



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**RANCANGAN BANGUN ALAT UKUR VOLUME AIR PDAM
BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51 DENGAN SENSOR
FOTODIODA**

SKRIPSI



**FITRIA ARMAINI
07135050**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR VOLUME AIR PDAM BERBASIS
MIKROKONTROLER AT89S51 DENGAN SENSOR FOTODIODA**

yang disusun oleh

**Fitria Armaini
07135050**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 18 Juli 2011
dan dinyatakan telah lulus memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama

Drs. Wildian, M.Si

NIP. 196108121994031001

Ketua Penguji

Rahmat Rasyid, M.Si

NIP. 196711031998021002

Penguji I

Drs. Sri Mulyadi Dt. Basa, M.Si

NIP. 195208011986101001

Penguji II

Dr. Dahyurir Dahlani

NIP. 196811281995122001

Padang, 29 Juli 2011

Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Andalas

Arif Budiman, M.Si

NIP. 19731114 1999031004

Hari ini..

Tangis kebahagian tumpah dihadapan Mu ya Rabb, sebagai ungkapan syukurku atas segala rahmat dan karunia Mu. Segala kesulitan, tantangan dan hambatan akan selalu ku hadapi demi menggapai dan merengkuh sebuah harapan, sebagai bekal kelak menempuh dan menapaki masa depan yang lebih cerah. Untuk itu terimalah sujudku pada Mu ya Rabb..

"Dan rendahkanlah dirimu terhadap mereka berdua dengan penuh kasih sayang..." (Al-Isra 24)

Ya Rabb..

Ku menyadari apa yang kuperbuat sampai saat ini belum mampu membalas walaupun setetes keringat dan air mata serta kelelahan papa dan mama. Oleh karenanya, kumohon jadikanlah setetes keringat dan air mata mereka sebagai pertama dan mutiara yang berkilauan. Setulus hati kupersembahkan karya kecilku sebagai ucapan terimakasihku dan tanda baktiku kepada papa yang sangat kucintai (RAFLIN) dan mama (ARNIS) yang selalu setia menemani, do'a yang tulus, kasih sayang yang tiada henti serta pengorbanan yang tanpa pamrih

Buat semua yang pernah merasakan dan menikmati suka dan dukanya "rumah kita"

- .- Uda dan Uni buruak yang sangat sabar merawat dan mendidik Y hingga sampai menjadi seperti saat sekarang ini, terima kasih atas kemurahan dan kebaikan hati uni dan uda..lvr U uni dan uda
- .- Cha_ndut → roda akan selalu berputar, asal ada usaha pasti akan berhasil, semua yang terjadi pasti ada hikmahnya,,, don't cry my sista,,, i wanna lvr u sekalian titip terima kasih buat kakak mu
- .- Inen tayang tatak iyaa (hehe..) rajin-rajin kuliah supayo capek jadi perawat dan supayo cubadaknya capek masak..
- .- Annisa ama anis jan mada-mada juo bisuak ka jadi dokter kan.
- .- Uni jas n couple baru 'Tuan', diriku sudah tak sabar ingin kan ponaan.
- .- Uum sicalon bu doktel gigi
- .- cugina pelawat, gigi kitiang (hehe..), ingat wanita yang baik akan dapatkan jodoh yang baik pula

semangat!!

Eh..lupo utk asparela yang setia menemani begadang ^_^

Rasa hormat dan terima kasih untuk seorang bapak yang banyak membantu dan menolong hingga akhirnya mendapatkan jalan untuk menempuh dan menggapai cita-cita yang insya Allah menjadi kenyataan, terima kasih banyak pak.

Spesial untuk ciayank buruak (forever and always ^_^)

Hidup ini penuh warna, hiasilah agar hidup kita berwarna cerah, semua kesedihan, kesulitan tidak akan pernah hilang hanya dengan kita meninggalkannya, tetapi akan lebih baik jika kita dengan hati yang lapang menerimanya, menganggap kesulitan & kesedihan tersebut adalah bagian dari hidup kita, dengan begitu kita akan lebih sadar bahwa sebenarnya hidup ini indah dan kita akan selalu bersyukur bahwa kita di miliki oleh Sang Maha Pengasih...

Buat bapak pembimbing Drs. Wildian, M.Si

Terima kasih atas ilmu serta waktu yang telah bapak berikan semoga kebaikan bapak dibalas oleh Allah SWT amin Ya Rabb...

Buat uda imen terima kasih telah banyak membantu dan meluangkan waktunya membantu Y menyelesaikan tugas akhir ini terutama bagian sensor dan program bahasa C (hehe), semoga kebaikan uda dibalas oleh Allah SWT amin Ya Rabb...

Buat Dania_BMW 2007

Akhirnya kita semua berhasil menyelesaikan studi ini kawand..

BS Dharmasraya, BS Nias dan Nias Selatan, BS Bengkulu dan BS Mentawai

Terima kasih buat Elektro di dada ku (Cupop, Memet, Adek_hed (wanita tercantik dan "perkasa"), Viki, Carlina, Andlis dan Lelek)

Buat uni-uni dan uda-uda semua angkatan (2005 dan 2006) yang tidak mungkin dapat disebutkan satu-persatu uda roni, untuk uni sumi, uda sulung, uda pmen, uni pipi, uni ami, uda mufti

Untuk teman seperjuangan angkatan 2007 terima kasih atas dukungannya

Serta untuk adik-adik 2008 dan 2009, semangat untuk mengejar impiannya dan secepatnya menyelesaikan tugas akhir

Amin..

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahi Robbil Alamin, Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang Maha Berilmu telah melimpahkan berkah dan karunia-Nya yang tak terhingga, sehingga tugas akhir berjudul "**Rancang-Bangun Alat ukur Volume Air PDAM Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Sensor Fotodiode**" ini dapat terselesaikan tepat waktu. Sholawat beriring Salam Penulis ucapkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa risalah yang dijadikan petunjuk dan teladan bagi umat manusia.

Tugas akhir ini dibuat sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas. Penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua orang tua Penulis yang telah banyak memberikan kasih sayang, pengorbanan, do'a dan nasehat kepada Penulis dalam proses pembuatan tugas akhir ini. Tiada satu kata pun yang berharga yang dapat Penulis persembahkan kepada mereka kecuali harapan dan do'a semoga Allah SWT memasukkan mereka diantara orang-orang yang beruntung.
2. Bapak Arif Budiman, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika
3. Bapak Drs. Wildian, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan yang sangat berharga kepada penulis sampai terselesaiannya laporan tugas ini.

4. Bapak dan Ibu staf dosen Jurusan Fisika yang telah dengan ikhlas membagi ilmunya kepada penulis.
5. Teman-teman seperjuangan angkatan 2007 “Relativitas 07”.
6. Rekan-rekan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas segala bantuannya.

Semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya kepada Bapak dan Ibu serta rekan-rekan atas segala bantuannya kepada Penulis. Demikianlah tugas akhir ini disusun, semoga bermanfaat bagi kita semua dan, untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa mendatang dan penulis mohon maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karenanya penulis akan mempertimbangkan segala saran dan kritik agar tugas akhir ini dapat lebih baik dan menuju kesempurnaan tentunya.

Padang, Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRAC	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Waktu dan tempat Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori	
2.2.1 Aliran Fluida	5
2.2.2 Volume Air.....	6
2.2.3 Persamaan Kontinuitas	7
2.2.4 Sistem Sensor	9
2.2.4.1 Fotodioda	10
2.2.4.2 LED inframerah	11

2.2.4.3 Pemicu schmitt (<i>Trigger schmitt</i>)	13
2.2.5 Mikrokontroler AT89S51	10
2.2.6 Bahasa Pemograman C	13
2.2.7 LCD	14

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alat, bahan dan komponen yang digunakan	30
3.2 Tata Laksana Penelitian	31
3.3 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	32
3.3.1 Rangkaian Catudaya 5 V	32
3.3.2 Rangkaian Sistem Sensor	33
3.3.3 Rangkaian mikrokontroler AT89S51	33
3.3.4 Rangkaian penampil LCD 2x16 karakter.....	35
3.3.5 Pengujian blok rangkaian pada <i>breadboard</i>	36
3.3.6 Perancangan dan pembuatan PCB	36
3.4 Perancangan Perangkat-lunak (<i>Software</i>)	37
3.4.1 Diagram Alir	37
3.4.2 Pemograman perangkat lunak	38
3.4.3 Penanaman Program.....	38
3.6 Cara Kerja Alat.....	40
3.7 Pengujian Alat	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian perangkat keras.....	48
4.1.1 Karakteristik sensor terhadap intensitas cahaya	50

4.1.2 Pengujian sistem sensor.....	50
4.1.3 Pengujian rangkaian pemicu schmitt.....	50
4.1.4 Pengujian sistem minimum dan LCD	50
4.1.5 Pengujian secara keseluruhan	50
4.2 Pembahasan.....	52
4.3 Kesulitan-kesulitan yang dihadapi.....	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan.....	54
4.1 Saran	54

DAFTAR KEPUSTAKAAN

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram blok sistem pengukuran laju aliran air	4
Gambar 2.2 pola aliran laminar.....	5
Gambar 2.3 Sebuah partikel di dalam aliran tunak	6
Gambar 2.4 Volume fluida (dalam bentuk silindris) ΔV yang mengalir dengan kecepatan v melalui suatu permukaan A selama Δt	6
Gambar 2.5 Fluida yang mengalir melalui pipa dengan luas penampang lintang berbeda.....	8
Gambar 2.6 Simbol fotodiode	10
Gambar 2.7 dioda pada tegangan bias mundur	10
Gambar 2.8 Dioda semikonduktor dalam keadaan bias maju	12
Gambar 2.9 Simbol dan karakteristik LED.....	12
Gambar 2.10 Rangkaian <i>Schmitt trigger</i>	13
Gambar 2.11 Karakteristik <i>Schmitt trigger</i>	14
Gambar 2.12 Bentuk fisik mikrokontroler.....	15
Gambar 2.13 Pin Mikrokontroler AT89S51	21
Gambar 2.14 Format penulisan program dalam bahasa C	23
Gambar 2.15 Bentuk fisik modul LCD 2x16.....	25
Gambar 2.16 Fungsi <i>winst</i>	28
Gambar 2.17 Fungsi <i>wdata</i>	29
Gambar 3.1 Diagram alir tata laksana penelitian	31
Gambar 3.2 Rangkaian catu daya 5 V	32
Gambar 3.3 Rangkaian sistem sensor.....	33

Gambar 3.4 Rangkaian minimum mikrokontroler AT89S51	34
Gambar 3.5 Rangkaian LCD 2 x 16 karakter.....	35
Gambar 3.6 Diagram alir proses pengukuran volume air.....	37
Gambar 3.7 Tampilan <i>software AEC-ISP</i>	39
Gambar 3.8 Tanda mikrokontroler telah terhubung dengan PC	39
Gambar 3.9 Rancang bangun alat ukur volume air PDAM	40
Gambar 4.1 Perangkat keras per blok rangkaian.....	43
Gambar 4.2 Alat Ukur Volume Air Berbasis Mikrokontroler AT89S51	44
Gambar 4.3 Perbandingan volume acuan dengan volume terukur	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fitur khusus port 3	22
Tabel 2.3 Konfigurasi pin pada modul LCD 2x16.....	25
Tabel 2.3 Perintah-perintah yang dapat diberikan ke LCD	26
Tabel 2.4 Karakter LCD	29
Tabel 4.2 Hasil nilai volume acuan dan terukur	45
Tabel 4.3 Hasil pengujian secara keseluruhan	46

ABSTRAK

Telah dibuat alat ukur volume air PDAM berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan sensor fotodiода. Sistem ini dirancang agar dapat mendekripsi/mengukur volume air serta dan menampilkan hasil pengukuran pada LCD 2 x 16 karakter. Sistem sensor alat ini mengukur putaran piringan untuk mendapatkan nilai frekuensi. Sehingga dari nilai frekuensi yang didapatkan dapat dihitung nilai volume yang terukurnya. Sistem ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari sistem sensor yang terdiri dari fotodioda dan LED inframerah yang akan memancarkan cahaya dan fotodioda sebagai penerima akan mencacah putaran putaran piringan, mikrokontroler AT89S51, dan LCD 2 x 16 karakter sebagai penampil. Perangkat lunak yang digunakan untuk menjalankan atau memproses data pada mikrokontroler AT89S51 ini adalah bahasa C.

Kata Kunci: sensor fotodioda, mikrokontroler AT89S51, LCD

ABSTRACT

It has been made gauges the volume of water taps based microcontroller AT89S51 using photodiode sensors. The system is designed to detect / measure the volume of water as well and display the measurement results on LCD 2 x 16 characters. This tool sensor system measures the rotation frequency of the dish to get the value. So from the value obtained frequency can be calculated that the volume of measurability of value. This system consists of hardware and software. The hardware consists of a sensor system consisting of a photodiode and an infrared LED that will emit light and the photodiode as the receiver will count round round dish, AT89S51 microcontroller, and LCD 2 x 16 characters as a viewer. The software used to run or process the data on this microcontroller AT89S51 is the language C.

Keyword: photodiode sensor, microcontroller AT89S51, LCD

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok manusia dan mempunyai banyak kegunaan antara lain untuk minum, mandi, mencuci dan lain sebagainya. Di perkotaan, pelayanan jasa air bersih umumnya diselenggarakan oleh pemerintah melalui PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). Air yang disalurkan oleh PDAM ke rumah-rumah penduduk itu biasanya berasal dari air sungai yang ditampung terlebih dahulu di bak-bak penampungan (*reservoir*).

PDAM mempunyai cara untuk mengetahui jumlah air bersih yang digunakan warga/penduduk dengan memasang meteran pada pipa air yang masuk ke rumah-rumah. Selanjutnya, setiap bulan akan ada petugas PDAM yang mendatangi rumah penduduk dan mencatat volume air yang digunakan di masing-masing rumah penduduk. Setelah itu, PDAM akan melakukan penghitungan terhadap penggunaan air selama sebulan tersebut dengan mengalikan harga setiap meter kubiknya menurut ketentuan yang telah ditetapkan berdasarkan tipe pengguna jasa air.

Namun hal ini menimbulkan permasalahan dalam pencatatan dengan cara seperti tersebut, bahkan seringkali terjadi kekeliruan. Seringkali data yang digunakan dalam perhitungan tidak sesuai dikarenakan petugas terkadang memperkirakan jumlah pemakaian air pelanggan rata-rata setiap bulannya. Akibatnya, konsumen merasa dirugikan dan hal ini dapat menurunkan tingkat kepercayaan konsumen terhadap PDAM dan menyebabkan perasaan curiga terhadap penyedia jasa air .

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama di bidang elektronika dan instrumentasi, pada prinsipnya dapat diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu dengan membuat alat ukur volume air yang bekerja secara elektronik. Volume air ini dapat diukur dengan menggunakan sensor laju aliran air, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan dalam bentuk digital, berupa volume dan biaya. Dalam penelitian tugas akhir yang diberi judul “Rancang Bangun Alat Ukur Volume Air PDAM Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Sensor Fotodioda”.

1.2 Tujuan Penelitian

Membuat suatu alat ukur berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan sensor fotodioda untuk mengukur volume dan biaya penggunaan air pelanggan PDAM.

1.3 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Universitas Andalas, mulai Februari sampai Juli 2011.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk :

1. Memudahkan konsumen mengetahui volume dan biaya penggunaan air yang dipasang setelah meteran tanpa mengganti meteran asli.
2. Menghindari terjadinya kesalahan dalam pencatatan data penggunaan air.

1.4 Batasan Masalah

Agar dapat dilakukan secara lebih terfokus, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut :

- a. Volume air yang diukur adalah volume air yang diterima melalui pipa saluran PDAM.
- b. Sistem sensor dirancang berupa kincir air, piringan putar untuk mendapatkan frekuensi dari cacahan sistem sensor fotodioda dan LED inframerah.
- c. Komponen pemroses yang digunakan adalah mikrokontroler AT89S51.
- d. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelusuran pustaka yang telah dilakukan melalui internet diketahui bahwa penelitian tentang rancang bangun alat ukur aliran air yang melalui pipa PDAM masih sedikit. Dari penelusuran tersebut diketahui bahwa alat ukur aliran air dapat dibuat dengan memanfaatkan *flowmeter* mekanik dari PDAM yang ditambah dengan *optocoupler* sebagai sensor dan LCD sebagai penampil (Rohman, 2009). Model alat ukur yang telah dibuat mahasiswa Gunadharma tersebut memiliki kelemahan karena harus mengubah *flowmeter* aslinya yang dipasang oleh PDAM.

Rencana penelitian yang akan dilakukan, penulis merancang sistem sensor yang digunakan untuk menentukan volume air dan akan dipasang setelah meteran resmi PDAM. Diagram blok alat ukur ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram blok sistem pengukuran laju aliran air

Perangkat pencacah frekuensi ini terdiri dari fotodioda sebagai sensor yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya yang dihasilkan oleh LED. Komponen semikonduktor ini mampu merespon cahaya yang diterima dengan merubah/mengkonversi menjadi tegangan. Perubahan tegangan fotodioda akan sebanding dengan perubahan intensitas cahaya yang diterimanya. Perubahan

cahaya menjadi tegangan dari fotodioda dilanjutkan sebagai sensor menjadi masukan pada program pemroses (rangkaian minimum downloader) dan hasilnya akan ditampilkan pada penampil (LCD).

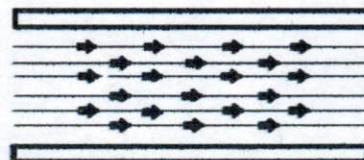
2.2 Landasan Teori

Banyaknya air PDAM yang telah digunakan tiap bulan di tiap rumah atau instansi/ perusahaan dapat dihitung berdasar volume air yang mengalir melalui pipa, lamanya air mengalir, dan luas penampang lintang pipa yang digunakan.

2.2.1 Aliran fluida

Air merupakan fluida merupakan zat yang dapat mengalir dan dapat memiliki sifat tidak menolak terhadap perubahan bentuk dan kemampuan untuk mengalir (atau umumnya kemampuannya untuk mengambil bentuk dari wadah yang ditempati). Fluida dapat dibedakan atas fluida diam (statis fluida) dan fluida bergerak (dinamika fluida). Aliran tunak (*steady flow*) atau Laminer berasal dari bahasa latin “thin plate” yang berarti plate tipis atau aliran sangat halus. Pada aliran laminer, gaya viscous (gesek) yang relatif besar mempengaruhi kecepatan aliran sehingga semakin mendekati dinding pipa, semakin rendah kecepatannya.

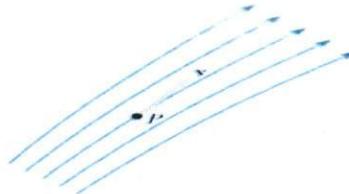
Pola aliran laminar seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Pola aliran laminar

Pada aliran ini pada paling pinggir mempunyai kecepatan paling rendah akibat adanya gaya gesekan. Aliran tersebut dikatakan tunak atau *laminar* jika tiap

partikel fluida mengalir lancar (*smooth*). Dalam hal ini, lintasan partikel yang berbeda tidak berpotongan satu sama lain.



Gambar 2.3 Sebuah partikel di dalam aliran tunak

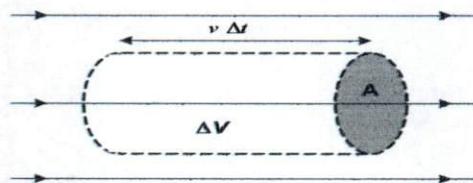
Pada aliran tunak, kecepatan fluida di titik manapun selalu bernilai konstan. Sehingga lapisan fluida yang saling berdekatan mengalir dengan lancar. Hal ini disebabkan oleh partikel fluida yang mengikuti sebuah lintasan lurus yang tidak saling menyilang.

2.2.2 Volume air

Sebagaimana diketahui bahwa sebuah partikel di dalam aliran tunak mengalir mengikuti suatu garis-alir (*streamline*), dan kecepatan partikel itu di tiap titik di sepanjang lintasannya menyinggung garis-alir tersebut.

Volume atau sering juga disebut laju aliran (*flow rate*) adalah laju volume fluida yang bergerak melalui suatu permukaan yang tegak lurus terhadap arah aliran tersebut (Coletta, 1995). Volume air dapat ditentukan dengan mengukur kecepatan-alir air di suatu titik.

Tinjau permukaan luas A seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Volume fluida (dalam bentuk silindris) ΔV yang mengalir dengan kecepatan v melalui suatu permukaan A selama Δt

Seluruh fluida yang terkandung di dalam elemen volume ΔV bergerak sejauh s ($s = v \cdot \Delta t$) selama selang waktu Δt . Dengan demikian, ΔV —yang merupakan volume fluida yang melalui permukaan tersebut dalam selang waktu ini—dapat dinyatakan sebagai :

$$\Delta V = (v \cdot \Delta t)A \quad (2.1)$$

dengan : ΔV = elemen volume fluida yang mengalir (m^3)

v = kecepatan aliran fluida (m/s)

Δt = selang waktu aliran (s)

Volume air dapat dinyatakan sebagai

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2.2)$$

Dengan mensubstitusi Persamaan (2.1) ke Persamaan (2.2) maka diperoleh

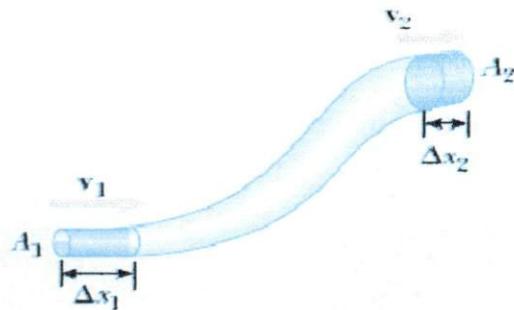
$$Q = v A \quad (2.3)$$

dengan : Q = volume air (m^3/s)

A = luas penampang (m)

2.2.3 Persamaan kontinuitas

Pada aliran tunak (*steady flow*), volume fluida dalam daerah tertentu adalah tetap. Fluida yang mengalir melalui keluar dari suatu daerah secara kontinu digantikan oleh suatu fluida lain dengan volume yang sama. Kenyataan ini berimplikasi pada hubungan antara kecepatan aliran di titik-titik yang berbeda di dalam fluida tersebut. Syarat yang harus dipenuhi untuk aliran tunak adalah bahwa volume air yang melalui dua permukaan penampang lintang pipa haruslah sama (Coletta, 1995).



Gambar 2.5 Fluida yang mengalir melalui pipa dengan luas penampang lintang berbeda
(Coletta, 1995)

Hal ini menunjukkan bahwa laju aliran volume selalu sama pada setiap titik sepanjang pipa/tabung aliran. Ketika penampang pipa mengecil, maka laju aliran fluida meningkat sebaliknya ketika penampang pipa menjadi besar, laju aliran fluida menjadi kecil.

Gerak fluida didalam suatu tabung aliran haruslah sejajar dengan dinding tabung. Meskipun besar kecepatan fluida dapat berbeda dari suatu titik ke titik lain didalam tabung. Karena tidak ada fluida yang berkurang dan bertambah maka massa yang menyeberangi setiap bagian tabung per satuan waktu bersifat konstan.

$$Q_1 = Q_2 \quad (2.4)$$

atau

$$v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2 \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) dikenal sebagai Persamaan Kontinuitas. Dengan demikian, ketika fluida mengalir melalui suatu pipa yang memiliki luas penampang dan panjang tertentu selama selang waktu tertentu, maka besarnya debit fluida (Q) tersebut sama dengan luas permukaan penampang (A) dikalikan dengan laju aliran fluida (v).

2.2.4 Sistem sensor

Dalam teknik pengukuran dan pengaturan secara elektronik merupakan perubahan dalam besaran fisis seperti cahaya, temperatur, tekanan, regangan dan lain-lain, untuk besaran listrik dalam bentuk tegangan, arus dan jumlah muatan. Peralatan yang dapat mengubah besaran ini dinamakan sensor. Sensor merupakan piranti yang menerima rangsangan (stimulus) dan mengubah rangsangan tersebut menjadi sinyal listrik (Fraden, 1996).

Dari sistem sensor ini akan diperoleh frekuensi putaran (f) dan kecepatan aliran air yang didapat dari putaran kincir yang mengakibatkan piringan putar ikut berputar melalui hubungan jumlah putaran dibagi lamanya piringan berputar (penggunaan selama sebulan).

$$f = \frac{\text{jumlah putaran}}{\text{lamanya piringan berputar}} \quad (2.6)$$

Dengan diketahuinya frekuensi, maka diperoleh kecepatan sudut (ω)

$$\omega = 2\pi f \quad (2.7)$$

Dan kecepatan linier (v) diperoleh melalui hubungan antara kecepatan sudut tersebut dengan jari-jari piringan (R) :

$$v = \omega R \quad (2.8)$$

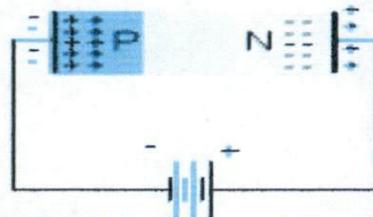
Sistem sensor yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sebuah kincir yang akan mendekksi kecepatan aliran air di dalam pipa. Kincir ini dipasang di dalam pipa, dan poros kincir dihubungkan ke piringan putar yang diberi satu lobang pada bagian tepinya. Lobang ini berfungsi untuk melewatkannya cahaya yang dipancarkan oleh sebuah LED (*light emitting diode*) dan diterima di sisi lainnya oleh sebuah fotodioda.

2.2.4.1 Fotodioda

Fotodioda merupakan komponen semikonduktor sejenis dioda yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Komponen semikonduktor ini mampu merespon cahaya yang diterimanya dalam bentuk perubahan resistansi. Perubahan resistansi fotodioda yang terjadi berubah-ubah jika cahaya yang menyinari dioda tersebut berubah intensitasnya sehingga pada saat hal tersebut akan menyebabkan perubahan intensitas cahaya sebanding dengan yang diterimanya.



Gambar 2.6 Simbol dari fotodioda



Gambar 2.7 dioda pada tegangan bias mundur

Prinsip kerja dari fotodioda bertolak belakang dengan LED. Tegangan bias mundur dan cahaya yang dipaparkan pada fotodioda akan mengakibatkan timbulnya pasangan elektron-*hole* di kedua sisi sambungan. Ketika ada cahaya, elektron akan pindah ke jalur konduksi sehingga menyebabkan elektron mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan *hole* mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian. Besarnya pasangan elektron-*hole* yang dihasilkan tergantung dari besarnya intensitas cahaya yang dikenakan pada fotodioda. Fotodioda mampu mendeteksi cahaya inframerah, cahaya tampak, ultraviolet sampai dengan sinar-X.

Fotodiode (*photodiode*) merupakan dioda semikonduktor yang mampu mengonversi/mengubah cahaya menjadi arus atau tegangan (bergantung pada modus pengoperasiannya). Fotodiode mempunyai keluarannya (arus atau tegangan) linier terhadap cahaya datang dan tahan terhadap gangguan (*low noise*).

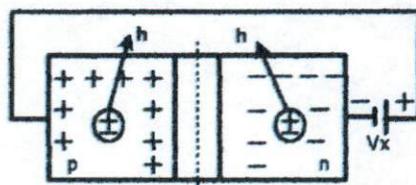
Fotodiode mirip dengan dioda pemancar cahaya (*Light Emitting Diode* (LED)) namun bedanya fotodiode mengubah cahaya menjadi tegangan atau arus listrik, sedangkan LED mengubah arus listrik menjadi cahaya. Selain itu, fotodiode beroperasi dengan panjar mundur (*reverse biased*), sedangkan LED beroperasi dengan panjar maju (*forward biased*).

Alat yang mirip dengan fotodiode adalah fototransistor (*Phototransistor*). fototransistor ini pada dasarnya adalah jenis transistor bipolar yang menggunakan kontak (*junction*) base-collector untuk menerima cahaya. Komponen ini mempunyai sensitivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan Fotodiode. Hal ini disebabkan karena elektron yang ditimbulkan oleh foton cahaya pada *junction* ini di-injeksikan di bagian Base dan diperkuat di bagian collector-nya. Namun demikian, waktu respons dari fototransistor secara umum lebih lambat dari pada fotodiode.

2.2.4.2 LED Inframerah

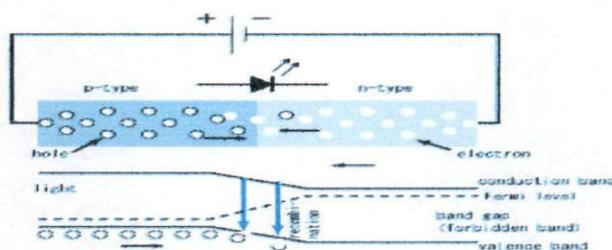
LED adalah singkatan dari *Light Emitting Dioda*, merupakan produk temuan lain setelah dioda yang dapat memancarkan cahaya bila dibias maju. Gejala ini termasuk bentuk *electroluminescence*. Seperti sebuah dioda normal, terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-n *junction*.

Banyaknya intensitas cahaya yang dipancarkan tergantung pada banyaknya *elektron-hole* yang tersedia, yang selanjutnya tergantung pula pada arus bias maju yang diberikan. Dalam kondisi bias maju, elektron dan *hole* akan bertemu. Secara atomik, bila elektron dan *hole* bertemu, maka elektron akan jatuh dari jalur konduksi ke jalur valensi. Seperti pada gambar 2.9



Gambar 2.8 Dioda semikonduktor dalam keadaan bias maju

Pembawa muatan elektron dan lobang mengalir ke *junction* dari elektroda dengan voltase berbeda. Ketika elektron bertemu dengan lobang, dia jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah, dan melepaskan energi dalam bentuk foton. Perhatikan Gambar 2.10



Gambar 2.9 Simbol dan Karakteristik LED

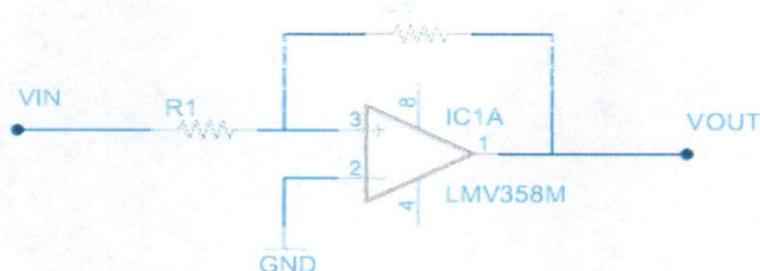
Frekuensi cahaya yang dipancarkan ditentukan oleh celah jalur energi dari bahan-bahan yang digunakan untuk membuat sambungan p-n. Perkembangan dalam teknologi material telah memungkinkan produksi LED yang dapat memancarkan cahaya dengan panjang gelombang lebih pendek, atau menghasilkan cahaya bervariasi. LED konvensional terbuat dari mineral anorganik yang bervariasi dan menghasilkan warna yang berbeda-beda.

2.2.4.3 Pemicu Schmitt (*Schmitt trigger*)

Sschmitt trigger merupakan komparator regeneratif yang berfungsi sebagai pembanding dengan umpan balik positif. Untuk mengubah tegangan masuk yang perubahannya sangat lambat kedalam keluaran yang berubah tajam bentuk gelombangnya (hampir tidak kontinu) dan timbul tepat pada harga tertentu dari tegangan masuk diperlukan rangkaian pemicu schmitt dimana sinyal masuk dapat diambil sembarang selama bentuk gelombang perioda dengan amplitudo cukup besar untuk melewati titik perpindahan atau batas jangkauan histerisis sehingga menghasilkan keluaran gelombang persegi.

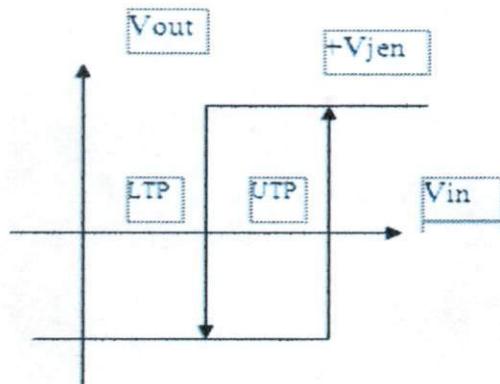
Pemicu schmitt merupakan rangkaian yang mampu menghilangkan derau dari sinyal masukan. Rangkain pemicu schmitt berguna dalam pengolahan sinyal analog menjadi sinyal digital untuk bisa diproses dan ditampilkan pada sebuah LCD atau media penampil lainnya. Pada dasarnya ada beberapa komponen yang juga bisa digunakan untuk fungsi ini seperti ADC, komparator dan rangkaian transistor-transistor logik. Dalam penelitian kali ini hanya digunakan rangkaian pemicu Schmitt karena bisa dibuat dari sebuah op-amp tanpa harus menggunakan komponen khusus.

Rangkaian pemicu schmitt tak membalik pada gambar 2.11



Gambar 2.10 Rangkaian *Schmitt trigger*

Untuk karakteristik pemicu schmitt pada gambar 2.12



Gambar 2.11 Karakteristik Schmitt trigger

Besarnya tegangan pusat dari *schmitt trigger* adalah :

$$V_{cen} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{ref} \quad (2.9)$$

Titik perpindahan menyebar ke kedua sisi pusat ini :

$$UTP = V_{cen} + \frac{R_2}{R_1} V_{jen} \quad (2.10)$$

$$LTP = V_{cen} - \frac{R_2}{R_1} V_{jen} \quad (2.11)$$

Cara kerja sebuah rangakaian pemicu Schmitt pada saat keluarannya mengalami kejemuhan negatif maka tegangan umpan baliknya berharga negatif. Tegangan umpan balik ini akan tetap menjaga keluaran untuk terasa didaerah jenuh negatif sampai tegangan masuknya menjadi cukup positif sehingga tegangan kesalahannya juga berharga positif. Bila hal ini terjadi, keluaran akan pindah ke daerah positif. Dengan keluaran pada kejemuhan positif. Untuk mengubah tanda keadaan keluaran ini, tegangan masuk harus menjadi cukup

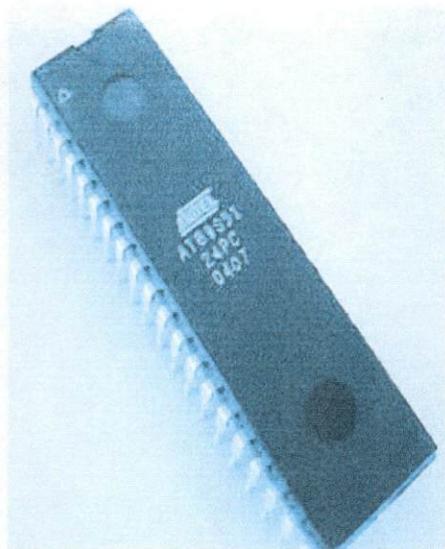
negatif sehingga tegangan kesalahan berharga negatif bila ini terjadi keluarannya dapat berubah ke keadaan negatif (Malvino, 1985).

2.2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu terobosan teknologi mikroprosesor dengan teknologi baru dari semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang cukup kecil (Agfianto Eko Putra, 2003).

Di pasaran banyak jenis mikrokontroler diantaranya PIC, Fujitsu, Motorola, Atmel, dan lain-lain. Untuk perkembangan saat ini khususnya keluaran Atmel dibandingkan dengan pendahulunya AT89C seri AT89S mempunyai keunggulan diantaranya memiliki fasilitas pemograman yang lebih mudah digunakan, yaitu *ISP (In-System Programmable Flash)*, dapat diprogram selagi IC ada pada rangkaian dengan sebuah PC tanpa harus melepasnya (Sudjadi, 2005).

Bentuk fisik dari mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.12 Bentuk fisik mikrokontroler

Beberapa fitur yang pada mikrokontroler AT89S51 terdiri dari :

1. *Central Processing Unit (CPU)* 8bit keluaran dan memori.
2. Empat buah programmable input/output (I/O) masing-masing terdiri dari 8 buah jalur I/O yang dikemas dalam bentuk *single chip*
3. RAM internal 128 byte dan mempunyai kecepatan pelaksanaan intstruksi persiklus 1 mikro detik pada frekuensi clock 24 MHz.
4. Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
5. Dua buah timer/counter 16 bit.
6. Enam buah jalur interupsi serta melaksanakan operasi perkalian, pembagian dan operasi Boolean (bit) sehingga pembuatan alat menggunakan AT89S51 menjadi sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung yang banyak dan merupakan keistimewaan dari segi perangkat keras.
7. Hemat catu dan *power down mode* karena dapat beroperasi pada tegangan 4 Volt hingga 5,5 Volt.
8. Terdiri dari 4 Kbyte PEROM (*Programable and Erasable Read Only Memory*) yang merupakan fitur di dalam *chip* yang dapat diisi ulang atau dihapus berkali-kali.

Bagian-bagian dari mikrokontroler adalah sebagai berikut :

1. *Central Processing Unit (CPU)*

CPU terdiri atas dua bagian, yaitu unit pengendali (*control unit*) serta unit aritmatika dan logika (ALU). Fungsi utama unit pengendali adalah mengambil, mengkodekan dan melaksanakan urutan instruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori. Unit pengendali menghasilkan

dan mengatur sinyal pengendali yang diperlukan untuk menyamakan operasi, aliran dan instruksi program.

2. Bus

a. Bus Alamat

Bus alamat berfungsi sebagai sejumlah lintasan saluran pengalamatan antara alat dengan sebuah mikrokontroler. Pengalamatan ini harus ditentukan terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya kesalahan pengiriman sebuah instruksi dan terjadinya bentrok antara dua buah alat yang bekerja secara bersamaan.

b. Bus Data

Bus data merupakan sejumlah lintasan saluran keluar masuknya data dalam suatu mikrokontroler. Pada umumnya saluran data yang masuk sama dengan saluran data yang keluar.

c. Bus kontrol

Bus kontrol atau bus pengendali berfungsi untuk menyamakan operasi mikrokontroler dengan operasi rangkaian luar.

3. Memori

Pada mikrokontroler terdapat memori yang berfungsi untuk menyimpan data atau program. Ada beberapa 2 jenis memori, yaitu *RAM* dan *ROM*.

a. RAM (*Random Acces Memory*)

RAM merupakan memori yang dapat dibaca dan ditulis. RAM biasanya digunakan untuk menyimpan data atau sering disebut dengan memori data saat program bekerja. Data yang ada pada RAM akan

hilang bila catu daya dari RAM dimatikan sehingga RAM hanya dapat digunakan untuk menyimpan data sementara.

b. ROM (*Read Only Memory*)

ROM merupakan memori yang hanya dapat dibaca. Data yang disimpan di ROM tidak akan hilang meskipun catu daya dimatikan. Dari sifatnya itu maka ROM sering dipakai untuk menyimpan program. Ada beberapa jenis ROM diantaranya ROM, PROM, EPROM, dan EEPROM. ROM merupakan memori yang sudah diprogram oleh pabrik. PROM dapat diprogram oleh pemakai tetapi hanya dapat ditulis sekali saja.

4. *Port* masukan / keluaran (I/O)

Port masukan / keluaran merupakan fasilitas keluar masuk data dari dan menuju aktuator atau sistem komputer. Contoh peralatan masukan / keluaran yang biasa digunakan antara lain *keyboard*, saklar, sensor, monitor, *LCD*, *LED*, *seven segment*, dan sebagainya.

5. *Clock* atau pewaktuan

6. *Clock* berfungsi memberikan referensi waktu dan sinkronisasi antar elemen suatu sistem yang menggunakan mikrokontroler.

7. *Timer/counter*

Pada mikrokontroler terdapat fitur yang disebut sebagai *timer* atau *counter*. Fitur ini merupakan seperangkat pencacah biner yang hasilnya akan disimpan dalam register tertentu dalam mikrokontroler. Penggunaan fitur ini sangat berguna sekali dalam pewaktuan dan pencacahan.

Timer atau *counter* pada mikrokontroler memiliki kemampuan pencacahan sebesar 16 bit. Perbedaan fungsi dari *timer* atau *counter* tergantung dari sumber sinyal yang memicu keduanya. Apabila sumber sinyal berasal dari *clock internal* maka *timer/counter* berfungsi sebagai *timer*, sedangkan jika sumber sinyal berasal dari luar maka *timer/counter* berfungsi sebagai *counter*. Besaran waktu pada fungsi *timer* tergantung pada osilator internal yang digunakan, sedangkan jika dimanfaatkan untuk *counter* tergantung dari sinyal luar yang dimasukkan (Sudjadi, 2005).

Pada mikrokontroler AT89S51 terdapat tiga jenis *timer*. Register yang berhubungan dengan *timer* atau *counter* seluruhnya berada di SFR (*Special Function Register*) yaitu :

✓ *Timer 0 dan Timer 1 :*

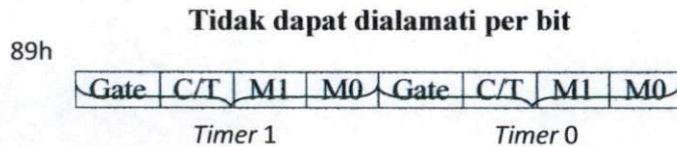
- a. TCON (*Timer Control*) alamat 0x88
- b. TMOD (*Timer Mode*) alamat 0x89
- c. THx dan TLx

✓ *Timer 2*

- a. T2CON (*Timer 2 Control*) alamat 0xc8
- b. T2MOD (*Timer 2 Mode*) alamat 0xc9
- c. RCAP2L (*Register Capture Low*) alamat 0xca
- d. RCAP2H (*Register Capture High*) alamat 0xcb
- e. TL2, TH2 (*Register Timer / Counter 2*) alamat 0xcc, 0xcd

Untuk mengatur timer pada mikrokontroler berfungsi sebagai timer atau counter maka diperlukan pengaturan bit yang ada di dalam register TMOD yang

diatur secara *software* dan tidak bisa dialamati per bit. Berikut ini skema pengalamatan register TMOD yang berjumlah 8 bit :



Keterangan :

- ✓ Gate : menentukan untuk mengaktifkan *Timer* atau *Counter*. Jika G = 1, maka *timer/counter* akan berjalan bila TRx = 1 dan INT0/1 (P3.2 dan P3.3) = 1, sedangkan bila G = 0 maka *timer/counter* akan berjalan jika TRx = 1.
- ✓ C/T menentukan *timer/counter* sebagai *counter* atau *timer*. Apabila register ini diset 1 maka akan berfungsi sebagai *counter* sedangkan jika diset 0 maka akan berfungsi sebagai *timer*.
- ✓ M1 dan M0 untuk memilih mode *timer*.

Register THx dan TLx (x adalah nomor *timer* – 0, 1 atau 2) merupakan register yang menunjukkan nilai dari timer dimana 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

TL1 : Timer 1 *Low Byte* terletak pada alamat 8Dh

Konfigurasi pin AT89S51 :

P1.0	1	40	VCC
P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	E ^A /VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 2.13 Pin Mikrokontroler AT89S51

Berikut ini adalah fungsi dari tiap-tiap pin (kaki) yang ada pada mikrokontroler AT89S51:

- Port 0 merupakan port paralel 8 bit dua arah. Posisi *Low Signifikan Bit* (LSB) terletak pada pin 39 dan *Most Signifikan Bit* (MSB) terletak pada pin 32.
- Port 1 merupakan port paralel 8 bit dua arah. Posisi LSB terletak pada pin 1 dan MSB terletak pada pin 8.
- Port 2 merupakan port paralel 8 bit dua arah. Port ini mengirim *byte* alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal. LSB terletak pada pin 21 dan MSB terletak pada pin 28.
- Port 3 merupakan port paralel 8 bit dua arah. LSB terletak pada pin 10 dan MSB terletak pada pin 17. Port ini mempunyai beberapa fungsi khusus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.1 Fitur khusus Port 3

Port Pin	Fungsi Pengganti
P3.0	RXD (port serial input)
P3.1	TXD (port serial output)
P3.2	INT0 (interupsi eksternal 0)
P3.3	INT1 (interupsi eksternal 1)
P3.4	T0 (input eksternal timer 0)
P3.5	T1 (input eksternal timer 1)
P3.6	WR (write strobe memori data eksternal)
P3.7	WR (read strobe memori program eksternal)

- RST (*reset*) pada kondisi *high* akan aktif selama dua siklus.
- XTAL1 sebagai masukan dari rangkaian osilator.
- XTAL2 sebagai keluaran dari rangkaian osilator.
- GND digunakan sebagai *ground*.
- EA/ VPP

Jika EA/Vpp pada kondisi *low* maka mikrokontroler menjalankan instruksi-instruksi yang ada pada memori internal.. EA terdapat pada pin 31.

- ALE/ PROG digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.
- PSEN (*Program Store Enable*) merupakan sinyal kontrol yang mengizinkan untuk mengakses program (*code*) memori eksternal. Sinyal PSEN akan “0” (*LOW*) pada tahap *fetch* (penjemputan) instruksi. PSEN akan selalu bernilai “1” (*HIGH*) pada pembacaan program memori internal. PSEN terdapat pada pin 29.
- VCC digunakan sebagai catu daya.

2.2.6 Bahasa pemrograman C

Bahasa C merupakan bahasa pemrograman yang dapat digolongkan ke bahasa tingkat tinggi (*high level language*). Program yang ditulis dengan menggunakan bahasa C biasanya disimpan dengan *extension C* ataupun *Editor DOS*. Program tersebut kemudian akan di-*compile* dengan menggunakan SDCC, yaitu *compiler* bahasa C untuk berbagai mikrokontroler termasuk MCS-51. Program tersebut memberitahukan jenis mikrokontroler apa yang akan dikerjakan. Struktur pemrograman dalam bahasa C diperlihatkan pada Gambar 2.15

```
#include <header>
void main (void)
{
    Deklarasi variable;
    Deklarasi konstanta;
    pernyataan;
}
End
```

Gambar 2.14 Format penulisan program dalam bahasa C

Komentar dapat diberikan dengan menggunakan tanda // atau /* */ , dengan catatan tanda // hanya dapat digunakan untuk komentar 1 baris. Program C minimal harus memiliki satu fungsi yaitu fungsi main. Void di depan main menandakan bahwa fungsi main tidak memiliki nilai balik.

Bentuk umum yang terdapat pada penulisan pemograman bahasa C :

- a. # **include** merupakan salah satu pengarah praprosesor. Pengarah praprosesor ini dipakai untuk membaca file yang diantaranya berisi deklarasi fungsi dan defenisi konstanta. # **include <nama file>**

mengisyaratkan bahwa pencarian file dilakukan pada direktori khusus (direktori file include) sedangkan bentuk (# include "nama file") menyatakan bahwa pencarian file dilakukan pertama kali pada direktori aktif tempat program sumber dan seandainya tak ditemukan pencarian akan dilanjutkan pada direktori lainnya yang sesuai dengan perintah pada operasi (yaitu path). File-file ini mempunyai ciri yaitu namanya diakhiri dengan ekstension *.h.

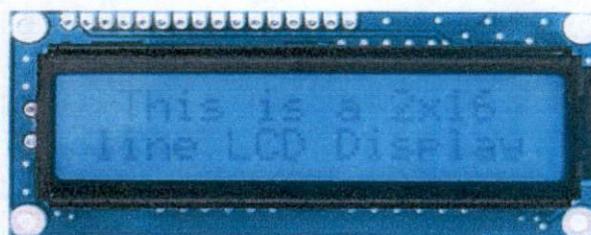
- b. Program C minimal harus memiliki satu fungsi, yaitu fungsi main(). Void di depan main menandakan bahwa fungsi main() tidak mempunyai nilai balik return (return value). Void di dalam kurung setelah kata main menandakan bahwa fungsi main() tidak memiliki argumen, kata kunci void dapat dihilangkan, tetapi jika fungsi main() tidak mempunyai nilai balik maka kata void tidak boleh dihilangkan. Untuk fungsi main yang tidak memiliki nilai balik dan argumen. Main adalah nama fungsi utama yang harus ada pada program, sebab fungsi inilah yang menjadi titik awal dan titik akhir eksekusi program.
- c. Sedangkan baris yang dimulai tanda {" merupakan awal tubuh fungsi sekaligus awal eksekusi program dan diakhiri tanda "}" merupakan akhir tubuh fungsi sekaligus adalah akhir eksekusi program. Diantara { dan } merupakan pernyataan.

2.2.7 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan alat penampil (*display*) yang terbuat dari bahan kristal cair. Penulisan karakter pada LCD harus mengikuti karakter yang sudah disimpan dalam memori mikrokontroler bawaannya.

LCD ini dapat menampilkan sebanyak 32 karakter dengan jumlah baris dua dan kolom 16.

Bentuk fisik dari modul LCD 2 x 16 karakter ini dapat dilihat dari gambar berikut :



Gambar 2.15 Bentuk fisik modul LCD 2x16

Modul LCD 2x16 ini memiliki pin dengan fungsinya pada tabel 2.3

Tabel 2.2 Konfigurasi pin pada modul LCD 2x16

Pin	Nama	Fungsi
1	Vss	<i>Ground</i>
2	Vcc	+5V
3	VEE	Tegangan <i>contrast</i>
4	RS	Pemilih register 0 = register perintah 1 = register data
5	R/W	<i>Read/Write</i> , untuk memilih mode write atau read 0 = data yang ada di bus dilatch ke LCD 1 = data yang ada di bus diabaikan
6	E	LSB
7	DB0	-
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	Lampu latar
16	GND	<i>Ground</i>

Data akan masuk ke LCD dengan memberi transisi dari *high* ke *low* pada pin EN dan menunggu selama waktu minimum yang dibutuhkan LCD untuk menulis data.

Tabel 2.3 Perintah-perintah yang dapat diberikan ke LCD

Command	Binary								Hex
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
<i>Clear display</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	01
<i>Display & Cursor</i>	0	0	0	0	0	0	1	x	02/03
<i>Character Entry</i>	0	0	0	0	0	1	I/D	S	04-07
<i>Display On/Off &</i>	0	0	0	0	1	D	U	B	08-0F
<i>Display/Cursor</i>	0	0	0	1	D/C	R/L	x	x	10-1F
<i>Function Set</i>	0	0	1	8/4	2/1	10/7	x	x	20-3F
<i>Set CGRAM</i>	0	1	A	A	A	A	A	A	40-7F
<i>Set Display Address</i>	1	A	A	A	A	A	A	A	80-FF
<i>UD</i> : 1 = increment, 0 = decrement						R/L : 1 = right shift, 0 = left shift			
<i>S</i> : 1 = display shift on, 0 = off						8/4 : 1 = 8-bit interface, 0 = 4-bit interface			
<i>D</i> : 1 = display on, 0 = off						2/1 : 1 = 2 line mode, 0 = 1 line mode			
<i>U</i> : 1 = cursor underline on, 0 = off						10/7 : 1 = 5x10 dot format, 0 = 5x7 dot format			
<i>B</i> : 1 = cursor blink on, 0 = off									
<i>D/C</i> : 1 = display shift, 0 = cursor move						x = don't care			

Perintah-perintah digunakan :

1. Function set

Dilakukan untuk menentukan panjang data, jumlah baris yang akan digunakan dan jenis *font* yang akan dipakai.

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	8/4	2/1	10/7	X	X

X = tidak dipedulikan

8/4 : 1 = data 8 bit

0 = data 4 bit

2/1 : 1 = 2 line mode

0 = 1 line mode

10/7 : 1 = 5x10 dot format

0 = 5x7 dot format

2. *Entry mode set*

Mengatur cara pemasukan data, dan penggeserannya

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I/D: *Increment/Decrement* alamat DDRAM sebesar 1 jika karakter ditulis

atau dibaca dari DDRAM

0 = *Decrement*

1 = *Increment*

S : menggeser *display* ke kiri atau ke kanan

S = 1, geser ke kanan atau kiri tergantung pada nilai I/D

S = 0, *display* tidak digeser

3. *Display on/off dan pengaturan kursor*

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

D = 1, *display on*

D = 0, *display off*

C = 1, kursor ditampilkan

C = 0, kursor tidak ditampilkan

B = 1, kursor berkedip

B = 0, kursor tidak berkedip

4. Membersihkan tampilan

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

5. *Cursor of Display shift*

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	0	S/C	R/L	X	X

X = tidak dipedulikan

S/C	R/L	Keterangan
0	0	Geser posisi kursor ke kiri
0	1	Geser posisi kursor ke kanan
1	0	Geser posisi tampilan ke kiri
1	1	Geser posisi tampilan ke kanan

6. Pengaturan posisi kursor

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	A	A	A	A	A	A	A

Dengan A menyatakan alamat memori posisi pada LCD

Peta memory pada *LCD 2X16* karakter adalah sebagai berikut :

Display	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Baris 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	10
Baris 2	4	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50

Jadi jika ingin menulis pada baris 1 kolom 0 maka nilai A menjadi 0 dan perintahnya menjadi 0x80, sedangkan untuk baris 2 kolom 0 perintah menjadi 0xC0 atau dapat dinyatakan dengan,

$$\text{Posisi} = 0x80 + \text{alamat posisi}$$

Fungsi-fungsi penting yang akan digunakan dalam pengaksesan LCD adalah :

1. Fungsi *winst*

adalah fungsi yang digunakan untuk menulis perintah ke LCD

Fungsi tersebut adalah sebagai berikut :

```
void winst (unsigned char dt)
{
    P2_5 = 0; //RS logika low (data sebagai perintah)
    P1 = dt; //kirimkan data melalui P1
    P2_7 = 1; //set EN high (data dimasukkan ke LCD)
    delay(100); //beri tundaan
    P2_7 = 0; //set EN low
    delay(10); //beri tundaan
}
```

Gambar 2.16 Fungsi *winst*

Cara menggunakan fungsi *winst* adalah dengan menggunakan kode berikut

winst(perintah);

2. Fungsi *wdata*

adalah fungsi untuk memasukkan data karakter (huruf/angka) ke LCD dalam format standar karakter LCD.

Fungsi *wdata* adalah sebagai berikut :

```
void wdata (unsigned char dt)
{
    P2_5 = 1; //RS logika high
    P1 = dt; //kirimkan data
    P2_7 = 1; //aktifkan EN
    delay (100) //beri tundaan
    P2_7 = 0; //atur EN low
    delay(10); //beri tundaan
}
```

Gambar 2.17 Fungsi *wdata*

Sebelum menampilkan karakter pada LCD, maka perlu terlebih dahulu melakukan inisialisasi, meliputi penentuan panjang data, jenis *font*, pengaturan *increment* atau *decrement*, pengaturan *display* dan kursor serta membersihkan layar.

Char. code	0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1	0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1	0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1	0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1
xxxxx0000	0 0 P P - T E xP	1 A Q a q - A T G S Q	" Z B R b r " I U X B B	# 3 C S c s u U T E S ..
xxxxx0001	! 1 A Q a q - A T G S Q	" Z B R b r " I U X B B	# 3 C S c s u U T E S ..	\$ 4 D T d t . E T T B R
xxxxx0010	" Z B R b r " I U X B B	# 3 C S c s u U T E S ..	\$ 4 D T d t . E T T B R	% 5 E U e u . O N U G U
xxxxx0011	# 3 C S c s u U T E S ..	\$ 4 D T d t . E T T B R	% 5 E U e u . O N U G U	& 6 F U f u ラカニヨロズ
xxxxx0100	\$ 4 D T d t . E T T B R	% 5 E U e u . O N U G U	& 6 F U f u ラカニヨロズ	' 7 G W 9 w A キヌラロ元
xxxxx0101	% 5 E U e u . O N U G U	& 6 F U f u ラカニヨロズ	' 7 G W 9 w A キヌラロ元	(8 H X h x i w ネリソス
xxxxx0110	& 6 F U f u ラカニヨロズ	' 7 G W 9 w A キヌラロ元	(8 H X h x i w ネリソス	) 9 I Y i y u ケノルーピ
xxxxx0111	' 7 G W 9 w A キヌラロ元	(8 H X h x i w ネリソス	) 9 I Y i y u ケノルーピ	* J Z J z エコハレナ
xxxxx1000	(8 H X h x i w ネリソス	) 9 I Y i y u ケノルーピ	* J Z J z エコハレナ	+ K E k イオサヒロス
xxxxx1001	) 9 I Y i y u ケノルーピ	* J Z J z エコハレナ	+ K E k イオサヒロス	, < L Y I I シフワス
xxxxx1010	* J Z J z エコハレナ	+ K E k イオサヒロス	, < L Y I I シフワス	- M J m ユスヘンモ-
xxxxx1011	+ K E k イオサヒロス	, < L Y I I シフワス	- M J m ユスヘンモ-	- N n ヨセホス
xxxxx1100	, < L Y I I シフワス	- M J m ユスヘンモ-	- N n ヨセホス	/ ? 0 o ヨシマツ
xxxxx1101	- M J m ユスヘンモ-	- N n ヨセホス	/ ? 0 o ヨシマツ	
xxxxx1110	- N n ヨセホス	/ ? 0 o ヨシマツ		
xxxxx1111	/ ? 0 o ヨシマツ			

Tabel 2.4 Karakter LCD

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah metode rancang-bangun alat. Metode ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), perakitan komponen, dan pengujian alat.

3.1 Alat, Bahan Komponen yang digunakan

1. Solder

Digunakan untuk melarutkan timah dan pencabut timah

2. Pencabut timah

untuk mengeluarkan/mencabut timah jika terjadi kesalahan.

3. FeCl_3 (pelarut PCB) dan PCB

FeCl_3 untuk melarutkan papan PCB.

4. Timah, kawat konduktor dan gunting kuku.

Bahan konduktor penghubung antar komponen untuk rangkaian permanen dan memotong bagian kaki komponen yang tidak diperlukan.

5. Papan rangkaian (*Breadboard*) dan *Crocodile clip*

Sebagai tempat untuk merangkai rangkaian dan kabel penghubung antar komponen dan.

6. PC (*Personal Computer*)

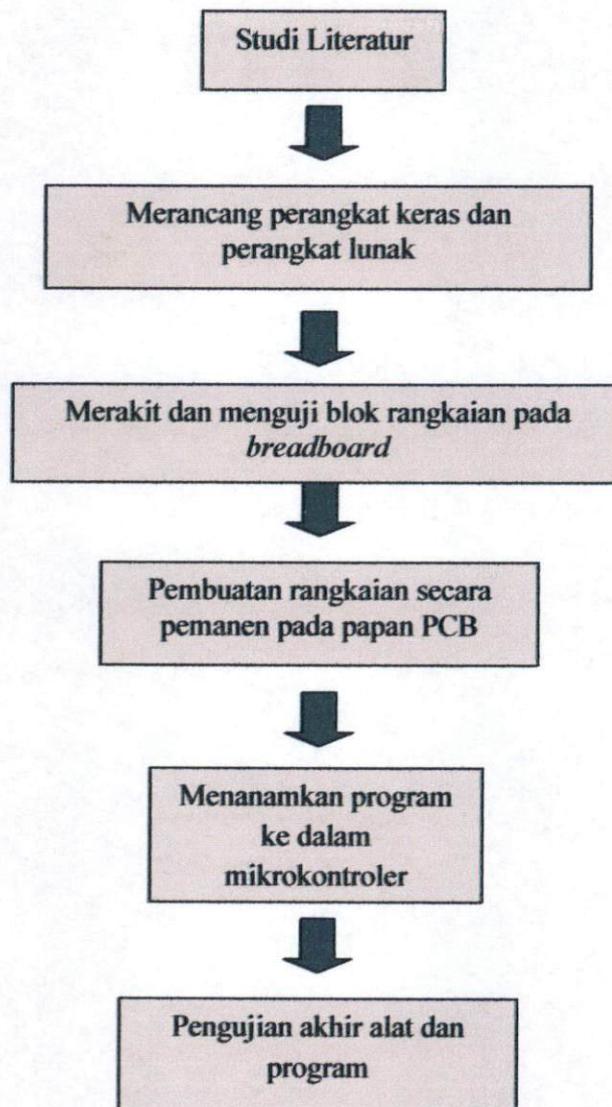
Digunakan untuk mengetik dan menjalankan program yang akan dipindahkan ke mikrokontroler AT89S51, melalui *downloader* ASM-51.

7. Multimeter analog dan digital

Untuk mengukur besaran listrik baik untuk tegangan, arus dan resistor.

3.2 Tata Laksana Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan tahapan kerja seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir tata laksana penelitian

Rancang Bangun Perangkat Keras (*hardware*)

Rancang bangun alat ukur volume air PDAM yang akan dibuat dengan menggunakan sistem *hardware* terdiri dari:

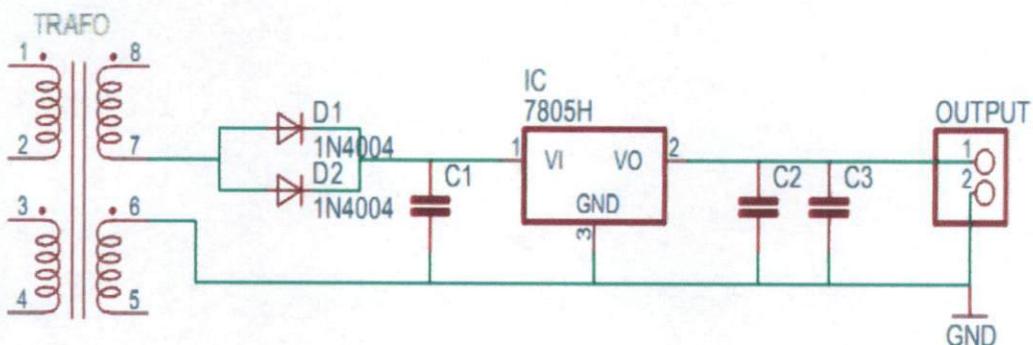
- Perancangan catudaya 5V dan 12 V.
- Perancangan sistem sensor
- Perancangan rangkain minimum untuk mikrokontroler
- Perancangan rangkaian minimum untuk LCD.

3.3.1 Rangkaian catudaya 5 V

Catu daya berfungsi sebagai sumber arus dc untuk menjalankan rangkaian sensor, pemroses pada mikrokontroler dan penampil (LCD) yang masing-masing memerlukan tegangan 5 V. Dalam pembuatan catudaya, komponen yang digunakan di antaranya :

- Transformator *stepdown* 220 V, 1 A : 1 buah
- Dioda tipe 1N4001, 1 A : 2 buah
- Kapasitor 470 μ F dan 1000 μ F, 25 V : 3 buahP
- IC regulator LM 7805 : 1 buah

Diagram rangkaian skematik catu daya 5 seperti pada gambar 3.2



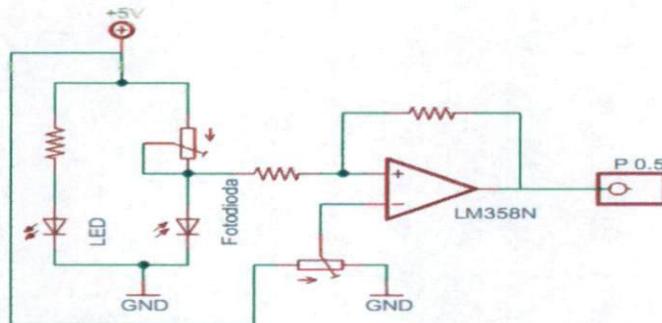
Gambar 3.2 Rangkaian catu daya 5 V dan 12 V

3.3.2 Rangkaian sistem sensor

Sistem sensor berfungsi pendekksi besaran fisis berupa frekuensi yang dideteksi dari putaran kincir untuk mendapatkan akhir berupa nilai volume dan biaya. Dalam pembuatan sistem sensor , komponen yang digunakan di antaranya :

1. LED inframerah : 2 buah
2. Fotodioda : 2 buah
3. Resistor 220 kΩ : 4 buah
4. Resistor 10 kΩ : 2 buah
5. Potensiometer (Resistor variabel) : 2 buah
6. *Whitehousing* 2 pin : 2 buah

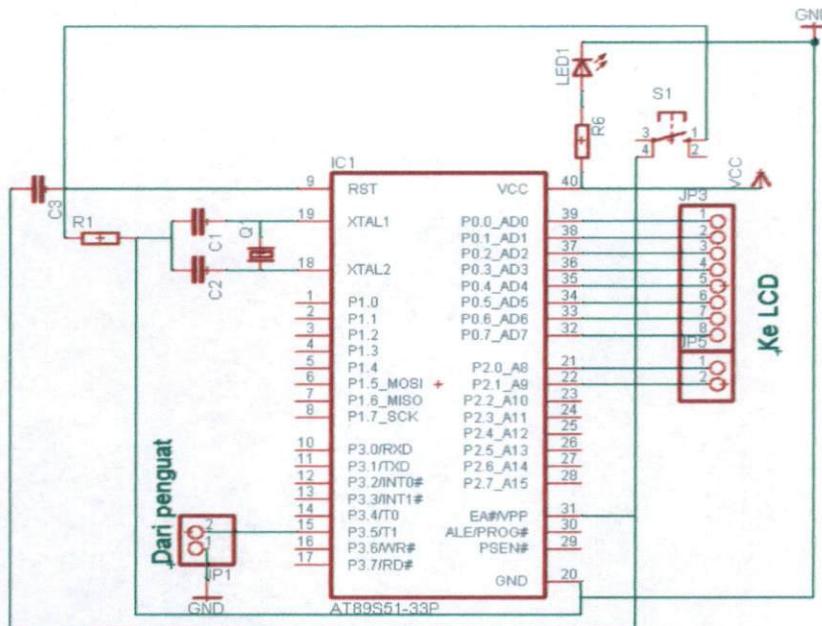
Diagram rangkaian skematik sistem sensor seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Rangkaian sistem sensor

3.3.3 Rangkaian mikrokontroler AT89S51

Rangkaian sistem minimum AT89S51 ini digunakan sebagai pengontrol. Pada penelitian ini mikrokontroler digunakan sebagai pengontrol masukan dan keluaran. Masukan dihubungkan dengan sensor jarak sedangkan keluaran dihubungkan dengan LED. Gambar sistem minimum AT89S51 dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Rangkaian minimum mikrokontroler AT89S51

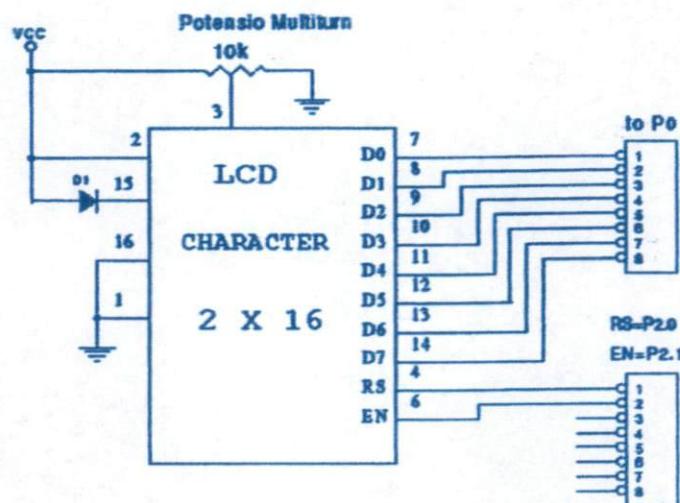
Rangkaian sistem minimum ini terdiri atas osilator kristal *quartz* 12 MHz yang berfungsi untuk membangkit pulsa internal dan dua buah kapasitor 33 pF berfungsi untuk menstabilkan frekuensi. Kapasitor 10 μ F dan resistor 10 k Ω berfungsi sebagai reset sebelum program dijalankan.

Komponen yang digunakan :

1. IC & soket mikrokontroler *AT89S51* : 1 buah
2. Kristal *quartz* 12 MHz : 1 buah
3. Kapasitor 33 pF : 2 buah
4. Kapasitor 10 μ F, 16 V : 1 buah
5. Resistor 10 k Ω , 1 k Ω : 1 buah
6. Tombol Reset : 1 buah
7. *Pin head 4 pin* : 2 buah
8. *Pin head 2 pin* : 2 buah

3.3.4 Rangkaian penampil LCD 2 x 16 karakter

Rangkaian LCD berguna untuk menampilkan hasil pengukuran kecepatan laju aliran air yang didapat dari sensor fotodiode. *Backlight* pada LCD memerlukan tegangan 4,3 V sehingga untuk menurunkan tegangan yang sebesar 5,1 V dari catu daya maka perlu ditambahkan dioda 1N4002 sebelum tegangan dihubungkan ke pin 15 LCD. Data input 8-bit bekerja paralel yang didapatkan dari port 0 sedangkan untuk kontrol dihubungkan dengan P2.0 dan P2.1 AT89S51.



Gambar 3.5 Rangkaian LCD 2 x 16 karakter

Semua proses dilakukan dengan pengontrolan dan format data yang diatur oleh *programer* pada mikrokontroler. Komponen yang digunakan :

1. Modul LCD 2 x16 karakter : 1 buah
2. Potensiometer (Resistor variabel) : 1 buah
3. Dioda 1N4001 : 1 buah
4. Amfenol 16 pin : 1 buah
5. Pinheader 16 pin : 1 buah

3.3.5 Pengujian Blok Rangkaian pada *Breadboard*

Pengujian blok rangkaian pada *breadboard* dilakukan untuk memastikan bekerja-tidaknya blok rangkaian yang dirancang tersebut. Pengujian dengan *breadboard* memungkinkan rangkaian diubah (diganti, ditambah, dikurangi, ataupun divariasikan) dengan mudah tanpa menggunakan solder, sehingga resiko kerusakan komponen akibat panas (ketika menggunakan solder) dapat dihindari.

3.3.6 Perancangan dan Pembuatan PCB

PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan papan rangkaian dengan jalur-jalur konduktor dari bahan tembaga yang tercetak pada papan tersebut. Secara sederhana, perancangan dan pembuatannya dapat dilakukan sebagai berikut:

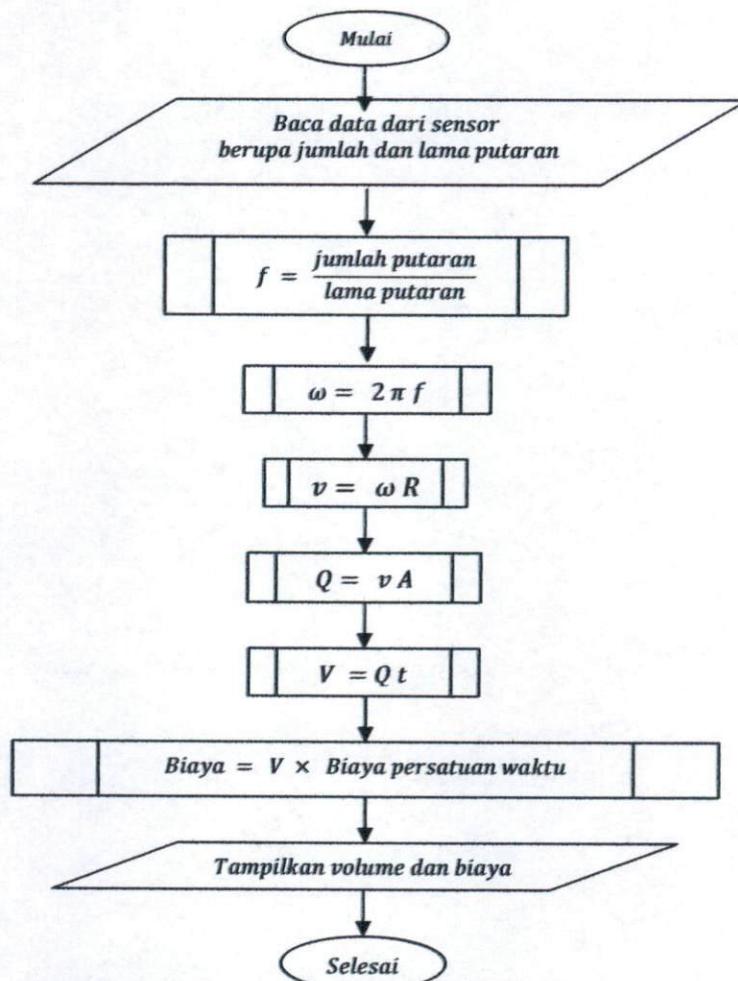
1. Gambar tata letak (*layout*) komponen rangkaian serta jalur-jalur penghubungnya dirancang dengan menggunakan program Eagle(*Easily Applicable Graphical Layout Editor*), dicetak(*printed*) dan kemudian *difotocopy* ke plastik transparan.
2. Bagian atas plastik (bagian yang licin) dilapisi dengan beberapa helai kertas, lalu disetrika sampai tinta fotokopi yang terdapat pada plastik benar-benar menempel/ melekat pada permukaan lapisan tembaga PCB.
3. Tunggu beberapa saat sampai PCB yang masih berlapis kertas dan plastik dingin seperti semula, lepaskan dan periksa: jika ada jalur yang putus, maka jalur tersebut disambung dengan menggunakan spidol khusus PCB.
4. Celupkan PCB ke dalam bekana plastik berisi larutan feriklorida (FeCl_3) yang telah dicampur dengan air hangat secukupnya, endapkan beberapa menit dan bersihkan.

5. Selanjutnya pemeriksaan terhadap jalur-jalur konduktor (*layout*) dengan menggunakan *buzzer* multimeter: jika masih ada jalur yang terputus, maka jalur itu disambungkan dengan timah.
6. PCB dilubangi dan kemudian dilakukan perakitan sesuai tempat-tempat tertentu (kaki-kaki komponen), sesuai gambar rangkaian (*layout*).

3.4 Rancang Bangun Perangkat Lunak (*Software*)

3.4.1 Diagram Alir

Diagram alir program untuk sistem alat ukur ini pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Diagram alir proses pengukuran volume air

Sebuah alat ukur instrumentasi agar dapat beroperasi pada suatu sistem pengukuran elektronik berbasis mikrokontroler diperlukan suatu urutan instruksi yang disebut program serta untuk memudahkan penyusunan program tersebut maka diperlukan perancangan diagram alir program. Berdasarkan diagram alir tersebut, kemudian disusun instruksi-instruksi secara berurutan, sistematis dan logis sehingga dapat “dimengerti” dan dilaksanakan oleh mikrokontroler.

3.4.2 Pemograman perangkat lunak

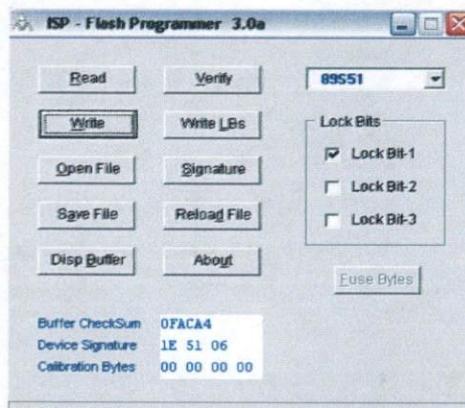
Dalam sistem pengukuran volume air ini terlebih dahulu menginisialisasi mikrokontroler agar bekerja sebagai *timer* yaitu pewaktuan dan *counter* sebagai pencacah. Proses inisialisasi ini terletak pada register TMOD *timer* 0/1. Inisialisasi *timer* sebagai pewaktu artinya denyutan atau *clock* berasal dari dalam mikrokontroler sendiri yang besarnya tergantung dari frekuensi kristal yang digunakan dibagi 12 sedangkan inisialisasi sebagai *counter*, *clock* berasal dari eksternal mikrokontroler. Dalam penelitian ini karena *timer* yang digunakan sebagai *counter* adalah *timer* 1 maka masukan berasal dari kaki P3.5 atau kaki T1. Register T1 diset nol dalam program artinya *clock* akan berubah pada mikrokontroler pada transisi turun. Untuk program lebih lengkapnya terlampir pada lampiran B.

3.4.3 Penanaman Program

Sebuah mikrokontroler tidak akan berguna atau tidak akan berfungsi jika tidak ada instruksi-instruksi untuk dijalankan. Sebelum mikrokontroler digunakan maka perlu ditanamkan atau dipasang instruksi-instruksi yang telah dibuat. Untuk

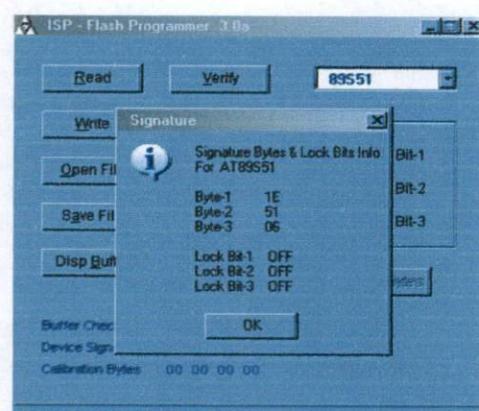
menanamkan program ini penulis menggunakan sebuah software yaitu ISP-Flash Programmer 3.0a. Berikut ini cara menanamkan program ke dalam mikrokontroler:

1. *Chip* mikrokontroler dipasang pada rangkaian *sistem* minimum yang telah dibuat. Kemudian dihubungkan rangkaian pada komputer dengan menggunakan kabel DB 25 atau port *printer* dan tegangan 5 V.



Gambar 3.7 Tampilan awal software AEC-ISP

2. Tentukan tipe mikrokontroler yang digunakan gunakan dengan memilih tipe mikrokontroler misalnya menggunakan mikrokontroler tipe AT89S51.
3. Klik tombol *signature* untuk menandai apakah rangkaian kita sudah terhubung atau belum dengan komputer.

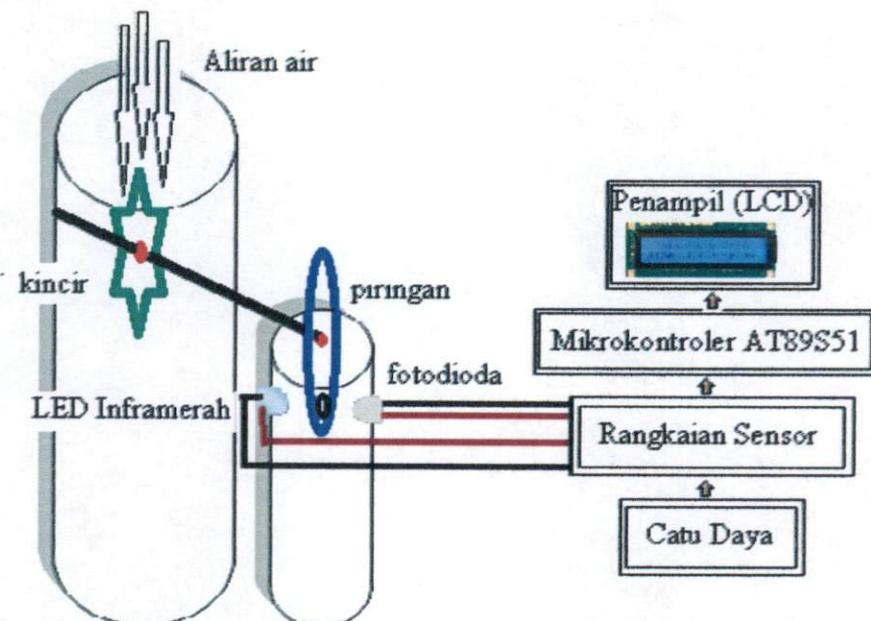


Gambar 3.8 Tanda mikrokontroler telah terhubung dengan PC

4. Setelah rangkaian terhubung dengan baik kemudian klik tombol *open file* untuk memilih program mana yang akan ditanamkan ke *chip* mikrokontroler. Secara *default software* akan menampilkan program dengan *file* berekstensi *.Hex, ini dikarenakan mikrokontroler hanya mengenal bilangan ini.
5. Kemudian tombol *write* kita klik untuk menuliskan program ke mikrokontroler hingga muncul kotak *verify ok*.

3.5 Cara Kerja Alat

Sistem pengukuran volume air dengan menggunakan sensor fotodioda ini menggunakan prinsip besar atau kecilnya intensitas cahaya yang diterima oleh fotodioda. Sebagai ilustrasinya sebagai berikut :



Gambar 3.9 Rancang bangun alat ukur volume air PDAM

LED inframerah memancarkan cahaya dengan intensitas cahaya yang konstan. Cahaya yang dipancarkan ini akan diterima oleh fotodiode yang berada tepat didepan. Saat piringan yang berlubang berada antara LED inframerah dan fotodiode maka intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode akan berkurang tapi masih bisa dideteksi oleh fotodiode dan belum diukur sebagai perubahan, artinya ketika tidak ada pengaruh luar yang lain maka cahaya ini akan bernilai konstan meskipun dengan intensitas yang kecil.

Perubahan kondisi tegangan yang diukur oleh mikrokontroler sebagai tegangan digital yaitu *high* atau *low*. Perubahan dari *low* ke *high* dihitung satu oleh mikrokontroler sedangkan untuk waktunya telah ada pada *timer* mikrokontroler yang dapat dikonfigurasi. Perubahan tegangan ini dihasilkan oleh cahaya yang dipancarkan oleh LED inframerah, kemudian dideteksi oleh sensor fotodiode saat piringan berputar akan menghasilkan frekuensi, dari frekuensi yang dihasilkan maka akan didapatkan nilai kecepatan sudut (angular). Dari kecepatan sudut jika dikalikan dengan jari-jari (piringan putar yang dilobangi) dihasilkan nilai debit merupakan volume persatuan waktu dikalikan dengan luas penampang pipa yang mengalir sebelum kincir.

Setelah mendapatkan data tersebut selanjutnya akan diproses pada rangkaian mikrokontroler AT89S51 dengan menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemograman dan diketahui volume penggunaan air dalam satu bulan serta jumlah biaya (sebagai nilai waktu untuk mengalikan dengan volume) yang akan ditampilkan pada LCD.

3.6 Pengujian Alat

Pengukuran alat ukur volume air PDAM ini dimulai dari sistem sensor. Pada sistem sensor akan mengonversi besaran fisis (dalam hal ini : frekuensi) menjadi besaran listrik (dalam hal ini: tegangan). Dalam penelitian ini digunakan LED Inframerah sebagai elemen sensor yang akan memancarkan cahaya dan fotodioda akan mengindera perubahan resistansi yang terjadi dari perputaran piringan yang berdiameter 4 cm. Pada tahap awal pengujian secara parsial (per blok rangkaian). Setelah itu, alat diuji secara keseluruhan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan volume acuan pada gelas ukur atau hasil dengan secara manual.

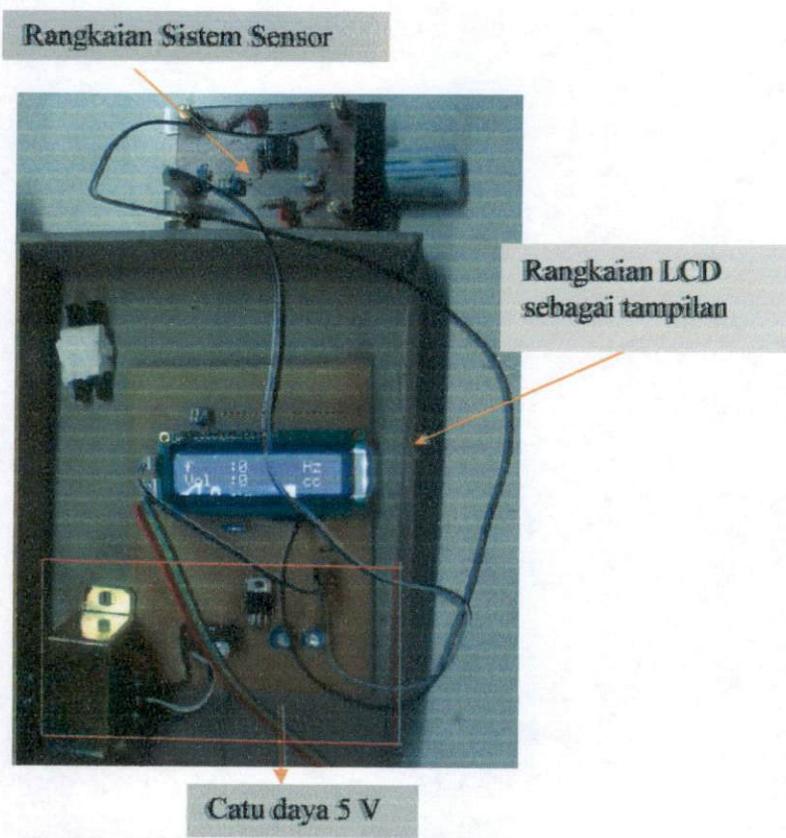
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

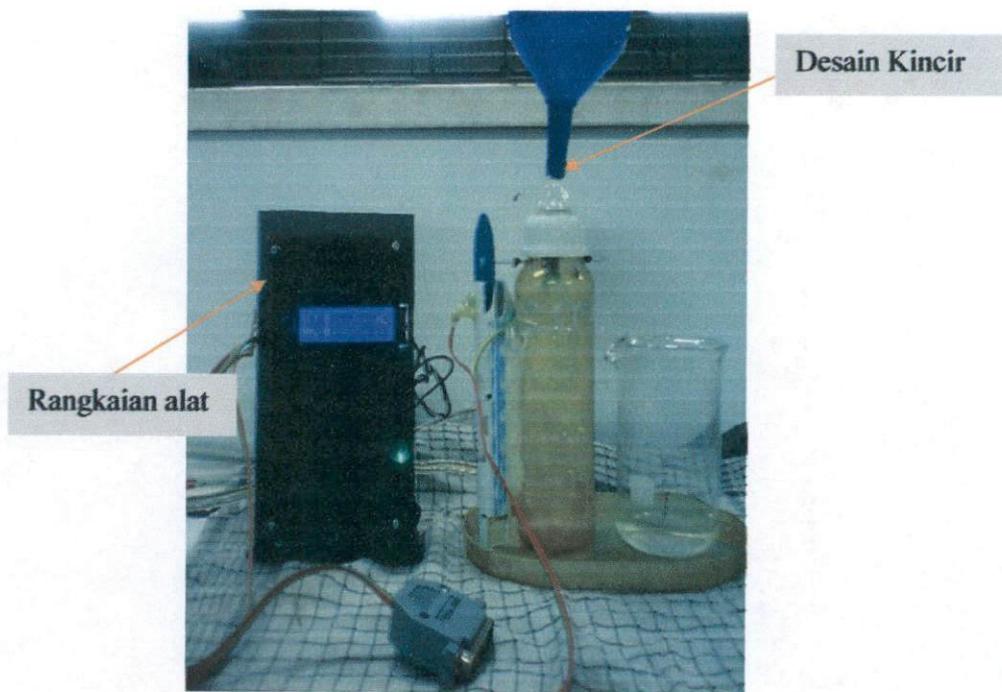
Pengujian pada alat ini terbagi menjadi dua bagian yaitu pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak.

4.1 Pengujian perangkat keras

Dalam pengujian perangkat keras ini ada beberapa tahap yang dilakukan dan dirancang agar dapat bekerja atau berfungsi dengan yang diharapkan. Pengujian yang dilakukan terhadap perangkat keras meliputi pengujian beberapa blok rangkaian perangkat keras yang telah dirancang dan juga pengujian terhadap gabungan dari beberapa blok rangkaian.



Gambar 4.1 Perangkat keras per blok rangkaian



Gambar 4.2 Alat ukur volume air berbasis mikrokontroler AT89S51

4.1.1 Pengujian Sistem Sensor (jarak 1 cm)

- Tegangan masukan V_{cc} : 4,99 V
- Tegangan ketika dihalangi : 1,99 V
- Tegangan ketika tidak dihalangi : 0,13 V

4.1.2 Pengujian Rangkaian Schmitt Trigger

- Tegangan masukan V_{cc} : 4,99 V
- Tegangan ketika dihalangi : 2,78 V
- Tegangan ketika tidak dihalangi : 0,01 V

4.1.3 Pengujian Sistem Minimum dan LCD

- Tegangan V_{cc} : 4,99 V
- Tegangan input ketika dihalangi : 2 V
- Tegangan input ketika tidak dihalangi : 0 V

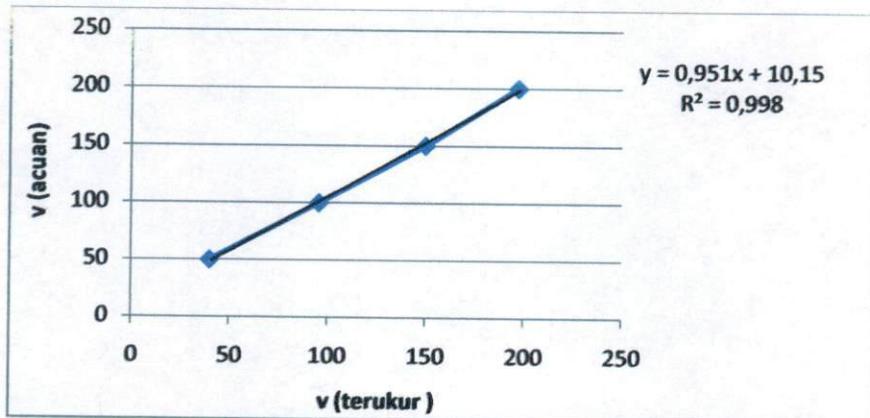
4.1.4 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian alat ukur secara keseluruhan dengan cara membandingkan volume yang sebenarnya dengan hasil pengukuran yang terbaca pada LCD. Dengan menggunakan 4 macam volume acuan yang digunakan sebagai perbandingan dengan nilai yang terukur, nilai-nilai yang digunakan yaitu 50 ml, 100 ml, 150 ml dan 200 ml. Pada masing-masing nilai volume ini dilakukan 50 kali perulangan. Data lengkap hasil pengujian dilampirkan pada lampiran A (Tabel 4.1).

Untuk perbandingan antara nilai volume acuan (nilai yang sebenarnya) dengan volume yang terukur ini seperti diperlihatkan pada Gambar 4.3

Tabel 4.2 Hasil nilai volume acuan dan terukur

v (acuan) ml	v (terukur rata-rata) ml
200	197,12
150	149,88
100	95,8
50	45,12



Gambar 4.3 Perbandingan volume acuan dengan volume terukur

Perbandingan nilai yang terlihat pada grafik antara nilai volume acuan dengan nilai yang terukur dengan cara memberi takaran nilai pada gelas ukur kemudian mengukurnya pada rancangan alat yang telat dilengkapi dengan sistem sensor fotodiode dan LED inframerah. Grafik di atas memperlihatkan fungsi hubungan antara volume acuan dengan volume terukur $y = 0,951x + 10,15$, dengan y adalah v (acuan) dan x adalah v (terukur) sehingga nilai $R^2 = 0,998$.

Untuk mengetahui kesalahan relatif dari sistem pengukuran ini digunakan persamaan :

$$\text{Kesalahan relatif (\%)} = \frac{v(\text{acuan}) - v(\text{terukur})}{v(\text{acuan})} \times 100\%$$

Tabel 4.3 Hasil pengujian secara keseluruhan

V (acuan) ml	V(terukur rata-rata) ml	Kesalahan Relatif (%)
200	197,12	0,0144
150	149,88	0,0008
100	95,8	0,042
50	40,16	0,196

4.2 Pembahasan

Rancang bangun sistem pengukuran volume air PDAM dengan menggunakan sensor fotodiode berbasis mikrokontroler AT89S51 ini bekerja berdasarkan besarnya intensitas cahaya yang dihalangi oleh penghalang (dalam penelitian ini dihalangi oleh piringan berdiameter 2,3 cm), karena pengaruh piringan maka transmisi cahaya yang dipancarkan oleh LED inframerah menjadi terhalang. Halangan ini mengakibatkan tegangan pada fotodioda akan naik namun

perubahan tegangan pada fotodioda ini sangat kecil sekali kira-kira sekitar 1,99 V dihalangi dan 0,13 V ketika tidak dihalangi.

Perubahan tegangan sekecil ini tidak dapat terbaca oleh mikrokontroler. Untuk mengatasi hal ini maka tegangan keluaran pada sensor perlu digunakan rangkaian pemicu tegangan. Dalam penelitian ini menggunakan rangkaian *schmitt trigger* karena rangkaian ini dibangun dengan menggunakan op-amp yang pada penguat yaitu LM 358 yang didalamnya sudah terdapat 2 buah opamp sehingga biaya relatif menjadi lebih ekonomis dan efisien. Tegangan yang keluar dari dari Rangkaian *schmitt trigger* sekitar 2,78V ketika dihalangi dan 0,01 V ketika tidak dihalangi. Sehingga besar tegangan ini telah dapat diproses pada mikrokontroler sekitar 2,78 V (*high*) ketika dihalangi dan 0,01 V ketika tidak dihalangi (*low*).

Tegangan yang masuk ke mikrokontroler ini akan dicacah oleh mikrokontroler melalui *timer 1* yang diset sebagai *counter* (pencacah) yang dipicu pada transisi turunnya atau mikrokontroler akan menghitung satu ketika level tegangan berubah dari satu menjadi nol.

4.2.1 Kesulitan-kesulitan Yang Dihadapi

Dalam melakukan penelitian ini menghadapi beberapa kesulitan :

1. Dalam mendapatkan perubahan tegangan keluaran sensor yang sangat kecil sekali dari hasil keluaran antara *high* dan *low*.
2. Dalam penggunaan bahasa pemograman dengan menggunakan bahasa C yang belum pernah sebelumnya dipelajari.

3. Dalam hal pengambilan data pada piringan yang digunakan harus dapat berputar sesuai dengan pergerakan aliran air. Terkadang kincir air dapat mengerakkan piringan jika aliran air tidak terlalu cepat maka sehingga piringan sulit bergerak.
4. Desain alat untuk mencacah nilai frekuensi masih perlu perbaikan kembali. Diharapkan desain alat ini dapat disesuaikan dengan kecepatan aliran air.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari rancang-bangun sistem pengukuran volume air dengan sensor fotodiode dan penampil LCD berbasis mikrokontroler AT89S51 yang telah dilakukan ini, dapat penulis simpulkan sebagai berikut :

1. Sistem sensor yang terdiri dari LED Inframerah dan fotodiode dapat melakukan cacahan frekuensi dari piringan yang diputar oleh kincir yang dialairi air secara vertikal.
2. *Prototype* pengukuran volume air PDAM telah dapat mengkonversi nilai frekuensi menjadi nilai volume dan harga.

5.2 Saran

Dari hasil yang didapatkan untuk pengembangan alat ini selanjutnya penulis menyarankan beberapa hal diantaranya :

1. Sistem pengukuran volume air ini selain bisa ditampilkan dengan menggunakan LCD juga bisa menggunakan monitor dengan menghubungkannya ke komputer atau langsung ke monitor dengan alat tambahan sehingga selain bisa ditampilkan dalam bentuk angka-angka juga bisa ditampilkan dalam bentuk grafik.
2. Sistem pencacah piringan yang berputar melalui putaran kincir melalui porosnya untuk penelitian selanjutnya agar dapat mendesain kembali sesuai dengan hasil yang diinginkan.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Colleta, V. P., 1995, *College Physics*. Mosby-year Book, Inc. St. Louis, USA.
- Fraden, J., 1996, *Modern Sensor*. AIP Pres, California.
- Malvino, A. P., 2004, *Prinsip-prinsip Elektronika*. Salemba Teknika, Jakarta.
- Resnick, H., 1985. *Fisika Edisi Ketiga Jilid I*. Erlangga, Jakarta.
- Rohman, F., 2009. *Prototype Alat Pengukur Kecepatan Aliran Air Dan Debit Air (Flowmeter) Dengan Tampilan Digital*. Universitas Gunadarma, Depok.
- Putra, A. E., 2003. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi edisi 2*. Gava Media, Yogyakarta.
- Sudjadi, 2005. *Teori & Aplikasi Mikrokontroler*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Simanjuntak, H., 2001, *Dasar-dasar Mikroprosesor*. Penerbit Konisius.
- Tipler, P, 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroller_pelatihan1.htm.com, 21 Desember 2010.
- http://www.google.com/fluida/bahan_fluida.pdf/viewer1.htm.com, 21 Desember 2010.
- http://www.google.com/debit_air/debit_aliran_air_bersih.pdf/viewer.htm.com, 21 Desember 2010.
- http://www.google.com/aliran_fluida/Chapter II.pdf/ viewer.htm.com, 17 Juni 2011.
- http://2.bp.blogspot.com/_KcA5TSQNwSo/S1rBTbxAoI/AAAAAAAAMo/mIFhOVCg2qo/s1600/LCDxx16+karakter%2B1x40.jpg, 14 Juli 2011.

Lampiran A

Hasil Pengukuran rangkaian secara keseluruhan tabel 4.1

1. Volume 50 ml

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
1	50	28
2	50	28
3	50	28
4	50	32
5	50	32
6	50	32
7	50	32
8	50	32
9	50	32
10	50	32
11	50	36
12	50	36
13	50	36
14	50	36
15	50	36
16	50	36
17	50	36
18	50	36
19	50	36
20	50	36
21	50	36
22	50	36
23	50	36
24	50	40
25	50	40

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
26	50	40
27	50	40
28	50	40
29	50	40
30	50	40
31	50	40
32	50	44
33	50	44
34	50	44
35	50	44
36	50	44
37	50	44
38	50	44
39	50	44
40	50	44
41	50	44
42	50	44
43	50	49
44	50	49
45	50	49
46	50	49
47	50	49
48	50	61
49	50	61
50	50	61
nilai rata-rata		40,16

2. Volume 100 ml

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
1	100	77
2	100	77
3	100	77
4	100	77
5	100	77
6	100	77
7	100	77
8	100	77
9	100	77
10	100	77
11	100	77
12	100	93
13	100	93
14	100	93
15	100	93
16	100	94
17	100	94
18	100	98
19	100	98
20	100	98
21	100	98
22	100	98
23	100	98
24	100	98
25	100	98

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
26	100	98
27	100	98
28	100	98
29	100	98
30	100	98
31	100	98
32	100	98
33	100	99
34	100	102
35	100	102
36	100	102
37	100	102
38	100	102
39	100	102
40	100	106
41	100	106
42	100	110
43	100	110
44	100	110
45	100	110
46	100	110
47	100	110
48	100	110
49	100	110
50	100	110
nilai rata-rata		95,8

3. Volume 150 ml

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
1	100	130
2	100	130
3	100	130
4	100	130
5	100	130
6	100	135
7	100	135
8	100	135
9	100	142
10	100	143
11	100	145
12	100	145
13	100	145
14	100	146
15	100	147
16	100	147
17	100	147
18	100	147
19	100	147
20	100	147
21	100	147
22	100	147
23	100	147
24	100	147
25	100	147

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
26	100	147
27	100	147
28	100	147
29	100	148
30	100	148
31	100	148
32	100	149
33	100	149
34	100	151
35	100	151
36	100	151
37	100	151
38	100	157
39	100	159
40	100	167
41	100	167
42	100	167
43	100	167
44	100	167
45	100	167
46	100	167
47	100	171
48	100	171
49	100	171
50	100	171
nilai rata-rata		149,88

4. Volume 200 ml

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
1	200	175
2	200	177
3	200	180
4	200	183
5	200	185
6	200	187
7	200	187
8	200	187
9	200	187
10	200	187
11	200	189
12	200	195
13	200	196
14	200	196
15	200	196
16	200	196
17	200	196
18	200	196
19	200	196
20	200	196
21	200	196
22	200	197
23	200	197
24	200	197
25	200	197

no	v (acuan) ml	v (terukur) ml
26	200	198
27	200	198
28	200	198
29	200	199
30	200	199
31	200	200
32	200	200
33	200	200
34	200	200
35	200	200
36	200	200
37	200	200
38	200	201
39	200	201
40	200	201
41	200	202
42	200	202
43	200	204
44	200	206
45	200	210
46	200	210
47	200	212
48	200	212
49	200	216
50	200	216
nilai rata-rata		197,12

Lampiran B

Listing Program Alat Ukur Volume Air PDAM Berbasis Mikrokontroler AT89S51 Dengan Sensor Fotodioda

```
#include "at89x51.h"
#define PI 3.1415926536
#define LCDRS P2_0
#define LCDEN P2_1
#define LCDBUS P0
//#define sensor P3_5 // sensor terletak di port P3_5 (INT1) u/ mengaktifkan
interupsi ekternal,
#include "lcdangka.h"
float R = 2.3; // Jari2 Piringan dalam cm bertipe float (bil. berkomma)
float r = 0.3; // jari2 pipa dalam cm bertipe float (bil. berkomma)
unsigned char t = 1 ; // lama mencacah frek, t=1s

unsigned char detik100; /// Tipe data detik100 adalah char
unsigned int frek; // Tipe data frekuensi yang digunakan adalah integer
unsigned char hari, jam, menit, detik ;
long tx;
/////////////////////////////// Fungsi Perhitungan Frekuensi /////////////////////
void hitung()
{
    unsigned char a,b; // Tipe data untuk TH1 dan TL1
    a = TH1;
    b = TL1;
    frek = ( TH1 * 256 ) + TL1 ; // penggabungan 2 register 8 bit
}
/////////////////////////////// Fungsi Interupsi ( Fungsi yang mengendalikan mikro ///////////////////
// dalam pembacaan data Frekuensi setiap 1 detik ) ///////////////////
void Interupsi(void) interrupt 1 using 3
{
    //TH0 |= 0xdc; //konstanta untuk kristal 11,0592 MHz agar melimpah tiap 10
ms
    TH0 |= 220; //konstanta untuk kristal 12 MHz agar melimpah tiap 10 ms
    TL0 |= 239;
    detik100++;
    if (detik100 >= 100) /* 100 * 10 ms = 1 s */
    {
        detik100 = 0;
```

```

TR1 = 0; // Timer dihentikan
hitung(); // jalankan fungsi hitung
TH1 = 0;
TL1 = 0;
TR1 = 1; // Timer 1 dijalankan
}
}

////////// Fungsi inisialisasi Timer //////////
void initjam()
{
EA = 1;
ET0 = 1;
TMOD |= 0x51; // timer 1 sebagai counter 16 bit, timer 0 sebagai timer 16 bit
TH0 |= 220;
TL0 |= 239;
TR0 = 1 ;
TR1 = 1;
}

// hitung jumlah dan lama putaran didapat frekuensi,
// f= jumlah/lama putaran;
// dari frekuensi didapatkan kecepatan sudut; omega=2*phi*f
// dari kecepatan sudut didapatkan kecepatan linier; v= omega*R;
// dari dari kecepatan diperoleh debit air Q= v * A; dimana A=phi*r*r dan r
// adalah jari2 pipa
// dari debit air diperoleh volume air; V=Q*t;
// jadi rumus Volumnya adalah V=2*phi*f*R*A*t dengan t adalah lama air
// ditampung(hidup);
////////// fungsi menghitung volume //////////
////////// prosedur menghitung lama pemakaian //////////

float Volume(unsigned long f) // fungsi volume bertipe float
{
float V;
return V = (2*PI*f)*R*(PI*r*r)*t; // satuan volume cm kubik atau ml
}

////////// prosedur menghitung lama pemakaian //////////

void delay_1s() // tunda 1s = 1000.000 us
{
unsigned int i, j; // xtal 11.0592 MHz
for(i = 254; i > 0; i--)

```

```

        { for(j = 265; j > 0; j--); }

}

// fungsi untuk menghitung lama pemakaian dalam detik dengan tundaan setiap
// detiknya dalam ms
void lamanya() // menghitung total pemakaian perbulan
{
    if(detik <59){detik++;}
    else {
        detik=0; if(menit <59){menit++;}
        else{
            {menit=0;}
            if(jam <23) {jam++;}
            else{
                jam=0;
                if(hari<29){hari++;}
                else hari=0;
            }
        }
    }
}delay_1s();

tx = (hari*86400)+(jam*3600)+(menit*60)+detik; //t=30hari dalam detik;

}

/////////////////////////////// prosedur menghitung biaya penggunaan /////////////////////
/*unsigned long Biaya(unsigned int harga_perliter,unsigned long V)
{
    float Rp; // perlu ditentukan harga air perliter per detiknya.
    Rp = (V/1000)*harga_perliter ;
    return Rp; // misal harga 10 L adalah 1500,-
}*/
/////////////////// program utama ///////////////////
void main()
{
    unsigned long f;
    P3=0;
    inisialisasi(); //proses inisialisasi LCD agar dapat digunakan
    initjam(); // inisialisasi timer
    xy(1,1);tulisstring("V : "); // menuliskan string "V : " di baris 2 kolom 1
    xy(2,1);tulisstring("Rp. "); // menuliskan string "V : " di baris 2 kolom 1
    while (1) //ulangi selalu
    {
}

```

```
lamanya();
if(tx!= 30 * 86400)// jika waktunya belum mencapai 30 hari
{f= f+frek; // nilai freknya bertambah terus
xy(1,5); tulisangka(Volume(f));// hasil perhitungan Volume ditampilkan
dibaris 2 kolom 5
xy(1,14); tulisstring(" mL");
xy(2,5); tulisangka(Volume(f) * 0.150 );
else{f=0;} // namun jika waktunya telah 30 hari nolkan frekuensinya
}
}
```

Lampiran E

Data Sheet

- 1. Datasheet LM358**
- 2. Datasheet LED Inframerah**
- 3. Datasheet fotodioda**
- 4. Datasheet LCD 2 x 16 karakter**
- 5. Datasheet Mikrokontroler AT89S51**

LM158/LM258/LM358/LM2904**Low Power Dual Operational Amplifiers****General Description**

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15\text{V}$ power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology.

Unique Characteristics

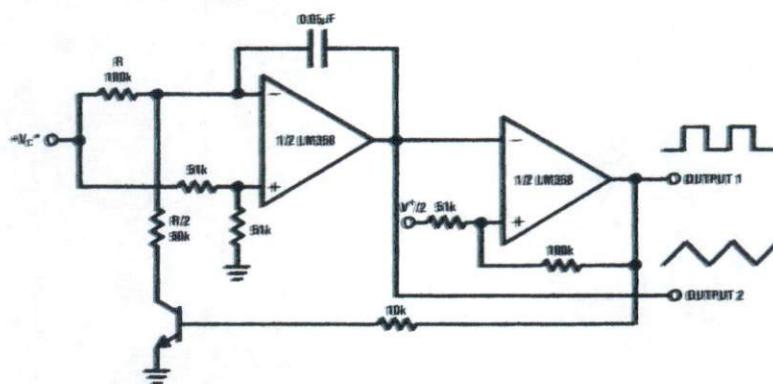
- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.
- The unity gain cross frequency is temperature compensated.
- The input bias current is also temperature compensated.

Advantages

- Two internally compensated op amps
- Eliminates need for dual supplies
- Allows direct sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Available in 8-Bump micro SMD chip sized package, (See AN-1112)
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large dc voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply: 3V to 32V
 - or dual supplies: $\pm 1.5\text{V}$ to $\pm 16\text{V}$
- Very low supply current drain ($500\ \mu\text{A}$)—essentially independent of supply voltage
- Low input offset voltage: 2 mV
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

00788723

Absolute Maximum Ratings (Note 9)

If Military/Aerospace specified devices are required,
please contact the National Semiconductor Sales Office/

Distributors for availability and specifications.

	LM158/LM258/LM358	LM2904
	LM158A/LM258A/LM358A	
Supply Voltage, V ⁺	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Power Dissipation (Note 1)		
Molded DIP	830 mW	830 mW
Metal Can	550 mW	
Small Outline Package (M)	530 mW	530 mW
micro SMD	435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)	Continuous	Continuous
V ⁺ ≤ 15V and T _A = 25°C	50 mA	50 mA
Input Current (V _{IN} < -0.3V) (Note 3)		
Operating Temperature Range		
LM358	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM258	-25°C to +85°C	
LM158	-55°C to +125°C	-65°C to +150°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature, DIP (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Lead Temperature, Metal Can (Soldering, 10 seconds)	300°C	300°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 10)	250V	250V

Electrical Characteristics

V⁺ = +5.0V, unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM158A			LM358A			LM158/LM258			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5), T _A = 25°C	1	2		2	3		2	5		mV
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , T _A = 25°C, V _{CM} = 0V, (Note 6)	20	50		45	100		45	150		mA
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C	2	10		5	30		3	30		mA
Input Common-Mode Voltage Range	V ⁺ = 30V, (Note 7) (LM2904, V ⁺ = 26V), T _A = 25°C	0	V ⁺ -1.5	0	V ⁺ -1.5	0	V ⁺ -1.5	0	V ⁺ -1.5	0	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ on All Op Amps V ⁺ = 30V (LM2904 V ⁺ = 26V) V ⁺ = 5V	1	2		1	2		1	2		mA

2. Datasheet LED Inframerah

EPIGAP Optronic GmbH

Koepenicker Str. 325b, Haus 41

D-12555 Berlin

Fax: +49 (0)30 657637 60

Fax: +49 (0)30 657637 70

sales@epigap-optronic.de

customized optoelectronics



Product Data Sheet

LED Lamp Infra Red

EOLD-780-524

page 1 of 3

Rev. 01 aus 2011

Radiation	Type	Case
Infra Red	DDH	5mm plastic lens

		Description:
		High-power, high-speed infrared LED, with lens for narrow beam angle, and high reliability, housing without standoff leads
		Applications: Optical communications, safety equipment, automation

Maximum Ratings

T_{amb} = 25°C, unless otherwise specified

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Forward Current		I _F	80	mA
Peak forward current	(t _p ≤ 100 μs, D=0,05)	I _{FM}	800	mA
Power dissipation		P _D	160	mW
Operating temp. range		T _{amb}	-40 to +85	°C
Storage temp. range		T _{stg}	-55 to +100	°C
Junction temperature		T _J	100	°C
Lead soldering temp.	t < 5s, 3mm from case	T _{sdl}	260	°C

Optical and Electrical Characteristics

T_{amb} = 25°C, unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Conditions	Min	typ	max	Unit
Forward voltage	V _F	I _F = 20mA		1.7	2.0	V
Forward voltage*	V _F	I _F = 50mA		1.9		V
Reverse voltage	V _R	I _R = 100μA	5			V
Radiant Power	Φ _e	I _F = 20mA	6	8.5		mW
Radiant Power*	Φ _e	I _F = 50mA		20		mW
Radiant intensity	I _e	I _F = 20mA	20	35		mW/sr
Radiant intensity*	I _e	I _F = 50mA		90		mW/sr
Peak wavelength	λ _p	I _F = 20mA	765	780	790	nm
Spectral bandwidth at 50%	Δλ _{0,5}	I _F = 20mA		25		nm
Viewing angle	φ	I _F = 20mA		20		deg.
Switching time	t _r , t _f	I _F = 20mA		40		ns

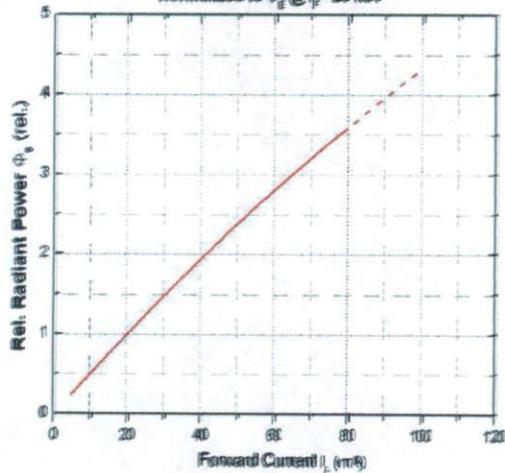
We reserve the right to make changes to improve technical design and may do so without further notice. Parameters can vary in different applications. All operating parameters must be validated for each customer application by the customer.

**Product Data Sheet****LED Lamp Infra Red****EOLD-780-524**

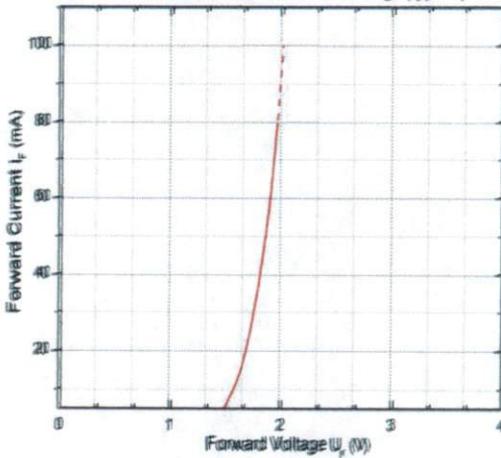
page 2 of 3

Rev. 01 aus 2011

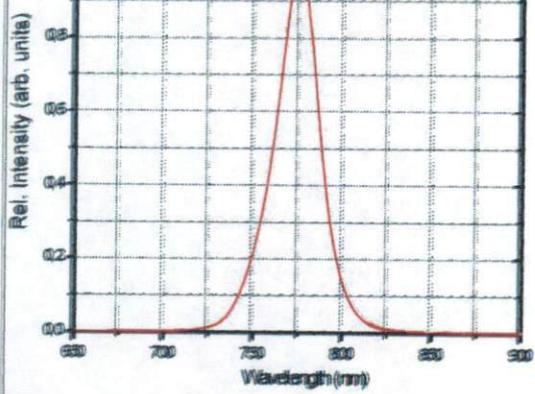
Radiant Power vs. Forward Current (typical)

Normalized to $\Phi_e @ I_f = 20 \text{ mA}$ 

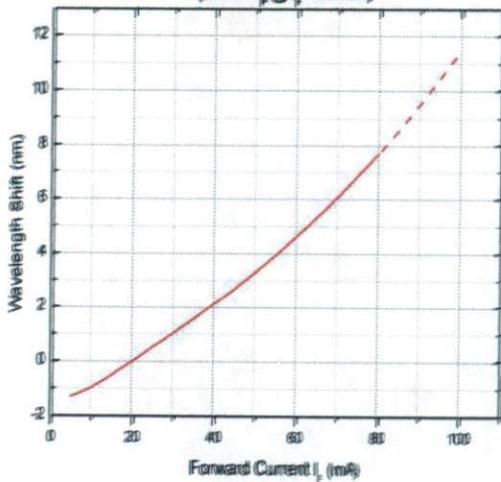
Forward Current vs. Forward Voltage (typical)



Spectral Power Distribution (typical)

at $I_f = 20 \text{ mA}$ 

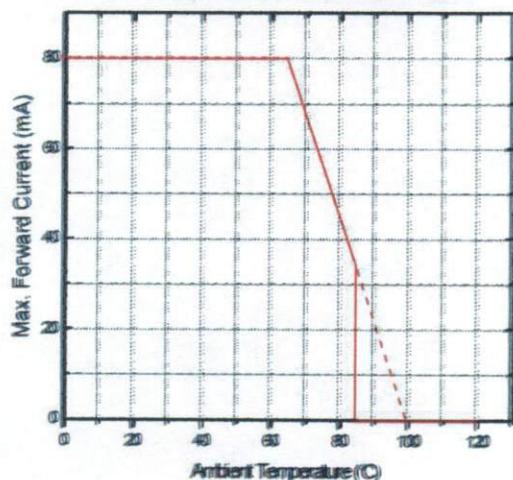
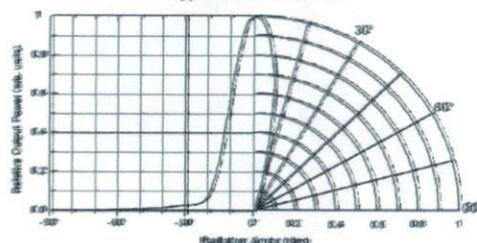
Typical Wavelength Shift vs. Forward Current

(rel. to $\lambda_p @ I_f = 20 \text{ mA}$)

**Product Data Sheet****LED Lamp Infra Red****EOLD-780-524**

page 3 of 3

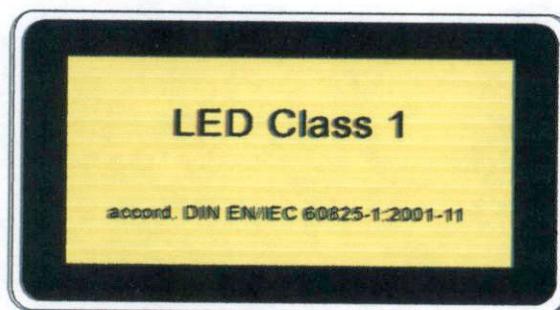
Rev. 01 aus 2011

Ambient Temperature vs. Maximal Forward Current**Typical Radiant Pattern****Remarks concerning optical radiation safety***

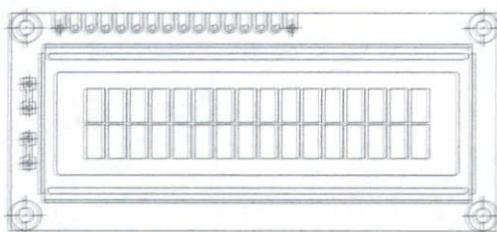
Up to maximum forward current, at continuous operation, this LED may be classified as LED product Class 1, according to standard IEC 60825-1:2001-A2. Class 1 products are safe to eyes and skin under reasonably predictable conditions. This implicates a direct observation of the light beam by means of optical instruments.

*Note: Safety classification of an optical component mainly depends on the intended application and the way the component is being used. Furthermore, all statements made to classification are based on calculations and are only valid for this LED "as it is", and at continuous operation. Using pulsed current or altering the light beam with additional optics may lead to different safety classifications. Therefore these remarks should be taken as recommendation and guideline only.

LED Class 1 accord. DIN



16 x 2 Character LCD



FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA

ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING

ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	-0.3	-	7.0	V
Input Voltage	VI	-0.3	-	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V	4.7	5.0	5.3	V
		VDD = + 3V	2.7	3.0	5.3	V
Supply Current	IDD	VDD = 5V	-	1.2	3.0	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp.	VDD - VO	- 20 °C	-	-	-	V
		0°C	4.2	4.8	5.1	
		25°C	3.8	4.2	4.6	
		50°C	3.6	4.0	4.4	
		70°C	-	-	-	
LED Forward Voltage	VF	25°C	-	4.2	4.6	V
LED Forward Current	IF	25°C	Array	-	130	mA
			Edge	-	20	
EL Power Supply Current	I _{EL}	V _{el} = 110VAC:400Hz	-	-	5.0	mA

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:

Display Position

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

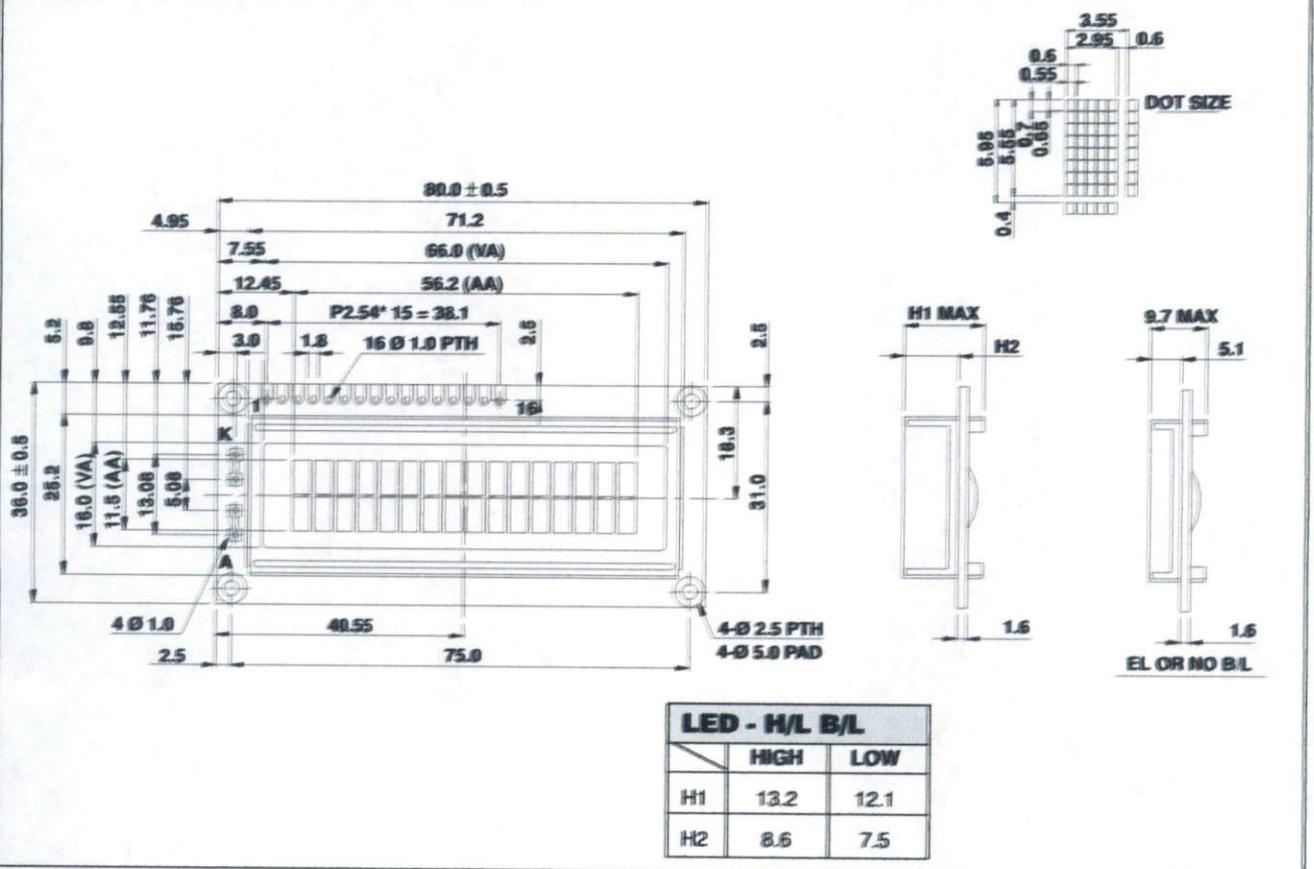
DD RAM Address

00	01														0F
----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

DD RAM Address

40	41														4F
----	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	V _{SS}	GND
2	V _{dd}	+3V or +5V
3	V _O	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)

DIMENSIONS in millimeters

1. Datasheet Mikrokontroler AT89S51

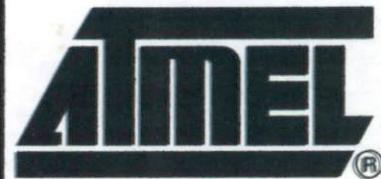
Features

Compatible with MCS-51® Products
4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
– Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
4.0V to 5.5V Operating Range
Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
Three-level Program Memory Lock
128 x 8-bit Internal RAM
32 Programmable I/O Lines
Two 16-bit Timer/Counters
Six Interrupt Sources
Full Duplex UART Serial Channel
Low-power Idle and Power-down Modes
Interrupt Recovery from Power-down Mode
Watchdog Timer
Dual Data Pointer
Power-off Flag
Fast Programming Time
Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

Description

The AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and lock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.



8-bit Microcontroller with 4K Bytes In-System Programmable Flash

AT89S51

