

SKRIPSI

PENGUKUR ALIRAN AIR (*FLOWMETER*) BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik program-S1

pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

DEVY JUNIARDI

NIM : 20020120048

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PERNYATAAN

Bahwa semua yang tertulis dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan atau bukan menjiplak hasil karya orang lain, kecuali secara tertulis dijadikan acuan dalam penulisan naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas

HALAMAN PENGESAHAN I

SKRIPSI

PENGUKURAN ALIRAN AIR (FLOWMETER)

BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51



Dosen Pembimbing Utama


Ir. Rif'an Tsaqif A., M.T.

Dosen Pembimbing Muda


Ir. M. Fathul Qodir

HALAMAN PENGESAHAN II

**PENGUKURAN ALIRAN AIR (FLOWMETER)
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51**

Skripsi ini telah dipertahankan dan disahkan di depan dewan penguji
pada tanggal 20 Agustus 2009

Dewan Penguji:

Ir. Rif'an Tsaqif A., M.T.

Dosen Pembimbing I

Tanggal:

Ir. H. M. Fathul Qodir

Dosen Pembimbing II

Tanggal:

Ir. Dwijoko Purbohadi, M.T.

Dosen Penguji III

Tanggal:

Ir. H. Muhammad Ikhsan

Dosen Penguji IV

Tanggal:

Menyetujui,

Ketua Jurusan

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Slamet Suropto

MOTTO

” Hidup memerlukan pengorbananan. Pengorbanan memerlukan perjuangan. Perjuangan memerlukan ketabahan.

Ketabahan memerlukan keyakinan. Keyakinan pula menentukan kejayaan. Kejayaan pula akan menentukan kebahagiaan ”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga serta para sahabat. Alhamdulillah, atas segala petunjuk dan bimbingan Allah SWT penulis dapat menyelesaikan sebuah karya, guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul **"Pengukur Aliran Air (flowmeter) Berbasis Mikrokontroler AT89S51"**.

Penulis menyadari karya ini dapat diselesaikan tidak lepas dari bantuan, petunjuk, bimbingan, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibunda dan Ayahanda... atas segala kasih sayang yang tiada henti-hentinya dan doanya untuk anakmu ini.
2. Bapak Ir. Rif'an Tsaqif A., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama
3. Bapak Ir. M. Fathul Qodir, selaku Dosen Pembimbing Dua.
4. Bapak Ir. Dwijoko purbohadi dan Bapak Ir. Muhammad Ikhsan, terima kasih atas ujiannya selama pendadaran.
5. Semua Dosen, Guru, Ustadz, yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepadaku.
Semoga selalu bermanfaat dan menjadi pahala yang selalu mengalir.

7. Rekan-rekan seperjuangan... TE 2002 UMY.

8. For my loph Erda Yunita, thanks telah mendukung dan mensupport mas menyelesaikan skripsi.

9. Untuk kakak kakak ku thanks atas dukungannya, i love u my brother.

10. Buat temen temen yang belum pendadaran, ayooooo guys maju terus!!!

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN I.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN II	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
TABLE GRAFIK	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 latar belakang masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengukuran Aliran Fluida 5

 2.1.1 Pengukuran Aliran Berdasarkan Perbedaan Tekanan 5

 2.1.2 Pengukuran Aliran Dengan Cara-Cara Thermal 6

 2.1.3 Flowmeter Radio Aktif 6

 2.1.4 *Flowmeter* Elektromagnetis 7

 2.1.5 *Flowmeter* Ultrasonik 7

2.2 Pengukuran Aliran Fluida Dengan Sensor Ultrasonic 8

 2.2.1 *Doppler Flowmeter* 8

 2.2.2 Transit-Time Meter 9

2.3 Transduser Ultrasonik 11

2.4 Penguat Operasional (*OP-AMP*) 12

2.5 Mikrokontroler AT89S51 14

 2.5.1 Organisasi Memory 18

 2.5.2 Timer/Counter 19

 2.5.2.1 Register Time Mode (*TMOD*) 20

 2.5.2.2 THx Dan TLx (x adalah nomor timer) 20

 2.5.2.3 Timer Control Register 21

 2.5.3 Mode Pengalamatan (*Addressing Mode*) 22

 2.5.3.1 Mode Pengalamatan Segera 22

 2.5.3.2 Mode Pengalamatan Indirect 22

 2.5.3.3 Mode Pengalamatan Base Register 22

 2.5.3.4 Mode Pengalamatan Base Register Plus 22

 2.5.3.5 Mode Pengalamatan Base Register Plus Indirect 22

 2.5.3.6 Mode Pengalamatan Base Register Plus Indirect 22

2.5.3.3	Mode Pengalamatan Tidak Langsung	23
2.5.3.4	Mode Pengalamatan Register	23
2.5.3.5	Mode Pengalamatan Kode tidak Langsung	24
2.5.4	Intruksi – Intruksi	24
2.5.4.1	Intruksi Aritmatika	24
2.5.4.2	Intruksi Logika	24
2.5.4.3	Intruksi Transfer Data	24
2.5.4.3	Intruksi Manipulasi Variable <i>Boole</i>	25
2.6	IC MC 14 0 49 UB	25
2.7	LCD 16 x 2 Karakter	26
2.7.1	DDRAM (<i>Display Data Random Access Memory</i>)	27
2.7.2	CGRAM (<i>Character Generator Random Access Memory</i>) ..	27
2.7.3	CGROM (<i>Character Generator Random Only Memory</i>)	28
2.7.4	Konfigurasi PIN	28
2.7.5	Register	29
2.7.5.1	Register Penuh	29
2.7.5.2	Register Data	29
2.7.5.3	Penulisan Data ke Register Perintah	29
	Dan Register Data	

BAB III PERANCANGAN ALAT

3.1	Alat Dan Bahan	30
-----	----------------------	----

3.1.1	Material	30
-------	----------------	----

3.3.2 Bahan	30
3.2 Analisis Kebutuhan	32
3.3 Spesifikasi Alat	32
3.4 Metodologi Perancangan	33
3.4.1 Latar Belakang Kebutuhan	33
3.4.2 Perancangan Spesifikasi Sistem	34
3.4.3 Perancangan Arsitektur Sistem	34
3.4.3.1 Rangkaian Osilator	35
3.4.3.2 Rangkaian Penguat	35
3.4.3.3 Sensor Ultrasonic	35
3.4.3.4 Mikrokontroler AT89S51	36
3.4.3.5 Rangkaian LCD 16 x 2 Karakter	37
3.4.4 Perancangan Perangkat Lunak	38
3.4.5 Program utama	39
3.4.6 Program interupsi	40

BAB IV ANALISA DAN PENGUJIAN

4.1 Diagram Blok Alat	43
4.2 Pengujian Alat	43
4.2.1 Pengujian Blok Karakter	43
4.2.2 Pengujian Blok Penerima Ultrasonic	45

4.4 Kalibrasi alat	48
4.5 Validasi Alat	48

BAB V PENUTUP

5.1 kesimpulan	52
5.2 Saran	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Flowmeter cara radiasi nuklir	6
Gambar 2.2	Prinsip pengukuran aliran menggunakan efek hail	7
Gambar 2.3	Sensor aliran fluida menggunakan ultrasonic	8
Gambar 2.4	Cara kerja doppler flowmeter	9
Gambar 2.5	Prinsip kerja transit time-meter	11
Gambar 2.6	Kristal prezaelectric	12
Gambar 2.7	Simbol dan konfigurasi kaki-kaki OP-Amp	13
Gambar 2.8	Diagram blok mikrokontroler AT89S51	14
Gambar 2.9	Register time mode	20
Gambar 2.10	Tampilan Bit register TCON	21
Gambar 2.11	Tampilan PIN IC MC 4049	26
Gambar 2.12	Alamat DDRAM M1632	27
Gambar 3.1	Flow chart proses perancangan	33
Gambar 3.2	Diagram blok pengukuran kecepatan aliran fluida (<i>flowmeter</i>)	34
Gambar 3.3	Rangkaian osilator	36
Gambar 3.4	Rangkaian power on	37
Gambar 3.5	Rangkaian LCD 16x2	38
Gambar 3.6	Diagram aliran program utama	39

Gambar 4.1	Blok diagram rangkaian pengukur laju aliran fluida	41
Gambar 4.2	Titik uji pengujian blok pemancar ultrasonic	45
Gambar 4.3	Titik uji rangkaian penerimaan ultrasonic	45
Gambar 4.4	Gambaran proses kalibrasi alat	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengujian rangkaian pemancar ultrasonic	44
Tabel 4.2 Hasil pengujian rangkaian penerima ultrasonic	46
Tabel 4.3 Perbandingan kecepatan aliran alat dengan kecepatan aliran gabus	49
Tabel 4.4 Perbandingan kecepatan aliran alat dengan kecepatan aliran	50

TABEL GRAFIK

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Datasheet Microcontroller AT89S51

LAMPIRAN B

Datasheet Sensor Ultrasonik seri SRF 02

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan sistem pengukuran semakin meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi. Berbagai metode diterapkan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih sederhana namun lebih akurat.

Salah satu dari sekian banyak alat ukur yang ada adalah pengukur laju aliran fluida. Alat pengukur laju aliran fluida sendiri memiliki ragam yang bermacam-macam tergantung dari prinsip pengukuran yang dipergunakan. Pengukuran aliran fluida mulai dikenal sejak tahun 1732 ketika Henry Pitot mengatur jumlah fluida yang mengalir. Dalam pengukuran fluida perlu ditentukan besaran dan vektor kecepatan aliran pada suatu titik dalam fluida dan bagaimana fluida tersebut berubah dari titik ke titik.

Ada beberapa metode pengukuran kecepatan aliran fluida (flowmeter) yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan aliran fluida salah satunya adalah flowmeter ultrasonik. Flowmeter ini menggunakan Azas Doppler. Dua pasang ultrasonic transduser dipasang pada posisi diagonal dari pipa, keduanya dipasang dibagian tepi dari pipa, untuk menghindari kerusakan sensor dan transmitter, permukaan sensor dihalangi oleh membran. Perbedaan lintasan terjadi karena

1.2. Identifikasi Masalah

Berkaitan dengan latar belakang masalah diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang melatar belakangi perancangan alat ini sebagai berikut : Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran fluida, diantaranya adalah :

- a. Pengukuran aliran berdasarkan perbedaan tekanan
- b. Pengukur aliran berdasarkan distribusi panas (cara-cara thermal)
- c. Flowmeter Radio Aktif
- d. Flowmeter Elektromagnetis
- e. Flowmeter Ultrasonic

Pada tugas akhir ini akan dibahas metode pengukuran aliran dengan ultrasonic.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem pengukuran laju aliran fluida pada tugas akhir ini menggunakan sensor ultrasonic dengan menerapkan perumusan dari efek Doppler
2. Aliran yang diukur adalah aliran tertutup yang mengalir pada saluran tertentu seperti pada pipa tertutup.

3. Alat ini menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai komponen

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengukur laju aliran fluida dengan menggunakan sensor ultrasonik yang dikendalikan oleh mikrokontroler AT89S51. Prototipe yang dibuat menggunakan komponen lokal yang terdapat di pasaran sehingga lebih murah dan lebih sederhana daripada alat yang telah ada

Hasil dari perancangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan sistem pengukuran dan pihak-pihak yang membutuhkan suatu sistem pengukur laju aliran yang murah serta dapat digunakan sebagai media belajar mahasiswa maupun penelitian lebih lanjut.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan diuraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan IC yang digunakan dalam alat ini dan semua bagian-bagian penting dari alat ini.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Berisikan tentang blok diagram *flowmeter* berbasis mikrokontroler dan rancangan rangkaian.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengukur aliran Fluida (*Flowmeter*)

Pengukuran aliran mulai dikenal sejak tahun 1732 ketika Henry Pitot mengatur jumlah fluida yang mengalir. Dalam pengukuran fluida perlu ditentukan besaran dan vektor kecepatan aliran pada suatu titik dalam fluida dan bagaimana fluida tersebut berubah dari titik ke titik.

2.1.1. Pengukuran Aliran Berdasarkan Perbedaan Tekanan

Jenis pengukur aliran yang paling luas digunakan adalah pengukuran tekanan diferensial. Pada prinsipnya beda luas penampang melintang dari aliran dikurangi dengan yang mengakibatkan naiknya kecepatan, sehingga menaikkan pula energi gerakan atau energi kinetis. Karena energi tidak bisa diciptakan atau dihilangkan (Hukum perpindahan energi), maka kenaikan energi kinetis ini diperoleh dari energi tekanan yang berubah..

Lebih jelasnya, apabila fluida bergerak melewati penghantar (pipa) yang seragam dengan kecepatan rendah, maka gerakan partikel masing-masing umumnya sejajar disepanjang garis dinding pipa. Kalau laju aliran meningkat, titik puncak dicapai apabila gerakan partikel menjadi lebih acak dan kompleks.

Kecepatan kira-kira di mana perubahan ini terjadi dinamakan kecepatan

2.1.2. Pengukuran Aliran dengan Cara-cara Thermal

Cara-cara thermal biasanya dipergunakan untuk mengukur aliran udara.

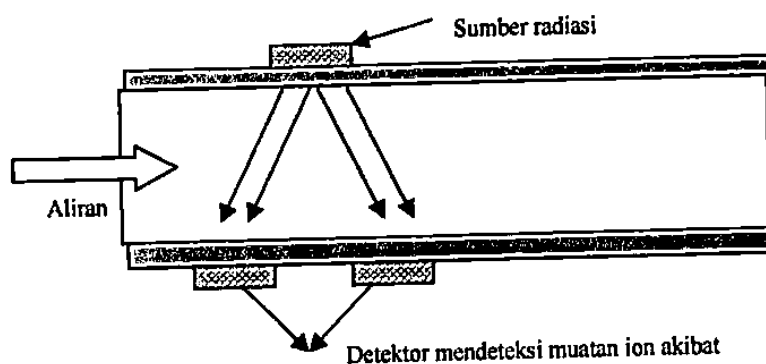
Pengukuran dengan menggunakan cara thermal dapat dilakukan dengan cara-cara:

- Anemometer kawat panas
- Teknik perambatan panas
- Teknik penggetaran

2.1.3. Flowmeter Radio Aktif

Teknik pengukuran aliran dengan radio aktif adalah dengan menembakkan partikel neutron dari sebuah pemancar radio aktif. Pada jarak tertentu ke arah outlet, dipasang detector. Bila terjadi aliran, maka akan terdeteksi adanya partikel radio aktif, jumlah partikel yang terdeteksi pada selang tertentu akan sebanding dengan kecepatan aliran fluida.

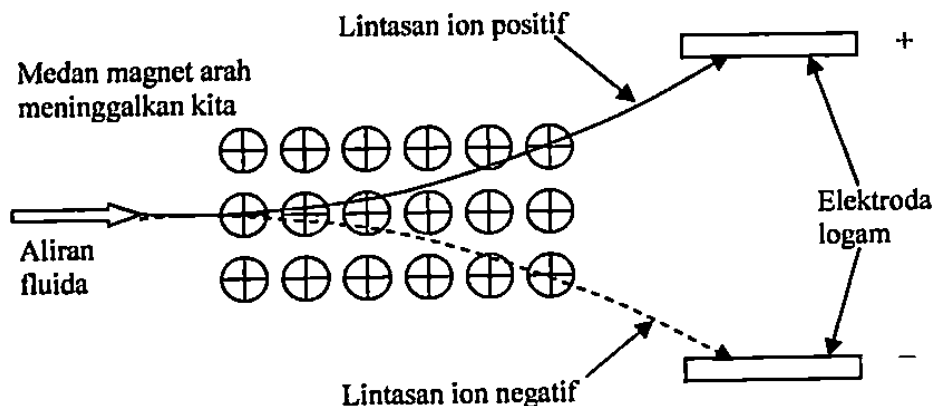
Teknik lain yang masih menggunakan teknik radio aktif adalah dengan cara mencampurkan bahan radio aktif kedalam fluida kemudian pada bagian-bagian tertentu dipasang detector. Teknik ini dilakukan bila terjadi kesulitan mengukur misalnya karena bahan aliran terdiri dari zat yang berada pada berbagai fase. Berikut ini adalah gambar pengukuran flowmeter dengan radiasi nuklir



2.1.4. Flowmeter Elektromagnetis

Flowmeter jenis ini biasa digunakan untuk mengukur aliran cairan elektrolit. Flowmeter ini menggunakan prinsip Efek Hall, dua buah gulungan kawat tembaga dengan inti besi dipasang pada pipa agar membangkitkan medan magnetik. Dua buah elektroda dipasang pada bagian dalam pipa dengan posisi tegak lurus arus medan magnet dan tegak lurus terhadap aliran fluida.

Bila terjadi aliran fluida, maka ion-ion positif dan ion-ion negatif membelok ke arah elektroda. Dengan demikian terjadi beda tegangan pada elektroda-elektrodanya. Untuk menghindari adanya elektrolisa terhadap larutan, dapat digunakan arus AC sebagai pembangkit medan magnet. Seperti terlihat pada Gambar 2.2 berikut

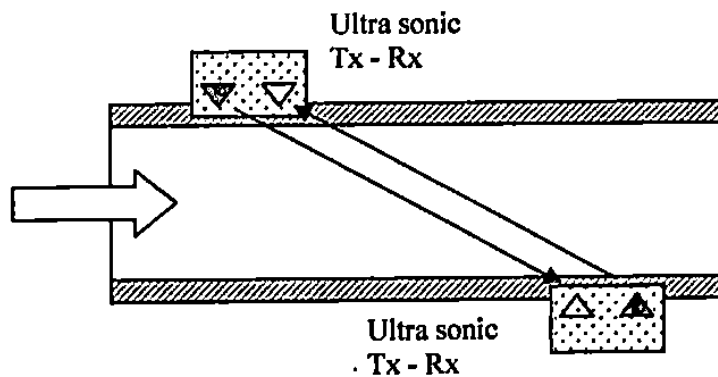


Gambar 2. 2. Prinsip Pengukuran Aliran menggunakan Efek Hall

2.1.5. Flowmeter Ultrasonic

Flowmeter ini menggunakan efek Doppler. Dua pasang ultrasonic transduser dipasang pada posisi diagonal dari pipa, keduanya dipasang dibagian tepi dari pipa, untuk menghindari kerusakan sensor dan transmitter, permukaan

fluida yang menyebabkan perubahan phase pada sinyal yang diterima sensor ultrasonic. Cara kerja dari flowmeter ultrasonic ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut :



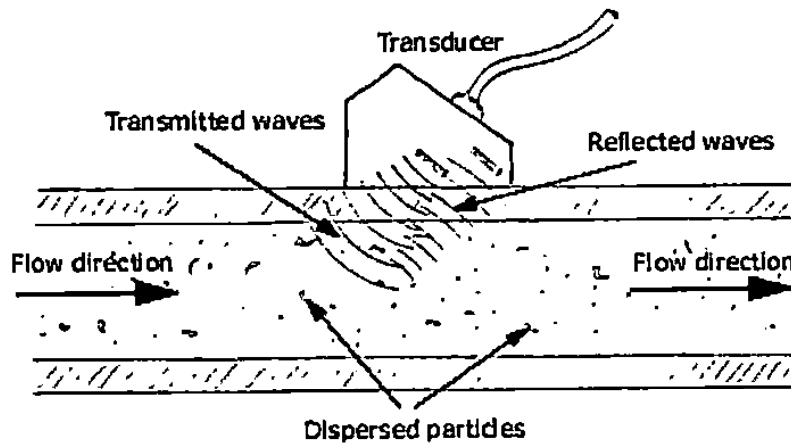
Gambar 2. 3. Sensor Aliran Fluida Menggunakan Ultrasonic

2.2. Pengukuran Aliran Fluida dengan Sensor Ultrasonik

Pengukuran aliran fluida dengan sensor ultrasonik atau sering disebut *ultrasonic flowmeter* dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu :

2.2.1. *Doppler Flowmeter*

Pengukur aliran ultrasonik Doppler biasanya digunakan pada penggunaan cairan kotor seperti limbah cair dan cairan kotor lainnya dan lumpur. Prinsip dasar operasi memakai pergantian frekuensi (Efek Doppler) dari sinyal ultrasonik ketika direfleksikan oleh partikel-partikel yang mengambang atau gelembung gas (tidak sinambung) dalam pergerakan. Gambar 2.4 berikut menunjukkan prinsip kerja



Gambar 2. 4. Cara kerja Doppler flowmeter

(Sumber : http://www.efunda.com/designstandards/sensors/flowmeters/flowmeter_usd.cfm)

Persamaan Doppler untuk suara atau sumber cahaya yang bergerak ke arah pengamat pada kecepatan V adalah

$$f_{ref} = \frac{f}{1 - \frac{V}{c}} \quad (2.1)$$

Jika input sinyal dari sebuah transducer membentuk sudut θ dengan arah aliran, dengan kecepatan V sehingga menjadi kecepatan $V \cos \theta$. Akustik gelombang dari hulu dan hilir akan memiliki frekuensi sebesar :

$$\begin{cases} f_u = \frac{f}{1 - \frac{V \cos \theta}{c}} \\ f_d = \frac{f}{1 + \frac{V \cos \theta}{c}} \end{cases} \quad (2.2)$$

Dimana f_u adalah frekuensi ke hulu dan f_d adalah pancaran frekuensi

$$\Delta f = f_u - f_d = \frac{2f \frac{V \cos \theta}{c}}{1 - \left(\frac{V \cos \theta}{c}\right)^2}$$

$$\approx 2f \frac{V \cos \theta}{c} \quad (2.3)$$

Dengan mengatur kembali persamaan di atas, maka kecepatan arus dapat ditulis sebagai

$$V = \frac{c \Delta f}{2f \cos \theta} \quad (2.4.)$$

Dimana, V = Kecepatan aliran

C = Cepat rambat gelombang diudara

Δf = Selisih frekuensi Doppler

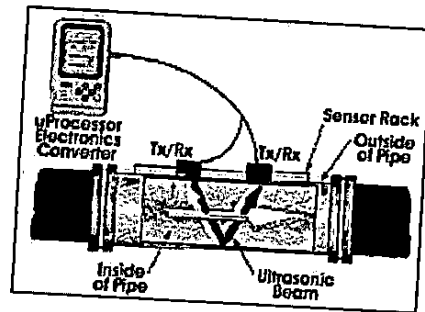
f = frekuensi sumber

θ = sudut pancaran gelombang sumber terhadap arah aliran

(Sumber : http://www.efunda.com/designstandards/sensors/flowmeters/flowmeter_usd.cfm)

2.2.2. *Transit-Time meter*

Seperti namanya *Transit-time meter* digunakan untuk mengukur perbedaan waktu antara pulsa yang dipancarkan searah dengan arah aliran dengan pulsa yang dipancarkan berlawanan dengan arah aliran. Pada contoh yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5, sudut pancaran ultrasonic adalah 45 °, dengan posisi transduser



Gambar 2. 5. Prinsip kerja *transit-time meter*

(Sumber: <http://www.sensormag.com/articles/1097/flow1097/main.shtml>)

Pancaran gelombang ultrasonic dilakukan secara bergantian perbedaan waktu pancaran antara arah ke hulu dengan ke hilir $T_U - T_D$ dapat digunakan untuk menghitung aliran dalam pipa:

$$V = K \cdot \frac{D}{\sin 2\theta} \cdot \frac{1}{(T_0 - \tau)^2 \Delta T} \quad (2.5.)$$

dimana:

V = kecepatan aliran fluida

K = konstanta

D = Diameter pipa

θ = Sudut pancaran ultrasonic

T_0 = Waktu awal pancaran ultrasonic

T_1 = waktu pancaran ultrasonic dengan arah berlawanan dengan aliran

T_2 = waktu pancaran ultrasonic dengan arah searah dengan aliran

$\Delta T = T_2 - T_1$

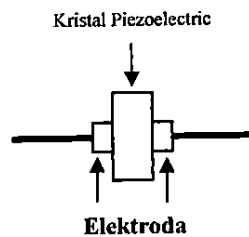
2.3. Transduser Ultrasonik

Transduser merupakan suatu alat yang dapat mengubah suatu bentuk besaran energi yang satu ke bentuk besaran energi yang lain. Umumnya transduser bekerja mengubah energi listrik menjadi mekanik atau mengubah

besaran bukan listrik (seperti temperatur, bunyi, cahaya) menjadi suatu sinyal listrik. Transduser ultrasonik terdiri dari dua buah kristal *piezoelectric* yang digunakan sebagai pemancar dan penerima gelombang ultrasonik.

Kristal *piezoelectric* ditemukan oleh Piere Curie dan Jacques pada tahun 1880. Apabila kristal *piezoelectric* diberi tegangan listrik maka lempengan kristal akan mengalami vibrasi sehingga timbul frekuensi ultra. Demikian pula vibrasi kristal akan menimbulkan arus listrik. Berdasarkan prinsip tersebut, kristal *piezoelectric* dapat dipakai sebagai transduser ultrasonik

Bahan-bahan yang mempunyai efek *piezoelectric* dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu bahan alamiah (misalnya *quartz*, *rochelle salt*) dan kristal buatan (misalnya *litrium sulfate*, *amonium dihydrogen phosphate*) dan keramik *feroelectric* terpolarisasi (misalnya *barium titanate*). Bentuk alami dari *quartz* adalah prisma heksagonal yang membentuk piramid pada kedua ujungnya. Untuk memenuhi kebutuhan dalam pemakaian, kristal di iris menjadi bentuk lempengan seperti pada Gambar 2.6 berikut

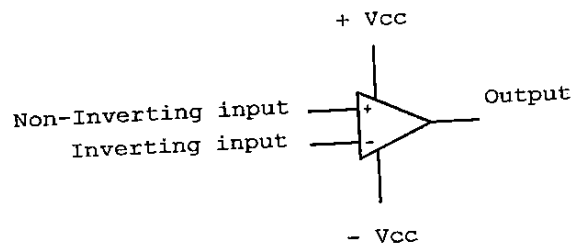


Gambar 2. 6. Kristal Piezoelectric

2.4. Penguat Oprasional (Op-Amp)

Operational amplifier atau Op-Amp adalah suatu rangkaian terpadu yang terdiri atas beberapa komponen aktif rangkaian elektronika. Op-Amp dapat

dipergunakan untuk berbagai keperluan di bidang elektronika. Terdapat banyak tipe Op-Amp yang masing-masing mempunyai keunggulan untuk rangkaian tertentu. Simbol dari Op-Amp diberikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7. Simbol dan konfigurasi kaki-kaki Op-Amp

Jika pada V_1 , diberikan sinyal sedangkan V_2 dihubungkan ke pentanahan, maka bentuk outputnya (V_{out}) akan sefase dengan input. Tetapi jika pada V_2 diberikan sinyal dan V_1 dihubungkan ke pentanahan, maka fase V_{out} akan berlawanan, (berbeda fase 180°). Oleh karena itu terminal V_1 disebut sebagai terminal *non inverting*, sedangkan terminal V_2 disebut terminal *inverting* (pembalik). Op-Amp dapat dikatakan ideal apabila memenuhi karakteristik pokok sebagai berikut

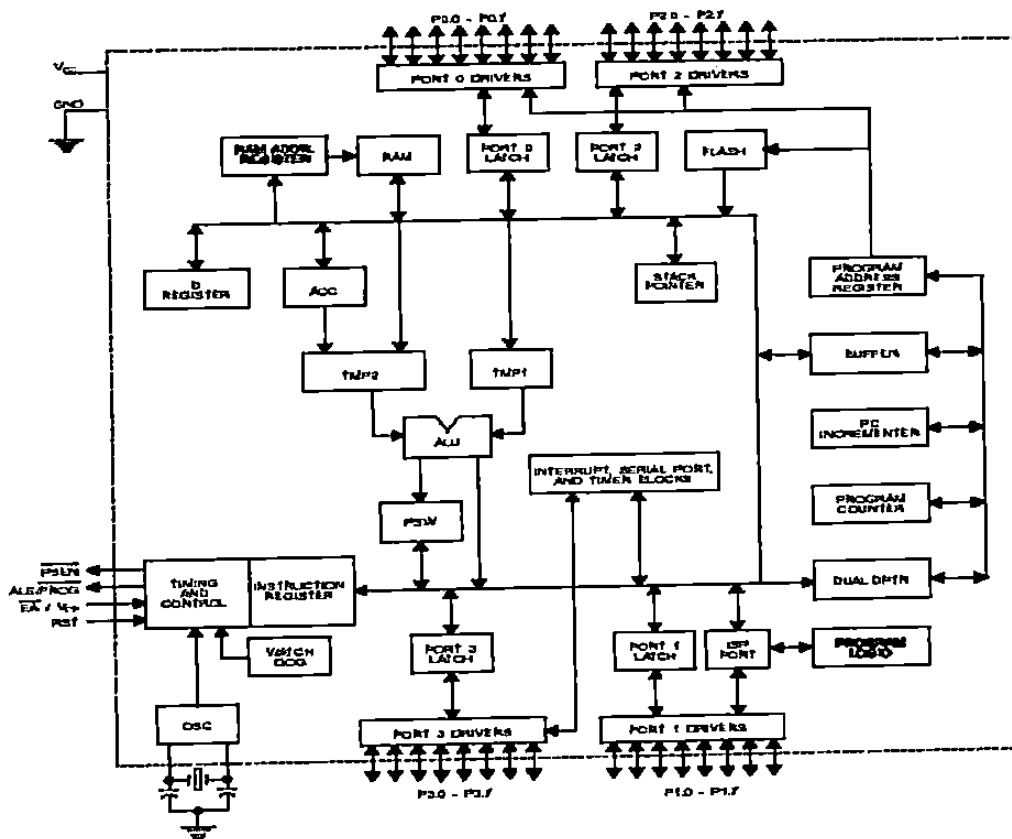
1. Faktor penguatannya sangat besar (tak berhingga)
2. Impedansi inputnya sangat besar
3. Impedansi outputnya sangat kecil (sama dengan nol)
4. Tegangan *offset*-nya nol
5. *Bandwith* (lebar pita/jalur) tak berhingga
6. Tidak terpengaruh oleh perubahan temperatur
7. Waktu tanggap (respon) sama dengan nol
8. Tidak menimbulkan derau

9. Pada saat V_{in} sama dengan nol, maka V_{out} sama dengan nol pula
10. Faktor penguat *common mode* sama dengan nol

2.5. Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan ini adalah mikrokontroler AT89S51 yang memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. □Kompatibel dengan produk dan program assembler MCS-51
2. Dapat menyimpan program sebesar 4 Kb pada *Memory Flash*
3. 32 pin Input/Output yang dapat diprogram
4. 128 x 8 bit internal RAM
5. Dua buah timer / counter 16 bit.
6. Memiliki ISP (*In-System Programmable*) programming



Di dalam sebuah mikrokontroler AT89S51 selain CPU (*Central Processing Unit*) juga terintegrasi di dalamnya adalah :

1. RAM (*Random Acces Memory*) sebesar 128 bytes. RAM merupakan tempat menyimpan sementara, yang akan terhapus apabila sistem Mikrokontroler dimatikan.
2. ROM (*Read Only Memory*) sebesar 4Kbytes. ROM ini berisikan program-program yang akan dijalankan oleh Mikrokontroler. ROM hanya bisa dibaca tidak bisa ditulis pada saat eksekusi program. ROM pada mikrokontroler AT89S51 digunakan untuk menyimpan program maka sering juga disebut memori program.
3. Register pewaktu (*Timer Register*) sebanyak 2 buah yaitu *timer 0* dan *timer 1* yang masing-masing bekapasitas 16 bit. Register ini digunakan sebagai :
 - a. *Delay* atau jarak waktu sebagai contoh penggunaannya Mikrokontroler memberikan waktu kepada sebuah piranti I/O yang dikontrolnya untuk bekerja selama rentang waktu tertentu. Hal ini memerlukan *delay*.
 - b. *Counter* atau pencacah. Mikrokontroler mempunyai kemampuan untuk mencacah (menghitung) pulsa dari luar misalnya dari *signal generator*.
 - c. *Baud Rate* Serial Komunikasi yaitu tekanan transfer dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan.

4. Port Input/Output. IC 89S51 mempunyai 4 buah port yang dapat dikontrol sebagai I/O yaitu P0, P1, P2, dan P3. sebuah port mempunyai 8 pin atau 8 bit. Meskipun semua port dapat dikontrol, masing-masing port mempunyai fungsi yang berbeda.

- a. Port 0 mempunyai fungsi sebagai port alamat dan data. Maka jika Mikrokontroler sedang mengakses alamat, P0 aktif sebagai pembawa alamat 8 bit yang bawah (A0-A7). Ketika mengakses data (bisa input atau output) port ini berfungsi sebagai jalur data (D0-D7).
- b. Port 1 tidak mempunyai fungsi lainnya selain I/O sehingga port ini sering digunakan untuk mengontrol piranti lain di sistem antar muka. Selain fungsi-fungsi tersebut port 1 juga memiliki fungsi alternatif seperti Tabel 1

Tabel 2. 1. Fungsi alternatif Port 1

Pin Port	Fungsi alternative
P1.3	SSI (<i>Slave port select input</i>)
P1.4	SSO (<i>Slave port select output</i>)
P1.5	MOSI (<i>Master data output, slave data input pin untuk SPI</i>)
P1.6	MISO (<i>Master data input, slave data output pin untuk SPI</i>)
P1.7	SCK (<i>Master clock input, slave data input pin untuk SPI</i>)

- c. Port 2 berfungsi sebagai pembawa alamat 8 bit atas (A8-A15). Berbeda dengan port 0, port ini tidak bersifat sebagai jalur data hanya sebagai pembawa alamat. Dengan demikian jelas bahwa

d. Port 3 mempunyai fungsi yang berbeda-beda dari setiap pinnya yaitu

1. P3.7 kaki *read* yang aktif manakala sedang melakukan eksekusi yang sifatnya membaca data.
2. P3.6 kaki *write* yang aktif saat melakukan eksekusi yang sifatnya menulis data ke suatu alamat.
3. P3.5 merupakan pin yang berhubungan dengan *timer register 1*
4. P3.4 merupakan pin yang berhubungan dengan *timer register 0*
5. P3.3 dan P3.2 berhubungan dengan kontrol interupsi.
6. P3.1 dan P3.0 berhubungan dengan port serial

2. Kontrol intrupsi. Intrupsi yang dilayani oleh AT89S51 dapat berasal dari
 - Piranti diluar AT89S51. Untuk intrupsi ini AT89S51 menyediakan dua buah kontrol yaitu INT0 dan INT1 (pin P3.3 dan P3.2).
 - Timer Register baik Timer 0 dan Timer 1
 - Port serial yaitu melalui register TI (*transmit interupt*) atau RI (*Receive Interupt*)
3. Port serial berfungsi untuk komunikasi serial dengan CPU lain. Sepasang TxD (*Transmitter*) dan RxD (*Receiver*) (pin P3.1 dan P3.0).
4. Jalur kontrol. Sebagai mikrokontroler yang berorientasi kontrol AT89S51 mempunyai pin yang berfungsi secara khusus untuk mengontrol piranti lain

- PSEN (*Program Store Enable*) aktif saat AT89S51 sedang mengakses program memori dari ROM luar.
 - ALE (*Address Latch Enable*) aktif saat AT89S51 sedang mengakses alamat.
 - EA (*External Access*) jika aktif maka AT89S51 dapat mengakses memori luar.
 - RST (*Reset*) jika diaktifkan maka semua pin dan program akan terakses dari awal lagi.
5. XTAL1 dan XTAL2 merupakan input *Osilator On-Chip* AT89S51 yang sangat penting dalam menentukan tekanan siklus mesin dari AT89S51. Osilator ini dibangkitkan oleh kristal ataupun dari TTL (*Transistor Transistor Logic*) luar. Semakin besar frekuensi yang dipakai oleh *osilator on-chip* ini semakin cepat siklus mesin dari AT89S51 berarti semakin cepat pula kemampuan AT89S51 mengeksekusi suatu program.

2.5.1. Organisasi Memori

Semua mikrokontroler dalam keluarga MCS-51 memiliki pembagian ruang alamat (address space) untuk program dan data. Pemisahan memori program dan memori data meemperbolehkan memori data untuk diakses oleh alat 8 bit. Sekalipun demikian alamat data memori 16 bit dapat dihasilkan melalui register DPTR (*Data Pointer Register*).

Mengakses memori eksternal ada dua macam cara yaitu akses program

menggunakan sinyal PSEN (Program Strobe Enable) sebagai sinyal baca. Sedangkan untuk mengakses data memori eksternal digunakan RD dan RW untuk membaca dan menuliskan ke memori eksternal. Membaca memori eksternal selalu menggunakan alamat 16 bit, sedangkan untuk mengakses data memori eksternal dapat menggunakan alamat 16 bit (MOVX @DPRT) atau alamat 8 bit (MOVX @Ri).

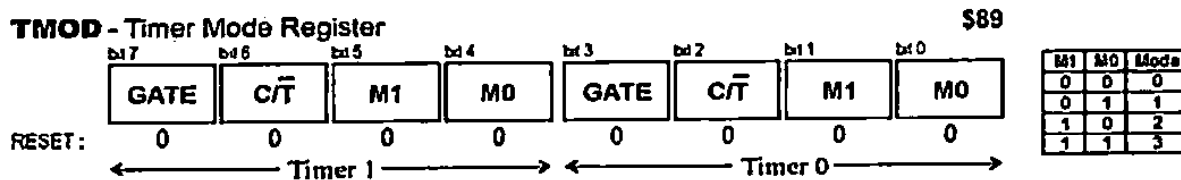
2.5.2. Timer / counter

Mikrokontroler AT89S51 dilengkapi dengan 2 perangkat *timer* masing-masing dinamakan sebagai *timer 0* dan *timer 1*. Perangkat *timer* tersebut merupakan perangkat keras yang terpadu dalam mikrokontroler AT89S51, untuk mengaksesnya digunakan *register* khusus yang tersimpan dalam SFR (*Special Function Register*). Pencacah biner *timer 0* diakses melalui *register* TL 0 (*Timer 0 Low byte*) memori *data internal* pada alamat 6Ah dan *register* TH0 (*Timer 0 High byte*) memori *data internal* pada alamat 6Ch. Pencacah biner *timer 1* diakses melalui *register* TL1 (*Timer 1 Low byte*) pada alamat 6Bh dan *register* TH1 (*Timer 1 High byte*) pada alamat 6Dh. Untuk mengatur kerja *timer* digunakan 2 *register* tambahan yang dipakai bersama oleh *timer 0* dan *timer 1*. *Register* tambahan tersebut adalah *register* TCON (*Timer Control Register*) pada alamat 88h bisa dialamati per *bit* dan *register* TMOD (*Timer Mode Register*) pada alamat 89h tidak bisa dialamati per *bit*.

Berikut ini penjelasan *register-register* pengendali *timer/counter* mikrokontroler AT89S51

2.5.2.1. Register Timer Mode (TMOD)

Register ini berfungsi untuk mengatur mode kerja timer. Register TMOD ditunjukkan pada gambar 2.9 berikut



Gambar 2. 9. Register Timer Mode

4 bit rendah TMOD untuk timer 0 dan 4 bit tinggi TMOD untuk timer 1 fungsi dari masing-masing bit adalah :

1. Gate: Bila bit ini set '1' timer akan berjalan dan INT0 (untuk Timer 0) atau INT1 (untuk Timer 1) berkondisi high '1'
2. C/T: bila bit ini '1' Counter aktif dan bila '0' timer aktif
3. M1 & M0: Untuk memilih mode timer

2.5.2.2. THx dan TLx (x adalah nomor Timer)

Merupakan Register yang menunjukkan nilai dari timer di mana masing-masing timer mempunyai dua buah register yaitu:

- THx untuk high byte
- TLx untuk low byte

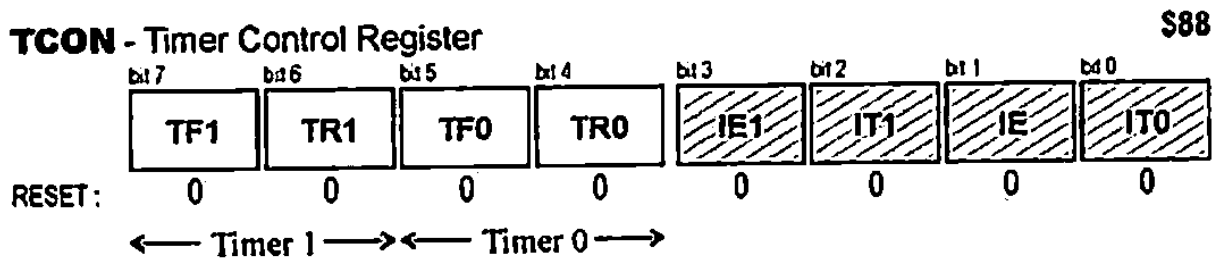
TH0 : Timer 0 High Byte terletak pada alamat 8AH

TL0 : Timer 0 Low Byte terletak pada alamat 8BH

TH1 : Timer 1 High Byte terletak pada alamat 8CH

2.5.2.3. Timer Control Register (TCON)

Register TCON dibagi menjadi 2 bagian, yaitu 4 bit pertama (bit 0 .. bit 3) dipakai untuk keperluan mengatur kaki INT0 dan INT1, sedangkan 4 bit kedua (bit 3 – bit 7) digunakan untuk mengatur timer 0 dan timer 1. Tampilan bit-bit register TCON seperti pada Gambar 2.10. berikut.



Gambar 2. 10. Tampilan Bit Register TCON

Penjelasan dari register TCON (bit 4..bit 7) dibagi menjadi 2 bagian secara simetris yang dipakai untuk mengatur *Timer0/Timer 1*, sebagai berikut:

1. Bit TFx (yaitu TF0 atau TF1)

Bit ini merupakan bit penampung limpahan. Bit TFx akan menjadi '1' setiap kali pencacah biner yang terhubung padanya melimpah (kedudukan pencacah berubah dari \$FFFF kembali menjadi \$0000). Bit TFx di-nol-kan dengan instruksi CLR TF0 atau CLR TF1. Jika sarana interupsi dari *Timer 0* atau *Timer 1* dipakai, bit TFx di-nol-kan saat MCS51 menjalankan rutin layanan interupsi.

2. Bit TRx (yaitu TR0 atau TR1)

Bit ini merupakan bit pengatur saluran sinyal denyut (*clock*), bila bit ini =

mencacah. Bila bit GATE pada register TMOD =1, maka saluran sinyal denyut ini diatur bersama oleh TRx dan sinyal pada kaki INT0/INT1.

2.5.3. Mode Pengalamatan (*Addressing Mode*)

Data atau operan bisa berada ditempat yang berbeda sehingga dikenal beberapa cara untuk mengakses data/operan tersebut yang dinamakan sebagai mode pengalamatan (*Addressing mode*) antara lain yaitu:

2.5.3.1. Mode pengalamatan segera (*immediate Addressing mode*)

Cara ini menggunakan konstanta, misalnya : MOV A, #20h. Data konstanta merupakan data yang menyatu dengan instruksi, contoh instruksi tersebut diatas mempunyai arti bahwa data konstantanya yaitu 20h, (sebagai data konstanta harus diawali dengan '#') disalin ke *Akumulator* A. Yang perlu benar-benar diperhatikan dalam instruksi ini adalah bilangan 20h merupakan bagian dari instruksi (menjadi satu dengan *opkode* instruksi).

2.5.3.2. Mode pengalamatan langsung (*direct Addressing mode*)

Cara ini digunakan untuk menunjuk data yang berada disuatu lokasi memori dengan cara menyebut lokasi (alamat) memori tempat data tersebut berada, misalnya : MOV A, 30h. Instruksi ini mempunyai arti bahwa data yang berada didalam memori dengan lokasi 30h disalin ke *Akumulator*. Sekilas instruksi ini sama dengan instruksi sebelumnya, namun terdapat perbedaan pada tanda '#', jika instruksi pertama menggunakan tanda '#' yang menandai 20h sebagai data konstan, sedangkan dalam instruksi kedua karena tidak

2.5.3.3. Mode pengalamatan tidak langsung (*indirect addressing mode*)

Cara ini dipakai untuk mengakses data yang berada didalam memori, tetapi lokasi memori tidak disebut secara langsung tapi dititipkan ke *register* lain, misalnya: MOV A, @R0. Dalam instruksi ini *register* serba guna R0 dipakai untuk menyimpan lokasi memori, sehingga instruksi ini mempunyai arti memori yang alamat lokasinya tersimpan dalam R0 isinya disalin ke *akumulator* A. Tanda '@' dipakai untuk menandai lokasi memori yang tersimpan didalam R0. Bandingkan dengan instruksi penyebutan lokasi memori secara langsung sebelumnya, dalam instruksi ini lokasi memori terlebih dahulu disimpan di R0 dan R0 berperan sebagai petunjuk lokasi penyimpanan data yang akan diakses sehingga kalau R0 berubah, maka lokasi memori yang ditunjuk juga akan berubah pula (beserta isinya, jika berbeda). dalam instruksi ini *register* serba guna R0 berfungsi dengan *register* penyimpanan alamat (*indirect address register*), selain R0 *register* serba guna lainnya R1 juga bisa dipakai sebagai *register* penampung alamat.

2.5.3.4. Mode pengalamatan *register* (*register addressing mode*)

Misalnya: MOV A, R5, insruksi ini mempunyai arti bahwa data dalam *register* serba guna R5 disalin ke *akumulator* A. Instruksi ini menjadikan *register* serba guna R0 sampai R7 sebagai tempat penyimpan data yang praktis dan kerjanya sangat cepat. Data-data yang disebut dalam pembahasan tersebut semuanya berada didalam memori data (termasuk *register* serba guna). Dalam penulisan program, sering diperlukan tabel baku yang disimpan bersama dengan

merupakan data yang berada di dalam memori program (menjadi satu dalam program).

2.5.3.5. Mode pengalamatan kode tidak langsung (*code indirect addressing mode*)

Misalnya: `MOVC A, @A+DPTR`. Dalam instruksi ini instruksi `MOV` diganti dengan `MOVC`, tambahan huruf C tersebut dimaksud untuk membedakan bahwa instruksi ini digunakan untuk memori program. (`MOV` tanpa huruf C artinya digunakan untuk memori data). Tanda '@' digunakan untuk menandai `A+DPTR` yang berfungsi untuk menyatakan lokasi memori yang isinya disalin ke *Akumulator A*, dalam hal ini nilai yang tersimpan dalam `DPTR` (*Data Pointer Register* – 2 byte) ditambah dengan nilai yang tersimpan dalam *akumulator A* (1 byte) sama dengan lokasi memori program yang diakses.

2.5.4. Instruksi-instruksi

Pada mikrokontroler AT89S8252 memiliki beberapa instruksi. Instruksi-instruksi tersebut dikelompokkan dalam beberapa kelompok yaitu :

2.5.4.1. Instruksi aritmatika.

Instruksi ini digunakan untuk operasi matematika, seperti : `ADD`, `ADDC`, `SUBB`, `INC`, `DEC`, `MUL`, `DIV` dan `DA`

2.5.4.2. Instruksi logika

Instruksi ini digunakan untuk operasi logika seperti : `AND`, `OR`, `XOR`, `ANL`, `ORL`, `XRL`, `CLR`, `CPL`, `RL`, `RLC`, `RR`, `RRC`, dan `SWAP`.

2.5.4.3. Instruksi transfer data .

Instruksi ini berfungsi untuk menyalin ataupun mengambil data yang tersimpan dalam memori program dan data. Instruksi-instruksi tersebut meliputi : MOV, MOVX, MOVC, PUSH, POP, XCHD dan XCH.

2.5.4.4. Instruksi manipulasi variable Boole

Instruksi ini berfungsi untuk memanipulasi dari beberapa instruksi yang telah disebutkan diatas antara lain : CLR, ANL, ORL, SETB, MOV, JNC, JC, JNB, JNZ, LCALL, RET, JZ, ACALL, CPL, SJM.

2.6. IC MC14049 UB

IC MC14049 UB *hex inverter/buffer* dirancang dengan MOS *P-channel* dan *N-channel* peningkatkan mode alat dalam sebuah struktur tunggal monolitik. Alat ini menyediakan level logika sedangkan perubahan level hanya menggunakan satu suplai tegangan (VDD), masukan level sinyal tinggi (V_{iH}) dapat melebihi VDD. Suplai tegangan untuk logika dan konversi level ($V_{DD} = 5.0$ V, $V_{OL} \leq 0,4$ V, $I_{OL} \geq 3,2$ mA).

Sebagai catatan IC MC 14049 UB terdiri dari 16 pin dengan pin 13 dan pin 16 tidak dihubungkan secara internal pada alat ini. Konsekuensi hubungan ke terminal tidak akan mempengaruhi operasi rangkaian.

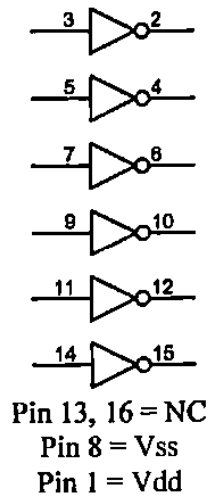
Keistimewaan dari alat ini adalah:

1. Sumber tegangan yang tinggi dan arus turun
2. *Level converter* dari tinggi ke rendah
3. Rentang suplai tegangan = 3.0 sampai 18 V

1. V_{IN} dapat melebihi V_{PP}

2. Memperbaiki perlindungan ESP pada semua masukan

Tampilan pin-pin MC14049 ditunjukkan Gambar 2.11 berikut :



Gambar 2. 11. Tampilan Pin IC MC4049

2.7. LCD 16 x 2 karakter

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu penampil dari bahan cairan cristal yang dalam pengoperasiannya digunakan sistem dot matriks. LCD banyak digunakan sebagai displai dari alat-alat elektronika seperti kalkulator, multimeter digital, jam digital dan sebagainya.

LCD yang digunakan pada alat ini adalah LCD M1632, LCD ini merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya yang rendah. Modul ini dilengkapi dengan LCD Mikrokontroler HD44780 buatan Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali. LCD ini mempunyai CGROM

Random Access Memory) dan DDRAM (*Display Data Random Access Memory*), dan juga memiliki 3 bit control yaitu E yang merupakan input *clock*, R/W sebagai input untuk memilih *read* atau *write* dan RS sebagai *register select*, juga memiliki 8 bit data yaitu DB0 sampai DB7.

2.7.1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*)

DDRAM merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada. Contoh, untuk karakter 'A' atau 41H yang ditulis pada alamat 00, maka karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari LCD. Apabila karakter tersebut ditulis di alamat 40, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD.

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07
	40	41	42	43	44	45	46	47
For shift left	01	02	03	04	05	06	07	08
	41	42	43	44	45	46	47	48
For shift right	27	00	01	02	03	04	05	06
	87	40	41	42	43	44	45	46

Gambar 2. 12. Alamat DDRAM M1632

2.7.2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*)

CGRAM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan.

Namun memori ini akan hilang saat *power supply* tidak aktif, sehingga

2.7.3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*)

CGROM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubah lagi. Namun karena ROM bersifat permanen, maka pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun *power supply* tidak aktif. Pada saat HD44780 akan menampilkan data 41H yang tersimpan pada DDRAM, maka HD44780 akan mengambil data di alamat 41H (0100 0001) yang ada pada CGROM yaitu pola karakter A.

2.7.4. Konfigurasi PIN

Pada tabel 2.2 berikut ditunjukkan konfigurasi PIN LCD M1632 sebagai berikut :

Tabel 2. 2. Tabel konfigurasi PIN LCD M1632

No	Nama PIN	Keterangan
1	VCC	+5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	RS	Register Select, 0 = Register Perintah, 1 = Register Data
5	R/W	1 = Read, 0 = Write
6	E	Enable Clock LCD, logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7

2.7.5. Register

Pada HD44780, terdapat dua buah register yang aksesnya diatur pada kaki RS. Bila RS berlogika 0, maka register yang diakses adalah register perintah sedangkan pada saat RS berlogika 1, maka register yang diakses adalah register data.

2.7.5.1. Register perintah

Register ini adalah register dimana perintah-perintah dari mikrokontroler ke HD44780 pada saat proses penulisan data atau tempat status dari HD44780 dapat dibaca pada saat pembacaan data.

2.7.5.2. Register data

Register ini adalah register dimana mikrokontroler dapat menuliskan atau membaca data ke atau dari DDRAM. Penulisan data pada register ini akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

2.7.5.3. Penulisan data ke register perintah dan register data

Penulisan data ke register perintah dilakukan untuk inisialisasi dan mengatur *Address Counter* maupun *Address Data*. Kondisi RS berlogika 0 menunjukkan akses data ke Register Perintah. RW berlogika 0 yang menunjukkan proses penulisan data. Sedangkan penulisan data pada register data berfungsi untuk menampilkan data pada LCD. Proses diawali dengan mengeset RS, kondisi R/W diatur pada logika 0 yang menunjukkan proses penulisan data. Pengiriman data dari data bus DB0 – DB7 diawali dengan pemberian pulsa logika 1 pada E

BAB III

PERANCANGAN ALAT

3.1. Alat dan Bahan

3.1.1. Alat

Alat-alat yang diperlukan dalam perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut

- a. 1 unit komputer
- b. *Multimeter*
- c. *Solder*
- d. Bor PCB

3.1.2. Bahan

Bahan atau komponen elektronika yang digunakan pada perancangan perangkat keras adalah sebagai berikut :

- a. Rangkaian Power Supplay
 1. Trasformator non CT 1 Ampere, 1 buah
 2. LM7805, 1 buah
 3. Diode Bridge 1 A, 1 buah
 4. Kapasitor 100uF/16Volt, 2 buah
 5. Resistor 100 ohm, 1 buah
 6. LED, 1 buah
 7. Kabel secukupnya

b. Rangkaian Mikrokontroler

1. Mikrokontroler AT89S51 + soket IC 20 pin, 1 buah
2. Kristal 12 MHz, 1 buah
3. Kapasitor 22pF, 2 buah
4. Kapasitor 10uF/16Volt, 1 buah
5. Resistor 10K, 1 buah
6. Mikro Switch, 1 buah

c. Rangkaian Transmitter Ultrasonik

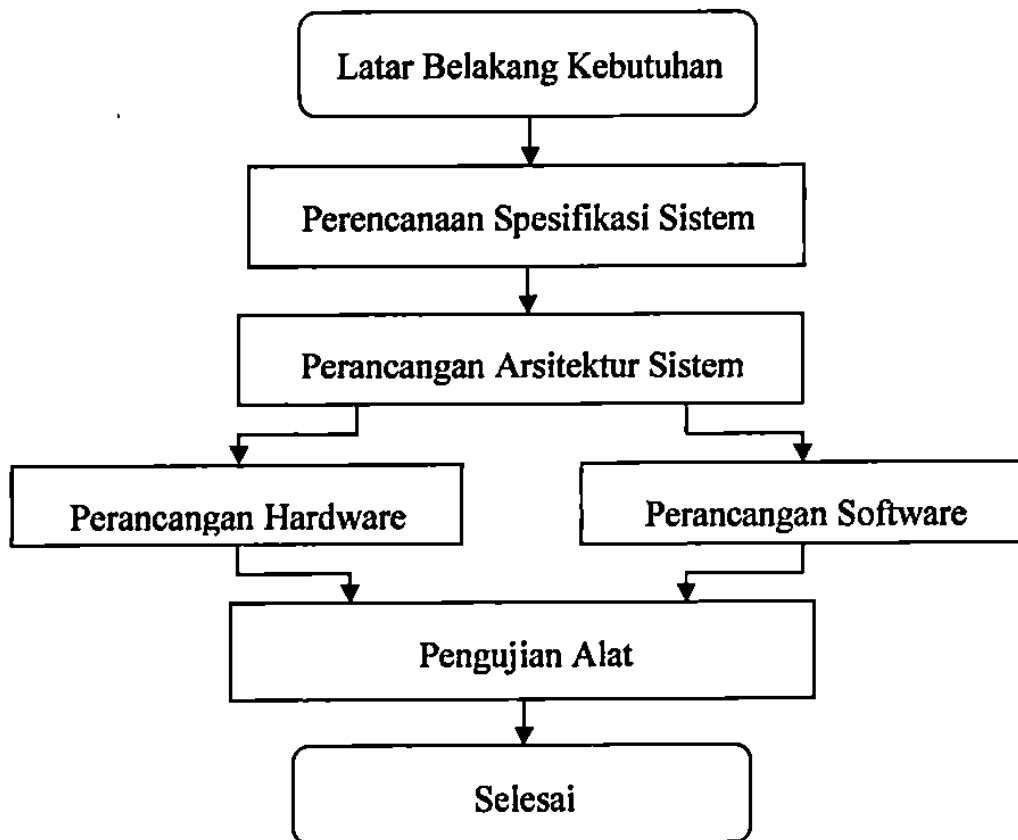
1. Transduser Ultrasonik 1 buah
2. Kapasitor 100nF, 1 buah
3. IC 4049 + soket IC 16 pin, 1 buah
4. Soket 2 pin, 1 buah

d. Rangkaian Receiver Ultrasonik

1. Transduser Ultrasonik
2. Resistor 10K, 5 buah
3. Resistor 100K, 1 buah
4. Resistor 1M, 1 buah
5. Kapasitor 1nF, 2 buah
6. Kapasitor 100nF, 1 buah
7. IC LM385 + soket IC 8 pin, 1 buah
8. IC 74LS14 + soket IC 14 pin, 1 buah
9. Konektor 2 pin, 1 buah

3.4. Metodologi Perancangan

Metodologi perancangan alat ini dilakukan dengan beberapa tahapan mulai dari latar belakang keperluan sampai pada pengujian alat. Langkah setiap tahapan perancangan dapat dilihat pada Gambar 3.1 *flow chart* proses perancangan.



Gambar 3. 1. Flow Chart proses perancangan

3.4.1. Latar belakang kebutuhan

Pada proses perancangan alat pengukur laju aliran fluida ini dibutuhkan transmitter dan receiver ultrasonik yang dapat memancarkan dan menerima gelombang ultrasonik serta mikrokontroler AT89S51 yang dapat melakukan operasi aritmatika sehingga dapat melakukan perhitungan-perhitungan untuk

3.4.3.1. Rangkaian Osilator

Osilator pada dasarnya adalah alat yang menghasilkan tegangan bolak-balik pada bermacam-macam frekuensi. Ada osilator yang tinggi yang menghasilkan tegangan yang berbentuk *sinus* pada frekuensi gelombang radio atau pada “ *audio oscillator* “ yang menghasilkan getaran yang frekuensinya antara 20 Hz sampai 20 KHz.

Suatu osilator harus mantap (stabil), yang berarti frekuensi yang dihasilkan harus tetap, tidak berubah atau bergeser. Ternyata bahwa kalau osilator berdiri sendiri jadi tidak dihubungkan dengan alat-alat lain maka mudah memantapkannya, namun bila osilator dipakai dengan alat lain maka akan sangat susah untuk memantapkannya.

3.4.3.2. Rangkaian Penguat

Transistor sebagai penguat daya, penguat ini memberi daya pada suatu beban RL (alat). Supaya dapat memberi daya besar maka penguat daya mampu dilewati arus besar. Dalam hal ini penguat akan menguatkan *output* dari osilator dan *output* dari *receiver* pada sensor ultrasonik. Rangkaian penguat akan memperbesar tegangan masukan sampai ke level yang diinginkan.

3.4.3.3. Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik adalah bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor ini menghasilkan gelombang suara dengan frekuensi 40KHz

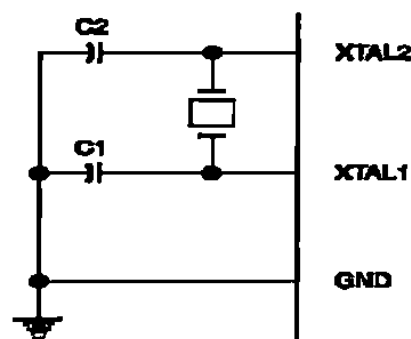
akan menangkap kecepatan aliran air dengan mengukur perbedaan frekuensi yang dipancarkan dengan frekuensi yang diterima dengan melihat sudut pancaran gelombang terhadap arah aliran. Perbedaan frekuensi tersebut tersebut digunakan untuk menghitung kecepatan rata-rata laju aliran dalam pipa dengan persamaan 2.4 seperti yang dijelaskan pada bab II sebelumnya

3.4.3.4. Schmitt trigger

Schmitt trigger adalah sebuah rangkaian yang digunakan untuk mengubah keluaran dari *modulator* berupa gelombang sinus menjadi gelombang kotak. Gelombang kotak inilah yang nantinya akan diproses di mikrokontroler

3.4.3.5. Mikrokontroler AT89S51

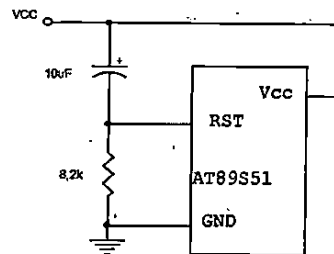
Rangkaian minimum sistem dari mikrokontroler terdiri dari dua buah rangkaian yaitu rangkaian osilator dan rangkaian *power on reset*. Rangkaian osilator digunakan untuk membangkitkan *clock* seperti pada gambar 3.6 berikut :



Gambar 3. 3. Rangkaian Osilator

Pada rangkaian osilator ini digunakan kristal dengan frekuensi 12 MHz dengan dua buah kapasitor 20 nF. Sedangkan rangkaian *power on reset* pada

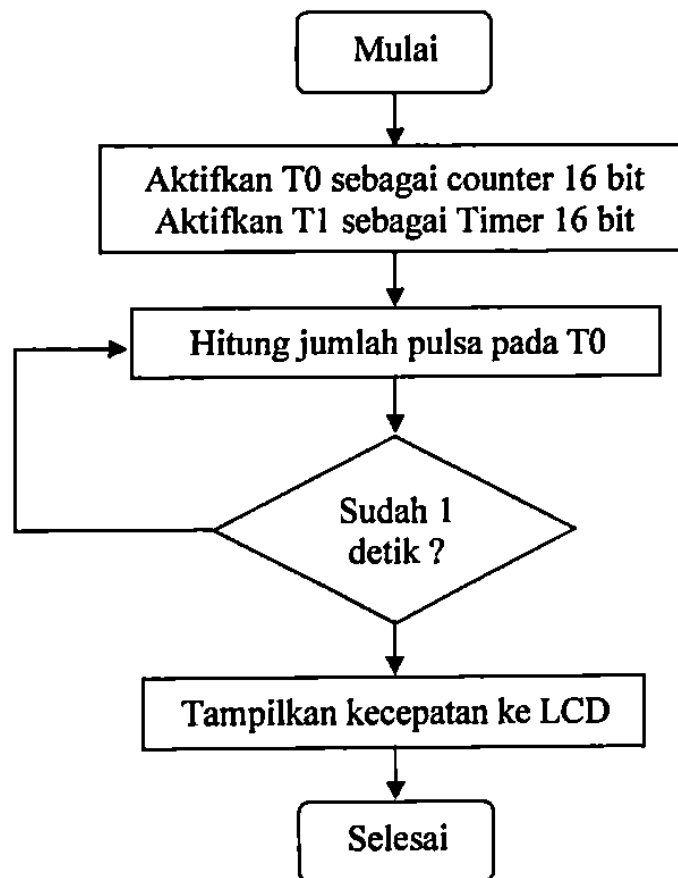
gambar 3.7 berfungsi untuk menjaga agar pin RST mikrokontroler selalu berlogika rendah saat mikrokontroler mengeksekusi program. Mikrokontroler direset pada transisi tegangan rendah ke tegangan tinggi oleh karena itu pada pin RST dipasang kapasitor yang terhubung ke Vcc dan resistor ke *ground* yang menjaga RST bernilai 1 saat pengisian kapasitor dan bernilai 0 saat kapasitor penuh. Pada saat sumber tegangan diaktifkan kapasitor terhubung singkat sehingga arus mengalir dari Vcc langsung ke kaki RST sehingga reset berlogika 1, kemudian kapasitor terisi hingga tegangan pada kapasitor sama dengan Vcc pada saat ini kapasitor penuh. Dengan demikian tegangan reset akan turun menjadi 0 sehingga kaki RST berlogika 0.



Gambar 3. 4. Rangkaian *power-on-reset*

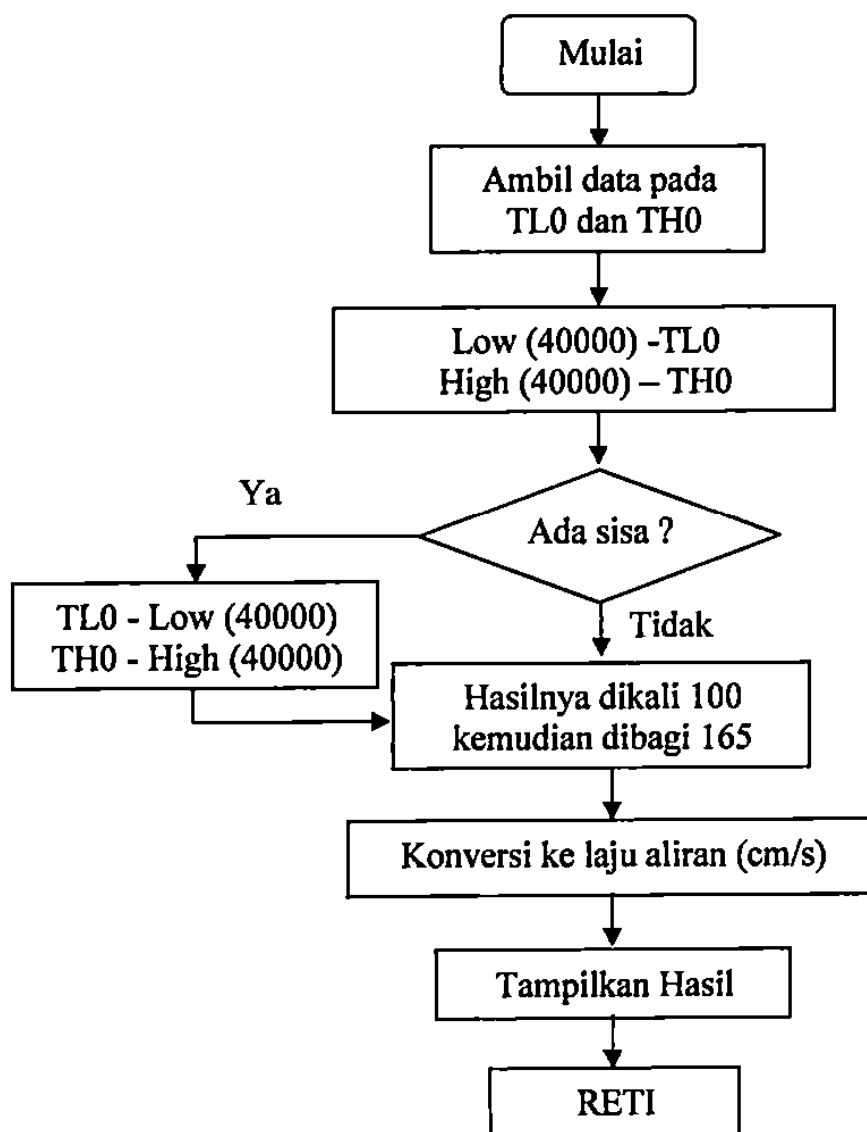
3.4.3.6. Rangkaian LCD 16 x 2 karakter

Penampil LCD 16 x 2 memiliki 14 pin yaitu Vcc (*power supply* + 5 V), Gnd (*ground*), Vee (tegangan kontras LCD), RS (*Register Select*) yang dihubungkan ke port P2.1, R/W (*Read/Write*) dihubungkan ke ground karena hanya untuk operasi penulisan saja, E (*Enable clock*) dihubungkan ke P2.0 dan 8 bit data DB0 – DB7 (*data bus*) dihubungkan dengan P1.0 – P1.7 seperti gambar 3.8 berikut



Inisialisasi program digunakan untuk mengeset *timer* 0 sebagai *counter* 16 bit dan *timer* 1 sebagai *timer* 16 bit dengan memberikan hexa 15H ke register TMOD. Kemudian isi limpahan *timer* 0 (TH0 dan TL0) diclearkan dulu dan isi limpahan *timer* 1 diisi -50000. TH0 dan TL0 digunakan untuk menyimpan hasil limpahan *timer* 0 yang merupakan jumlah pulsa yang dicacah.

3.4.6. Program Interupsi



Gambar 3.7 Diagram Alir Program Interupsi

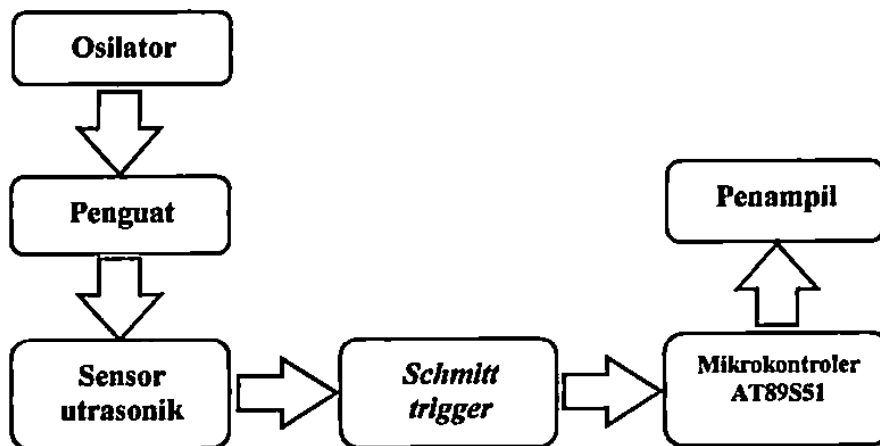
Program utama diinterupsi setiap 50ms. Perhitungan aliran fuida dilakukan setelah terjadi interupsi 20 kali sehingga jumlah pulsa yang dicacah pada *Timer 0* merupakan jumlah pulsa dalam 1 detik (50ms x 20) atau sering disebut frekuensi. Kemudian jika frekuensinya sudah didapat maka frekuensi pemancar sebesar 40KHz dikurangi dengan frekuensi yang terbaca jika masih ada sisa maka dibalik, frekuensi diterima dikurangi frekuensi pemancar. Hasil selisihnya dikali dengan 100 kemudian dibagi 165. Hasilnya dikonversi supaya dapat ditampilkan pada

BAB IV

ANALISA DAN PENGUJIAN

4.1. Diagram Blok Alat

Pada perancangan alat pengukur laju aliran fluida dengan efek *doppler* dibuat dengan memanfaatkan *chip* mikrokontroler ATMEL AT89S51. Secara keseluruhan Diagram blok pengukur laju aliran fluida ditunjukkan pada Gambar 4.1. berikut :

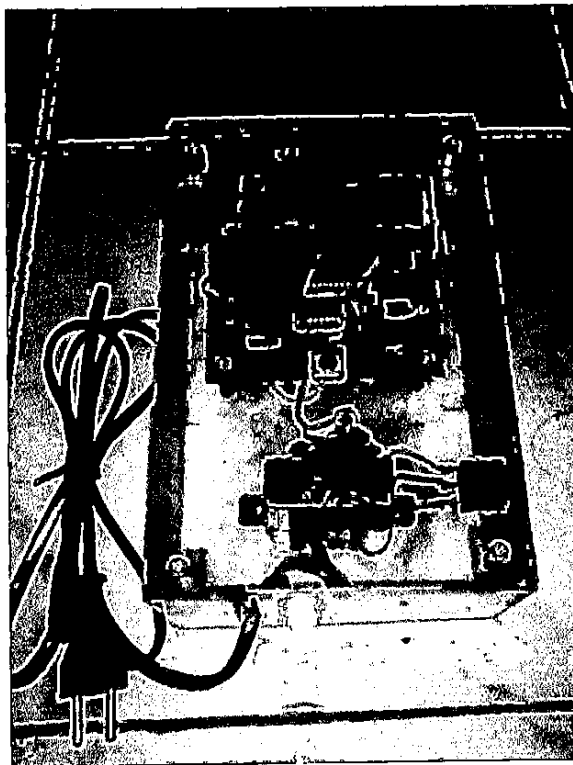


Gambar 4. 1. Blok diagram rangkaian pengukur laju aliran fluida

Perinsip kerja alat pengukur laju aliran fluida pada perancangan ini adalah sebagai berikut : Gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh pembangkit gelombang (*oscillator*) dengan frekuensi sekitar 40 KHz. Gelombang ultrasonik ini kemudian dikuatkan terlebih dahulu oleh *Pre-Amp* untuk menggetarkan kristal *transmitter piezoelektrik*. Sensor Ultrasonik adalah bekerja berdasarkan prinsip pantulan

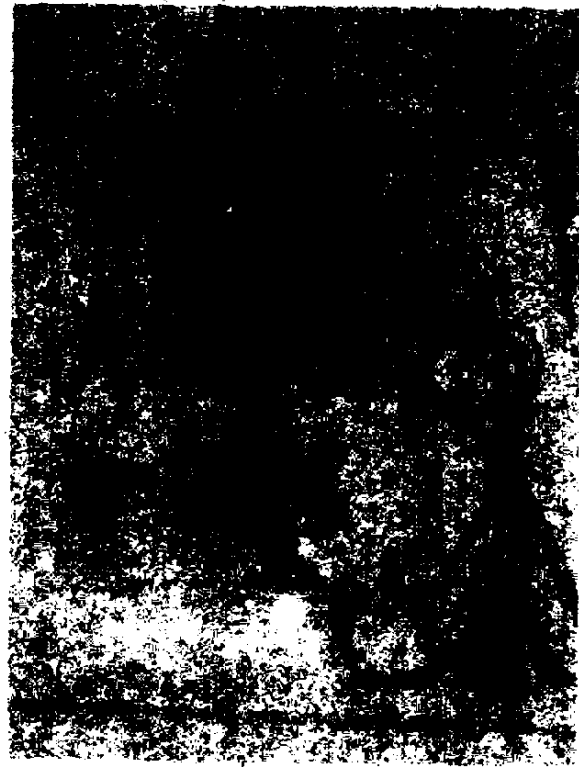
frekuensi 40KHz yang kemudian menangkapnya kembali Dalam *flowmeter* ini sensor ultrasonik akan menangkap kecepatan aliran air dengan mengukur perbedaan frekuensi yang dipancarkan dengan frekuensi yang diterima dengan melihat sudut pancaran gelombang terhadap arah aliran. Perbedaan frekuensi tersebut tersebut digunakan untuk menghitung kecepatan rata-rata laju aliran dalam pipa dengan persamaan 2.4 seperti yang dijelaskan pada bab II sebelumnya.

Berikut adalah bentuk fisik atau gambar dari alat pengukur aliran air (*flowmeter*).



Gambar Alat Flowmeter

terhadap kondisi yang demikian ini, pemerintah telah berusaha untuk
meningkatkan taraf kehidupan masyarakat dengan cara meningkatkan
produksi pertanian dan industri. Untuk itu, pemerintah telah
melakukan berbagai usaha, antara lain: meningkatkan produksi
pertanian dengan cara meningkatkan luas lahan pertanian,
meningkatkan produktivitas lahan pertanian, dan meningkatkan
produksi industri dengan cara meningkatkan efisiensi produksi,
meningkatkan kualitas produk, dan meningkatkan daya saing produk.

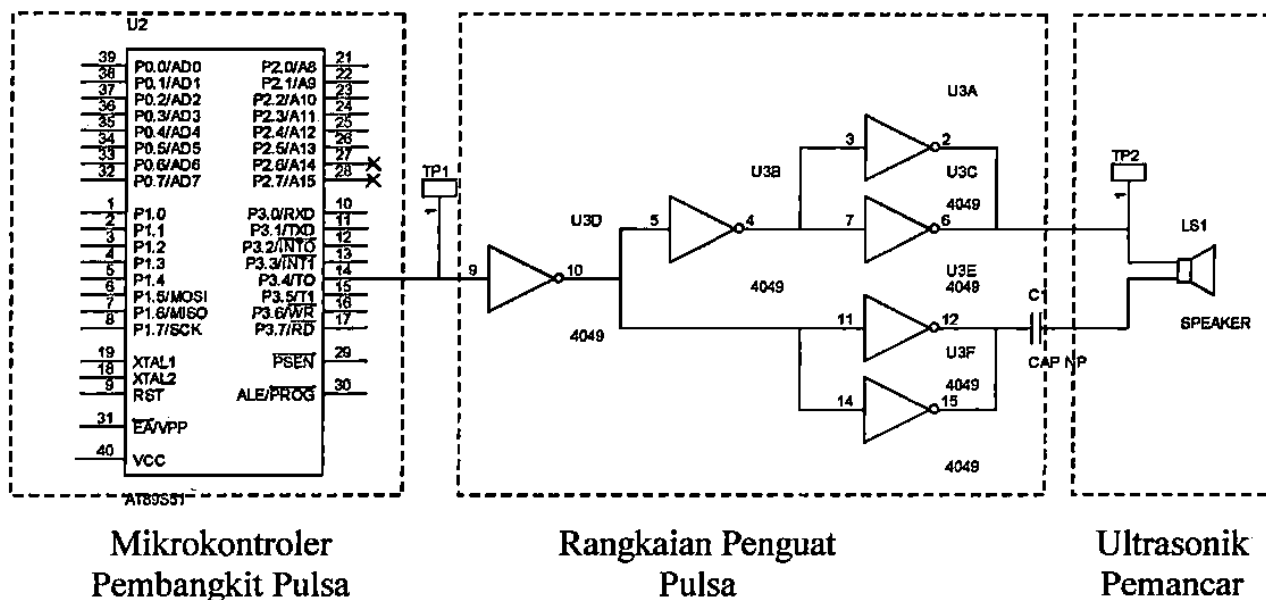


Gambar 1.1.1. (Caption text, partially obscured)

4.2. Pengujian Alat

4.2.1. Pengujian Blok Pemancar

Blok pemancar ultrasonic terdiri dari 3 bagian yaitu pembangkit pulsa, penguat pulsa dan sensor ultrasonic. Berikut ini adalah blok pengujian pemancar ultrasonic

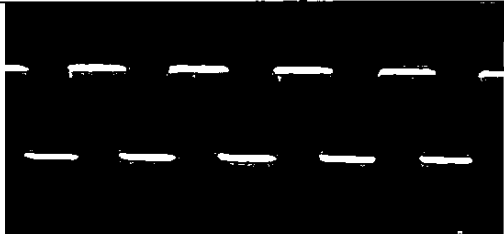
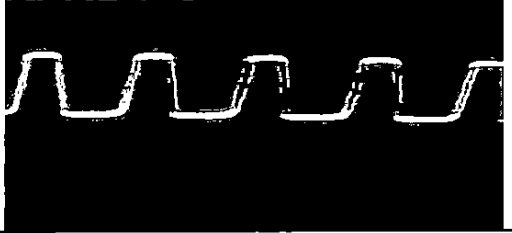


Gambar 4. 2. Titik Uji Pengujian Blok Pemancar Ultrasonik

Pembangkit pulsa dibangkitkan oleh mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan Timer0. Mikrokontroler membangkitkan pulsa dengan periode 24 μ S sehingga frekuensi pulsanya adalah :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{24 \cdot 10^{-6}} = 41,66 \text{ KHz}$$

Berikut ini adalah tabel hasil pengukuran pada tiap-tiap titik pengukuran (TP)

Titik Uji	Keterangan	Posisi Osiloskop	Tampilan Osiloskop
TP1	Output Timer 0 Mikrokontroler AT89S51	V/div = 2 V T/div = 15 μ s	
TP2	Output Pemancar ultrasonik	V/div = 2 V T/div = 15 μ s	

Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Rangkaian Pemancar Ultrasonik

Pada titik uji TP1 amplitudo gelombang sebesar 2,5 div dan periode gelombang adalah 1,67 div sehingga besarnya tegangan dan frekuensi pada TP1 adalah :

$$V = V/\text{div} \times \text{div} = 2 \times 2,5 = 5 \text{ Volt}$$

$$T = T/\text{div} \times \text{div} = 15 \mu\text{s} \times 1,67 = 25,05 \mu\text{s}$$

$$f = 1/T = 1/25,05 \mu\text{s} = 39920 \text{ Hz}$$

Pengujian pada TP2 menghasilkan data amplitudo sebesar 2 div dan periode sebesar 1,67 div. Sehingga besarnya tegangan dan frekuensi pada TP2 adalah :

$$V = V/\text{div} \times \text{div} = 2 \times 2 = 4 \text{ Volt}$$

$$T = T/\text{div} \times \text{div} = 15 \mu\text{s} \times 1,67 = 25,05 \mu\text{s}$$

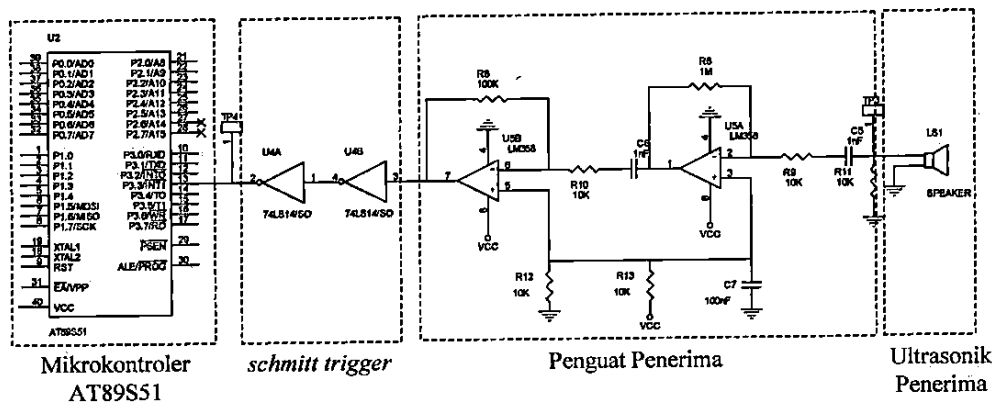
$$f = 1/T = 1/25,05 \mu\text{s} = 39920 \text{ Hz}$$

Besarnya frekuensi yang terlihat pada osiloskop pada TP1 dan TP2 sama yaitu 39920Hz sehingga rasio penyimpangannya adalah

$$\begin{aligned} \text{Rasio Penyimpangan} &= \frac{|\text{pengukuran} - \text{teori}|}{\text{teori}} \times 100\% \\ &= \frac{|39920 - 40000|}{40000} \times 100\% \\ &= 0,2\% \end{aligned}$$

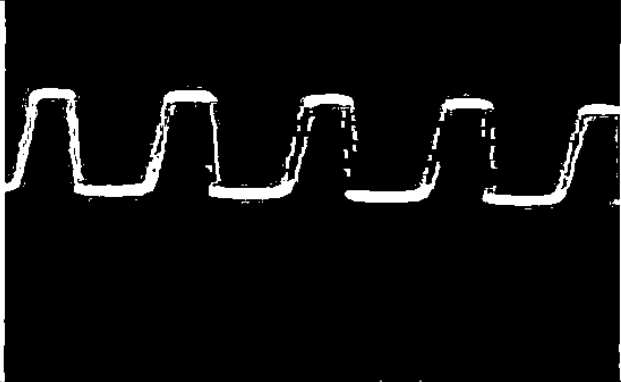
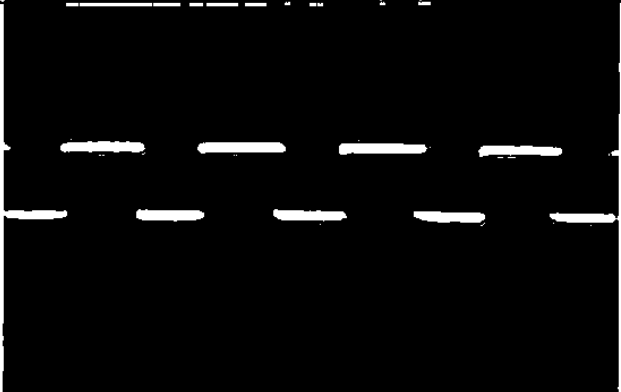
4.2.2. Pengujian Blok Penerima Ultrasonik

Pada bagian penerima ultrasonik, titik-titik pengujiannya seperti pada gambar 4.2 dan hasil pengujiannya pada tabel 4.2 berikut :



Gambar 4. 3. Titik Uji Rangkaian Penerima Ultrasonik

Blok penerima ultrasonic terdiri dari empat bagian yaitu penerima sinyal ultrasonic, penguat penerima, *schmitt trigger*, mikrokontroler AT89S51. berikut ini adalah hasil pengujian penerima ultrasonik

Titik Uji	Keterangan	Posisi Osiloskop	Tampilan Osiloskop
TP3	Input Penerima	V/div = 2 V T/div = 15 μ s	
TP4	Output 74LS14	div = 5 V T/div = 15 μ s	

Tabel 4. 2. Hasil Pengujian Rangkaian Penerima Ultrasonik

Pada titik uji TP3 amplitudo gelombang sebesar 1,5 div dan periode gelombang adalah 1,67 div sehingga besarnya tegangan dan frekuensi pada TP3 adalah :

$$V = V/\text{div} \times \text{div} = 2 \times 1,5 = 3 \text{ Volt}$$

$$T = T/\text{div} \times \text{div} = 15 \mu\text{s} \times 1,67 = 25,05 \mu\text{s}$$

$$f = 1/T = 1/25,05 \mu\text{s} = 39920 \text{ Hz}$$

Pengujian pada TP4 menghasilkan data amplitudo sebesar 1 div dan periode sebesar 1,67 div. Sehingga besarnya tegangan dan frekuensi pada TP4

$$V = V/\text{div} \times \text{div} = 5 \times 1 = 5 \text{ Volt}$$

$$T = T/\text{div} \times \text{div} = 15 \mu\text{s} \times 1,67 = 25,05 \mu\text{s}$$

$$f = 1/T = 1/25,05 \mu\text{s} = 39920 \text{ Hz}$$

Tegangan keluaran yang terukur pada TP4 sebesar 5 volt. Tegangan tersebut sama dengan tegangan yang dipergunakan sebagai sumber bagi *schmitt trigger*. Sehingga besarnya rasio penyimpangan tegangan keluaran rangkaian *schmitt trigger* adalah

$$\begin{aligned} \text{Rasio Penyimpangan} &= \frac{|\text{pengukuran} - \text{teori}|}{\text{teori}} \times 100\% \\ &= \frac{|5 - 5|}{5} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

4.3. Faktor kalibrasi laju aliran (cm/s)

Berdasarkan persamaan 2.4 pada bab II yaitu :

$$V = \frac{c\Delta f}{2f \cos \theta}$$

Jika c merupakan cepat rambat gelombang ultrasonik di udara sebesar 343 m/detik, f adalah frekuensi pemancar ultrasonik sebesar 39,965 KHz (hasil pengukuran pada keluaran pemancar ultrasonik), Δf merupakan selisih frekuensi yang dipancarkan dengan frekuensi yang diterima dan sudut θ sebesar 45°

... ..

$$V = \frac{343 \Delta f}{2.39965.1/2\sqrt{2}} m / \text{detik}$$

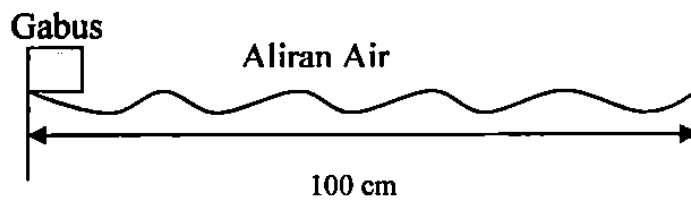
$$V = \Delta f \frac{343}{56519} m / \text{detik} = \Delta f \frac{34300}{56519} cm / \text{detik} = \Delta f \frac{34300}{56519} \div \frac{343}{343}$$

$$V = \Delta f \frac{100}{165}$$

Δf didapat dengan menghitung selisih antara frekuensi sumber dengan jumlah pulsa yang dicacah dari input T0 dalam waktu 1 detik

4.4. Kalibrasi Alat

Berikut ini adalah gambaran proses kalibrasi alat pengukur kecepatan aliran fluida.



Gambar 4. 4. Gambaran Proses Kalibrasi Alat

Pengujian dilakukan dengan mengalirkan gabus pada aliran sungai sepanjang 200 cm dan dicatat waktu yang ditempuh oleh gabus tersebut kemudian hitung kecepatan aliran gabus dengan persamaan,

$$v = \frac{s}{t};$$

dimana v = kecepatan gabus (cm/detik) (4.1)

s = jarak yang ditempuh gabus(cm)

t = waktu yang ditempuh gabus (detik)

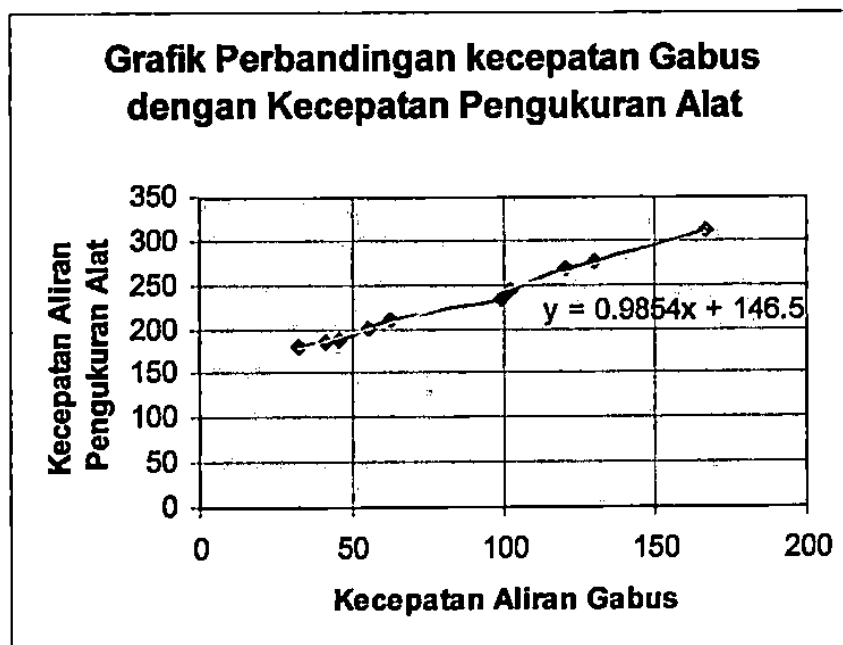
Diasumsikan aliran air yang diukur adalah aliran terbuka. Data hasil

pengujian ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut

No	Waktu (detik)	Kecepatan Gabus (cm/s)	Kecepatan Tampilan Alat (cm/s)	Perbedaan Alat & gabus
1.	3.05	32.7	182	149.3
2.	2.44	40.9	187	146.1
3.	2.20	45.4	190	144.6
4.	1.80	55.5	201	145.5
5.	1.6	62.5	211	148.5
6.	1.01	99	235	136
7.	0.97	102.3	243	140.7
8.	0.82	120.6	269	148.4
9.	0.761	130	278	148
10.	0.60	166.6	312	145.4

Tabel 4.3. Perbandingan kecepatan aliran alat dengan kecepatan aliran gabus

Hasil perhitungan kecepatan aliran dari gabus digunakan sebagai data pembanding kecepatan aliran pengukuran alat. Data kecepatan dari kecepatan gabus diasumsikan sebagai kecepatan sesungguhnya. Dari tabel 4.3 diatas dapat dibuat Grafik perbandingan kecepatan aliran gabus dengan kecepatan aliran terhadap waktu tempuh seperti Gambar 4.1 berikut



4.3. Validasi Alat

Dari Grafik 4.1 diatas dapat diambil nilai linieritasnya dengan persamaan $y = 0.9854x + 146.5$. dimana y adalah kecepatan aliran dari pengukuran alat dan x adalah kecepatan aliran dari kecepatan gabus. Untuk mendapatkan hasil $y \approx x$ maka persamaannya menjadi

$$V_{validasi} = \frac{y - 146.5}{0.9854}; \text{ dimana } y \text{ adalah kecepatan aliran dari pengukuran alat.}$$

Persamaan tersebut kemudian dimasukkan kedalam program kemudian dilakukan pengambilan data lagi. Hasil pengukuran kecepatan aliran setelah validasi seperti pada Tabel 4.4 berikut :

No	Waktu (detik)	Kecepatan Gabus (cm/s)	Kecepatan Tampilan Alat (cm/s)	Perbedaan Alat & gabus
1.	2.89	34.6	40	5.4
2.	2.7	37.03	41	3.97
3.	2.65	37.7	45	7.3
4.	2.09	47.8	54	6.2
5.	1.54	64.9	70	5.1
6.	1.46	68.4	75	6.6
7.	1.4	71.4	78	6.6
8.	1.35	74.07	82	7.93
9.	1.2	83.3	93	9.7
10.	0.79	126.5	130	3.5

Beberapa penyebab terjadinya perbedaan pengukuran pada alat ini antara lain adalah :

- a. Nilai toleransi dan kualitas komponen elektronika yang digunakan kurang bagus terutama resistor dan transduser ultrasonik.
- b. Transduser ultrasonik yang digunakan masih jenis standar yang umum terdapat dipasaran sehingga kualitasnya tidak bagus
- c. Jenis alirannya yang tidak penuh
- d. Dimungkinkan terjadinya *Human Error* pada saat pengukuran

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari perancangan dan analisa pada bab III dan IV dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang ternyata memiliki selisih pengukuran yang cukup besar jika dibandingkan dengan pengukuran kecepatan aliran dengan metode pengukuran gabus.

5.2. Saran

Dari kesimpulan diatas penulis memberikan saran untuk pengembangan perbaikan sistem pengukuran kecepatan aliran fluida :

1. Sebaiknya pengukuran dilakukan pada tempat yang tertutup misalnya pada pipa yang tertutup dan dipastikan agar alirannya stabil
2. Perlu dicoba metode pengukuran aliran fluida seperti misalnya dengan menggunakan metode *transit-time meter*
3. Dari hasil percobaan dan dari beberapa literature yang didapat pengukuran kecepatan aliran fluida dengan sensor ultrasonik biasanya digunakan pada penggunaan cairan kotor seperti limbah cair dan cairan kotor lainnya dan lumpur yang biasanya menyebabkan kerusakan pada sensor konvensional. Prinsip dasar operasi memakai pergantian frekuensi (Efek Doppler) dari sinyal ultrasonik ketika direfleksikan oleh partikel yang mengambang atau gelembung gas. (Sumber : www.energyefficiencyasia.org)

DAFTAR PUSTAKA

1. Adiel, Reyhan. *Gelombang Bunyi*, [http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/SponsorPendamping/Praweda/Fisika/Fisika 2.htm](http://bebas.vlsm.org/v12/sponsor/SponsorPendamping/Praweda/Fisika/Fisika%20.htm)
2. Agfianto, P. E. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori dan aplikasi)*. Yogyakarta: Gava Media, 2002.
3. Andrews D. G. H. *An experiment to demonstrate the principles and processes involved in medical Doppler Ultrasound*. England: Canterbury Christ Church University College. 2000
4. Atmel. *MCS-51 Instructions Set*, <http://www.atmel.com>. 2001
5. Atmel, 2001, *8-Bit Microcontroller With 8K Bytes In-System Programmable Flash AT89S51*, <http://www.atmel.com>.
6. Blocher, R. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta, 2003
7. Soemarto, W. H. *Dasar-dasar Operasional dan Pemrograman terhadap mikroprosesor*. Jakarta :