

ALAT UKUR KECEPATAN FLUIDA DENGAN EFEK DOPPLER MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER AT89S51

Muhammad Andang Novianta

Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Kampus IST AKPRIND Jl. Kalisahak No. 28 Kompleks Balapan Yogyakarta
Telp 0274-563029, Fax 0274-563847, Email : m_andang@akprind.ac.id

ABSTRACT

Electronics technology has been applied in a lot of measurement system, the mentioned very assistive work in research or seeking a data which is being perceived. Actually the equipments still semi automatically so that still needed the energy and time in its performance.

This research design a prototype exploiting ultrasonic wave as a measure instrument of fluid's velocity with the method of effect doppler base on the microcontroller AT89S51.

The result of this research indicate that the appliance scheme doing well, based on ultrasonic sensor sensitivity to fluid's velocity flowing in a pipe.

Keywords: *fluid's velocity, measure instrument, effect doppler, microcontroller*

INTISARI

Teknologi elektronika telah banyak diterapkan dalam sistem pengukuran, hal tersebut sangat membantu pekerjaan dalam penelitian atau pencarian suatu data yang sedang diamati. Hanya saja peralatan tersebut banyak yang masih bersifat semi otomatis sehingga masih memerlukan tenaga dan waktu dalam pengerjaannya.

Penelitian ini merancang suatu prototipe yang memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai alat ukur kecepatan fluida dengan metode efek doppler berbasis mikrokontroler AT89S51.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan alat berfungsi dengan baik, dengan berdasarkan sensitivitas sensor ultrasonik terhadap kecepatan fluida yang mengalir di dalam suatu pipa.

Kata kunci: kecepatan fluida, alat ukur, efek doppler, mikrokontroler

PENDAHULUAN

Alat ukur yang ada di Indonesia pada umumnya merupakan produk dari luar negeri dan lebih difungsikan untuk industri maupun instalasi pengukuran yang lain. Desain alat dibuat permanen dan kurang fleksibel untuk dibawa kemana-mana, jika alat ukur tersebut mengalami masalah atau kerusakan maka ditemui kesulitan dalam perbaikan maupun pengadaan komponen pengganti.

Salah satu dari sekian banyak alat ukur yang ada adalah pengukur kecepatan fluida. Alat ukur fluida ini sendiri memiliki ragam yang bermacam-macam, hal ini tergantung pada prinsip pengukuran yang dipergunakan. Salah satu prinsip pengukuran yang dipakai adalah efek doppler dari suatu gelombang ultrasonik. Sistem pengukurannya yaitu pada perubahan frekuensi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke aliran fluida dengan yang diterima transduser. Perubahan dari frekuensi inilah yang besarnya sebanding dengan kecepatan fluida. Untuk mewujudkan pembuatan alat ukur kecepatan fluida tentunya harus mengerti terlebih dahulu

tentang teknik pengukuran dan perancangan peralatan alat ukur itu sendiri.

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana merancang dan membuat suatu alat ukur untuk memantau tingkat aliran (*rotameter*) dengan variasi daerah untuk cairan pada suatu unit satuan tetap tertentu, setelah itu pengukuran aliran piston dan *spring* serta unjuk kerja gelombang ultrasonik (non-intrusif atau doppler) untuk cairan.

Tujuan penelitian ini adalah merancang alat ukur laju aliran fluida dengan sistem efek doppler dari gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler AT89S51, yang akan digunakan sebagai penentuan tingkat kecepatan aliran permukaan fluida pada suatu tempat aliran fluida seperti saluran pembuangan limbah cair, sungai dan lain-lain.

Terdapat beberapa kajian-kajian terkait yang sudah dilaksanakan oleh para peneliti sebelumnya dengan hipotesis yang berbeda pada tiap penelitian yang pernah dilakukan.

Pada dasarnya ada suatu diversifikasi penelitian yang masih memiliki satu kaitan masalah yang merupakan mata rantai untuk

dapat menentukan dari kesempurnaan hasil sehingga terdapat wujud berupa sistem yang nyata dan dapat langsung diterapkan pada masyarakat.

Menurut Lathief C (2007), pemakaian dari efek doppler untuk mengukur kecepatan aliran fluida pada cahaya terhambur oleh suatu partikel yang bergerak dengan fluida tersebut, maka untuk analisis sinyal yang keluar dari detektor cahaya ialah memakai suatu analisis spektrum atau disebut juga diskriminator. Dari hasil penelitiannya didapat bahwa nilai frekuensi diperoleh mempunyai kesalahan sebesar 3% dari harga dihitung.

Menurut Mustain A (2002), aliran fluida yang melintasi sebuah elemen penghalang akan terbentuk medan aliran. Medan aliran ini dapat berupa distribusi kecepatan dan tekanan. Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan dengan bertambahnya distribusi kecepatan aliran fluida maka tinggi tekanan di depan penghalang semakin besar.

Gelombang Bunyi

Berdasarkan medium, gelombang akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu gelombang mekanik dan elektromagnetik. Berdasarkan arah getar gelombang dibagi jadi dua bagian, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal.

Gelombang bunyi timbul dari terjadinya perubahan mekanik terhadap gas, zat cair atau padat yang merambat dengan nilai kecepatan yang tertentu. Gelombang bunyi merupakan *vibrasi* atau getaran dari molekul-molekul zat yang saling beradu satu sama lain, namun zat tersebut terkoordinasi yang menghasilkan suatu gelombang serta dapat mentransmisikan energi.

Bunyi memiliki hubungan antara suatu kecepatan perambatan (C) dalam m/det, dan frekuensi (f) dalam Hertz, serta dari panjang gelombang (λ) dalam m. Secara matematis hubungan tersebut dinyatakan sebagai:

$$C = f \cdot \lambda \quad (1)$$

Kecepatan perambatan radiasi gelombang elektromagnetik berupa konstanta $C = 3 \times 10^8$ m/det, akan tetapi kecepatan perambatan gelombang ultrasonik bervariasi tergantung dari dua faktor media yang dilaluinya yaitu kerapatan media dan tekanan media.

Efek Doppler

Efek doppler yaitu perubahan frekuensi gelombang elektromagnetik atau gelombang akustik sebagai akibat dari pergerakan *emitter* ataupun *receptor*. Jika sebuah transduser akan memancarkan gelombang dengan frekuensi (f_e) dan kecepatan bunyi (c) di dalam medium dan suatu target

(*receptor*) bergerak dengan kecepatan (v), maka target akan memantulkan gelombang parsial jika impedansi akustiknya berbeda dari impedansi akustik mediumnya.

Prinsip Doppler

Doppler diambil dari nama seorang ahli fisika dan matematika Austria, yakni Christian Johann Doppler (1803-1853). Tahun 1842 dia memprediksikan bahwa frekuensi gelombang bunyi yang diterima tergantung pada gerakan sumber bunyi atau pengamat relatif terhadap media perambatan. Untuk menggunakan efek doppler dalam pengukuran kecepatan aliran fluida, transduser ultrasonik mentransmisikan gelombang ultrasonik ke dalam aliran fluida. Gelombang ultrasonik yang ditransmisikan ke fluida akan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Pergeseran frekuensi akibat dari aliran fluida sebanding dengan kecepatan aliran fluida.

Dasar dari efek doppler merupakan fakta bahwa pantulan dari permukaan gelombang ultrasonik yang bergerak dapat mengalami pergeseran frekuensi (*Frequency shift*). Pada umumnya, magnitudo serta arah pergeseran mengandung informasi yang dapat dinyatakan gerakan dari permukaan. Untuk memahami hal ini harus diketahui hubungan antara frekuensi dari sumber bergerak (f_s) dan frekuensi yang diterima penerima (f_R).

Frekuensi terukur oleh penerima yang bergerak menjauh dari sumber akan lebih kecil dari frekuensi terukur di sumber, sedangkan frekuensi terukur oleh penerima yang bergerak mendekati sumber akan lebih besar dari nilai frekuensi terukur di sumber.

Pada sistem pengukuran kecepatan dari fluida, persamaan (2) dipergunakan sebagai rumus untuk menghitung kecepatan alir:

$$f_D = \frac{v_F}{c} f_s \quad (2)$$

atau

$$v_F = \frac{f_D}{f_s} c \quad (3)$$

$$v_F = K f_D \quad (4)$$

dimana:

- v_F = kecepatan alir fluida
- K = faktor kalibrasi
- f_D = pergeseran frekuensi doppler
- c = kecepatan suara di udara
- f_s = frekuensi transmiter

Persamaan (4) menunjukkan kecepatan aliran merupakan fungsi linier dari pergeseran frekuensi doppler.

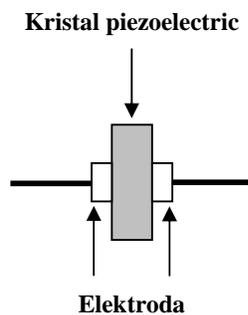
Transduser Ultrasonik

Transduser merupakan alat yang dapat mengubah suatu bentuk besaran energi ke

bentuk besaran energi yang lain. Umumnya transduser bekerja mengubah energi listrik menjadi mekanik atau mengubah besaran bukan listrik (seperti temperatur, bunyi dan cahaya) akan menjadi suatu sinyal listrik. Transduser ultrasonik terdiri dari dua buah kristal *piezoelectric* yang digunakan sebagai pemancar serta penerima dari gelombang ultrasonik.

Kristal *piezoelectric* ditemukan C.Piere dan Jacques pada tahun 1880. Bila Kristal *piezoelectric* diberi tegangan listrik, maka lempengan kristal akan mengalami vibrasi sehingga timbul frekuensi ultra, dan vibrasi kristal menimbulkan arus listrik. Berdasarkan prinsip tersebut maka kristal *piezoelectric* dapat dijadikan transduser ultrasonik.

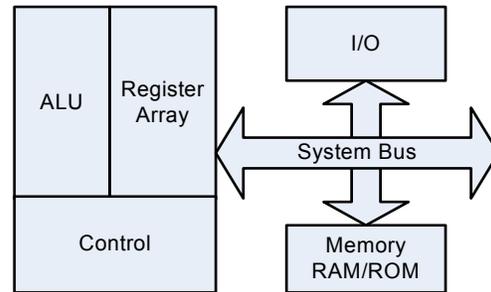
Bahan-bahan yang mempunyai efek *piezoelectric* dibagi menjadi tiga kelompok, bahan alamiah (misalnya *quartz* dan *rochelle salt*), kristal buatan (misalnya *litrium sulfat* dan *amonium dihydrogen phosphate*) serta keramik *feroelectric* yang memiliki polarisasi (misalnya *barium titanate*). Bentuk alami dari *quartz* yaitu suatu prisma heksagonal yang bentuknya seperti piramid di kedua ujungnya. Untuk kebutuhan pemakaiannya kristal diiris menjadi bentuk lempengan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kristal *Piezoelectric*

Pengolah Data Berbasis Pengendali Mikro (mikrokontroler)

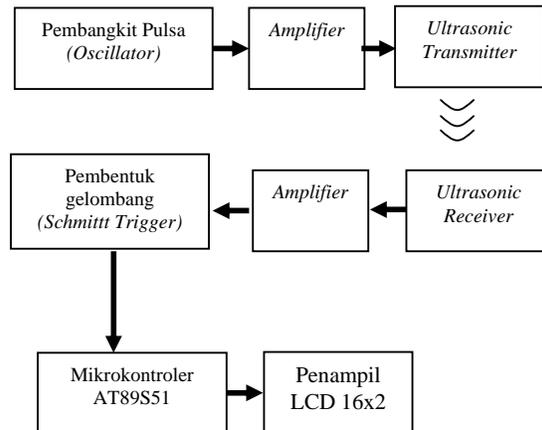
Mikrokontroler merupakan komponen semikonduktor yang didalamnya sudah ada sistem mikroprosesor seperti: ALU, ROM, RAM, dan Port I/O. Untuk membentuk suatu sistem komputer yang utuh maka sebuah mikroprosesor harus ditambah dengan piranti yang mendukungnya seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Perangkat Pendukung Sistem Berbasis Mikrokontroler

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, alat ukur kecepatan fluida dengan efek doppler dirancang dengan memanfaatkan sebuah keping mikrokontroler ATMEL AT89S51 yang nampak pada diagram blok Gambar 3:



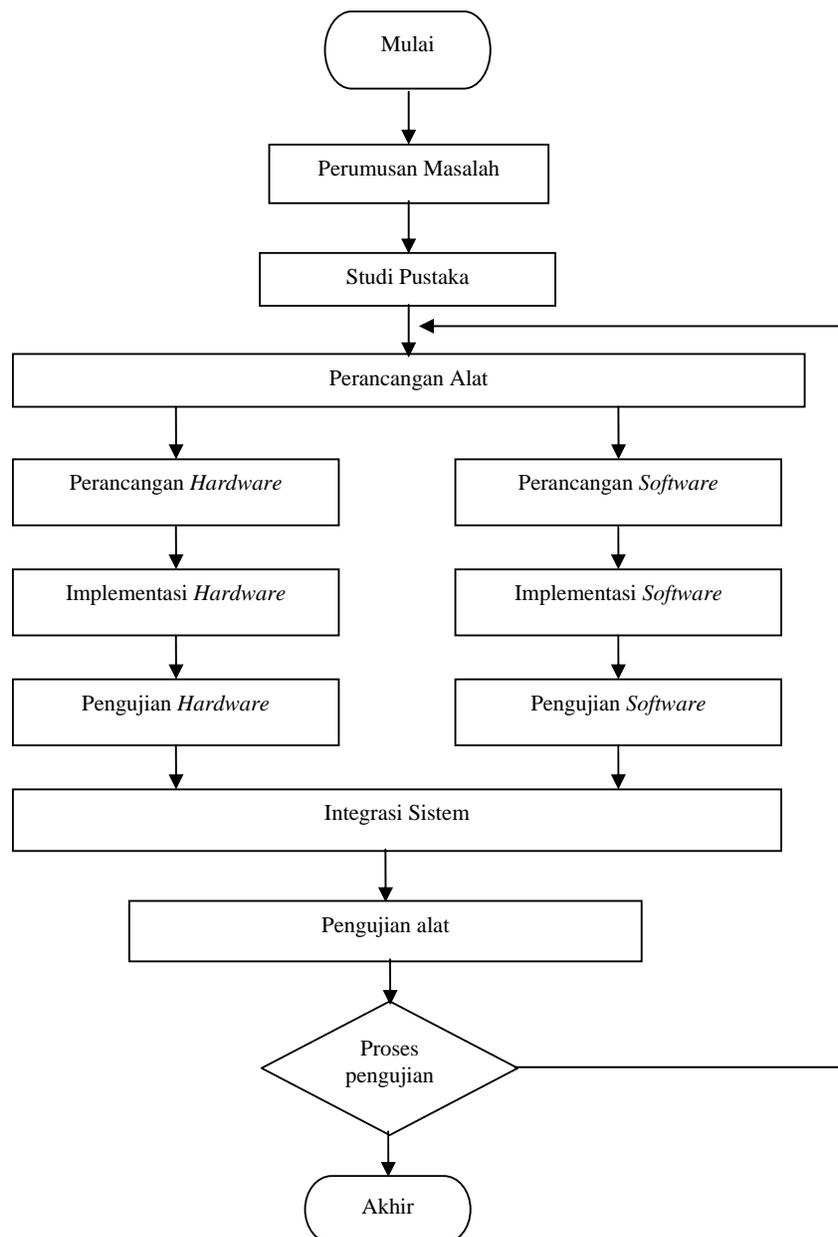
Gambar 3. Blok Diagram Rangkaian Pengukur Kecepatan Aliran Fluida

Gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh pembangkit gelombang (*oscillator*) sebesar 40 KHz. Gelombang ini kemudian dikuatkan oleh *pre-Amp* untuk menggetarkan kristal rangkaian *transmitter piezoelektrik*. Gelombang ultrasonik yang dipancarkan *transmitter* ke permukaan fluida yang mengalir dipantulkan dan diterima kembali oleh *receiver*. Karena adanya efek doppler, gelombang ultrasonik diterima oleh *receiver* yang mengalami perubahan frekuensi (*frequency shift*). Suatu Gelombang ultrasonik yang diterima *receiver* akan menggetarkan kristal *piezoelektrik* sehingga menghasilkan suatu sinyal listrik. Sinyal yang dihasilkan dari penerima ini masih lemah sehingga diperlukan penguatan dahulu oleh rangkaian *amplifier*.

Sinyal yang telah menjadi penguatan oleh *amplifier* masih berupa besaran analog. Agar sinyal dapat diolah oleh mikrokontroler maka sinyal analog dari *amplifier* dibentuk terlebih dahulu menjadi sinyal digital oleh rangkaian *schmitt trigger*. Sinyal yang dari rangkaian *schmitt trigger* kemudian dicacah dalam mikrokontroler dalam waktu satuan detik. Mikrokontroler sebagai penghitungan hasil cacahan dari *schmitt trigger* menjadi kecepatan fluida dalam satuan cm/detik dan hasil perhitungan ditampilkan pada sebuah display *seven segment*.

Pada sistem perangkat kerasnya ditinjau perbagian atau perblok secara terpisah yang selanjutnya digabungkan menjadi satuan alat yang utuh. Bagian-bagian alat dari beberapa bagian, yaitu: pemancar gelombang ultrasonik, penerima gelombang ultrasonik, pembentuk gelombang atau *schmitt trigger*, dan rangkaian sistem minimum mikrokontroler dan rangkaian penampil LCD 16x2.

Dalam perancangan dan pembuatan alat ukur kecepatan aliran fluida ini perlu dilakukan langkah-langkah, dari tahap awal hingga akhir seperti nampak pada diagram alir Gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Perancangan Alat

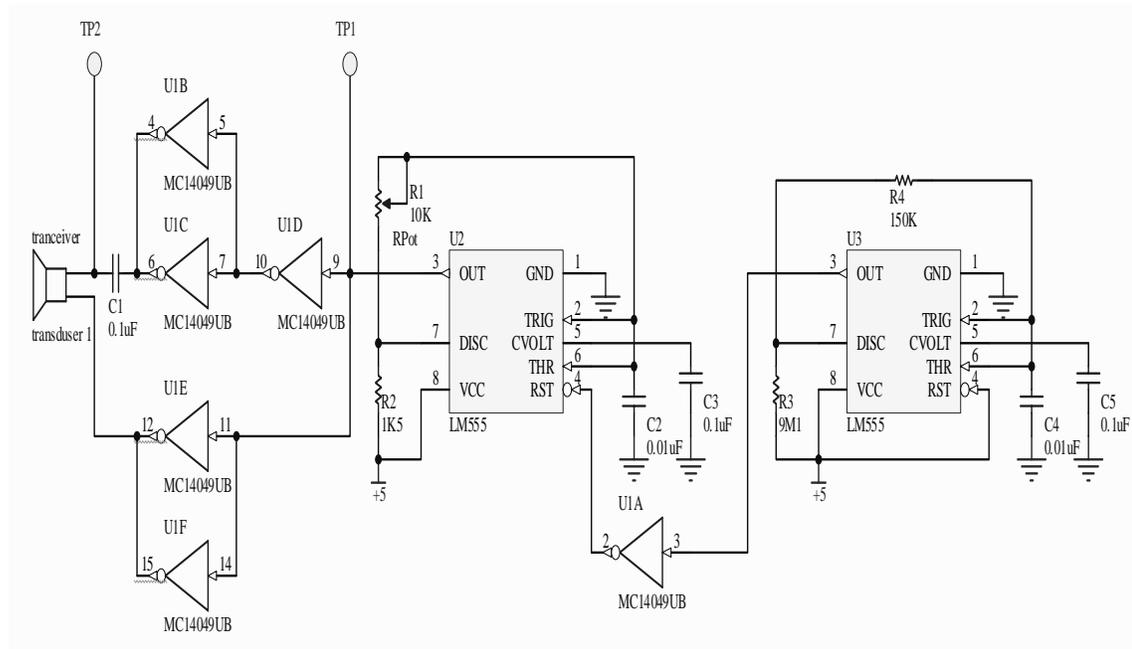
Pemancar Ultrasonik

Rangkaian dari pemancar gelombang ultrasonik digunakan IC LM555 sebagai IC *timer* sebagai sumber sinyal kotak dengan frekuensi 40 KHz. LM555 dipilih karena IC ini mudah diperoleh dipasaran, harganya murah dan stabil jika dioperasikan pada frekuensi yang tidak terlalu tinggi. Sinyal pulsa kotak yang mempunyai frekuensi 40 KHz dikontrol oleh IC LM555 untuk menentukan panjang pulsanya. Rangkaian pemancar gelombang ultrasonik nampak pada Gambar 5.

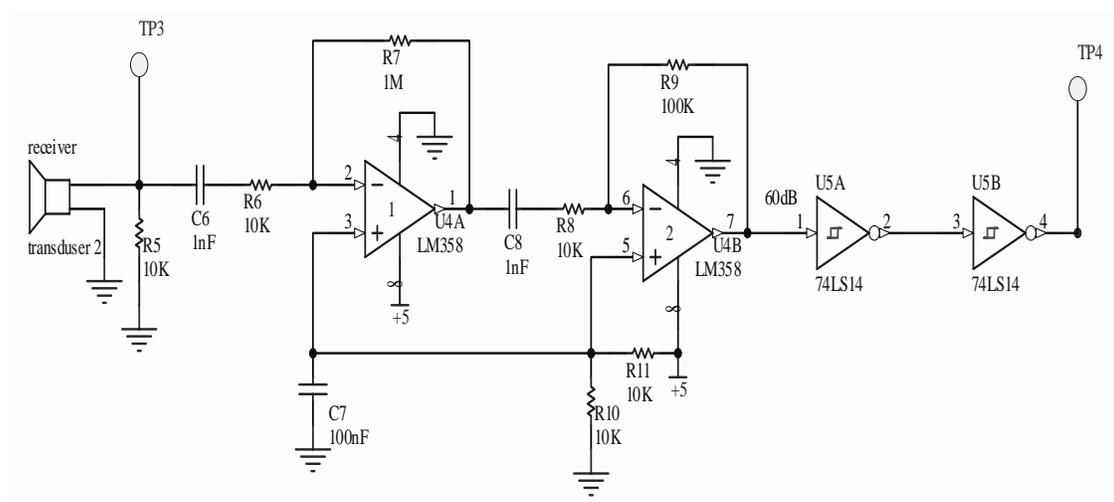
Penerima Ultrasonik

Sinyal ultrasonik yang dipancarkan oleh *transmitter* diterima oleh *receiver*, kemudian dikuatkan penguat tegangan sebesar 1000 kali (60 dB). Penguat penerima adalah penguat *Op-Amp inverting* yang di-cascade sehingga menghasilkan penguatan sebesar 1000 kali.

Penguatan pertama didesain sehingga menghasilkan penguatan dengan nilai sebesar 100 kali (40 dB) dan oleh penguat tegangan kedua sinyal yang telah dikuatkan diperkuat kembali sebesar 10 kali (20 dB).



Gambar 5. Rangkaian Pemancar Ultrasonik



Gambar 6. Rangkaian Penerima dan Penguat Awal Sinyal Ultrasonik

Pembentuk Gelombang (Schmitt Trigger)

Rangkaian *schmitt trigger* mempunyai fungsi untuk mempersegikan sinyal masukan sehingga mempunyai waktu naik dan turun yang cepat. Bentuk gelombang keluaran dari *Op-Amp* masih berupa gelombang sinus dengan waktu naik dan turun lambat. Jika langsung dimasukkan ke pancacah maka akan dapat menimbulkan simpangan dalam pencacahan karena cacahan secara digital akan lebih baik pada bentuk gelombang yang memiliki waktu naik dan turun yang cepat.

Rangkaian *schmitt trigger* memiliki dua buah gerbang *inverter* yang dirangkai secara seri seperti pada Gambar 7. Digunakannya dua buah gerbang ini agar gelombang *output* yang dihasilkan tidak mengalami pembalikan fasa.

Sistem Mikrokontroler AT89S51

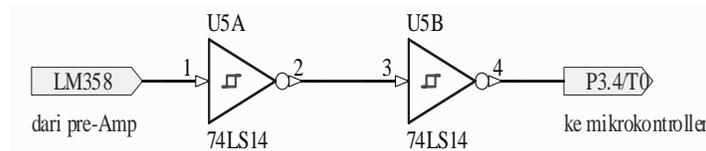
Rangkaian sistem dari mikrokontroler AT89S51 digunakan sebagai penghitung dari

pergeseran frekuensi yang diterima gelombang ultrasonik. Rangkaian ini terdiri dari rangkaian osilator serta *power on reset* seperti nampak pada Gambar 8.

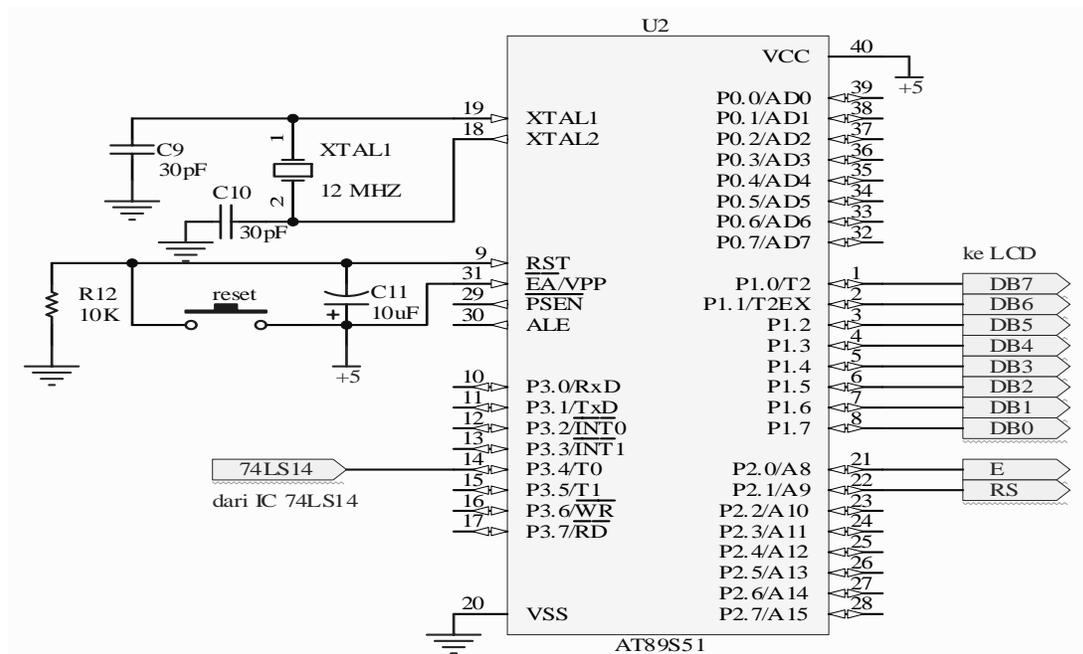
Sistem mikrokontroler AT89S51 memiliki frekuensi kerja 1/12 dari frekuensi kristal yang dihubungkan. Dengan kristal 12 MHz, maka frekuensi kerja dari mikrokontroler AT89S51 adalah 1 MHz atau disebut dengan periode 1 mikrodetik sehingga dapat untuk mengukur frekuensi rendah dengan ketelitian yang tinggi.

Rangkaian Penampil LCD 16x2

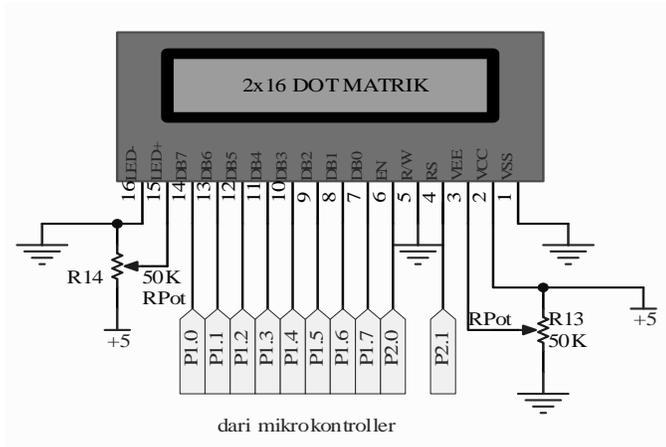
Untuk menampilkan datanya dari sistem mikrokontroler AT89S51 digunakan LCD 16x2 karakter. Pada kaki *Rs* dan *Enable* (E) LCD dihubungkan ke P2.1 dan P2.0 mikrokontroler. Data dari LCD (DB0-DB1) akan dihubungkan ke *port 1* (P1.0-P1.7). Untuk mengatur kontras LCD, pin V_{EE} LCD dihubungkan ke potensiometer. Rangkaian penampil LCD 16x2 nampak pada Gambar 9.



Gambar 7. Rangkaian Pembentuk Gelombang (Schmitt Trigger)



Gambar 8. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler AT89S51



Gambar 9. Rangkaian Penampil LCD 16x2

PEMBAHASAN

Untuk mengetahui unjuk kerja dari alat ukur ini dilakukan beberapa pengujian yang nantinya dapat diambil suatu kesimpulan dari hasil penelitian ini.

Pengujian dengan *Function Generator*

Pengujian ini dilakukan yaitu dengan membandingkan hasil perhitungan dan hasil pada tampilan alat. Pada pengujian diambil sinyal *input* dari *function generator*. Diagram blok pengujian nampak pada Gambar 10.

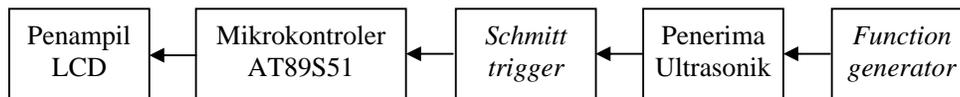
Untuk mengetahui hasil pengujian dari alat dengan *function generator*, yaitu dengan rasio simpangan yang terjadi seperti Tabel 1.

Data kecepatan aliran dalam hitungan didapat menggunakan persamaan (5).

$$v_F = K \cdot f_D = [39965 - f_{RX}] \frac{100}{165} \quad (5)$$

dengan frekuensi sumber sebesar 39,965.

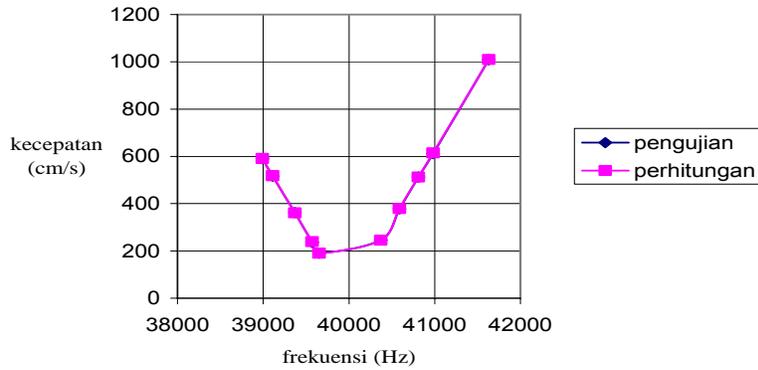
Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa rasio simpangan terbesar adalah 0,84% yang terjadi pada saat pemberian *input* frekuensi sebesar 39,57 KHz.



Gambar 10. Diagram Blok Pengujian Menggunakan *Function Generator*

Tabel 1. Data Pengujian dengan *Function Generator*

| No | <i>Function Generator</i> (Hz) | Perhitungan (cm/s) | Pengujian alat (cm/s) | Rasio Peyimpangan (%) |
|-----|--------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. | 38990 | 591 | 590 | 0.16 |
| 2. | 39110 | 518 | 516 | 0.39 |
| 3. | 39370 | 361 | 362 | 0.28 |
| 4. | 39570 | 239 | 237 | 0.84 |
| 5. | 39650 | 191 | 191 | 0.00 |
| 6. | 40370 | 245 | 246 | 0.41 |
| 7. | 40590 | 379 | 378 | 0.29 |
| 8. | 40810 | 512 | 512 | 0.00 |
| 9. | 40980 | 615 | 612 | 0.49 |
| 10. | 41630 | 1009 | 1008 | 0.10 |



Gambar 11. Grafik Kecepatan Melalui Perhitungan dan Pengujian Alat

Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan yaitu dengan mengalirkan gabus pada pipa sepanjang 100 cm dan dicatat waktu yang ditempuh oleh gabus tersebut kemudian dihitung kecepatan gerak pindah gabus dengan menggunakan

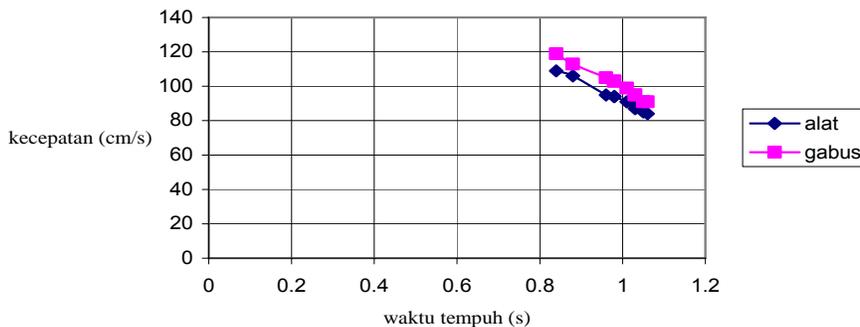
$$v = \frac{s}{t}$$

Diumpamakan aliran yang diukur adalah aliran *laminer*. Data pengujian nampak pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 nampak perbandingan dari kecepatan aliran air yang ditampilkan pada alat dengan kecepatan aliran air yang sebenarnya masih ada perbedaan pengukuran yang cukup besar.

Tabel 2. Perbandingan Kecepatan Aliran Alat dengan Kecepatan Aliran Gabus

| No | Waktu yang ditempuh (detik) | Kecepatan aliran gabus (cm/s) | Kecepatan aliran tampilan alat (cm/s) | Rasio penyimpangan (%) |
|-----|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1. | 0,84 | 119 | 109 | 8,40 |
| 2. | 0,88 | 113 | 106 | 6,19 |
| 3. | 0,96 | 105 | 95 | 9,52 |
| 4. | 0,98 | 103 | 94 | 8,74 |
| 5. | 0,98 | 103 | 94 | 8,74 |
| 6. | 1,01 | 99 | 91 | 8,08 |
| 7. | 1,03 | 95 | 89 | 6,32 |
| 8. | 1,03 | 95 | 87 | 8,42 |
| 9. | 1,05 | 91 | 85 | 6,59 |
| 10. | 1,06 | 91 | 84 | 7,69 |



Gambar 12. Grafik Kecepatan Aliran Gabus dan Tampilan Alat

KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Secara teori alat yang dirancang ini mendekati kebenaran karena memiliki rasio penyimpangan antara kecepatan aliran yang berdasarkan frekuensi yang diterima dengan kecepatan aliran alat maksimal yaitu sebesar 0,84%.

Pengukuran dari alat kecepatan aliran fluida yang terukur didapatkan nilai rasio penyimpangan yang besar hal ini disebabkan aliran fluida yang diukur merupakan aliran *laminar* atau aliran terbuka sehingga sangat sensitif terhadap pengaruh adanya derau seperti angin yang menyebabkan aliran air ini tidak stabil serta frekuensi penerimaan ultrasonik juga tidak stabil.

DAFTAR PUSTAKA

Agfianto, P. E., 2002, "**Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori**

dan aplikasi)", Edisi Pertama, Penerbit Gava Media, Yogyakarta, Hal 1-8.

Lathief, C., 2007. "**Pengukuran Kecepatan Fluida Dengan Efek Doppler Pada Laser**", Tesis S-2, Program Studi Teknik Fisika Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Munson, B. R., and Young, D. F., 2003, "**Mekanika Fluida**", Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta, Hal 214-219.

Mustain, A., 2002, "**Distribusi Tekanan Aliran Udara Terhadap Penghalang Silinder**", Tesis S-2, Dept. of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.

Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000 "**Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material**", Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, Hal 210.