==603)  
        figure(2)  
        plot(t,R,t,T)  
    end  
  
    C(k)=sum(R.*T);  
end  
figure(3)  
plot(t,R,t,T)  
K=1:kmax;  
figure(4)  
plot(K,C) %plot cross correlation T and R  
[Cmax,Imax]=max(C) % Imax index dimana terjadi puncak tertinggi  
Ts=2*10^(-8);  
delay=Imax*Ts
```


Lampiran 2. Data

Lampiran 2.1. Data gelombang sinusoidal frekwensi 40kHz

Data gelombang sinusoidal berurutan dalam bilangan desimal :
128; 160; 189; 215; 235; 249; 255; 253; 243; 226; 203; 175; 144;
112; 81; 54; 30; 13; 3; 1; 7; 21; 41; 66; 96; 128;

Data gelombang sinusoidal berurutan dalam bilangan Heksadesimal :
0x80;0x9F;0xBD;0xD6;0xEB;0xF8;0xFE;0xFC;0xF2;0xE1;0xCA;0
xAE;0x90;0x70;0x51;0x35;0x1E;0x0D;0x03;0x01;0x07;0x14;0x28;
0x42;0x60; 0x7F;

Lampiran 2.2. Data hasil pengujian visual

Tabel Hasil pengujian Visual

Jarak pergeseran benda (mm)	Pergeseran gelombang perkotak (Kotak)	Time /div (s)	t (delay) (s)	Gambar
2	3	0,000005	0,000015	2
4	6	0,000005	0,00003	3
6	9	0,000005	0,000045	4
8	12	0,000005	0,00006	5
10	15	0,000005	0,000075	6
12	18	0,000005	0,00009	7
14	21	0,000005	0,000105	8
16	24	0,000005	0,00012	9
18	27	0,000005	0,000135	10
20	30	0,000005	0,00015	11
22	32	0,000005	0,00016	12
24	35	0,000005	0,000175	13
26	38	0,000005	0,00019	14
28	41	0,000005	0,000205	15
30	44	0,000005	0,00022	16
32	47	0,000005	0,000235	17
34	50	0,000005	0,00025	18
36	53	0,000005	0,000265	19

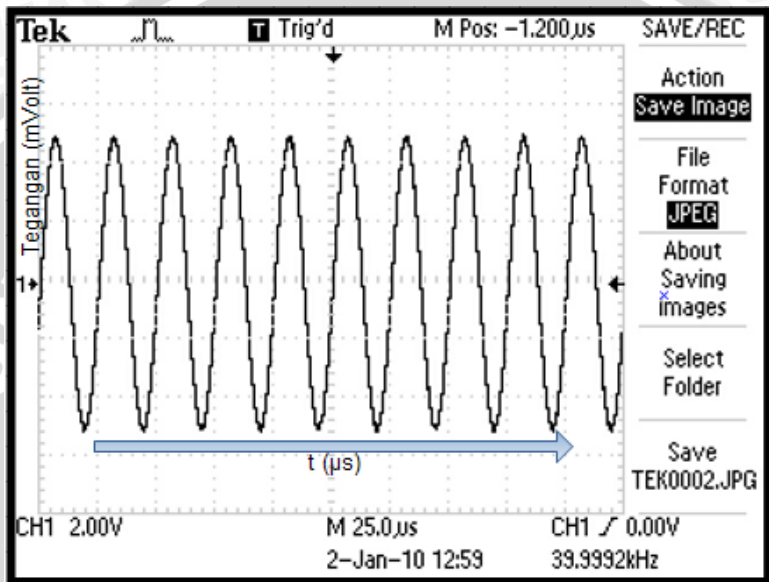
38	56	0,000005	0,00028	20
----	----	----------	---------	----

Lampiran 2.3. Tabel hasil perhitungan cross correlation

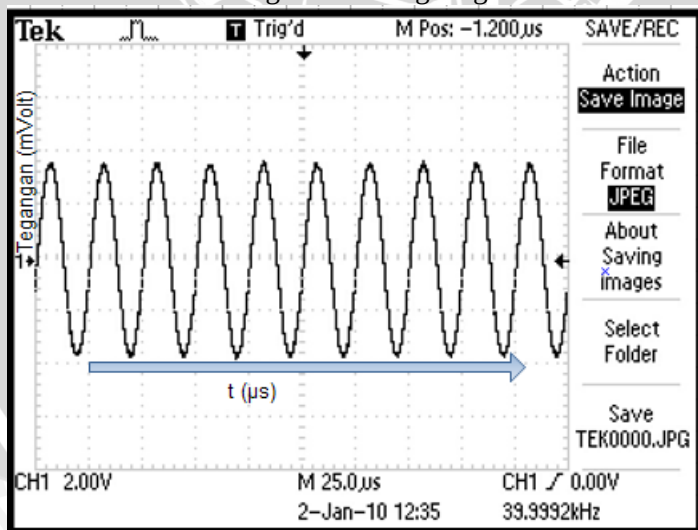
Jarak pergeseran benda (mm)	Time /div (s)	Sampling terekam (s)	t(delay program)(s)	Gambar
2	0,000005	2,00E-08	1,26E-05	2
4	0,000005	2,00E-08	2,55E-05	3
6	0,000005	2,00E-08	3,89E-05	4
8	0,000005	2,00E-08	5,26E-05	5
10	0,000005	2,00E-08	6,65E-05	6
12	0,000005	2,00E-08	7,87E-05	7
14	0,000005	2,00E-08	9,27E-05	8
16	0,000005	2,00E-08	1,05E-04	9
18	0,000005	2,00E-08	1,10E-04	10
20	0,000005	2,00E-08	1,23E-04	11
22	0,000005	2,00E-08	1,26E-04	12
24	0,000005	2,00E-08	1,37E-04	13
26	0,000005	2,00E-08	1,49E-04	14
28	0,000005	2,00E-08	1,64E-04	15
30	0,000005	2,00E-08	1,76E-04	16
32	0,000005	2,00E-08	1,90E-04	17
34	0,000005	2,00E-08	2,05E-04	18
36	0,000005	2,00E-08	2,19E-04	19
38	0,000005	2,00E-08	2,30E-04	20

Lampiran 3. Gambar grafik

Lampiran 3.1. Gambar grafik Hasil signal generator pada osiloskop

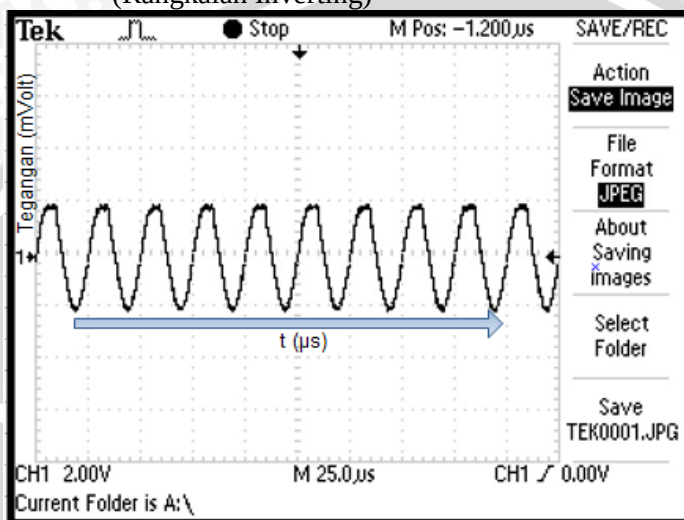


Gambar 1. grafik dari signal generator.

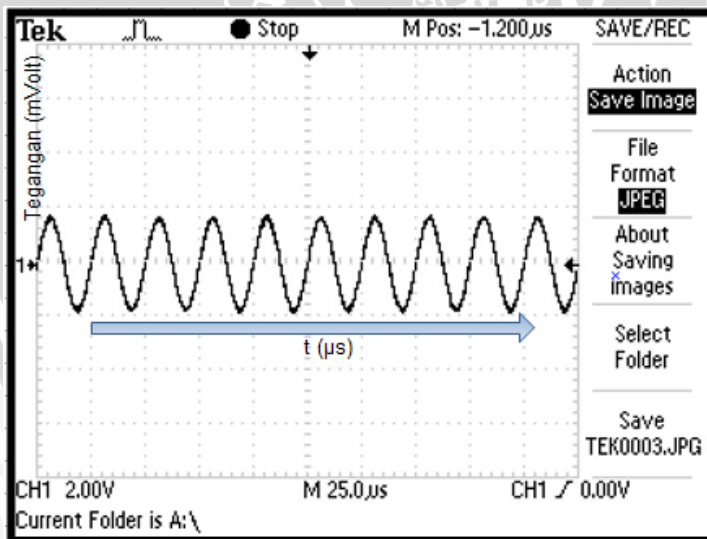


Gambar 2. grafik keluaran rangkaian push pull $V(p-p) = 7.44$ Volt

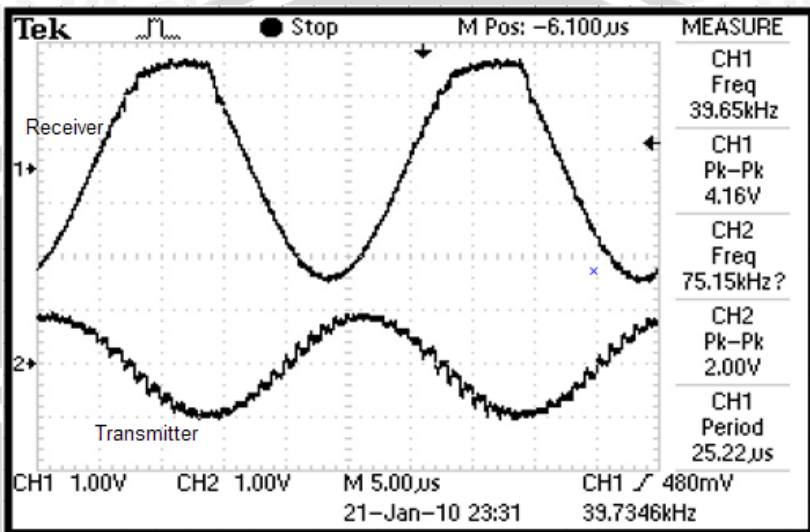
Lampiran 3.2. Gambar grafik hasil uji rangkaian penerima
(Rangkaian Inverting)



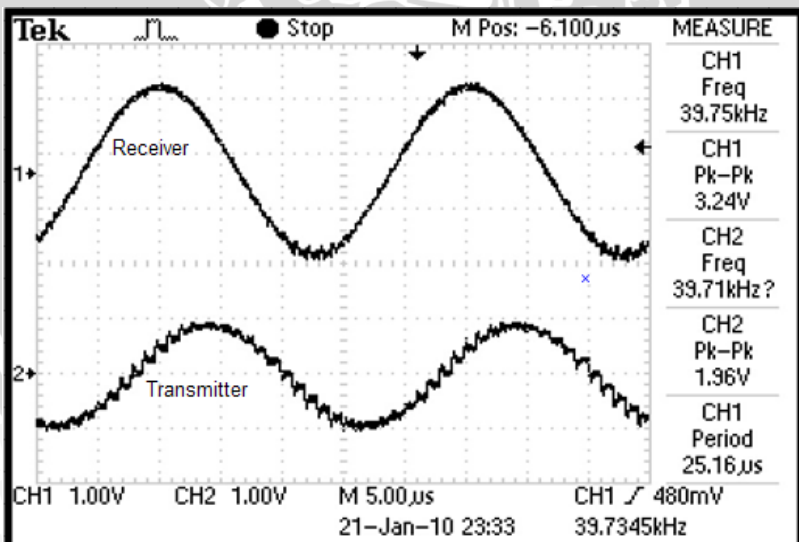
Gambar 3. grafik hasil keluaran dari rangkaian inverting



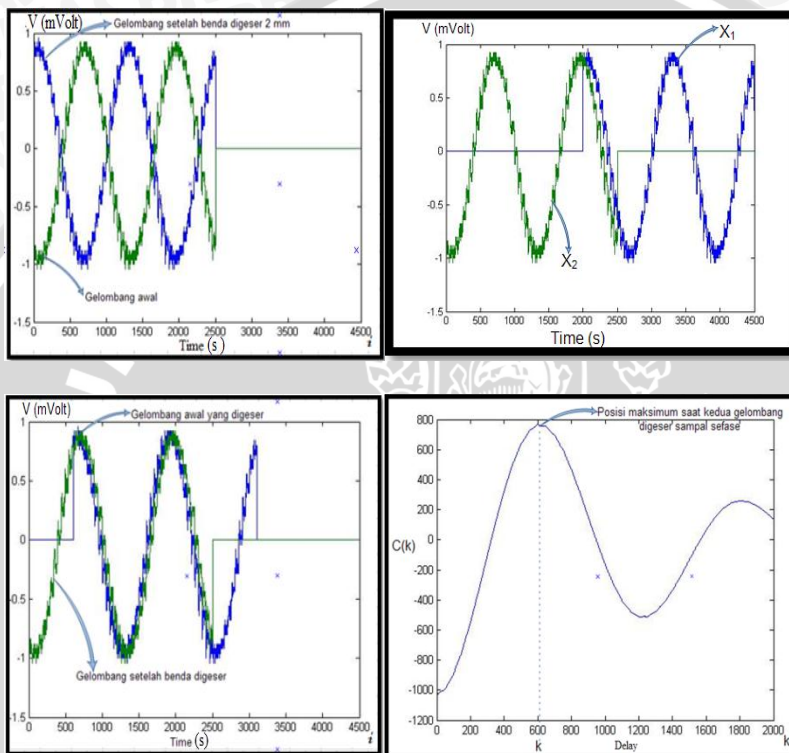
Gambar 4. grafik hasil uji coba tranducar pemancar dan penerima berhadapan sejarak 45 cm
Lampiran 3.3. Gambar hasil pengujian pergeseran benda



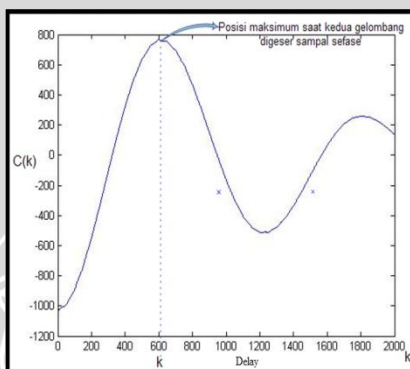
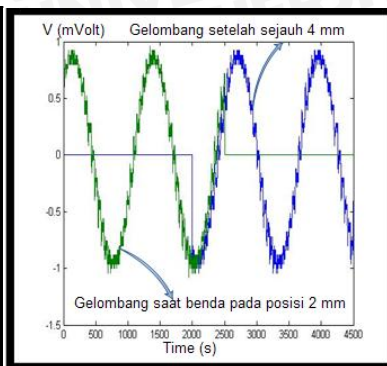
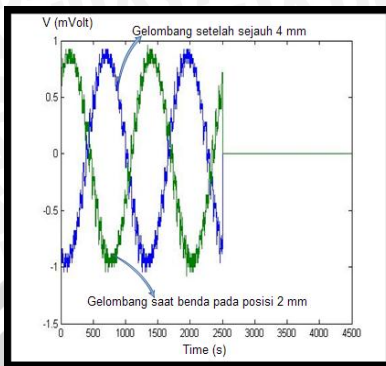
Gambar 5. Kalibrasi. Hasil awal gelombang.



Gambar 6. Hasil pergeseran benda 2 mm.
Lampiran 3.4. Gambar grafik hasil pergeseran benda secara program



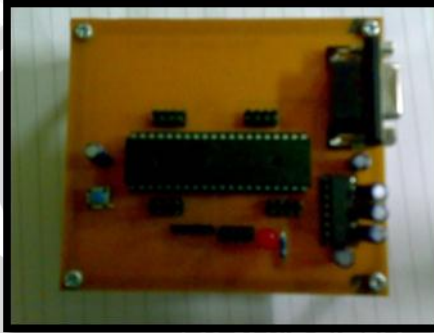
Gambar 7. Hasil pergeseran benda sejauh 2 mm.



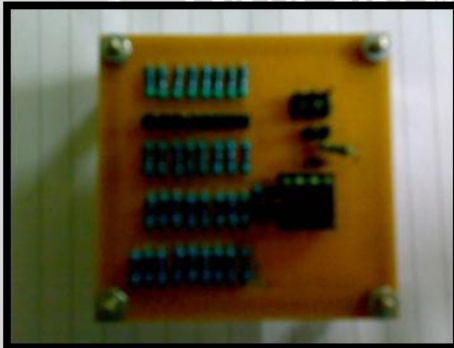
Gambar 8. Hasil pergeseran benda 4 mm.

Lampiran 4. Gambar Alat

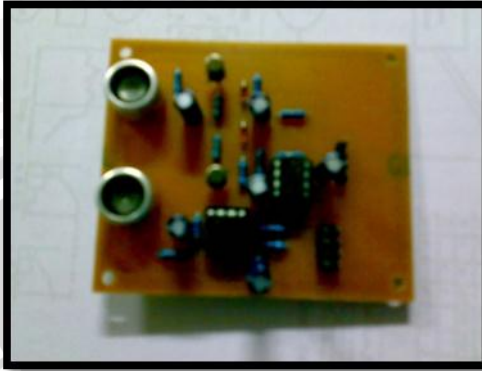
Lampiran 4.1. Gambar alat prototipe modul ultrason



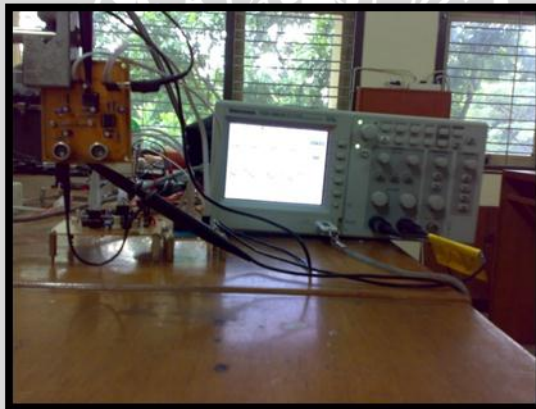
Gambar 9 alat sistem minimum Atmega8535



Gambar 10. alat rangkaian DAC R-2R ladder



Gambar 11. alat rangkaian Ultrasonik
Lampiran 4.2 Gambar rangkaian keseluruhan



Gambar 12. alat keseluruhan



Gambar 13 sinyal generator dengan output frekuensi 40kHz

