

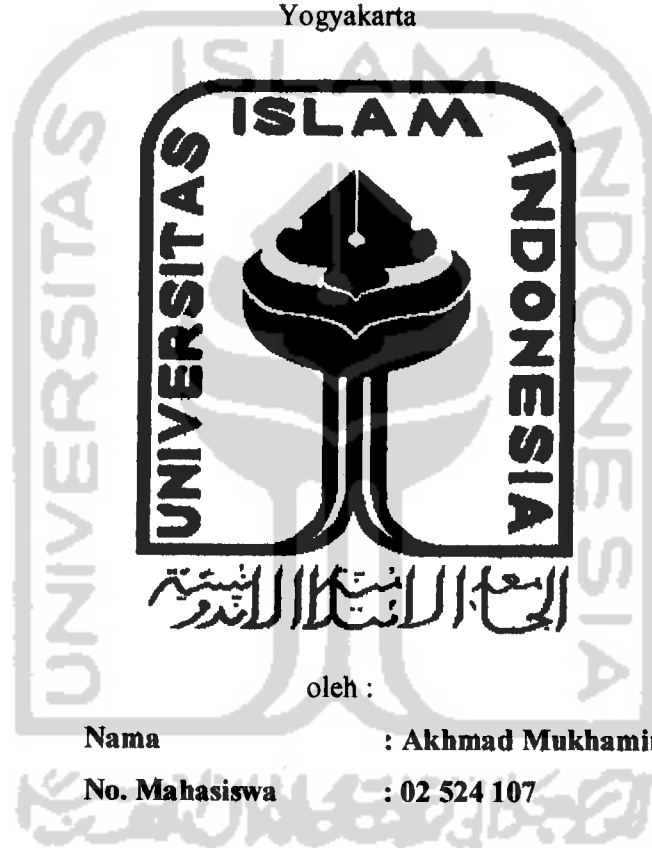
**PENYEDIA DAYA DC BERBASIS MIKROKONTROLER  
DENGAN PENAMPIL LCD**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta



oleh :

Nama : Akhmad Mukhamim

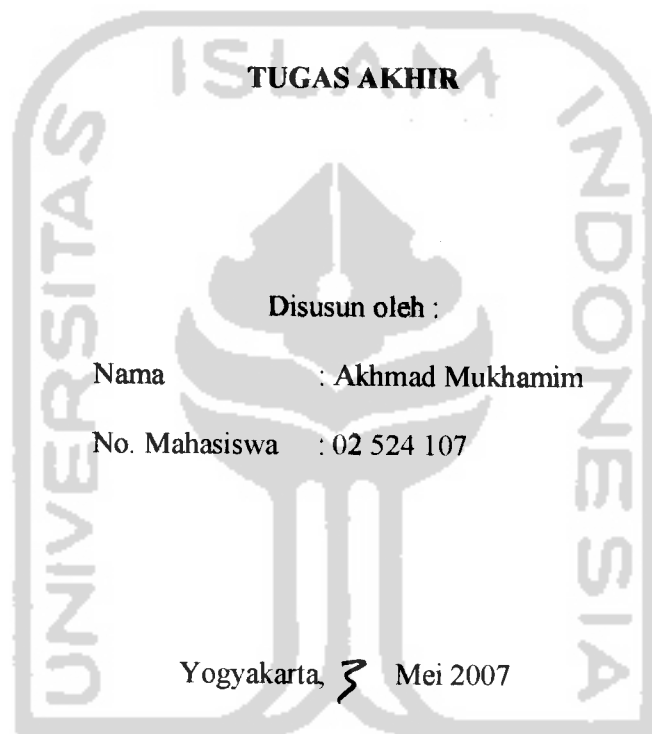
No. Mahasiswa : 02 524 107

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2007**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**PENYEDIA DAYA DC BERBASIS MIKROKONTROLER  
DENGAN PENAMPIL LCD**



Pembimbing I

(Drs. Abdul Halim Sanawi)

Pembimbing II

(Wahyudi Budi Pramono, ST)

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**PENYEDIA DAYA DC BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN  
PENAMPIL LCD**

Oleh :

Nama : Akhmad Mukhamim

No. Mahasiswa : 02 524 107

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, 27 Juni 2007

Tim Penguji

Drs. Abdul Halim Sanawi

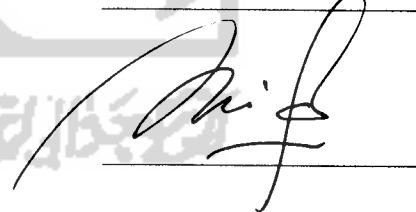
Ketua

Wahyudi Budi Pramomo, ST

Anggota I

Dwi Ana Ratnawati, ST

Anggota II



**HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Seluruh Karya ini kupersembahkan untuk :*

*Kedua Orang Tua ku :*

*Bapak : Moh Khamdi*

*Ibu : Sawiyah*

*Kakak- kakak ku :*

*Mba Mu2n (Munawaroh)*

*Mba Atun (Khasanatun)*

*buat Aisya Dan Suci Kecil*

## MOTTO

*“Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan,  
Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan”*

*(Asy Syarh : 5-6)*

*”Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang  
khusyu’.”*

*(QS. Ali 'Imrān : 45)*

*“Doa akan menjadikan seseorang hidup dengan penuh harapan,  
tidak dengan keputus asaan. Usaha akan menjadikan hidup lebih  
dinamis dan bervariasi. Dunia hanyalah perantara,  
sedangkan akhirat adalah tujuan akhir. Manfaatkan dunia pada  
jalan yang direstui Allah, untuk mendapatkan akhirat yang kekal.”*

*Tien wartini (ibunda)*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum wr. wb*

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah senantiasa memberikan limpahan rahmat, berkah dan hidayah-Nya. Shalawat dan Salam tercurah kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta para pengikutnya hingga akhir jaman.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi prasyarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Semoga apa yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri saya sendiri, maupun untuk umum.

Sehubung dengan selesainya penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, maka tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama ini, terutama penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas berkah, rahmat, hidayat dan petunjuk-Nya yang selalu membimbing hati ini. Atas setiap helaan nafas yang senantiasa Engkau berikan, dan atas setiap nikmat yang tiada terukirkan oleh berjuta kata atau puisi. Alhamdulillah.

2. Nabi Muhammad SAW atas petunjuk dan suri tauladan bagi seluruh umat manusia, dan penunjuk menuju jalan yang terang.
3. Bapak Fathul Wahid, ST. Msc, Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bpk Tito Yuwono, ST. selaku Ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Drs. Abdul Halim Sanawi, Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
6. Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
7. Segenap Dosen dan seluruh Staf Laboran Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
8. Bapak dan Ibu yang selalu ada di hati, yang selalu memberi dukungan lahir dan batin dalam melalui kehidupan ini. Selalu memberikan yang terbaik untuk ananda.
9. Mba Mu2n dan Mba Atun atas perhatian dan kesediaannya untuk selalu mengalah. Terima kasih untuk menjadi kakak yang tak tergantikan.
10. Aisya, Suci ponakan kecil, Terima kasih sudah menghadirkan berjuta senyum dan tawa yang telah lama hilang.
11. Buat temen-temen kost : Ya2n, Budi, Mbh Mulyo, Atiyya dan temen-temen All Elektro'02 yang telah memberikan semangat dan motivasi sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Thanks atas dukungannya.

12. Serta buat semua yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyelesaian laporan ini, yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

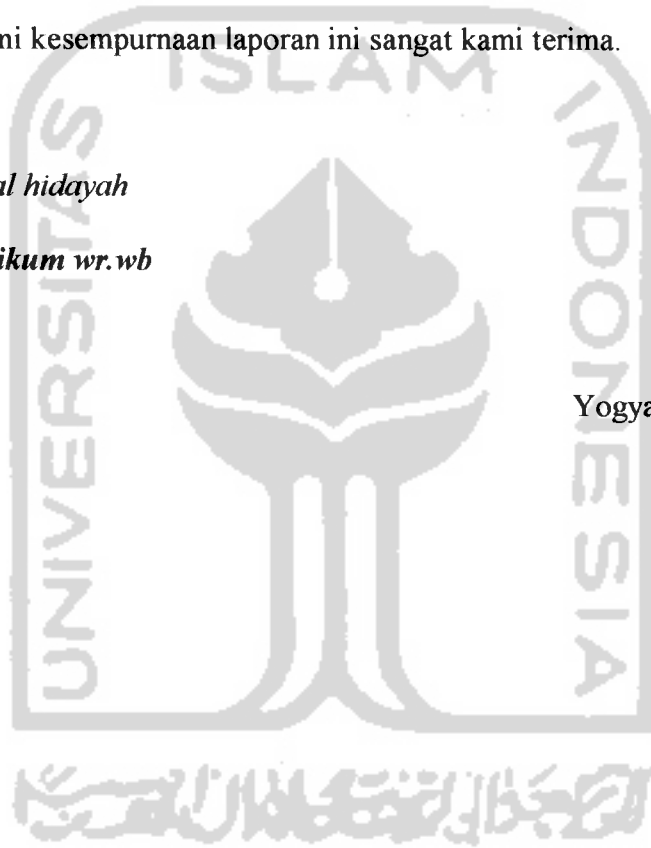
Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan terutama bagi penulis pribadi. Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini sangat kami terima.

*Billahittaufiq wal hidayah*

*Wassalamu'alaikum wr.wb*

Yogyakarta, Juni 2007

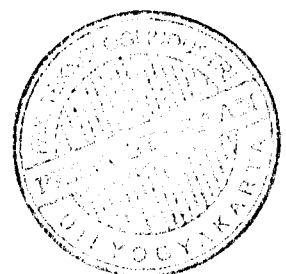
Penyusun





## ***ABSTRAKSI***

Rangkaian catu daya sangat berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Sistem yang paling handal atau presisi sekalipun, tidak akan berfungsi secara maksimal tanpa adanya penyedia daya yang baik. Penyedia daya dc dengan tampilan digital adalah gabungan antara sistem analog dan digital, artinya bahwa output dari power suplai diatur secara analog yaitu dengan mengatur potensiometer linier, sedangkan nilai dari keluarannya (output) ditampilkan dengan digital, hal ini dimaksudkan agar dapat menentukan tegangan keluaran tanpa harus menggunakan multimeter. Penyedia daya dc dilengkapi dengan pembatas arus, yang mana apabila arus yang mengalir beban melebihi 3A ataupun terjadi hubung singkat maka sistem akan memproteksi dengan memutus aliran arus beban, hal ini bertujuan agar sistem terhindar dari kerusakan. Pemutusan aliran arus beban dikendalikan oleh mikrokontroler AT89S51. Tegangan keluaran dapat diubah dengan tingkat ketelitian (presisi) tertentu sesuai dengan resolusi ADC yang digunakan. Unit penyedia daya dc ini menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai pengolah data yang nantinya akan di tampilkan ke LCD (*Liquid Crystal Display*), dengan tegangan keluaran 0-22V.



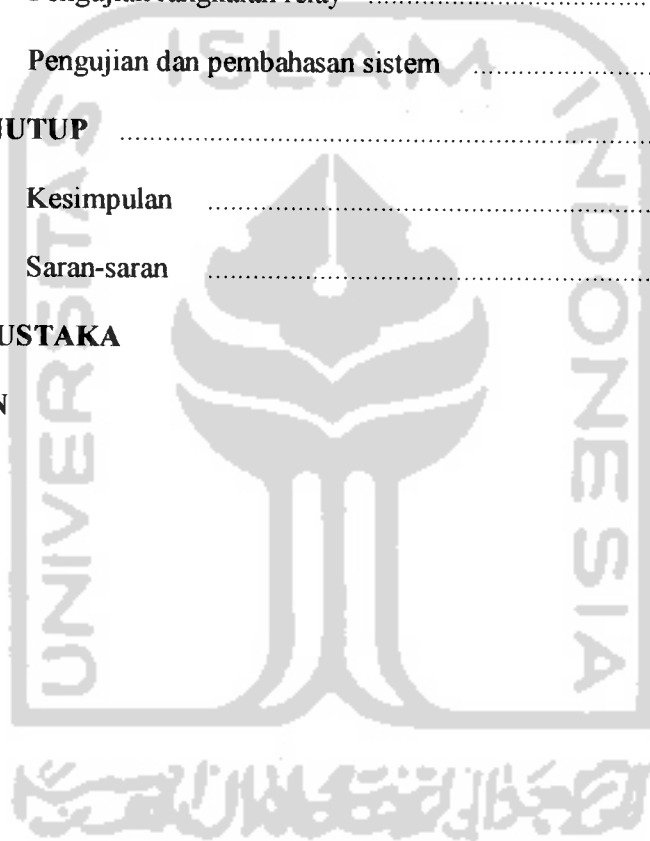
## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAKSI</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar belakang masalah .....	1
1.2. Identifikasi masalah .....	2
1.3. Batasan masalah .....	2
1.4. Tujuan dan manfaat .....	2
1.5. Sistematika penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	4
2.1 Catu daya .....	4
2.1.1 Penyearah setengah gelombang .....	4
2.1.2 Penyearah gelombang penuh .....	4
2.1.3 Penyearah dengan Filter .....	5

2.2	Regulator tegangan .....	8
2.2.1	LM317 .....	8
2.2.2	LM78XX dan LM79XX .....	10
2.3	Op-Amp .....	10
2.3.1	Penguat invertng .....	12
2.3.2	Komparator .....	13
2.4	Mikrokontroler AT89S51 .....	14
	Konfigurasi pin-pin mikrokontroler AT89S51 .....	15
2.5	Penampil LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	17
2.5.1	DDRAM ( <i>Display Data Random Access Memory</i> ) .....	18
2.5.2	CGRAM ( <i>Character Generator Random Access Memory</i> ) .....	18
2.5.3	CGROM ( <i>Character Generator Read Only memory</i> ) .....	18
2.5.4	Konfigurasi PIN .....	19
2.5.5	Register .....	20
2.5.6	Register perintah .....	20
2.5.7	Register data .....	21
2.5.8	Penulisan data ke register perintah dan register data .....	21
2.6	<i>Analog to Digital Converter (ADC)</i> .....	21
2.6.1	Pemilihan kanal input ADC0808 .....	22
2.6.2	Proses konversi ADC0808 .....	23
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM</b> .....		24
3.1	Diagram blok sistem .....	24

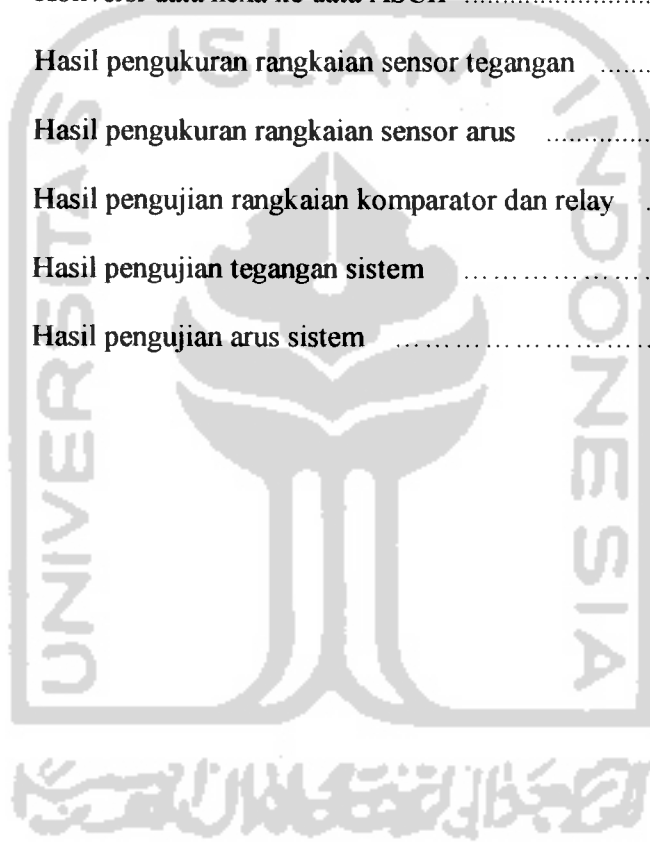
3.2	Perancangan perangkat keras .....	25
3.2.1	Sensor tegangan .....	25
3.2.2	Sensor arus .....	27
3.2.3	Catu daya utama .....	29
3.2.4	Catu daya simetris .....	30
3.2.5	Catu daya 5V .....	31
3.2.6	Relay .....	32
3.2.7	Rangkaian ADC .....	33
3.2.8	Rangkaian LCD .....	35
3.2.9	Mikrokontroler AT89S51 .....	35
3.2.10	Osilator .....	35
3.2.11	Reset .....	36
3.3	Perancangan perangkat lunak .....	36
3.3.1	Program inialisasi mikrokontroler AT89S51 .....	37
3.3.2	Program inialisasi LCD .....	37
3.3.3	Program utama .....	39
3.3.4	Program konversi data hexadesimal ke data ASCII .....	40
3.3.5	Program menampilkan data ke LCD .....	42
3.3.6	Subrutin mengirim data ke LCD .....	44
3.3.7	Subrutin tunda .....	44
3.3.8	Subrutin program membaca data dari ADC 0808 .....	46
<b>BAB IV PENGUJIAN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>47</b>
4.1	Konversi ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> ) .....	47

4.1.1	Konversi data ADC ke tegangan	48
4.1.2	Konversi data ADC ke arus	48
4.2	Pengujian rangkaian sensor	49
4.2.1	Pengujian sensor tegangan	49
4.2.2	Pengujian sensor arus	50
4.3	Pengujian rangkaian relay	52
4.4	Pengujian dan pembahasan sistem	52
<b>BAB V PENUTUP</b>		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran-saran	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konfigurasi pin LCD M1632 .....	20
Tabel 2.2	Kanal Input ADC 0808 .....	23
Tabel 3.1	Kombinasi pemilihan chanel input ADC .....	34
Tabel 3.2	Konversi data hexa ke data ASCII .....	41
Tabel 4.1	Hasil pengukuran rangkaian sensor tegangan .....	49
Tabel 4.2	Hasil pengukuran rangkaian sensor arus .....	51
Tabel 4.3	Hasil pengujian rangkaian komparator dan relay .....	52
Tabel 4.4	Hasil pengujian tegangan sistem .....	54
Tabel 4.5	Hasil pengujian arus sistem .....	54



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangkaian penyearah setengah gelombang .....	4
Gambar 2.2	Rangkaian penyearah gelombang penuh .....	5
Gambar 2.3	Rangkaian penyearah setengah gelombang dengah filter C .....	5
Gambar 2.4	Bentuk gelombang dengan filter kapasitor .....	6
Gambar 2.5	Regulator LM317 .....	9
Gambar 2.6	Konfigurasi kaki LM 317 .....	9
Gambar 2.7	Regulator tegangan simetris .....	10
Gambar 2.8	Simbol penguat operasional (op-amp) .....	11
Gambar 2.9	Rangkaian penguat invertng .....	12
Gambar 2.10	Rangkaian komparator .....	14
Gambar 2.11	Konfigurasi pin AT89S52 .....	16
Gambar 2.12	Bentuk fisik LCD M1632 .....	18
Gambar 2.13	Alamat DDRAM M1632 .....	18
Gambar 2.14	Pola karakter CGROM .....	19
Gambar 2.15	Konfigurasi Kaki ADC 0808 .....	22
Gambar 2.16	Timing Diagram ADC0808 .....	23
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem .....	24
Gambar 3.2	Diagram Blok .....	25
Gambar 3.3	Rangkaian Sensor Tegangan .....	26
Gambar 3.4	Differensial amplifier .....	27
Gambar 3.5	Rangkaian sensor arus .....	28

Gambar 3.6	Rangkaian catu daya utama .....	29
Gambar 3.7	Rangkaian penguat arus .....	30
Gambar 3.8	Rangkaian catu daya simetris .....	31
Gambar 3.9	Rangkaian catu daya +5V .....	31
Gambar 3.10	Rangkaian relay .....	32
Gambar 3.11	Rangkaian ADC .....	33
Gambar 3.12	Rangkaian LCD .....	35
Gambar 3.13	Rangkaian Minimum AT89S51 .....	36
Gambar 3.14	Diagram alir inisialisasi LCD .....	38
Gambar 3.15	Diagram alir program utama .....	39
Gambar 3.16	Diagram alir konversi data hexa ke data ASCII .....	41
Gambar 3.17	Diagram alir penampilan data ke LCD .....	42
Gambar 3.18	<i>Timing</i> diagram penulisan ke LCD .....	44
Gambar 3.19	Diagram alir subrutin program tunda .....	45
Gambar 4.1	Grafik pengukuran input sensor terhadap output sensor .....	50
Gambar 4.2	Grafik pengukuran input sensor terhadap output sensor .....	51
Gambar 4.3	Beban lampu DC 12 Volt .....	53
Gambar 4.4	Tampilan alat tampak depan .....	53
Gambar 4.5	Grafik tegangan beban dan arus beban .....	55



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang masalah

Seiring dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat dan kecenderungan sumber daya manusia memanfaatkan kemajuan teknologi kearah praktis dan efisien. Hal ini dibuktikan dengan adanya sistem yang dapat dikendalikan oleh sebuah perangkat elektronik. Dengan ditemukannya mikrokontroler (sebuah chip yang dapat diprogram) maka peralatan elektronik yang tadinya masih analog beralih ke sistem digital.

Penyedia daya dc terdapat pada peralatan elektronika yang menggunakan listrik sebagai sumber dayanya sebagai contoh Radio, Televisi, Komputer dan lain sebagainya. Penyedia daya dc dengan tegangan keluaran yang dapat diatur memudahkan dalam melakukan perubahan nilai arus/tegangan. Penyedia daya dc ini terutama sering digunakan pada dunia pendidikan, laboratorium-laboratorium elektronika, para Teknisi yang memanfaatkan untuk berbagai kebutuhan.

Penyedia daya dc dengan tegangan keluaran yang dapat diatur dengan menampilkan nilai arus dan tegangan menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) berguna untuk memudahkan melakukan perubahan nilai tanpa harus mengukur terlebih dahulu.

Dari hasil pengamatan inilah penulis akan mencoba membuat suatu alat yaitu Penyedia daya dc yang dapat diatur dengan sebuah LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai penampil besarnya arus dan tegangan.

## 1.2 Identifikasi masalah

Untuk mewujudkan tercapainya pembuatan alat yang dapat digunakan untuk menyediakan suatu penyedia daya dc yang dapat diatur nilai keluarannya, dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- Bagaimana membangun dan merealisasikan suatu penyedia daya dc yang dapat diatur nilai keluarannya dengan menggunakan mikrokontroler?.

## 1.2 Batasan masalah

Agar dalam penulisan penelitian ini lebih terarah, maka pembahasan penulisan ini dibatasi pada ruang lingkup pembahasan sebagai berikut :

1. Sistem menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai pemroses utama.
2. Perancangan hardware Penyedia daya dc dengan tegangan keluaran 0 – 22V dengan arus 0 – 3A.
3. Displai tampilannya menggunakan LCD M 1632.

## 1.4 Tujuan dan manfaat

Tujuan dan manfaat yang akan dicapai dalam penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membangun dan merealisasikan suatu penyedia daya dc berbasis mikrokontroler dan perangkat-perangkat pendukung lainnya.
2. Mengetahui efektifitas sensor yang digunakan.

## 1.5 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dari laporan akhir penelitian ini yang berupa karya tulis (skripsi) dibagi dalam lima bab, dengan isi masing-masing bab diuraikan sebagai berikut :

### BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### BAB II Landasan teori

Menguraikan tentang teori-teori yang menjadi acuan dalam pembuatan tugas akhir, diantaranya teori tentang mikrokontroler keluarga MCS-51 dalam hal ini mikrokontroler AT89S51, teori tentang LCD, teori tentang ADC 0808 dan Serta beberapa teori yang berkaitan.

### BAB III Perancangan sistem

Berisi tentang proses perancangan dan pembuatan alat penyedia daya dc berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan penampil LCD mulai dari diagram blok, prinsip kerja, serta pembahasan mengenai *software* sebagai pusat kendali sistem (CPU)

### BAB IV Hasil pengamatan dan pembahasan

Berisi pembahasan dari hasil pengamatan.

### BAB V Kesimpulan dan saran

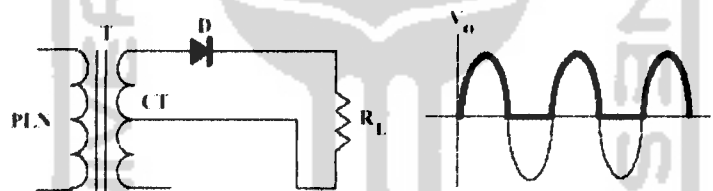
Berisi kesimpulan dari pembahasan dan saran berdasarkan hasil yang diperoleh.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Catu Daya

#### 2.1.1 Penyearah setengah gelombang

Penyearah (*rectifier*) adalah untai pengubah ragam gelombang bolak-balik menjadi searah pada setengah siklus gelombang atau satu siklus gelombang penuh. Prinsip penyearah (*rectifier*) ditunjukkan pada gambar 2.1. Transformator diperlukan untuk menurunkan tegangan AC dari jala-jala listrik pada kumparan primernya menjadi tegangan AC yang lebih kecil pada kumparan skundernya.

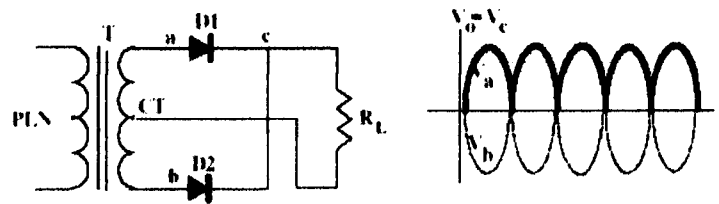


Gambar 2.1 Rangkaian penyearah setengah gelombang

Pada rangkaian diatas dioda berperan hanya untuk meneruskan tegangan positif ke beban RL. Ini yang disebut dengan penyearah setengah gelombang (*half wave*).

#### 2.1.2 Penyearah gelombang penuh

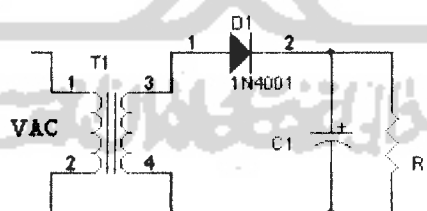
Penyearah gelombang penuh adalah untai pengubah ragam gelombang bolak-balik menjadi searah pada seluruh siklus gelombang. Untuk mendapatkan penyearah gelombang penuh (*full wave*) diperlukan transformator dengan *center tap* (CT), lihat gambar 2.2.



Gambar 2.2 Rangkaian penyearah gelombang penuh

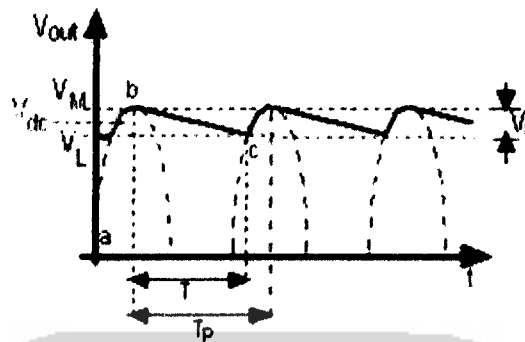
Tegangan fasa positif yang pertama diteruskan oleh D1 sedangkan fasa yang berikutnya dilewatkan melalui D2 ke beban R1 dengan CT transformator sebagai *common ground*. Dengan demikian beban R1 mendapat suplai tegangan gelombang penuh seperti gambar di atas. Untuk beberapa aplikasi seperti misalnya untuk men-catu motor dc yang kecil atau lampu pijar dc, bentuk tegangan seperti ini sudah cukup memadai. Walaupun terlihat di sini tegangan *ripple* dari kedua rangkaian di atas masih sangat besar.

### 2.1.3 Penyearah dengan filter



Gambar 2.3 Rangkaian penyearah setengah gelombang dengan filter C

Pemasangan filter kapasitor C paralel terhadap beban R. Gambar 2.4 menunjukkan bentuk keluaran tegangan dc dari rangkaian penyearah setengah gelombang dengan filter kapasitor.



Gambar 2.4 Bentuk gelombang dengan filter kapasitor

Garis b-c berbentuk eksponensial terbentuk sesuai dengan sifat pengosongan kapasitor, yaitu ketika fasa positif kapasitor akan mengisi muatan dan ketika fasa negatif dioda OFF, kapasitor akan melakukan pengosongan muatan dengan mengalirkan ke beban. Kemiringan kurva b-c tergantung dari besar arus  $I$  yang mengalir ke beban  $R$ . Jika arus  $I = 0$  (tidak ada beban) maka kurva b-c akan membentuk garis horizontal. Namun jika beban arus semakin besar, kemiringan kurva b-c akan semakin tajam. Tegangan yang keluar akan berbentuk gigi gergaji dengan tegangan *ripple* yang besarnya adalah :

$$V_r = V_m - V_L \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dan tegangan dc ke beban adalah :

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_r}{2} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$V_r$  : Tegangan *ripple* (volt)

$V_L$  : Tegangan (*discharge*) pengosongan kapasitor (volt)

$V_M$  : Tegangan dioda (volt)

Rangkaian penyearah yang baik adalah rangkaian yang memiliki tegangan *ripple* paling kecil (ideal *ripple* sama dengan nol).  $V_L$  adalah tegangan *discharge* atau pengosongan kapasitor  $C$ , sehingga dapat ditulis :

$$V_L = V_M e^{-T/RC} \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

$T$  : Periode (detik)

$R$  : Resistansi (ohm)

$C$  : Kapasitansi (farad)

Jika persamaan (2.3) disubsitusi ke persamaan (2.1), maka diperoleh :

$$V_r = V_M (1 - e^{-T/RC}) \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

Jika  $T \ll RC$ , dapat ditulis :

$$e^{-T/RC} \gg 1 - \frac{T}{RC} \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

sehingga jika ini disubsitusi ke persamaan (2.4) dapat diperoleh persamaan yang lebih sederhana :

$$V_r = V_M \frac{T}{RC} \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

$V_M/R$  tidak lain adalah arus beban  $I$ , sehingga dengan ini terlihat hubungan antara beban arus  $I$  dan nilai kapasitor  $C$  terhadap tegangan *ripple*  $V_r$ . Perhitungan ini efektif untuk mendapatkan nilai tegangan *ripple* yang diinginkan.

$$V_r = I \frac{T}{C} \dots\dots\dots (2.7)$$

Jika arus beban I semakin besar, maka tegangan *ripple* akan semakin besar. Sebaliknya jika kapasitansi C semakin besar, tegangan *ripple* akan semakin kecil. Untuk penyederhanaan biasanya dianggap  $T = T_p$ , yaitu periode satu gelombang sinus dari jala-jala listrik yang frekuensinya 50Hz atau 60Hz. dengan frekuensi jala-jala listrik 50Hz, maka  $T = T_p = 1/f = 1/50 = 0.02$  det.. Untuk penyearah gelombang penuh, frkuensi gelombangnya dua kali lipat, sehingga  $T = 1/2 T_p = 0.01$  det.

## 2.2 Regulator tegangan

Regulator tegangan dibagi menjadi dua yaitu; regulator *fixed* dan regulator yang dapat diatur. Komponen ini dilengkapi dengan pembatas arus (*current limiter*) dan juga pembatas suhu (*thermal shutdown*).

### 2.2.1 LM317

LM317 adalah regulator tegangan dengan keluaran dapat diatur, ia mampu penyediaan arus 10mA - 1.5A dengan tegangan keluaran mulai 1.25V - 37V. IC ini memiliki drop-out tegangan 2V, yang berarti tegangan masukan yang diperlukan hanya 2V lebih besar dari tegangan keluarannya. IC LM317 memerlukan dua buah resistor eksternal untuk menentukan besarnya tegangan keluaran. Lihat gambar 2.5.



$$V_r = I \frac{T}{C} \dots\dots\dots (2.7)$$

Jika arus beban I semakin besar, maka tegangan *ripple* akan semakin besar. Sebaliknya jika kapasitansi C semakin besar, tegangan *ripple* akan semakin kecil. Untuk penyederhanaan biasanya dianggap  $T = T_p$ , yaitu periode satu gelombang sinus dari jala-jala listrik yang frekuensinya 50Hz atau 60Hz. dengan frekuensi jala-jala listrik 50Hz, maka  $T = T_p = 1/f = 1/50 = 0.02 \text{ det.}$  Untuk penyearah gelombang penuh, frkuensi gelombangnya dua kali lipat, sehingga  $T = 1/2 T_p = 0.01 \text{ det.}$

## 2.2 Regulator tegangan

Regulator tegangan dibagi menjadi dua yaitu, regulator *fixed* dan regulator yang dapat diatur. Komponen ini dilengkapi dengan pembatas arus (*current limiter*) dan juga pembatas suhu (*thermal shutdown*).

### 2.2.1 LM317

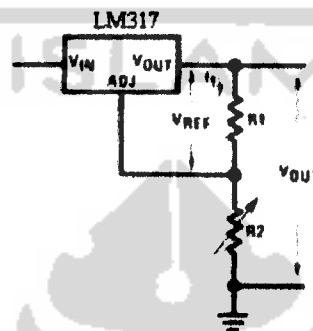
LM317 adalah regulator tegangan dengan keluaran dapat diatur, ia mampu penyediaan arus 10mA - 1.5A dengan tegangan keluaran mulai 1.25V - 37V. IC ini memiliki drop-out tegangan 2V, yang berarti tegangan masukan yang diperlukan hanya 2V lebih besar dari tegangan keluarannya. IC LM317 memerlukan dua buah resistor eksternal untuk menentukan besarnya tegangan keluaran. Lihat gambar 2.5.

$$V_{out} = \frac{R1 + R2}{R1} V_{ref} + I_{adj} R2 \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

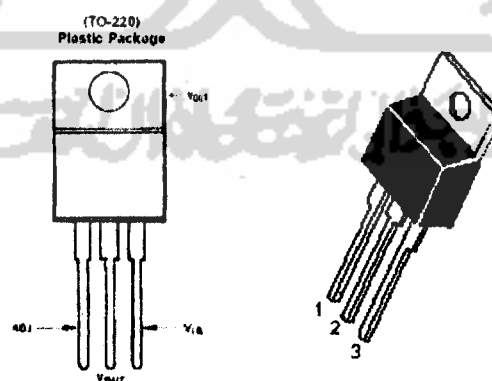
$V_{ref}$  : tegangan referensi LM317 sebesar 1.25V

$I_{adj}$  : Arus yan mengalir dari kaki adj menuju Vout sebesar 50 $\mu$ A



Gambar 2.5 Regulator LM317

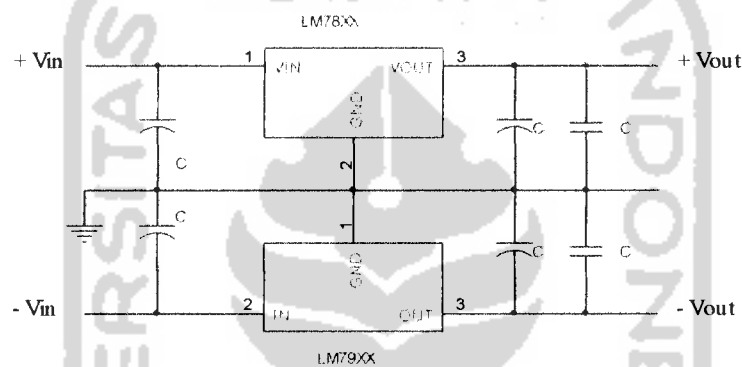
LM317 secara fisik memiliki tiga buah kaki yang dikemas seukuran transistor, dengan daya tahan terhadap panas 0 °C - 125 °C. Bentuk konvigrasi IC LM317 dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Konfigurasi kaki LM 317

### 2.2.2 LM78XX dan LM79XX

IC ini merupakan regulator tegangan *fixed*. LM78XX adalah IC regulator dengan keluaran positif 5V, 6V, 8V, 12V, 18V, 24V dengan arus maksimal 1A. LM79XX adalah IC regulator tegangan keluaran negatif ; -5V, -6V, -8V, -12V, -18V, -24V. Komponen ini memiliki tiga pin sama halnya dengan bentuk fisik dari LM317.



Gambar 2.7 Regulator tegangan simetris

### 2.3 Op-Amp

*Operational Amplifier* atau di singkat Op-Amp adalah merupakan salah satu komponen analog yang populer digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Aplikasi Op-Amp umumnya digunakan untuk penguatan sinyal dan nilai penguatannya dapat dikontrol melalui penggunaan resistor dan komponen lainnya. Umumnya Op-Amp terdiri dari dua input dan satu output. Keluaran dari penguat adalah  $V_o$  dengan persamaan :

$$V_{out} = (V_{in1} - V_{in2}) A \quad \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

$V_{out}$  : Tegangan keluaran (volt)

$V_{in1}$  : Tegangan masukan 1 (volt)

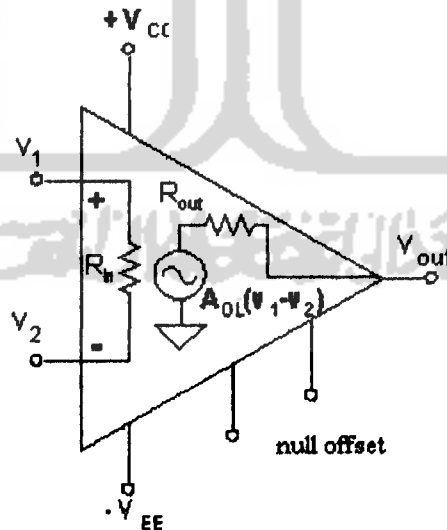
$V_{in2}$  : Tegangan masukan 2 (volt)

A : Faktor penguatan

Karena faktor penguatan Op-Amp tak terhingga maka persamaan untuk Op-Amp menjadi :

$$V_{out} = (V_{in1} - V_{in2}) \infty \quad (2.10)$$

Dari persamaan (2.10) dapat dilihat bahwa keluaran menjadi positif tak terhingga ketika input 1 lebih besar dari pada input 2 dan keluaran menjadi negatif tak terhingga jika input 1 lebih kecil dari pada input 2, sebab itu input 2 disebut inverting input yang diberi simbol “-” dalam rangkaian dan input 1 disebut non-inverting dengan tanda “+” pada rangkaian. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.8.

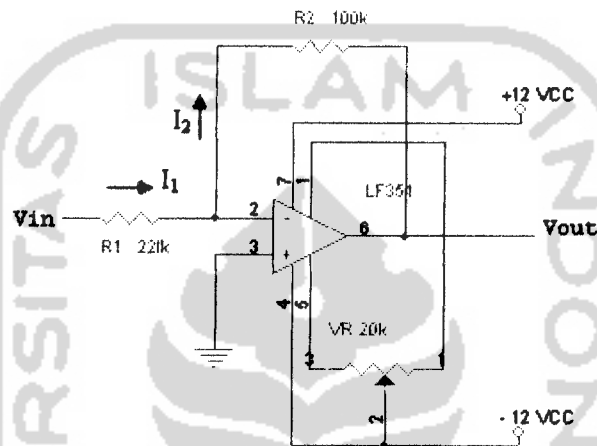


Gambar 2.8 Simbol penguat operasional (op-amp)

Pin *null offset* digunakan untuk menghilangkan tegangan insutan (*offset*) keluaran akibat ketidaksepadanan pada penguat masukannya.

### 2.3.1 Penguat inverting

Penguat inverting merupakan salah satu rangkaian Op-Amp yang berfungsi membalikkan sinyal masukan, dimana sinyal keluaran adalah negatif. Rangkaian penguat inverting ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian penguat inverting

Pada rangkaian diatas terlihat bahwa sinyal masukan dihubungkan ke masukan inverting, resistor R1 dan R2 berfungsi sebagai pengatur penguatan dimana tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) lebih negative dari input inverting, maka terjadi aliran arus melalui R1 disebut arus  $I_1$  dan arus  $I_2$  melalui R2 menuju keluaran ( $V_{out}$ ), sehingga arus pada R1 sama dengan arus pada R2 yaitu :

$$V_{out} = -I_2 * R_2 \quad , \quad V_{in} = I_1 * R_1 \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

karena  $I_1 = I_2$  maka :

$$-\frac{V_{out}}{R_2} = \frac{V_{in}}{R_1} \quad , \quad -V_{out} = \frac{V_{in} R_2}{R_1} \quad , \quad V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{in} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

$V_{out}$  : Tegangan keluaran penguat inverting (volt)

$V_{in}$  : Tegangan masukan penguat inerting (volt)

$I$  : Arus (ampere)

$R$  : Resistansi (ohm)

### 2.3.2 Komparator

Penguat operasional dapat juga digunakan sebagai pembanding (*Comparator*) dan bisa dipakai untuk pembanding tegangan ac ataupun tegangan dc. Fungsi dari komparator tegangan adalah untuk membandingkan antara tegangan positif dan tegangan negatif pada terminal penguat operasional. Masukannya berupa sinyal analog *variable* karena dapat dikatakan sebagai nilai yang kontinyu. Sedangkan perolehan keluaran dari komparator adalah bilangan biner *variable* karena dapat dikatakan hanya satu atau dua nilai saja,  $V_{out}$  *low* atau  $V_{out}$  *high*. Dapat dikatakan bahwa komparator sebagai konverter analog ke digital 1 bit.

Untuk mendapatkan tegangan referensi yang mengikuti masukan, digunakan pembagi tegangan  $R_1$  dan  $R_2$ .

$$V_{ref} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in} \dots\dots\dots (2.13)$$

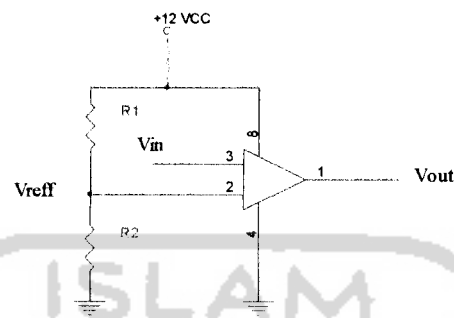
Dimana :

$V_{ref}$  : Tegangan referensi (volt)

$V_{in}$  : Tegangan masukan (volt)

Ketika  $V_{in}$  lebih besar daripada  $V_{ref}$ , tegangan masukan diferensial adalah positif dan tegangan keluaran adalah tinggi. Ketika  $V_{in}$  lebih kecil daripada  $V_{ref}$ ,

tegangan masukan differensial adalah negatif dan tegangan keluaran adalah rendah.



Gambar 2.10 Rangkaian komparator

#### 2.4 Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler adalah suatu Central Processing Unit (CPU) yang disertai dengan memori serta sarana input/output dan dibuat dalam bentuk chip. CPU ini terdiri dari dua bagian yaitu yang pertama adalah unit pengendali dan yang kedua adalah unit aritmatika dan logika.

Unit pengendali berfungsi untuk mengambil instruksi-instruksi yang tersimpan dalam memori, memberi kode instruksi-instruksi tersebut dan melaksanakannya. Unit pengendali menghasilkan sinyal pengendali yang berfungsi untuk menyamakan operasi serta mengatur aliran informasi. Sedangkan unit aritmatika dan logika berfungsi untuk melakukan proses-proses perhitungan yang diperlukan selama suatu program dijalankan.

Mikrokontroler AT89S51 merupakan keluarga mikrokontroler 8 bit yang mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler keluarga 8051 yang merupakan suatu standar industri.

### 2.4.1 Konfigurasi pin-pin mikrokontroler AT89S51

Konfigurasi pin-pin mikrokontroler AT89S51 diperlihatkan dalam gambar 2.11 yang dijelaskan lebih rinci sebagai berikut :

- a. Pin 1-8 (*Port 1*), merupakan port paralel 8 bit dua arah yang telah dilengkapi dengan rangkaian *pull-up*. LSB (*Low Significant Bit*) terletak pada kaki 1 dan MSB (*Most Significant Bit*) terletak pada kaki 8.
- b. Pin 9 (*reset*), merupakan pin yang digunakan sebagai *reset* (aktif tinggi).
- c. Pin 10-17 (*port 3*), merupakan port paralel 8 bit dua arah yang telah dilengkapi dengan rangkaian *pull-up*. LSB terletak pada kaki 10 dan MSB terletak pada kaki 17. Port 3 juga mempunyai beberapa fungsi khusus meliputi:

RxD (P3.0)	: Digunakan untuk Serial Input port
TxD (P3.1)	: Serial Output Port
INT0 (P3.2)	: External Interrupt
INT1 (P3.3)	: External Interrupt
T0 (P3.4)	: Timer 0 external input
T1 (P3.5)	: Timer 1 external input
WR (P3.6)	: External data memory <i>write strobe</i>
RD (P3.7)	: External data memory <i>read strobe</i>



(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) 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)
(MOS) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/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 2.11 Konfigurasi pin AT89S51

- d. Pin 18 (XTAL1), merupakan pin masukan ke rangkaian osilator internal.
- e. Pin 19 (XTAL2), merupakan pin keluaran ke rangkaian osilator internal.
- f. Pin 20 (ground), pin ini dihubungkan ke *ground*.
- g. Pin 21-28 (Port2), merupakan port paralel 8 bit dua arah yang telah dilengkapi dengan rangkaian pull-up. LSB (*Low Significant Bit*) terletak pada kaki 21 dan MSB (*Most Significant Bit*) terletak pada kaki 28.
- h. Pin 29 (*Program Store Enable*), PSEN merupakan sinyal kontrol yang mengizinkan program memori eksternal untuk masuk ke bus selama proses pengambilan/pemberian instruksi (*fetching*).

- i. Pin 30 (*Address Latch Enable*), ALE digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.
- j. Pin 31 (EA), logika tinggi pada pin ini akan membuat mikrokontroler melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM, sedangkan logika rendah akan membuat mikrokontroler melaksanakan instruksi dari program eksternal.
- k. Pin 32-39 (Port 0), Port 0 adalah port paralel 8 bit dua arah yang belum dilengkapi dengan rangkaian *pull-up*, maka port 0 akan menjadi rangkaian terbuka.
- l. Pin 40 (VCC), pin ini dihubungkan ke tegangan 5V (VCC).

## 2.5 Penampil LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu display dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. LCD yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah LCD M1632 dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah yang dilengkapi dengan mikrokontroler HD44780U buatan Hitachi.

LCD M1632 memiliki tiga memori, yaitu DDRAM (*Display Data Random Access Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*), dan CGROM (*Character Generator Read Only Memory*). Bentuk fisik dari LCD M1632 ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Bentuk fisik LCD M1632

### 2.5.1 DDRAM (*Display Data Random Access Memory*)

DDRAM merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berbeda. Contoh, untuk karakter 'A' ditulis pada alamat 00, maka karakter tersebut akan tampil pada baris pertama dan kolom pertama dari LCD. Apabila karakter tersebut ditulis pada alamat 40, maka karakter tersebut akan tampil pada baris kedua kolom pertama dari LCD. Lihat gambar 2.13.

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Gambar 2.13 Alamat DDRAM M1632

### 2.5.2 CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*)

CGRAM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan, tetapi memori ini akan hilang saat catu daya dimatikan, sehingga pola karakter akan hilang.

### 2.5.3 CGROM (*Character Generator Read Only memory*)

CGROM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter (kode ASCII) dimana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari

HD44780U sehingga pengguna tidak dapat mengubah lagi. Tetapi karena ROM bersifat permanen, maka pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun catu daya dimatikan.

Sebagai contoh pada saat HD44780U akan menampilkan data 41H yang tersimpan pada DDRAM, maka HD44780U akan mengambil data dialamat 41H (01000001b) yang ada pada CGROM yaitu pola karakter 'A'.

	D800	D001	D010	D011	D100	D101	D110	D111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CC	▶	0	Q	P	`	P	6	α	∏	°	À	Á	Â	Ã	ä
xxxx0001	(2)	◀	!	1	A	Q	a	q	À	J	i	±	À	Ñ	ã	ñ
xxxx0010	(3)	“	”	2	B	R	b	r	Ж	Г	ç	²	ã	ö	ä	õ
xxxx0011	(4)	”	#	3	C	S	c	s	Э	π	€	³	ã	ö	ä	õ
xxxx0100	(5)	⌘	\$	4	D	T	d	t	Н	Σ	×	₣	ä	ö	ä	õ
xxxx0101	(6)	⌘	%	5	E	U	e	u	Њ	σ	¥	μ	ä	ö	ä	õ
xxxx0110	(7)	●	&	6	F	U	f	u	Ј	Ј	ı	₯	ä	ö	ä	õ
xxxx0111	(8)	⌘	'	7	G	W	w	π	τ	§	•	ç	×	ç	÷	
xxxx1000	(1)	↑	(	8	H	X	h	x	У	†	‡	ω	è	é	ê	ë
xxxx1001	(2)	↓	)	9	I	Y	i	y	Ч	В	В	¹	é	ü	ë	ü
xxxx1010	(3)	→	*	:	J	Z	j	z	Ч	Ω	Ω	º	é	ü	ë	ü
xxxx1011	(4)	←	+	:	K	[	k	[	Ш	δ	⊗	⊗	é	ü	ë	ü
xxxx1100	(5)	↵	,	<	L	\	l	\	Ш	⊗	⊗	⊗	ı	ü	ü	ü
xxxx1101	(6)	>	-	=	M	]	m	]	б	⊗	⊗	⊗	ı	ü	ü	ü
xxxx1110	(7)	⌘	.	>	N	^	n	~	б	ε	⊗	⊗	ı	ü	ü	ü
xxxx1111	(8)	⌘	/	?	0	_	o	0	б	⊗	⊗	⊗	ı	ü	ü	ü

Gambar 2.14 Pola karakter CGROM

#### 2.5.4 Konfigurasi PIN

LCD M1632 memiliki 16 PIN dengan fungsi yang berbeda-beda. Terdapat 3 PIN sebagai bit kontrol yaitu E sebagai input *clock*, R/W sebagai input untuk memilih *read* atau *write* dari RS sebagai *register select*, 8 PIN sebagai bit

data yaitu DB0 sampai DB7 dan dua pin lainnya adalah VCC dan *Ground*.

Konfigurasi pin LCD M1632 ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konfigurasi pin LCD M1632

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

### 2.5.5 Register

HD44780U mempunyai dua buah register yang aksesnya diatur dengan menggunakan kaki RS. Pada saat RS berlogika '0', maka register yang akan diakses adalah register perintah dan pada saat RS berlogika 1, maka register yang diakses adalah Register data.

### 2.5.6 Register perintah

Register ini adalah register dimana perintah dari mikrokontroler ke HD44780U pada saat proses penulisan data atau tempat status dari HD44780U dapat dibaca pada saat pembacaan data.

### 2.5.7 Register data

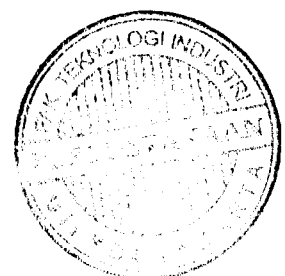
Register ini adalah register dimana perintah mikrokontroler dapat menuliskan atau membaca data ke atau dari DDRAM. Penulisan data pada register ini akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

### 2.5.8 Penulisan data ke register perintah dan register Data

Penulisan data ke register perintah dilakukan dengan tujuan mengatur tampilan LCD, inisialisasi dan mengatur *Address Counter* ataupun *Address Data*. Kondisi RS berlogika 0 menunjukkan akses data ke register perintah. RW berlogika 0 yang menunjukkan proses penulisan data. Sedangkan penulisan data pada register data dilakukan untuk mengirimkan data yang akan ditampilkan pada LCD. Proses diawali dengan adanya logika 1 pada RS yang menunjukkan akses ke register data, kondisi R/W diatur pada logika 0 yang menunjukkan proses penulisan data. Pengiriman data dari data Bus DB0 – DB7 diawali dengan pemberian pulsa logika 1 pada E *clock*. Dan akhiri dengan pulsa logika 0 pada E *clock*.

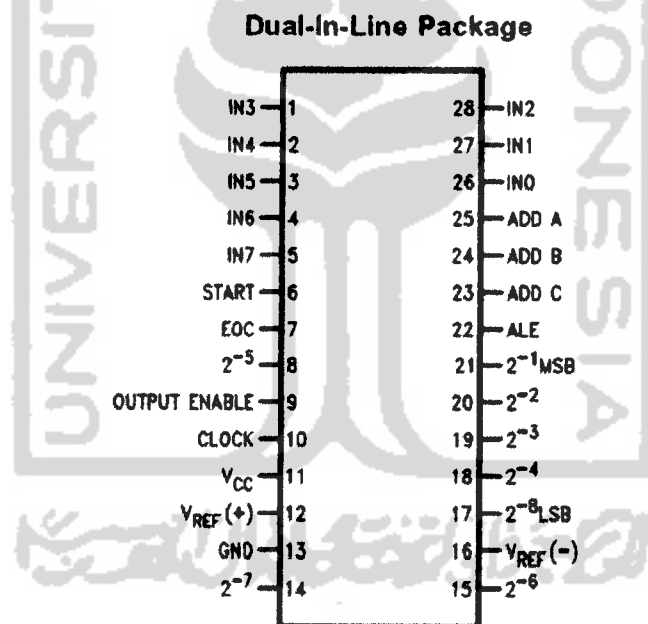
## 2.6 Analog to Digital Converter (ADC)

ADC0808 adalah IC pengubah tegangan analog menjadi digital dengan masukan berupa 8 kanal input yang dapat dipilih. ADC ini mempunyai ketelitian sebesar  $\pm \frac{1}{2}$  bit LSB. ADC0808 melakukan konversi tegangan analog ke digital dengan menggunakan metode SAR (*Successive Approximation Register*) dengan resolusi 8 bit dan waktu konversi 100  $\mu$ S.



Fitur komponen ADC0808 :

1. Sesuai untuk semua jenis mikroprosesor atau dapat berdiri sendiri sebagai suatu fungsi pengubah analog ke digital.
2. Input berupa tegangan analog.
3. Mempunyai *clock generator* tersendiri.
4. Input tegangan berkisar antara 0 – 5V dengan catu daya 5V.
5. Dapat dioperasikan dengan tegangan masukan  $5V_{DC}$ ,  $2,5V_{DC}$ , atau sesuai dengan tegangan referensi yang diharapkan.



Gambar 2.15 Konfigurasi Kaki ADC 0808

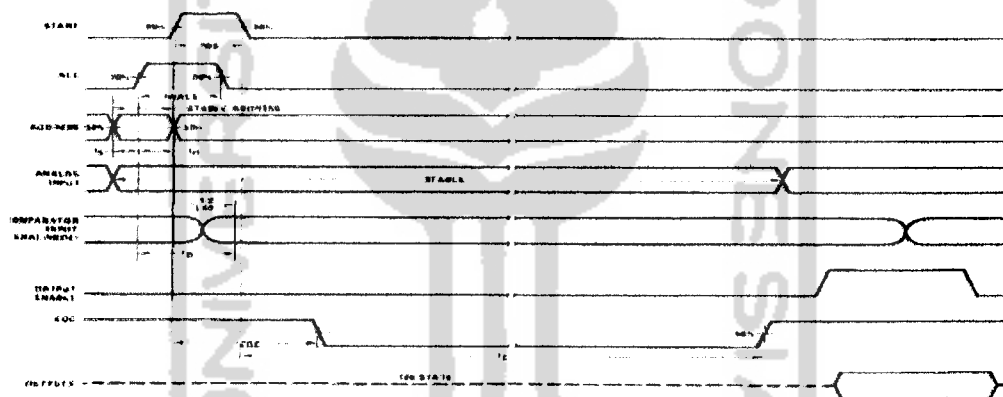
### 2.6.1 Pemilihan kanal input ADC0808

ADC0808 mempunyai 8 buah kanal input yang diatur oleh kaki A0, A1 dan A2 sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 2.2 Kanal Input ADC 0808

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	A2	A1	A0
IN1	L	L	L
IN2	L	L	H
IN3	L	H	L
IN4	L	H	H
IN5	H	L	L
IN6	H	L	H
IN7	H	H	L
IN8	H	H	H

### 2.6.2 Proses konversi ADC0808



Gambar 2.16 Timing Diagram ADC0808

Pada gambar 2.16, tampak proses konversi mulai terjadi saat sinyal ALE dan Start muncul. Sinyal analog di kanal sesuai yang ditunjuk berdasarkan kaki A0, A1 dan A2 akan dikonversi menjadi digital. Akhir proses konversi terjadi dengan adanya perubahan dari logika 0 ke logika 1 pada kaki EOC. Data hasil konversi akan muncul di Data Bus (D0... D7) saat sinyal OE berlogika 1 muncul.

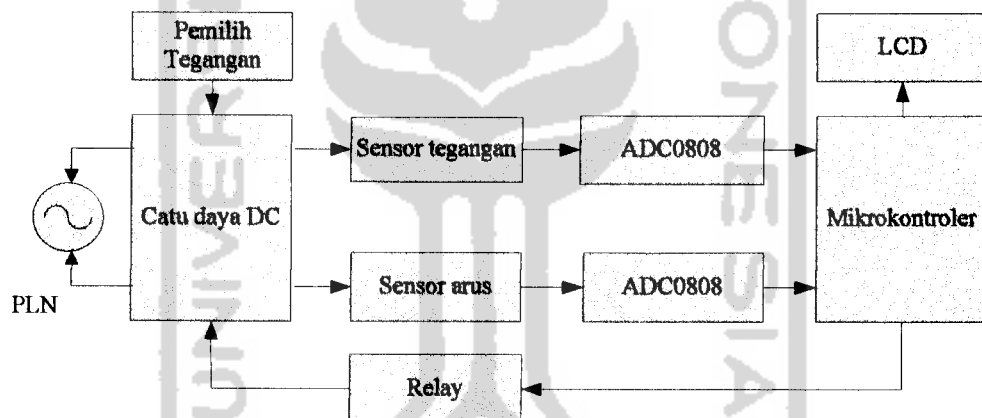


## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Diagram blok sistem

Perangkat keras yang akan dibangun adalah suatu alat penyedia daya dc berbasis mikrokontroler dengan penampil LCD. Input sistem ini berupa sensor arus dan sensor tegangan. Sebagai pengolah digunakan mikrokontroler AT89S51 sedangkan untuk penampil digunakan LCD 2 x 16 karakter. Diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar 3.1.



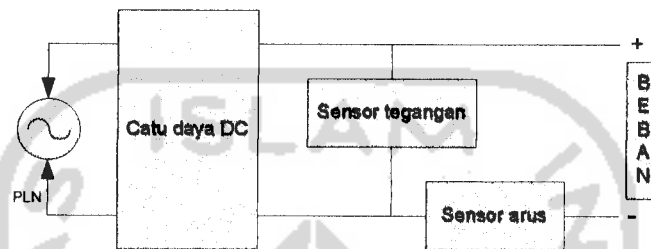
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Sistem yang dibangun dapat mengatur besar kecilnya tegangan keluaran mulai dari 0V sampai 22V dengan arus keluaran sebesar 0-3A. Prinsip kerja dari penyedia daya DC ini ditunjukkan sebagai berikut:

Mikrokontroler AT89S51 berfungsi mengatur jalannya sistem dimana kesemua bagian saling terkait satu sama lainnya. Untuk pembacaan tegangan digunakan resistor pembagi tegangan agar didapat range skala 0-5V sebagai batas

range masukan dari ADC. Sedangkan untuk pembacaan arus menggunakan pengubah arus menjadi tegangan dan dikuatkan oleh penguat operasional.

### 3.2 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 3.2 Diagram Blok

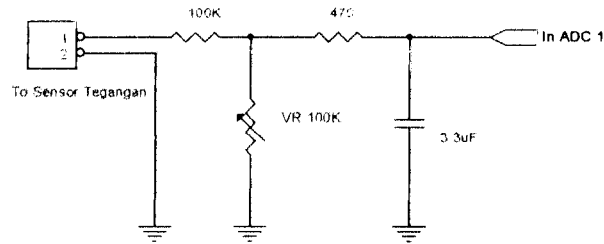
#### 3.2.1 Sensor tegangan

Seperi yang telah dibahas sebelumnya rangkaian sensor tegangan adalah menggunakan rangkaian resistor pembagi tegangan. Tegangan keluaran dari catu daya 0-22V, diubah menjadi skala 0-5V, karena input maksimal ADC adalah 5V. persamaan pembagi tegangan :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} \times V_{in} \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

Untuk menstabilkan tegangan dari sensor dipasang sebuah tapis pelolos frekuensi rendah LPF (*Low Pass Filter*), dengan persamaan:

$$f = \frac{1}{2\pi * RC} \quad \dots \dots \dots (3.2)$$



Gambar 3.3 Rangkaian Sensor Tegangan

Gambar 3.3 menunjukkan rangkaian pembagi tegangan dengan  $R_1 = 100K$  dan  $R_2 = VR = 100K$ , pemakaian VR sebesar 100K berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran sensor agar maksimal 5V.

$$V_{out \text{ sensor}} = 0 - 5V$$

$$V_{out \text{ catu daya}} = 0 - 22V$$

Dengan persamaan (3.1) dapat dihitung besarnya VR sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} \times V_{in} \text{ dimana } R_1 = 100K, V_{in} = 22V \text{ dan } V_{out} = 5V, \text{ maka}$$

besarnya  $R_2$  adalah :

$$5V = \frac{R_2}{100K} \cdot 22V$$

$$R_2 = \frac{100K \cdot 5V}{22V} = 22.73\Omega$$

Dari persamaan (3.2) diketahui  $f = 100Hz$  (dua kali frekuensi PLN)  $R = 470\Omega$ , maka dapat dihitung besarnya  $C$  sebagai berikut :

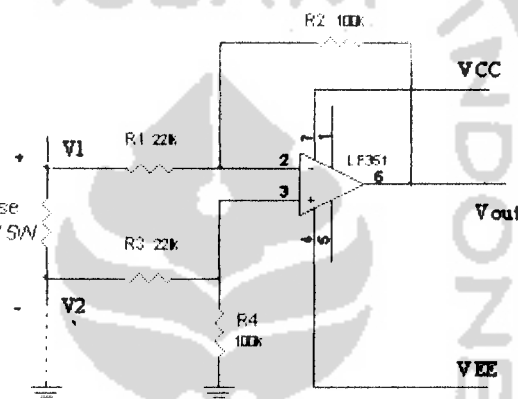
$$C = \frac{1}{2\pi f R}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 470} \quad C = 3,38\mu F \approx 3,3\mu F$$

f adalah batas maksimal frekuensi yang dapat dilewatkan filter RC menuju input ADC, jika frekuensinya lebih dari 100 Hz maka akan di tapis, hal ini bertujuan agar tegangan keluarannya stabil.

### 3.2.2 Sensor arus

Prinsip dasar sensor arus adalah menggunakan pengubah arus ke tegangan dengan menggunakan penguat beda (*differensiator*) gambar 3.4.



Gambar 3.4 Differensial amplifier

Dari gambar 3.4 tegangan  $V_{out}$  diperoleh dengan persamaan :

$$V_{out} = \left( \frac{R1 + R2}{R3 + R4} \right) \frac{R4}{R1} V2 - \frac{R2}{R1} V1 + \left( \frac{R1 + R2}{R3 + R4} \right) \frac{R3}{R1} \dots \dots \dots (3.3)$$

Jika  $R1 = R3$  dan  $R2 = R4$  maka diperoleh persamaan :

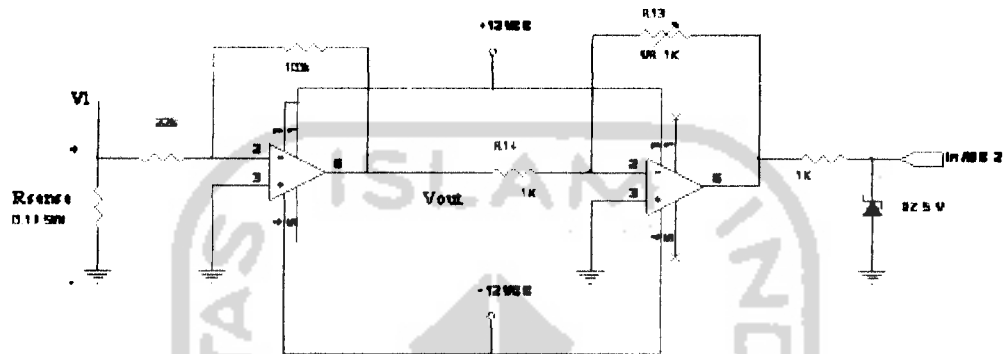
$$V_{out} = \frac{R2}{R1} (V2 - V1) \dots \dots \dots (3.4)$$

Pada gambar diagram blok (gambar 3.2) pemasangan sensor arus dibagian tegangan negatif disusun secara seri dengan beban, sehingga tegangan pada titik  $V2$  sama dengan 0V. Dengan  $V2 = 0V$  diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (0 - V_1) \dots\dots\dots (3.5)$$

Persamaan 3.5 adalah merupakan persamaan dari penguat inverting.

Desain perancangan akhir menjadi :



Gambar 3.5 Rangkaian sensor arus

Resistor 0.1Ω/5W berfungsi sebagai sensor arus, batas arus yang mengalir sebesar 0-3A, sehingga besarnya tegangan yang melalui resistor adalah 0-0,33V. Keluaran dari sensor dikuatkan oleh dua penguat inverting sebesar 15 kali penguatan, sehingga didapat keluaran 0-5V. VR 100K pada gambar 3.5 berfungsi sebagai pengatur penguatan agar keluaran maksimal 5V dengan arus maksimal masukan 3A.

Pada gambar 3.5 menunjukkan VR 20K berfungsi sebagai rangkaian *null offset* digunakan untuk menghilangkan tegangan insutan (*offset*) keluaran akibat ketidaksepadanan pada penguat masukannya.

Rangkaian penguat operasional ini menggunakan sumber tegangan simetris 12V. Dioda zener dan resistor digunakan untuk menjaga agar tegangan

keluaran penguat operasional maksimum hanya mencapai 5V sehingga ADC 0808 terlindungi dari tegangan yang berlebih.

### 3.2.3 Catu daya utama

Rangkaian catu daya utama menyediakan suplai tegangan 0 - 22V dengan arus 0 - 3A. LM7824 berfungsi sebagai penyetabil tegangan masukan dari LM317 dengan suplai 24V DC. Dengan tegangan masukan 24V maka tegangan keluaran sebesar 22V, karena LM317 memiliki drop-out tegangan 2V.

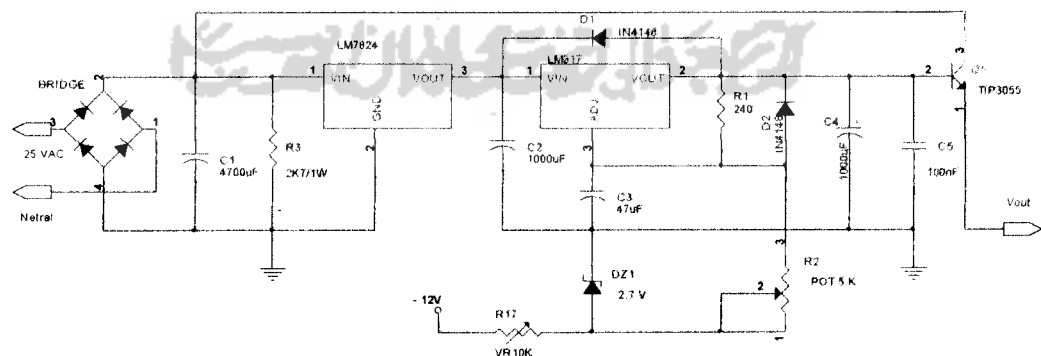
Berdasarkan persamaan 2.11 bab 2, karena Iadj terpengaruh terhadap perubahan suhu, arus beban, dan faktor lain, maka untuk perancangan awal Iadj di abaikan :

$$V_{out} = \frac{R1 + R2}{R1} V_{ref} \dots\dots\dots (3.5)$$

Jika  $V_{out} = 22V$ ,  $R1 = 250$  dan  $V_{ref} = 1,25V$  maka  $R2$  dapat dicari :

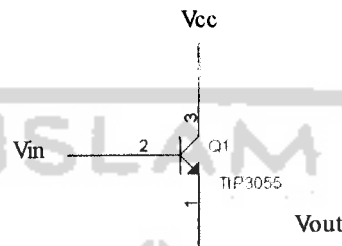
$$R2 = \frac{(V_{out} - V_{ref})R1}{V_{ref}} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$R2 = \frac{(22V - 1,25V)}{1,25V} 250, R2 = 4150\Omega = 4,15K\Omega \approx 5K\Omega$$



Gambar 3.6 Rangkaian catu daya utama

D1, D2 berfungsi sebagai pengaman terhadap C1 dan C2 saat capacitor melakukan pengosongan tegangan (*power OFF*). Dioda zener 2.7V dan VR 10K sebagai rangkaian *null offset*, berfungsi menggeser tegangan referensi 1.25V menjadi 0V. Transistor TIP3055 difungsikan sebagai penguat arus.



Gambar 3.7 Rangkaian penguat arus

Untuk menghasilkan arus keluaran sebesar 0-3A, dari gambar 3.7 diketahui bahwa :

$$I_e = I_c + I_b, \text{ karena } I_c = \beta I_b \text{ maka : } I_c = I_b (1 + \beta) \quad (3.7)$$

$$V_{out} = V_c, V_{in} = V_b, \text{ sehingga } V_{out} = V_{in} - V_{be} \quad (3.8)$$

Diketahui  $V_{in} = 0 - 22V$ ,  $I_{out} = 0 - 3A$  maka :

$$I_c = I_b (1 + \beta),$$

$$I_b = \frac{3A}{(1 + 50)} = 0.058A$$

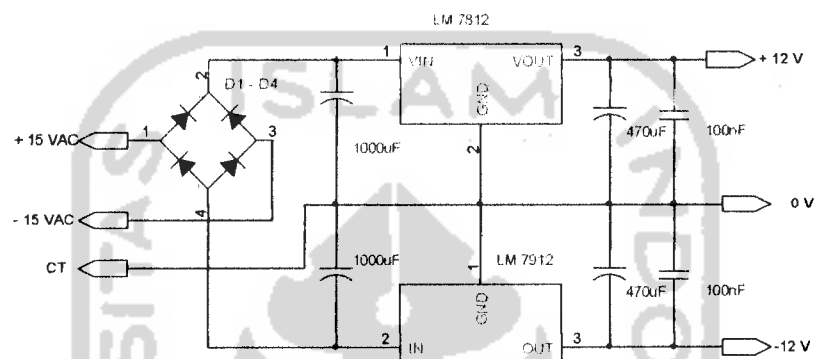
$$V_{out} = V_{in} - V_{be}$$

$$V_{out} = 22 - 0,7 = 21,3V$$

### 3.2.4 Catu daya simetris

Rangkaian catu daya simetris menggunakan tegangan +15V, 0V, -15V AC sebagai sumbernya, sumber tegangan diambil oleh transformator *stepdown* (penurun tegangan). Hasil penyearahan kemudian dikonversikan menjadi

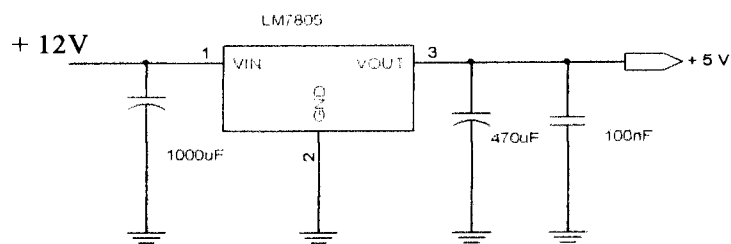
tegangan DC +12V, 0V, -12V oleh IC regulator LM7812 dan LM7912. Catu daya ini digunakan untuk mencatu rangkaian sensor arus, driver relay. Tegangan -12V untuk mencatu rangkaian catu daya utama, di aplikasikan sebagai pengeser tegangan  $V_{ref}$  1.25V menjadi 0V dengan kombinasi dioda zener dan potensiometer.



Gambar 3.8 Rangkaian catu daya simetris

### 3.2.5 Catu daya 5V

Rangkaian catu daya +5V dihasilkan dengan menambahkan IC regulator LM7805, IC mendapat masukan dari tegangan +12V berasal dari catu daya simetris. Tegangan +5V digunakan untuk mencatu sistem minimum mikrokontroler, ADC dan LCD. Berikut rangkaian catu daya +5V dengan IC LM7805 :

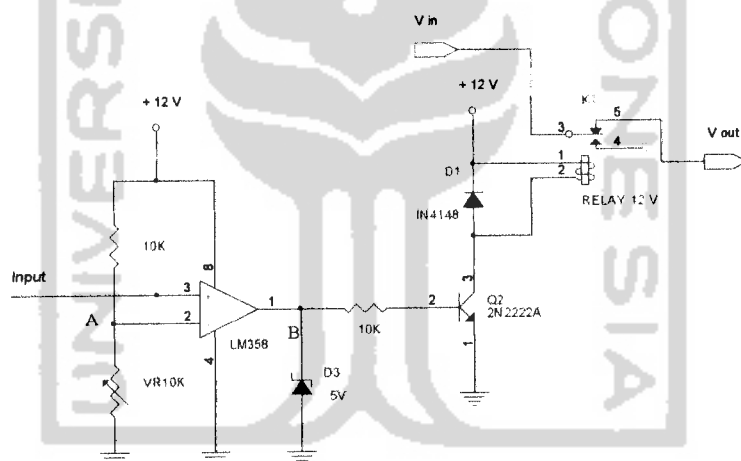


Gambar 3.9 Rangkaian catu daya +5V



### 3.2.6 Relay

Sistem kerja dari rangkaian adalah bila titik B mendapat logika tinggi (+5V) menyebabkan kolektor dan emitor terhubung singkat sehingga transistor aktif (ON), sebaliknya bila mendapat logika rendah transistor OFF (tidak ada arus yang mengalir dari kolektor menuju emitor). Saat transistor ON berarti ada aliran arus dari kolektor menuju emitor, artinya relay akan aktif dan perubahan terjadi dari kondisi NO (*Normaly Open*) menjadi NC (*Normaly Close*) dan sebaliknya dari kondisi NO (*Normaly Open*) menjadi NC (*Normaly Close*). Pada rangkaian apabila relay aktif akan memutus suplai arus beban.

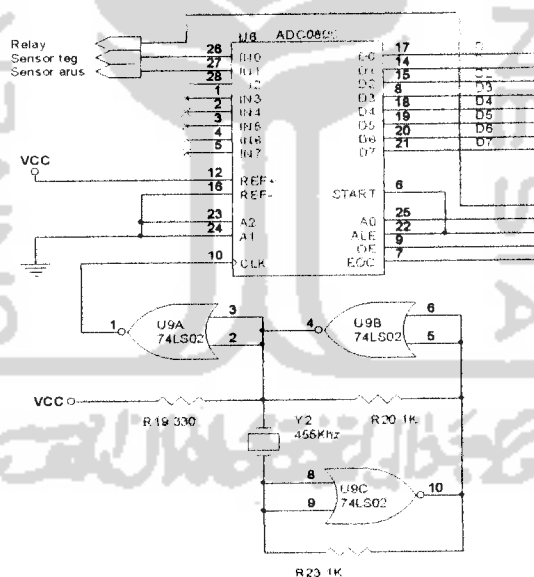


Gambar 3.10 Rangkaian relay

Logika 0 dan logika 1 didapat dari keluaran komparator LM358, dimana apabila masukan mendapat masukan lebih besar dari tegangan reverensi (titik A) maka keluaran komparator akan berlogika 1 (+5V), sebaliknya apabila tegangan masukan lebih rendah dari tegangan reverensi keluaran akan berlogika 0 (0V).

### 3.2.7 Rangkaian ADC

Mikrokontroler AT89S51 berhubungan dengan dunia luar menggunakan port I/O atau sering disebut port input output. Semua port input output yang ada dalam mikrokontroler AT89S51 hanya mendeteksi dan mengeluarkan logika *high* dan *low*. Tegangan yang dipakai pada mikrokontroler adalah level TTL. Sehingga hanya bisa membaca logika 0 atau 1, sedangkan untuk membaca tegangan diantara 0 dan 1 atau membaca ke tegangan yang lebih spesifik diperlukan suatu tambahan IC pengubah tegangan analog ke digital. Dalam perancangan ini untuk membaca tegangan output yang dikeluarkan dari sensor arus dan sensor tegangan digunakan ADC 0808. Berikut rangkaian ADC gambar 3.11.



Gambar 3.11 Rangkaian ADC

Komponen ADC 0808 adalah CMOS monolitik dengan konverter 8 bit analog ke digital, 8 kanal masukan yang dapat dipilih. ADC0808 dapat melakukan

konversi secara terkontrol (diatur oleh MCU), yaitu suatu proses konversi perubahan tegangan dari analog ke digital berdasarkan perintah mikrokontroler. Tabel 3.1 menunjukkan keadaan input untuk jalur alamat yang dipilih dari beberapa chanel.

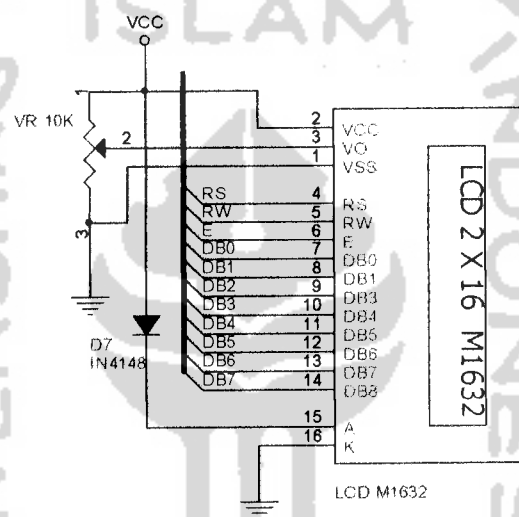
Tabel 3.1 Kombinasi pemilihan chanel input ADC

Chanel Analog yang dipilih	Jalur alamat		
	C	B	A
Terpilih			
Input 0	L	L	L
Input 1	L	L	H
Input 2	L	H	L
Input 3	L	H	H
Input 4	H	L	L
Input 5	H	L	H
Input 6	H	H	L
Input 7	H	H	H

Penyedia daya dc membutuhkan dua input chanel ADC untuk membaca arus dan tegangan. Keluaran dari sensor (arus dan tegangan) masuk ke ADC input 0 dan input 1. Untuk memilih alamat input, dimana hanya digunakan dua buah input maka hanya terjadi perubahan alamat A (000 atau 001) sehingga alamat C,B langsung diberi logika *low* pada perancangan, terlihat pada gambar 3.11. Dengan digital output proporsional to analog input (Qout) sebesar  $Q_{out} = V_{in}/V_{ref} = V_{in}/V_{cc}$ , untuk  $V_{ref}$  idealnya antara 4,75V – 5,25V. Hal ini dengan  $V_{ref} = V_{cc} = 5V$  jadi misalkan D7 sampai D0 bernilai 10000001B. maka  $V_{in} = (129/256) \times 5V = 2,52V$ .

### 3.2.8 Rangkaian LCD

Untuk menampilkan data arus dan tegangan sistem menggunakan tampilan LCD 16 x 2. LCD yang digunakan adalah M1632 buatan *Hitachi*. Untuk koneksi LCD ke mikrokontroler dibutuhkan data bus dan kontrol RS, RW, dan E. Untuk data bus digunakan P1, sedangkan untuk RS = P3.0, RW= P3.1, dan E= P3.2. Rangkaian LCD dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Rangkaian LCD

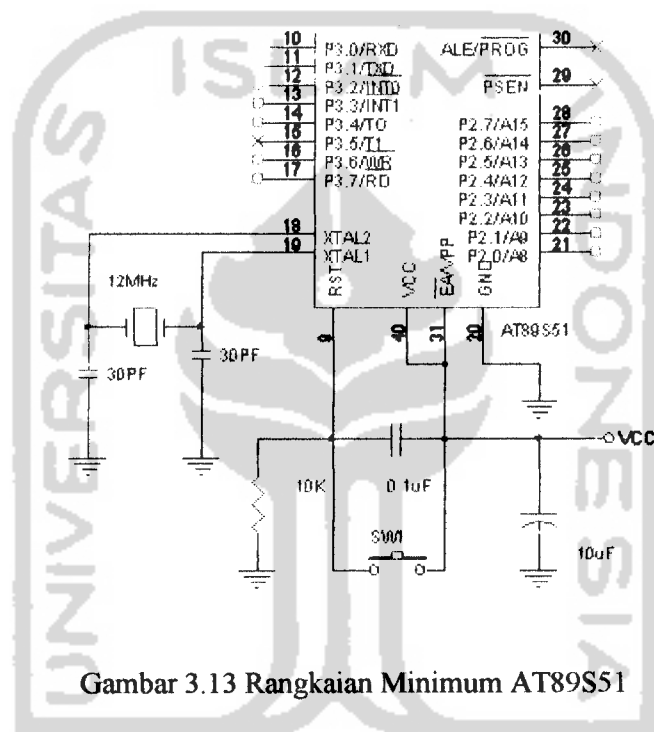
### 3.2.9 Mikrokontroler AT89S51

#### 3.2.9.1 Osilator

Pada rangkaian osilator ini digunakan kristal 12 MHz seperti ditunjukkan gambar 3.13. Menurut *datasheet* kristal yang bisa digunakan untuk mikrokontroler AT89S51 adalah 0 – 24 MHz dan dua kapasitor  $30 \pm 10$  pF.

### 3.2.9.2 Reset

Rangkaian *reset* digunakan untuk menghentikan kerja mikrokontroler dengan kembali ke alamat 0000/reset. Rangkaian *reset* dapat dilihat pada gambar 3.13. Untuk mereset mikrokontroler AT89S51 yaitu dengan memberikan logika tinggi pada pin reset (pin 9) mikrokontroler AT89S51.



Gambar 3.13 Rangkaian Minimum AT89S51

### 3.3 Perancangan perangkat lunak

Agar sistem bekerja dengan sebagaimana mestinya, maka diperlukan perangkat lunak yang mengatur kerja dari keseluruhan rangkaian. Pertama-tama yang dibuat adalah diagram alir (*Flowchart*) dan kemudian dilakukan pembuatan program. Pembuatan program ditulis dengan bahasa mesin (*assembly*) mikrokontroler AT89S51, dan program tersebut disimpan dalam memori flash.

Pada mikrokontroler AT89S51 terdapat memori program sebesar 4 kbyte flash dan memori data 128 byte RAM.

Urutan langkah-langkah jalannya program :

1. Inisialisasi mikrokontroller
2. Inisialisasi LCD
3. Konversi tegangan menjadi data digital pada ADC0808
4. Konversi data digital menjadi data arus dan tegangan
5. Menampilkan data arus dan tegangan pada LCD

### 3.3.1 Program inisialisasi mikrokontroler AT89S51

Berikut ini listing program inisialisasi mikrokontroler AT89S51

```

;##### inisialisasi bit mikrokontroler #####
    rs      bit      p1.0
    rw      bit      p1.1
    e       bit      p1.2

    eoc     bit      p3.2
    ale     bit      p3.3
    oe      bit      p3.4
    a00     bit      p3.5

```

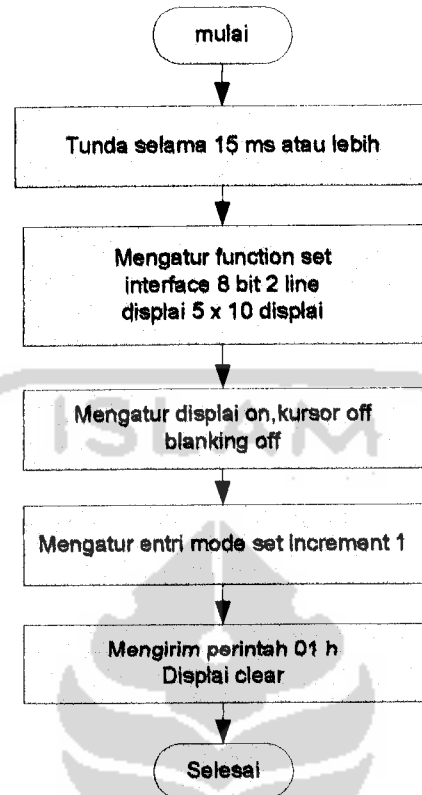
### 3.3.2 Program inisialisasi LCD

Program inisialisai LCD digunakan untuk pengaturan kerja LCD.

Inisialisasi yang dilakukan meliputi :

- a. Interface yang digunakan berupa 8 bit
- b. Resolusi 5 x 8 dot
- c. Menggunakan 2 line display
- d. Metode penampilannya naik sekali (*increment*)

Diagram alir inisialisasi LCD dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Diagram alir inisialisasi LCD

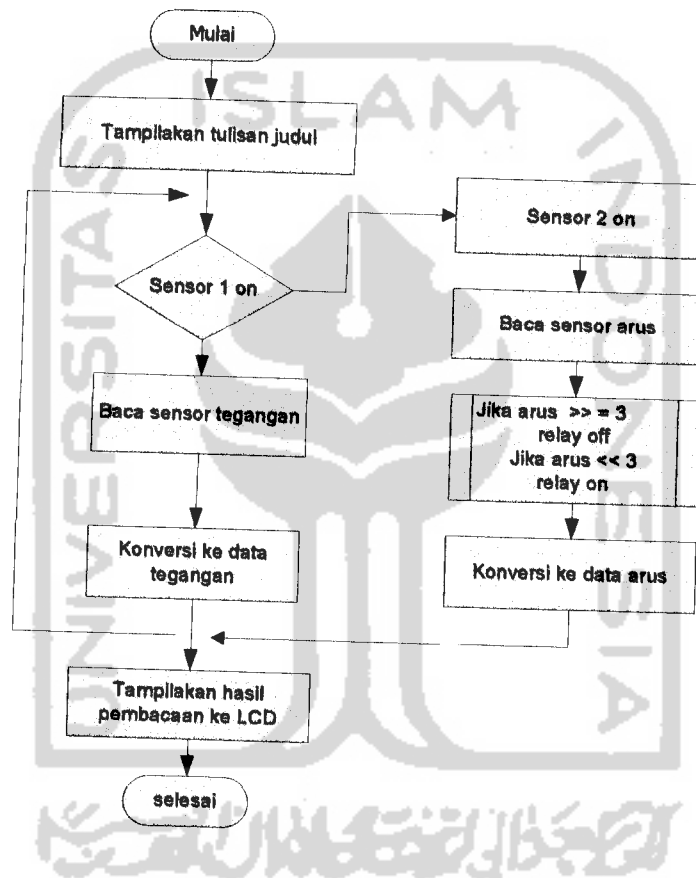
Berikut ini listing program inisialisasi LCD

```

init_lcd:
    acall tunda2
    clr    rs
    mov   a,#38h    ;function set38H
    acall tulis
    mov   a,#08H    ;8 bit, kursor & blanking off
    acall tulis
    mov   a,#0cH
    acall tulis
    mov   a,#02h
    mov   a,#06h
    acall tulis
    acall tunda2
    acall clear
    ret
  
```

### 3.3.3 Program utama

Setelah inisialisasi mikrokontroler dan LCD maka dijalankan program utama. Pada program utama dilakukan pembacaan data dari ADC 0808. Pembacaan ADC 0808 ada di subrutin baca ADC. Hasil pembacaan data dari ADC 0808 kemudian dikonversi ke arus dan tegangan.



Gambar 3.15 Diagram alir program utama

Listing program program utama adalah sebagai berikut :

```

ulang: clr     a00                ;memilih in0 untuk data tegangan
        acall  tunda
        acall  bac_adc
        mov   dptr, #tabelvol
        movc  a, @a+dptr
        mov   11h, a
  
```



```

clr    rs
mov    a,#083h
acall  tulis
setb   rs
acall  konversi
setb   a00           ;memilih in1 untuk data arus
acall  tunda
acall  bac_adc
mov    dptr,#tabel_arus
movc   a,@a+dptr
mov    11h,a
mov    dptr,#konv
movc   a,@a+dptr
mov    12h,a
clr    rs
mov    a,#0c3h
acall  tulis
setb   rs
acall  konversi
acall  load           ;Subrutin program pembatas 3 Ampere
clr    a00           ;memilih in0 untuk data tegangan
acall  tunda
acall  bac_adc
mov    dptr,#tabelvoll
movc   a,@a+dptr
mov    11h,a
clr    rs
mov    a,#086h
acall  tulis
setb   rs
acall  konversi
setb   a00           ;memilih in1 untuk data arus
acall  tunda
acall  bac_adc
mov    dptr,#tabel_arus1
movc   a,@a+dptr
mov    11h,a
clr    rs
mov    a,#0c6h
acall  tulis
setb   rs
acall  konversi
ajmp  ulang

```

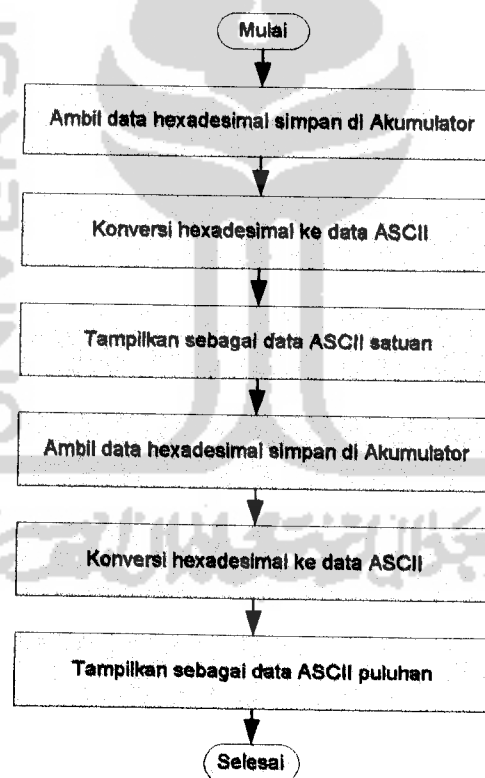
### 3.3.4 Program konversi data hexadesimal ke data ASCII

Proses konversi mengacu gambar 2.14 pada bab 2, yaitu pola karakter CGROM yang merupakan pola karakter dari kode ASCII, dimana angka desimal 0-9 dalam kode ASCII menjadi 0011 0000b – 0011 1001b (30h-39h).

Tabel 3.2 Konversi data hexa ke data ASCII

Data hexadesimal	Data ASCII	Keterangan
0	0011 0000	-
1	0011 0001	-
2	0011 0010	-
3	0011 0011	-
4	0011 0100	-
5	0011 0101	-
6	0011 0110	-
7	0011 0111	-
8	0011 1000	-
9	0011 1001	-
A,B,C,D,E,F	-	Tidak digunakan

Berikut diagram alir konversi hexadesimal ke data ASCII :



Gambar 3.16 Diagram alir konversi data hexa ke data ASCII

konversi:

```

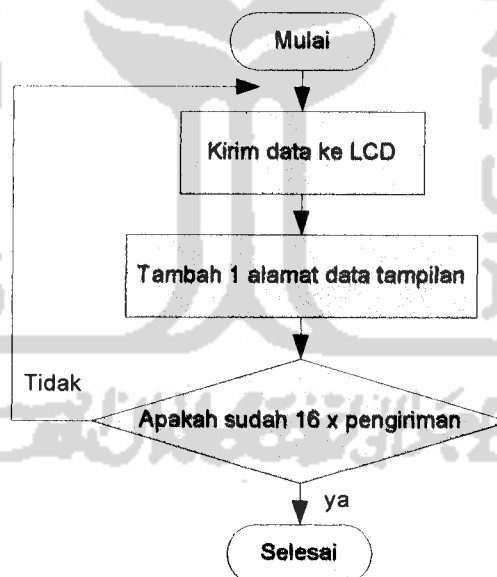
mov    a,11h
anl    a,#0f0h
swap   a
add    a,#30h
acall  tulis ;menampilkan ASCII satuan ke lcd
mov    a,11h
anl    a,#0fh
add    a,#30h
acall  tulis ;menampilkan ASCII puluhan ke lcd
ret

```

### 3.3.5 Program menampilkan data ke LCD

Program menampilkan data ke LCD digunakan untuk menampilkan tulisan judul. Selain untuk menampilkan tulisan judul juga digunakan untuk menampilkan tampilan dasar berupa arus dan tegangan. Pengiriman dilakukan langsung 16 data tampilan.

Diagram alir menampilkan data ke LCD ditunjukkan pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Diagram alir penampilan data ke LCD

Barikut ini listing program untuk menampilkan data di LCD

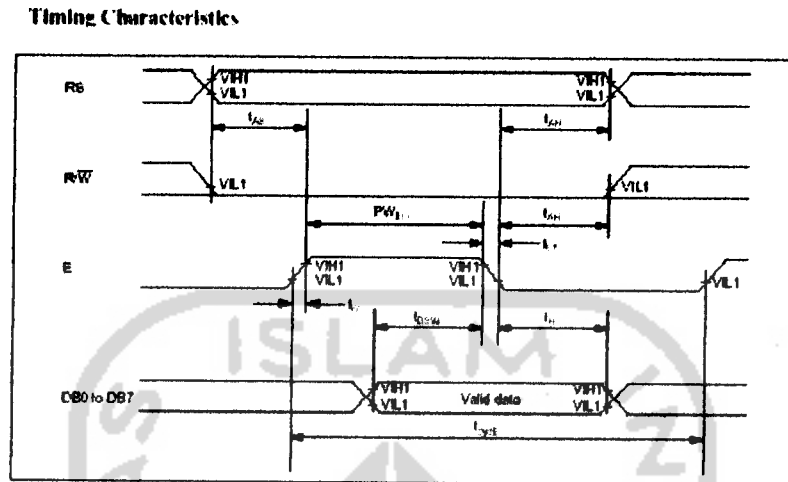
```

##### subrutin menampilkan ke LCD #####
tampil1:
    clr    rs
    mov    a,#080H    ;mengirim data ke lcd line1
    sjmp   sada
tampil2:
    clr    rs
    mov    a,#0c0H    ;mengirim data ke lcd line2
sada:
    acall  tulis
    mov    r6,#16     ;banyaknya jumlah karakter
lanjut:
    clr    a
    movc   a,@a+dptr
    setb   rs
    acall  tulis
    inc    dptr
    djnz   r6,lanjut
    ret
tampil12:clr    rs
    mov    a,#80H
    acall  tulis
    mov    r6,#16
ayo:
    clr    a
    movc   a,@a+dptr
    setb   rs
    acall  tulis
    inc    dptr
    acall  tunda2
    djnz   r6,ayo
    acall  tulis
    ret
tampil13:clr    rs
    mov    A,#0c0H
    acall  tulis
    mov    r6,#16
ayol:
    clr    a
    movc   a,@a+dptr
    setb   rs
    acall  tulis
    inc    dptr    ;dptr+1
    acall  tunda2
    djnz   r6,ayol
    acall  tulis
    ret

```

### 3.3.6 Subrutin mengirim data ke LCD

Timing diagram pengiriman data ke LCD dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Timing diagram penulisan ke LCD

```

##### Subrutin menulis ke LCD #####
tulis:  clr    rw
        setb   e        ;memberi pulsa positif sesaat pada kaki e
        mov    p1,a
        acall  tunda
        clr    e        ;memberi pulsa negative sesaat pada kaki e
        ret

```

### 3.3.7 Subrutin Tunda

Subrutin tunda berisi program tunda. Waktu yang dihasilkan dalam program tunda ini tidak begitu diperhitungkan dalam ketepatannya. Program tunda digunakan pada inialisasi LCD maupun program utama. Diagram alir subrutin tunda dapat dilihat pada gambar 3.19.

### 3.3.8 Subrutin Program membaca data dari ADC 0808

Untuk dapat mengakses ADC 0808 maka hal yang pertama dilakukan dalam mengambil data dari ADC 0808 adalah memilih chanel yang dipakai. Setelah dilakukan pemilihan chanel yang dilakukan berikutnya adalah memberikan sinyal logika high beberapa saat pada kaki ale dan start ADC 0808. selanjutnya dengan memberi logika low dikaki enable dan menunggu kaki output menjadi logika high. Ketika output enable berubah jadi high berarti data siap diambil dari kaki D7 sampai D0. Berikut ini listing program untuk mengakses ADC 0808.

```
##### Subrutin baca ADC #####
bac_adc:
    setb    ale        ;memberi logika 1 sesaat pin ale
    nop
    clr     ale        ;memberi logika 0 sesaat pin ale
    setb    eoc
    jb     eoc,$      ;menunggu sampai eoc berlogika 1
    acall   tunda     ;memanggil subrutin tunda
    setb    oe
    mov     P2,#0ffH
    mov     a,p2
    clr     oe
    ret
```

**BAB IV**  
**PENGUJIAN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan spesifikasi sistem yang telah dijelaskan sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengujian apakah sistem yang diimplementasikan telah memenuhi spesifikasi yang telah direncanakan. Hasil pengujian akan dimanfaatkan untuk menyempurnakan kinerja sistem dan sekaligus digunakan dalam pengembangan lebih lanjut.

**4.1 Konversi ADC (*Analog to Digital Converter*)**

Lebar satu undak (*step*) didefinisikan sebagai 1 LSB (*Least Significant Bit*). Resolusi ADC selalu dinyatakan dalam jumlah bit-bit dalam kode keluaran digitalnya. Untuk ADC 0808 memiliki resolusi 8-bit, ini berarti ADC memiliki  $2^8$  tingkat undak (*step level*). Resolusi ADC sebesar 1LSB, dimana 1LSB adalah rentang skala-penuh (FSR, *full-scale range*) dibagi dalam  $(2^n-1)$  lebar undak.

$$\text{Resolusi ADC} = 1\text{LSB} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$1\text{LSB} = \frac{\text{FSR}}{2^n - 1} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$V_{out} = \text{ADC} * 1\text{LSB} \dots\dots\dots (4.3)$$

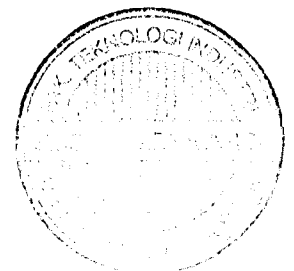
Dimana :

1LSB : Lebar satu undak (*step*)

FSR : Rentang skala penuh

n : Resolusi ADC (n-bit)

Vout : Tegangan keluaran ADC (volt)



#### 4.1.1 Konversi data ADC ke tegangan

Pada bab perancangan diketahui bahwa tegangan keluaran catu daya dc 0 – 22V, maka diperoleh rentang skala-penuh (FSR, *full-scale range*) sebesar 0 – 22. Dengan menggunakan persamaan 4.2 dan Persamaan 4.3 proses konversi ADC menjadi tegangan adalah sebagai berikut :

$$1LSB = \frac{22}{2^8 - 1} = 0,086274509$$

$$V_{out} = ADC * 0,086274509$$

Dari hasil perhitungan diperoleh data ADC untuk data tegangan dengan 256 perubahan, data lengkap terlampir pada laporan.

#### 4.1.2 Konversi data ADC ke arus

Pada bab perancangan arus keluaran 0-3 Ampere, maka rentang skala-penuh (FSR, *full-scale range*) sebesar 0-3. Dengan menggunakan persamaan 4.2 dan Persamaan 4.3 proses konversi ADC menjadi arus sebagai berikut :

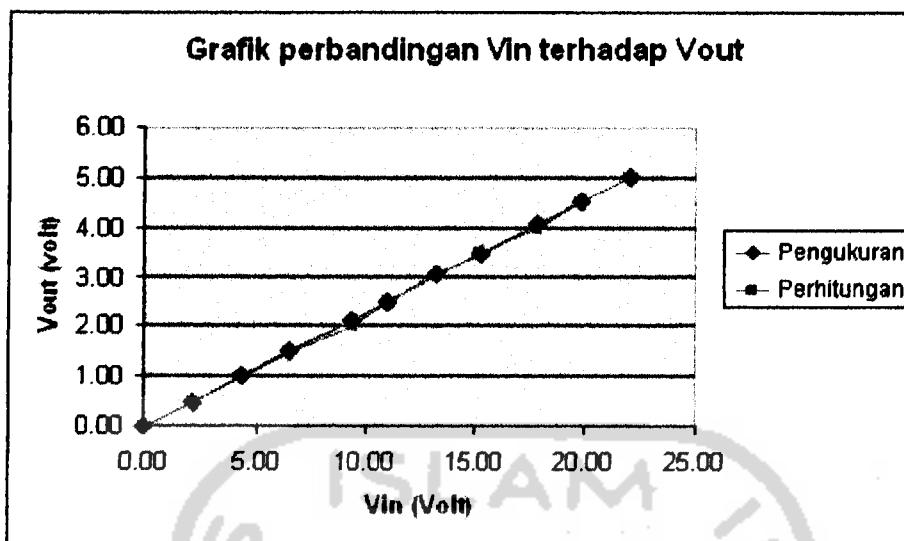
$$1LSB = \frac{3}{2^8 - 1} = 0,011764705$$

$$I_{out} = ADC * 0,011764705$$

Dari hasil perhitungan diperoleh data ADC untuk data arus dengan 256 perubahan, data lengkap terlampir pada laporan.

Hasil dari data konversi untuk tabel arus dan tegangan sudah berupa data arus dan tegangan, namun data yang dihasilkan masih dalam bentuk heksadesimal sehingga tidak dapat langsung ditampilkan ke LCD, data tersebut harus dikonversi lagi ke kode ASCII agar bisa ditampilkan ke LCD.





Gambar 4.1 Grafik pengukuran input sensor terhadap output sensor

#### 4.2.2 Pengujian sensor arus

Pada bab perancangan dijelaskan bahwa sensor arus menggunakan rangkaian pengubah arus ke tegangan dengan menggunakan penguat beda (*differensiator*). Pengubah arus ke tegangan menggunakan  $R_{sense}$  (Resistor seri terhadap beban) dengan resistansi rendah, dimana pada perancangan menggunakan  $0.11\Omega/5W$ . Dengan prinsip dasar hukum kirchoff arus, menyatakan bahwa arus yang mengalir menuju titik percabangan sama dengan arus yang keluar menuju titik percabangan.

$$I_1 = I_2 \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

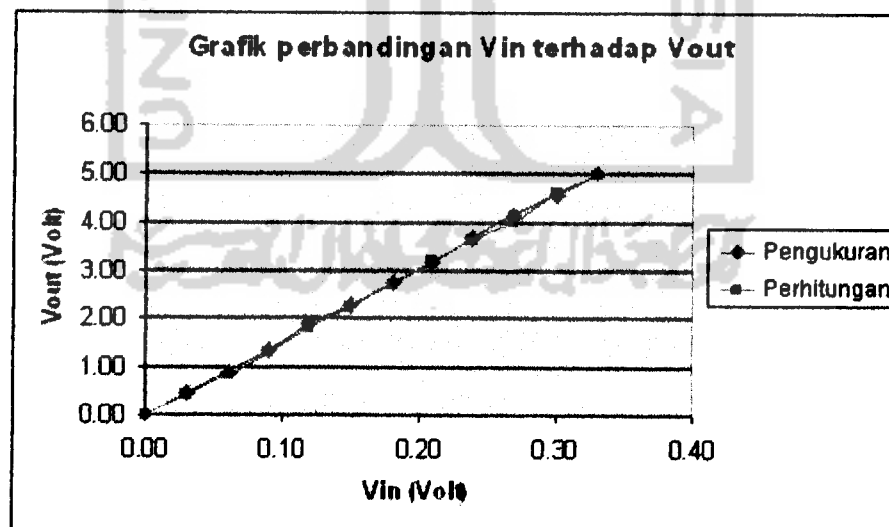
Pada persamaan penguat beda (*differensiator*) pada bab3 diketahui bahwa  $V_1$  dan  $V_2$  adalah tegangan dikedua ujung  $R_{sense}$ , karena pemasangan sensor arus dipasang pada sisi negatif maka teganan  $V_2 = 0V$  (terhubung ke gound),

sehingga penguat beda dapat digantikan dengan penguat *inverting*. Hasil pengukuran sensor arus sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil pengukuran rangkaian sensor arus

No	Input Sensor (Volt)	Output Sensor (Volt)	Output Sensor dalam perhitungan (Volt)
1	0,00	0.00	0.00
2	0,03	0.45	0.40
3	0,06	0.91	0.82
4	0,09	1.36	1.30
5	0,12	1.88	1.78
6	0,15	2.27	2.24
7	0,18	2.73	2.70
8	0,21	3.18	3.20
9	0,24	3.64	3.60
10	0,27	4.15	4.00
11	0,30	4.55	4.57
12	0,33	5.00	4.96

Dari hasil pengujian keluaran penguat op-amp maka dapat disimpulkan bahwa penguatan total sebesar 15 kali untuk menghasilkan tegangan 5V.



Gambar 4.2 Grafik pengukuran input sensor terhadap output sensor



Gambar 4.3 Beban lampu dc 12V

Untuk memulai menjalankan alat ini yaitu dengan menekan tombol power. lihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tampilan alat tampak depan

Adjust = Sebagai pengatur tegangan keluaran

Output = Terminal positif dan negatif tegangan keluaran

Percobaan berikut dilakukan pengambilan data catu daya (tertera di LCD) dan pengukuran  $V_{out}$  dengan multimeter digital. Pengambilan kedua data ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang tertera di LCD sudah sesuai dengan data yang sebenarnya. Berikut tabel hasil pengujian tegangan sistem :

Tabel 4.4 Hasil pengujian tegangan sistem

No	Catu Daya			Multimeter		
	Tanpa beban (Volt)	Dengan Beban (Volt)	Arus (Amp)	Tanpa beban (Volt)	Dengan Beban (Volt)	Arus (Amp)
1	12,08	11,73	01,17	12,00	11,44	01,16
2	12,08	11,73	01,17	12,01	11,45	01,17
3	12,08	11,73	01,17	12,02	11,44	01,16
4	12,08	11,73	01,17	12,03	11,45	01,17
5	12,08	11,73	01,17	12,04	11,44	01,16
6	12,08	11,73	01,17	12,05	11,45	01,17
	$\Sigma=12,08$	$\Sigma=11,73$	$\Sigma=01,17$	$\Sigma=12,025$	$\Sigma=11,445$	$\Sigma=01,165$

Perbedaan antara yang tertera di LCD dengan pengukuran disebabkan karena resolusi ADC sistem. Untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan menggunakan ADC dengan resolusi tinggi.

Pada percobaan berikut dilakukan pengambilan data pengujian arus sistem dengan beban tiga buah lampu 12V/5W dan satu buah bor PCB disusun secara paralel. Tabel 4.5 berikut adalah hasil pengujian arus sistem.

Tabel 4.5 Hasil pengujian arus sistem

No	Arus (ampere)	Tegangan (volt)	keterangan
1	0	12,08	Relay OFF
2	1,19	11,73	Relay OFF
3	1,35	11,65	Relay OFF
4	1,70	11,56	Relay OFF
5	2,00	11,47	Relay OFF
6	2,35	11,39	Relay OFF
7	2,60	11,39	Relay OFF
8	2,80	11,30	Relay OFF
9	2,99	11,22	Relay OFF
10	3,00	0	Relay ON
11	$\geq 3,00$	0	Relay ON

$$\text{Regulasi tegangan} = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} 100\% \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana :

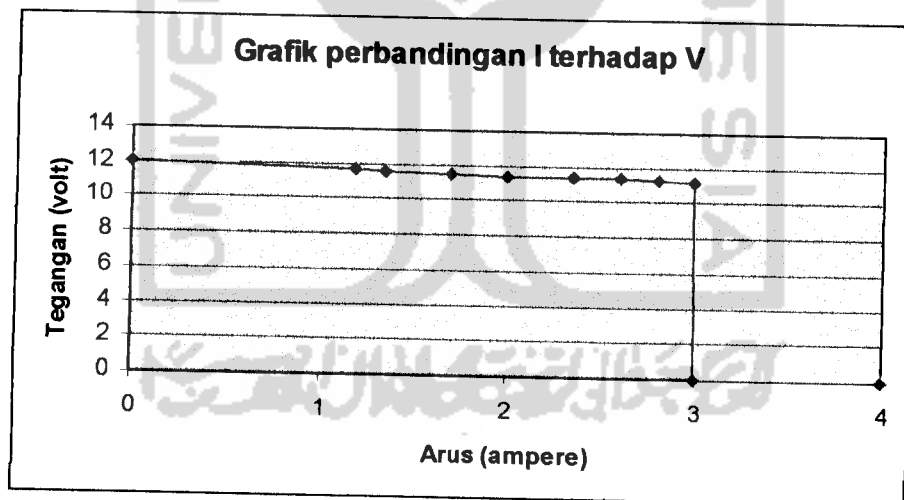
$V_{nl}$  = Tegangan keluaran tanpa arus beban (Volt)

$V_{fl}$  = Tegangan keluaran dengan arus beban (Volt)

Dari tabel 4.5 terlihat bahwa tegangan tanpa beban 12,08 dan ketika arus yang mengalir 2,99A tegangan beban 11,22V, sehingga dapat di hitung besarnya regulasi tegangan yaitu :

$$\text{Regulasi tegangan} = \frac{12,08 - 11,22}{11,22} 100\% = 7,66\%$$

Dari hasil pengujian arus sistem pada tabel 4.5 didapat grafik perubahan tegangan dan arus beban sebagai berikut



Gambar 4.5 Grafik tegangan dan arus beban

Dari tabel 4.5 terlihat bahwa regulasi tegangan akan semakin besar apabila arus yang mengalir juga besar, ketika arus mencapai 3A atau lebih maka relay akan memutus tegangan yang mengalir ke beban. Pemutusan dilakukan untuk menjaga agar catu daya tetap beroperasi dalam range 0-3A, meskipun kenyataannya catu daya dapat beroperasi lebih dari 3A. Hal ini bertujuan agar catu daya tetap aman karena apabila arus yang mengalir ke beban besar maka akan terjadi panas yang berlebih terutama pada transistor penguat arus dan transformator.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan, pembuatan, pengujian alat, dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat ini menyediakan tegangan keluaran 0-22V dan arus sebesar 0-3 A, terdiri dari bagian *input* yaitu sensor arus, sensor tegangan, bagian pengolah berupa mikrokontroler AT89S51 dan penampil LCD.
2. Penyedia daya dc yang baik adalah penyedia daya dc yang memiliki regulasi beban yang rendah.
3. Semakin besar arus yang mengalir ke beban drop tegangan akan semakin tinggi.

#### **5.2. Saran-saran**

Untuk pengembangan dimasa yang akan datang maka penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penyedia daya DC dapat dikembangkan agar dapat mensuplai untuk berbagai kebutuhan.
2. Pemakaian adc dengan adc yang mempunyai resolusi lebih besar, tidak hanya 8 bit akan memperbaiki ketelitian pembacaan arus dan tegangan.

## DAFTAR PUSTAKA

Budiharto, Widodo, 2004, "*Interfacing Komputer dan Mikrokontroler*", Elex Media Komputindo

Kristanto, Andri, 2003, "*Bahasa Assembler*", Gava Media, Yogyakarta

Malvino, Albert Paul, 2003, "*Prinsip-prinsip Elektronika*" Terjemahan Alb Joko Santoso, Salemba Teknik, Jakarta

Malvino, Albert Paul, 2003, "*Elektronika komputer digital*" Terjemahan Alb Tjia may On, Erlangga, Jakarta

Nalwan, Paulus Andi, 2003, "*Teknik Antarmuka dan Pemograman Mikrokontroler AT89C51*", Elex Media Computindo, Jakarta

Putra, Agfianto Eko, 2002, "*Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/53 Teori dan Aplikasi*", Gava Media, Yogyakarta

Setiawan, Rachmad, 2006, "*Mikrokontroler MCS-51*", Graha Ilmu, Yogyakarta

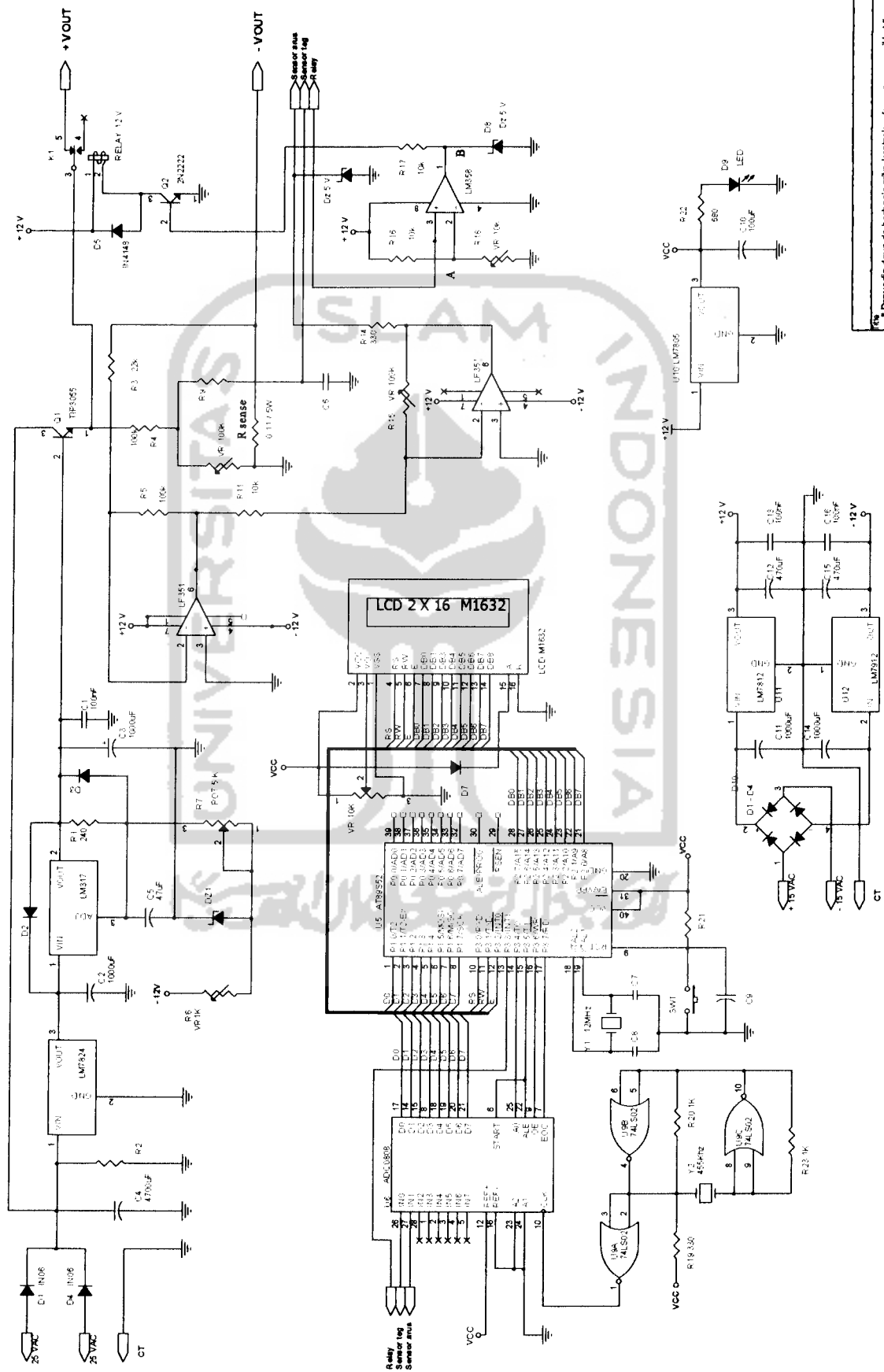
<http://www.Atmel.com/datasheet/architectural.pdf>

<http://www.alldatasheet.com>

<http://www.electroniclab.com>







## LISTING PROGRAM

```
##### inisialisasi bit mikrokontroler #####
    rs      bit      p3.0
    rw      bit      p3.1
    e       bit      p3.2
    a00     bit      p3.4
    ale     bit      p3.5
    oe      bit      p3.6
    eoc     bit      p3.7

##### tampilan awal #####
    org     00h
start: acall tunda
    clr     p3.3
    acall   init_lcd
    clr     rs
    mov     dptr,#awal
    acall   tampil2
    acall   tunda
    mov     dptr,#awal1
    acall   tampil3
    acall   tunda
    acall   clear
    acall   tunda
    mov     dptr,#awal2
    acall   tampil1
    mov     dptr,#awal3
    acall   tampil2
    acall   tunda
    acall   tunda

##### program utama #####
ulang: clr     a00                ;memilih in0 untuk data tegangan
    acall   tunda
    acall   bac_adc
    mov     dptr,#tabelvol
    movc   a,@a+dptr
    mov     11h,a
    clr     rs
    mov     a,#083h
    acall   tulis
    setb    rs
    acall   konversi
    setb    a00
    acall   tunda
    acall   bac_adc
    mov     dptr,#tabel_arus
    movc   a,@a+dptr
    mov     11h,a
    mov     dptr,#konv
    movc   a,@a+dptr
    mov     12h,a
    clr     rs
    mov     a,#0c3h
    acall   tulis
    setb    rs
```

```

    acall    konversi
    acall    load
    clr     a00
    acall    tunda
    acall    bac_adc
    mov     dptr,#tabelvoll
    movc    a,@a+dptr
    mov     11h,a
    clr     rs
    mov     a,#086h
    acall    tulis
    setb    rs
    acall    konversi
    setb    a00
    acall    tunda
    acall    bac_adc
    mov     dptr,#tabel_arus1
    movc    a,@a+dptr
    mov     11h,a
    clr     rs
    mov     a,#0c6h
    acall    tulis
    setb    rs
    acall    konversi
    ajmp    ulang

;##### subrutin penampilan data #####
konversi:
    mov     a,11h
    acall    tunda
    anl     a,#0f0h
    swap    a
    add     a,#30h
    acall    tulis
    mov     a,11h
    anl     a,#0fh
    add     a,#30h
    acall    tulis
    ret

;##### subrutin on/off relay #####
load:   clr     p3.3
        mov     a,12h
        mov     41h,#03h
        clr     c
        anl     a,#03h
        subb    a,41h
        jc     relay
        setb    p3.3
        acall    clear
        mov     dptr,#awal4
        acall    tampil2
        acall    asa
        mov     dptr,#awal2
        acall    tampil1
        mov     dptr,#awal3
        acall    tampil2

```

```
relay: ret
```

```
##### Subrutin baca ADC #####
```

```
bac_adc:
```

```
    setb    ale
    nop
    clr     ale
    setb    eoc
    jb     eoc,$
    acall   tunda
    setb    oe
    mov     P2,#0ffH
    mov     a,p2
    clr     oe
    ret
```

```
clear:  clr     rs
        mov     a,#01H
        acall   tulis
        ret
```

```
##### Inisialisasi LCD #####
```

```
init_lcd:
```

```
    acall   tunda2
    clr     rs
    mov     a,#38h
    acall   tulis
    mov     a,#08H
    acall   tulis
    mov     a,#0cH
    acall   tulis
    mov     a,#02h
    mov     a,#06h
    acall   tulis
    acall   tunda2
    acall   clear
    ret
```

```
##### subrutin menampilkan ke LCD #####
```

```
tampil1:
```

```
    clr     rs
    mov     a,#080H
    sjmp    ayoo
```

```
tampil2:
```

```
    clr     rs
    mov     a,#0c0H
```

```
ayoo:  acall   tulis
```

```
    mov     r6,#16
```

```
lanjut:
```

```
    clr     a
    movc    a,@a+dptr
    setb    rs
    acall   tulis
    inc     dptr
    djnz    r6,lanjut
    ret
```

```
tampil12:clr    rs
```

```

        mov     a,#80H
        acall  ayo
tampil13:clr  rs
        mov     A,#0c0H
ayo:    acall  tulis
        mov     r6,#16
ayol:   clr    a
        movc   a,@a+dptr
        setb   rs
        acall  tulis
        inc   dptr
        acall  tunda2
        djnz  r6,ayol
        acall  tulis
        ret

```

```

;##### Subrutin menulis ke LCD #####

```

```

tulis:  clr    rw
        setb   e
        mov   pl,a
        acall tunda
        clr    e
        ret

```

```

;##### Subrutin Tunda #####

```

```

tunda:  mov     r0,#00h
ulang1: mov     r1,#06d
        djnz  r1,$
        djnz  r0,ulang1
        ret

```

```

tunda2: mov     r2,#08d
ulang2: acall  tunda
        djnz  r2,ulang2
        ret

```

```

asa:    mov     r4,#00h
asal:   acall  tunda2
        djnz  r4,asal
        ret

```

```

;##### Tampilan awal #####

```

```

awal:   db     'Penyedia Daya DC'
awal1:  db     ' 0-22 Volt'
awal2:  db     'V= . Volt'
awal3:  db     'I= . Ampere'
awal4:  db     ' Over Load...'

```

```

;##### Tabel konversi tegangan 0 sampai 22 volt #####

```

```

tabelvol:

```

```

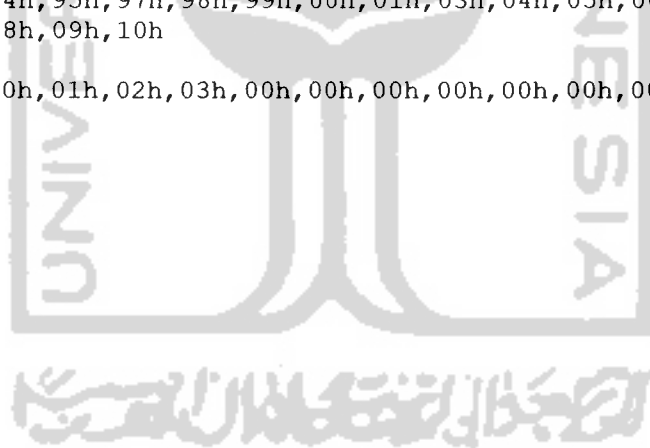
        db     00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h,00h
        db     01h,01h,01h,01h,01h,01h,01h,01h,01h,01h,01h,01h
        db     02h,02h,02h,02h,02h,02h,02h,02h,02h,02h,02h,02h
        db     03h,03h,03h,03h,03h,03h,03h,03h,03h,03h,03h,03h
        db     04h,04h,04h,04h,04h,04h,04h,04h,04h,04h,04h,04h
        db     05h,05h,05h,05h,05h,05h,05h,05h,05h,05h,05h,05h
        db     06h,06h,06h,06h,06h,06h,06h,06h,06h,06h,06h,06h
        db     07h,07h,07h,07h,07h,07h,07h,07h,07h,07h,07h,07h

```

```

db      02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h
db      02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h
db      02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h
db      02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 02h
db      02h, 02h, 02h, 02h, 02h, 03h, 03h, 03h, 03h, 03h, 03h, 03h
db      03h, 03h, 03h
tabel_arus1:
db      00h, 01h, 02h, 04h, 05h, 06h, 07h, 09h, 10h, 11h, 12h
db      13h, 15h, 16h, 17h, 18h, 19h, 21h, 22h, 23h, 24h, 26h
db      27h, 28h, 29h, 30h, 32h, 33h, 34h, 35h, 36h, 38h, 39h
db      40h, 41h, 43h, 44h, 45h, 46h, 47h, 49h, 50h, 51h, 52h
db      53h, 55h, 56h, 57h, 58h, 60h, 61h, 62h, 63h, 64h, 66h
db      67h, 68h, 69h, 71h, 72h, 73h, 74h, 75h, 77h, 78h, 79h
db      80h, 81h, 83h, 84h, 85h, 86h, 88h, 89h, 90h, 91h, 92h
db      94h, 95h, 96h, 97h, 98h, 00h, 01h, 02h, 03h, 05h, 06h
db      07h, 08h, 09h, 11h, 12h, 13h, 14h, 15h, 17h, 18h, 19h
db      20h, 22h, 23h, 24h, 25h, 26h, 28h, 29h, 30h, 31h, 33h
db      34h, 35h, 36h, 37h, 39h, 40h, 41h, 42h, 43h, 45h, 46h
db      47h, 48h, 45h, 51h, 52h, 53h, 54h, 56h, 57h, 58h, 59h
db      60h, 62h, 63h, 64h, 65h, 67h, 68h, 69h, 70h, 71h, 73h
db      74h, 75h, 76h, 77h, 79h, 80h, 81h, 82h, 84h, 85h, 86h
db      78h, 88h, 90h, 91h, 92h, 93h, 95h, 96h, 97h, 98h, 99h
db      01h, 02h, 03h, 04h, 05h, 07h, 08h, 09h, 10h, 12h, 13h
db      14h, 15h, 16h, 18h, 19h, 20h, 21h, 22h, 24h, 25h, 26h
db      27h, 29h, 30h, 31h, 32h, 33h, 35h, 36h, 37h, 38h, 39h
db      41h, 42h, 43h, 44h, 46h, 47h, 48h, 49h, 50h, 52h, 53h
db      54h, 55h, 57h, 58h, 59h, 60h, 61h, 63h, 64h, 65h, 66h
db      67h, 69h, 70h, 71h, 72h, 74h, 75h, 76h, 77h, 78h, 80h
db      81h, 82h, 83h, 84h, 86h, 87h, 88h, 89h, 91h, 92h, 93h
db      94h, 95h, 97h, 98h, 99h, 00h, 01h, 03h, 04h, 05h, 06h
db      08h, 09h, 10h
db
konv:   db      00h, 01h, 02h, 03h, 00h, 00h, 00h, 00h, 00h, 00h, 00h
end

```



Tabel hasil konversi Tegangan

Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)	Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)
0	0,00000000	0,00	37	3,192156833	3,19
1	0,086274509	0,09	38	3,278431342	3,28
2	0,172549018	0,17	39	3,364705851	3,36
3	0,258823527	0,26	40	3,450980360	3,45
4	0,345098036	0,35	41	3,537254869	3,54
5	0,431372545	0,43	42	3,623529378	3,62
6	0,517647054	0,52	43	3,709803887	3,71
7	0,603921563	0,60	44	3,796078396	3,80
8	0,690196072	0,69	45	3,882352905	3,88
9	0,776470581	0,78	46	3,968627414	3,97
10	0,862745090	0,86	47	4,054901923	4,05
11	0,949019599	0,95	48	4,141176432	4,14
12	1,035294108	1,04	49	4,227450941	4,23
13	1,121568617	1,12	50	4,313725450	4,31
14	1,207843126	1,21	51	4,399999959	4,40
15	1,294117635	1,29	52	4,486274468	4,49
16	1,380392144	1,38	53	4,572548977	4,57
17	1,466666653	1,47	54	4,658823486	4,66
18	1,552941162	1,55	55	4,745097995	4,75
19	1,639215671	1,64	56	4,831372504	4,83
20	1,725490180	1,73	57	4,917647013	4,92
21	1,811764689	1,81	58	5,003921522	5,00
22	1,898039198	1,90	59	5,090196031	5,09
23	1,984313707	1,98	60	5,176470540	5,18
24	2,070588216	2,07	61	5,262745049	5,26
25	2,156862725	2,16	62	5,349019558	5,35
26	2,243137234	2,24	63	5,435294067	5,44
27	2,329411743	2,33	64	5,521568576	5,52
28	2,415686252	2,42	65	5,607843085	5,61
29	2,501960761	2,50	66	5,694117594	5,69
30	2,588235270	2,59	67	5,780392103	5,78
31	2,674509779	2,67	68	5,866666612	5,87
32	2,760784288	2,76	69	5,952941121	5,95
33	2,847058797	2,85	70	6,039215630	6,04
34	2,933333306	2,93	71	6,125490139	6,13
35	3,019607815	3,02	72	6,211764648	6,21
36	3,105882324	3,11	73	6,298039157	6,30

Tabel lanjutan hasil konversi Tegangan

Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)	Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)
74	6,384313666	6,38	112	9,662745008	9,66
75	6,470588175	6,47	113	9,749019517	9,75
76	6,556862684	6,56	114	9,835294026	9,84
77	6,643137193	6,64	115	9,921568535	9,92
78	6,729411702	6,73	116	10,007843044	10,01
79	6,815686211	6,82	117	10,094117553	10,09
80	6,901960720	6,90	118	10,180392062	10,18
81	6,988235229	6,99	119	10,266666571	10,27
82	7,074509738	7,07	120	10,352941080	10,35
83	7,160784247	7,16	121	10,439215589	10,44
84	7,247058756	7,25	122	10,525490098	10,53
85	7,333333265	7,33	123	10,611764607	10,61
86	7,419607774	7,42	124	10,698039116	10,70
87	7,505882283	7,51	125	10,784313625	10,78
88	7,592156792	7,59	126	10,870588134	10,87
89	7,678431301	7,68	127	10,956862643	10,96
90	7,764705810	7,76	128	11,043137152	11,04
91	7,850980319	7,85	129	11,129411661	11,13
92	7,937254828	7,94	130	11,215686170	11,22
93	8,023529337	8,02	131	11,301960679	11,30
94	8,109803846	8,11	132	11,388235188	11,39
95	8,196078355	8,20	133	11,474509697	11,47
96	8,282352864	8,28	134	11,560784206	11,56
97	8,368627373	8,37	135	11,647058715	11,65
98	8,454901882	8,45	136	11,733333224	11,73
99	8,541176391	8,54	137	11,819607733	11,82
100	8,627450900	8,63	138	11,905882242	11,91
101	8,713725409	8,71	139	11,992156751	11,99
102	8,799999918	8,80	140	12,078431260	12,08
103	8,886274427	8,89	141	12,164705769	12,16
104	8,972548936	8,97	142	12,250980278	12,25
105	9,058823445	9,06	143	12,337254787	12,34
106	9,145097954	9,15	144	12,423529296	12,42
107	9,231372463	9,23	145	12,509803805	12,51
108	9,317646972	9,32	146	12,596078314	12,60
109	9,403921481	9,40	147	12,682352823	12,68
110	9,490195990	9,49	148	12,768627332	12,77
111	9,576470499	9,58	149	12,854901841	12,85



Tabel lanjutan hasil konversi Tegangan

Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)	Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)
150	12,941176350	12,94	187	16,133333183	16,13
151	13,027450859	13,03	188	16,219607692	16,22
152	13,113725368	13,11	189	16,305882201	16,31
153	13,199999877	13,20	190	16,392156710	16,39
154	13,286274386	13,29	191	16,478431219	16,48
155	13,372548895	13,37	192	16,564705728	16,56
156	13,458823404	13,46	193	16,650980237	16,65
157	13,545097913	13,55	194	16,737254746	16,74
158	13,631372422	13,63	195	16,823529255	16,82
159	13,717646931	13,72	196	16,909803764	16,91
160	13,803921440	13,80	197	16,996078273	17,00
161	13,890195949	13,89	198	17,082352782	17,08
162	13,976470458	13,98	199	17,168627291	17,17
163	14,062744967	14,06	200	17,254901800	17,25
164	14,149019476	14,15	201	17,341176309	17,34
165	14,235293985	14,24	202	17,427450818	17,43
166	14,321568494	14,32	203	17,513725327	17,51
167	14,407843003	14,41	204	17,599999836	17,60
168	14,494117512	14,49	205	17,686274345	17,69
169	14,580392021	14,58	206	17,772548854	17,77
170	14,666666530	14,67	207	17,858823363	17,86
171	14,752941039	14,75	208	17,945097872	17,95
172	14,839215548	14,84	209	18,031372381	18,03
173	14,925490057	14,93	210	18,117646890	18,12
174	15,011764566	15,01	211	18,203921399	18,20
175	15,098039075	15,10	212	18,290195908	18,29
176	15,184313584	15,18	213	18,376470417	18,38
177	15,270588093	15,27	214	18,462744926	18,46
178	15,356862602	15,36	215	18,549019435	18,55
179	15,443137111	15,44	216	18,635293944	18,64
180	15,529411620	15,53	217	18,721568453	18,72
181	15,615686129	15,62	218	18,807842962	18,81
182	15,701960638	15,70	219	18,894117471	18,89
183	15,788235147	15,79	220	18,980391980	18,98
184	15,874509656	15,87	221	19,066666489	19,07
185	15,960784165	15,96	222	19,152940998	19,15
186	16,047058674	16,05	223	19,239215507	19,24

Tabel lanjutan hasil konversi Tegangan

Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)	Hasil ADC	Tegangan (Volt)	Pembulatan (Volt)
224	19,325490016	19,33	240	20,705882160	20,71
225	19,411764525	19,41	241	20,792156669	20,79
226	19,498039034	19,50	242	20,878431178	20,88
227	19,584313543	19,58	243	20,964705687	20,96
228	19,670588052	19,67	244	21,050980196	21,05
229	19,756862561	19,76	245	21,137254705	21,14
230	19,843137070	19,84	246	21,223529214	21,22
231	19,929411579	19,93	247	21,309803723	21,31
232	20,015686088	20,02	248	21,396078232	21,40
233	20,101960597	20,10	249	21,482352741	21,48
234	20,188235106	20,19	250	21,568627250	21,57
235	20,274509615	20,27	251	21,654901759	21,65
236	20,360784124	20,36	252	21,741176268	21,74
237	20,447058633	20,45	253	21,827450777	21,83
238	20,533333142	20,53	254	21,913725286	21,91
239	20,619607651	20,62	255	21,999999795	22,00



Tabel hasil konversi Arus

Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)	Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)
0	0,000000000	0,00	38	0,447058790	0,45
1	0,011764705	0,01	39	0,458823495	0,46
2	0,023529410	0,02	40	0,470588200	0,47
3	0,035294115	0,04	41	0,482352905	0,48
4	0,047058820	0,05	42	0,494117610	0,49
5	0,058823525	0,06	43	0,505882315	0,51
6	0,070588230	0,07	44	0,517647020	0,52
7	0,082352935	0,08	45	0,529411725	0,53
8	0,094117640	0,09	46	0,541176430	0,54
9	0,105882345	0,11	47	0,552941135	0,55
10	0,117647050	0,12	48	0,564705840	0,56
11	0,129411755	0,13	49	0,576470545	0,58
12	0,141176460	0,14	50	0,588235250	0,59
13	0,152941165	0,15	51	0,599999955	0,60
14	0,164705870	0,16	52	0,611764660	0,61
15	0,176470575	0,18	53	0,623529365	0,62
16	0,188235280	0,19	54	0,635294070	0,64
17	0,199999985	0,20	55	0,647058775	0,65
18	0,211764690	0,21	56	0,658823480	0,66
19	0,223529395	0,22	57	0,670588185	0,67
20	0,235294100	0,24	58	0,682352890	0,68
21	0,247058805	0,25	59	0,694117595	0,69
22	0,258823510	0,26	60	0,705882300	0,71
23	0,270588215	0,27	61	0,717647005	0,72
24	0,282352920	0,28	62	0,729411710	0,73
25	0,294117625	0,29	63	0,741176415	0,74
26	0,305882330	0,31	64	0,752941120	0,75
27	0,317647035	0,32	65	0,764705825	0,76
28	0,329411740	0,33	66	0,776470530	0,78
29	0,341176445	0,34	67	0,788235235	0,79
30	0,352941150	0,35	68	0,799999940	0,80
31	0,364705855	0,36	69	0,811764645	0,81
32	0,376470560	0,38	70	0,823529350	0,82
33	0,388235265	0,39	71	0,835294055	0,84
34	0,399999970	0,40	72	0,847058760	0,85
35	0,411764675	0,41	73	0,858823465	0,86
36	0,423529380	0,42	74	0,870588170	0,87
37	0,435294085	0,44	75	0,882352875	0,88

Tabel Tabel lanjutan hasil konversi Arus

Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)	Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)
76	0,894117580	0,89	114	1,341176370	1,34
77	0,905882285	0,91	115	1,352941075	1,35
78	0,917646990	0,92	116	1,364705780	1,36
79	0,929411695	0,93	117	1,376470485	1,38
80	0,941176400	0,94	118	1,388235190	1,39
81	0,952941105	0,95	119	1,399999895	1,40
82	0,964705810	0,96	120	1,411764600	1,41
83	0,976470515	0,98	121	1,423529305	1,42
84	0,988235220	0,99	122	1,435294010	1,44
85	0,999999925	1,00	123	1,447058715	1,45
86	1,011764630	1,01	124	1,458823420	1,46
87	1,023529335	1,02	125	1,470588125	1,47
88	1,035294040	1,04	126	1,482352830	1,48
89	1,047058745	1,05	127	1,494117535	1,49
90	1,058823450	1,06	128	1,505882240	1,51
91	1,070588155	1,07	129	1,517646945	1,52
92	1,082352860	1,08	130	1,529411650	1,53
93	1,094117565	1,09	131	1,541176355	1,54
94	1,105882270	1,11	132	1,552941060	1,55
95	1,117646975	1,12	133	1,564705765	1,56
96	1,129411680	1,13	134	1,576470470	1,58
97	1,141176385	1,14	135	1,588235175	1,59
98	1,152941090	1,15	136	1,599999880	1,60
99	1,164705795	1,16	137	1,611764585	1,61
100	1,176470500	1,18	138	1,623529290	1,62
101	1,188235205	1,19	139	1,635293995	1,64
102	1,199999910	1,20	140	1,647058700	1,65
103	1,211764615	1,21	141	1,658823405	1,66
104	1,223529320	1,22	142	1,670588110	1,67
105	1,235294025	1,24	143	1,682352815	1,68
106	1,247058730	1,25	144	1,694117520	1,69
107	1,258823435	1,26	145	1,705882225	1,71
108	1,270588140	1,27	146	1,717646930	1,72
109	1,282352845	1,28	147	1,729411635	1,73
110	1,294117550	1,29	148	1,741176340	1,74
111	1,305882255	1,31	149	1,752941045	1,75
112	1,317646960	1,32	150	1,764705750	1,76
113	1,329411665	1,33	151	1,776470455	1,78

Tabel Tabel lanjutan hasil konversi Arus

Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)	Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)
152	1,788235160	1,79	190	2,235293950	2,24
153	1,799999865	1,80	191	2,247058655	2,25
154	1,811764570	1,81	192	2,258823360	2,26
155	1,823529275	1,82	193	2,270588065	2,27
156	1,835293980	1,84	194	2,282352770	2,28
157	1,847058685	1,85	195	2,294117475	2,29
158	1,858823390	1,86	196	2,305882180	2,31
159	1,870588095	1,87	197	2,317646885	2,32
160	1,882352800	1,88	198	2,329411590	2,33
161	1,894117505	1,89	199	2,341176295	2,34
162	1,905882210	1,91	200	2,352941000	2,35
163	1,917646915	1,92	201	2,364705705	2,36
164	1,929411620	1,93	202	2,376470410	2,38
165	1,941176325	1,94	203	2,388235115	2,39
166	1,952941030	1,95	204	2,399999820	2,40
167	1,964705735	1,96	205	2,411764525	2,41
168	1,976470440	1,98	206	2,423529230	2,42
169	1,988235145	1,99	207	2,435293935	2,44
170	1,999999850	2,00	208	2,447058640	2,45
171	2,011764555	2,01	209	2,458823345	2,46
172	2,023529260	2,02	210	2,470588050	2,47
173	2,035293965	2,04	211	2,482352755	2,48
174	2,047058670	2,05	212	2,494117460	2,49
175	2,058823375	2,06	213	2,505882165	2,51
176	2,070588080	2,07	214	2,517646870	2,52
177	2,082352785	2,08	215	2,529411575	2,53
178	2,094117490	2,09	216	2,541176280	2,54
179	2,105882195	2,11	217	2,552940985	2,55
180	2,117646900	2,12	218	2,564705690	2,56
181	2,129411605	2,13	219	2,576470395	2,58
182	2,141176310	2,14	220	2,588235100	2,59
183	2,152941015	2,15	221	2,599999805	2,60
184	2,164705720	2,16	222	2,611764510	2,61
185	2,176470425	2,18	223	2,623529215	2,62
186	2,188235130	2,19	224	2,635293920	2,64
187	2,199999835	2,20	225	2,647058625	2,65
188	2,211764540	2,21	226	2,658823330	2,66
189	2,223529245	2,22	227	2,670588035	2,67

Tabel Tabel lanjutan hasil konversi Arus

Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)	Hasil ADC	Arus (Ampere)	Pembulatan (Ampere)
228	2,682352740	2,68	242	2,847058610	2,85
229	2,694117445	2,69	243	2,858823315	2,86
230	2,705882150	2,71	244	2,870588020	2,87
231	2,717646855	2,72	245	2,882352725	2,88
232	2,729411560	2,73	246	2,894117430	2,89
233	2,741176265	2,74	247	2,905882135	2,91
234	2,752940970	2,75	248	2,917646840	2,92
235	2,764705675	2,76	249	2,929411545	2,93
236	2,776470380	2,78	250	2,941176250	2,94
237	2,788235085	2,79	251	2,952940955	2,95
238	2,799999790	2,80	252	2,964705660	2,96
239	2,811764495	2,81	253	2,976470365	2,98
240	2,823529200	2,82	254	2,988235070	2,99
241	2,835293905	2,84	255	2,999999775	3,00



# TIP3055 (NPN), TIP2955 (PNP)



## Complementary Silicon Power Transistors

Designed for general-purpose switching and amplifier applications.

**ON Semiconductor**<sup>®</sup>

<http://onsemi.com>

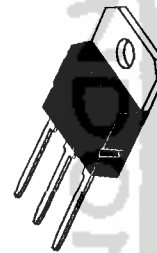
### Features

- DC Current Gain –  
 $h_{FE} = 20-70 @ I_C$   
 $= 4.0 \text{ Adc}$
- Collector-Emitter Saturation Voltage –  
 $V_{CE(sat)} = 1.1 \text{ Vdc (Max) @ } I_C$   
 $= 4.0 \text{ Adc}$
- Excellent Safe Operating Area
- Pb-Free Packages are Available\*

**15 AMPERE  
POWER TRANSISTORS  
COMPLEMENTARY SILICON  
60 VOLTS, 90 WATTS**

### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector - Emitter Voltage	$V_{CEO}$	60	Vdc
Collector - Emitter Voltage	$V_{CER}$	70	Vdc
Collector - Base Voltage	$V_{CB}$	100	Vdc
Emitter - Base Voltage	$V_{EB}$	7.0	Vdc
Collector Current - Continuous	$I_C$	1.5	Adc
Base Current	$I_B$	7.0	Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	90 0.72	W W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$



SOT-93 (TO-218)  
CASE 340D  
STYLE 1

### MARKING DIAGRAM



### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	1.39	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	35.7	$^\circ\text{C/W}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

A = Assembly Location  
Y = Year  
WW = Work Week  
TIPxx55 = Device Code  
xx = 30 or 29  
G = Pb-Free Package

### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 2 of this data sheet.

\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

## TIP3055 (NPN), TIP2955 (PNP)

### ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
TIP3055	SOT-93 (TO-218)	30 Units / Rail
TIP3055G	SOT-93 (TO-218) (Pb-Free)	30 Units / Rail
TIP2955	SOT-93 (TO-218)	30 Units / Rail
TIP2955G	SOT-93 (TO-218) (Pb-Free)	30 Units / Rail

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>				
Collector-Emitter Sustaining Voltage (Note 1) ( $I_C = 30\text{ mAdc}$ , $I_B = 0$ )	$V_{CE(sus)}$	60	-	Vdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 70\text{ Vdc}$ , $R_{BE} = 100\text{ Ohms}$ )	$I_{CER}$	-	1.0	mAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 30\text{ Vdc}$ , $I_B = 0$ )	$I_{CEO}$	-	0.7	mAdc
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 100\text{ Vdc}$ , $V_{BE(off)} = 1.5\text{ Vdc}$ )	$I_{CEV}$	-	5.0	mAdc
Emitter Cutoff Current ( $V_{BE} = 7.0\text{ Vdc}$ , $I_C = 0$ )	$I_{EBO}$	-	5.0	mAdc
<b>ON CHARACTERISTICS (Note 1)</b>				
DC Current Gain ( $I_C = 4.0\text{ Adc}$ , $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$ ) ( $I_C = 10\text{ Adc}$ , $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$ )	$h_{FE}$	20 5.0	70 -	-
Collector-Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 4.0\text{ Adc}$ , $I_B = 400\text{ mAdc}$ ) ( $I_C = 10\text{ Adc}$ , $I_B = 3.3\text{ Adc}$ )	$V_{CE(sat)}$	- -	1.1 3.0	Vdc
Base-Emitter On Voltage ( $I_C = 4.0\text{ Adc}$ , $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$ )	$V_{BE(on)}$	-	1.8	Vdc
<b>SECOND BREAKDOWN</b>				
Second Breakdown Collector Current with Base Forward Biased ( $V_{CE} = 30\text{ Vdc}$ , $t = 1.0\text{ s}$ ; Nonrepetitive)	$I_{s/b}$	3.0	-	Adc
<b>DYNAMIC CHARACTERISTICS</b>				
Current Gain — Bandwidth Product ( $I_C = 0.5\text{ Adc}$ , $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$ , $f = 1.0\text{ MHz}$ )	$f_T$	2.5	-	MHz
Small-Signal Current Gain ( $V_{CE} = 4.0\text{ Vdc}$ , $I_C = 1.0\text{ Adc}$ , $f = 1.0\text{ kHz}$ )	$h_{fe}$	15	-	kHz

1. Pulse Test: Pulse Width = 300  $\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ .

NOTE: For additional design curves, refer to electrical characteristics curves of 2N3055.



**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Dissipation	Internally Limited
Input-Output Voltage Differential	+40V, -0.3V
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature	
Metal Package (Soldering, 10 seconds)	300°C
Plastic Package (Soldering, 4 seconds)	260°C

ESD Tolerance (Note 5)

3 kV

**Operating Temperature Range**

LM117	-55°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +150°C
LM317A	-40°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +125°C
LM317	0°C ≤ T <sub>J</sub> ≤ +125°C

**Preconditioning**

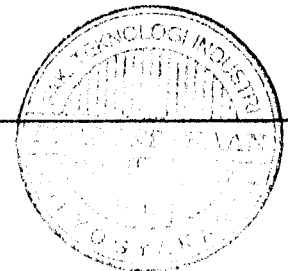
Thermal Limit Burn-In

All Devices 100%

**Electrical Characteristics** (Note 3)

Specifications with standard type face are for T<sub>J</sub> = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V<sub>IN</sub> - V<sub>OUT</sub> = 5V, and I<sub>OUT</sub> = 10 mA.

Parameter	Conditions	LM117 (Note 2)			Units	
		Min	Typ	Max		
Reference Voltage					V	
	3V ≤ (V <sub>IN</sub> - V <sub>OUT</sub> ) ≤ 40V, 10 mA ≤ I <sub>OUT</sub> ≤ I <sub>MAX</sub> , P ≤ P <sub>MAX</sub>	<b>1.20</b>	<b>1.25</b>	<b>1.30</b>	V	
Line Regulation	3V ≤ (V <sub>IN</sub> - V <sub>OUT</sub> ) ≤ 40V (Note 4)		0.01	0.02	%/V	
			<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	%/V	
Load Regulation	10 mA ≤ I <sub>OUT</sub> ≤ I <sub>MAX</sub> (Note 4)		0.1	0.3	%	
			<b>0.3</b>	<b>1</b>	%	
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.03	0.07	%/W	
Adjustment Pin Current			<b>50</b>	<b>100</b>	μA	
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I <sub>OUT</sub> ≤ I <sub>MAX</sub> 3V ≤ (V <sub>IN</sub> - V <sub>OUT</sub> ) ≤ 40V		<b>0.2</b>	<b>5</b>	μA	
Temperature Stability	T <sub>MIN</sub> ≤ T <sub>J</sub> ≤ T <sub>MAX</sub>		<b>1</b>		%	
Minimum Load Current	(V <sub>IN</sub> - V <sub>OUT</sub> ) = 40V		<b>3.5</b>	<b>5</b>	mA	
Current Limit	(V <sub>IN</sub> - V <sub>OUT</sub> ) ≤ 15V	K Package	<b>1.5</b>	<b>2.2</b>	<b>3.4</b>	A
		H Packages	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	<b>1.8</b>	A
	(V <sub>IN</sub> - V <sub>OUT</sub> ) = 40V	K Package	0.3	0.4		A
		H Package	0.15	0.2		A
RMS Output Noise, % of V <sub>OUT</sub>	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003		%	
Ripple Rejection Ratio	V <sub>OUT</sub> = 10V, f = 120 Hz, C <sub>ADJ</sub> = 0 μF		<b>65</b>		dB	
	V <sub>OUT</sub> = 10V, f = 120 Hz, C <sub>ADJ</sub> = 10 μF	<b>66</b>	<b>80</b>		dB	
Long-Term Stability	T <sub>J</sub> = 125°C, 1000 hrs		0.3	1	%	
Thermal Resistance, Junction-to-Case	K Package		2.3	3	°C/W	
	H Package		12	15	°C/W	
	E Package				°C/W	
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		°C/W	
	H Package		140		°C/W	
	E Package				°C/W	



## Application Hints

In operation, the LM117 develops a nominal 1.25V reference voltage,  $V_{REF}$ , between the output and adjustment terminal. The reference voltage is impressed across program resistor  $R1$  and, since the voltage is constant, a constant current  $I_1$  then flows through the output set resistor  $R2$ , giving an output voltage of

$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}R2$$

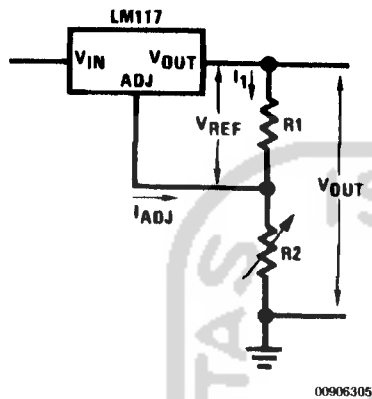


FIGURE 1.

Since the 100  $\mu$ A current from the adjustment terminal represents an error term, the LM117 was designed to minimize  $I_{ADJ}$  and make it very constant with line and load changes. To do this, all quiescent operating current is returned to the output establishing a minimum load current requirement. If there is insufficient load on the output, the output will rise.

### External Capacitors

An input bypass capacitor is recommended. A 0.1  $\mu$ F disc or 1  $\mu$ F solid tantalum on the input is suitable input bypassing for almost all applications. The device is more sensitive to the absence of input bypassing when adjustment or output capacitors are used but the above values will eliminate the possibility of problems.

The adjustment terminal can be bypassed to ground on the LM117 to improve ripple rejection. This bypass capacitor prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. With a 10  $\mu$ F bypass capacitor 80 dB ripple rejection is obtainable at any output level. Increases over 10  $\mu$ F do not appreciably improve the ripple rejection at frequencies above 120 Hz. If the bypass capacitor is used, it is sometimes necessary to include protection diodes to prevent the capacitor from discharging through internal low current paths and damaging the device.

In general, the best type of capacitors to use is solid tantalum. Solid tantalum capacitors have low impedance even at high frequencies. Depending upon capacitor construction, it takes about 25  $\mu$ F in aluminum electrolytic to equal 1  $\mu$ F solid tantalum at high frequencies. Ceramic capacitors are also good at high frequencies; but some types have a large decrease in capacitance at frequencies around 0.5 MHz. For this reason, 0.01  $\mu$ F disc may seem to work better than a 0.1  $\mu$ F disc as a bypass.

Although the LM117 is stable with no output capacitors, like any feedback circuit, certain values of external capacitance

can cause excessive ringing. This occurs with values between 500 pF and 5000 pF. A 1  $\mu$ F solid tantalum (or 25  $\mu$ F aluminum electrolytic) on the output swamps this effect and insures stability. Any increase of the load capacitance larger than 10  $\mu$ F will merely improve the loop stability and output impedance.

### Load Regulation

The LM117 is capable of providing extremely good load regulation but a few precautions are needed to obtain maximum performance. The current set resistor connected between the adjustment terminal and the output terminal (usually 240 $\Omega$ ) should be tied directly to the output (case) of the regulator rather than near the load. This eliminates line drops from appearing effectively in series with the reference and degrading regulation. For example, a 15V regulator with 0.05 $\Omega$  resistance between the regulator and load will have a load regulation due to line resistance of 0.05 $\Omega$   $\times$   $I_L$ . If the set resistor is connected near the load the effective line resistance will be 0.05 $\Omega$  (1 +  $R2/R1$ ) or in this case, 11.5 times worse.

Figure 2 shows the effect of resistance between the regulator and 240 $\Omega$  set resistor.

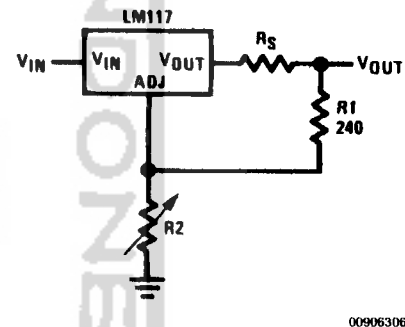


FIGURE 2. Regulator with Line Resistance in Output Lead

With the TO-3 package, it is easy to minimize the resistance from the case to the set resistor, by using two separate leads to the case. However, with the TO-39 package, care should be taken to minimize the wire length of the output lead. The ground of  $R2$  can be returned near the ground of the load to provide remote ground sensing and improve load regulation.

### Protection Diodes

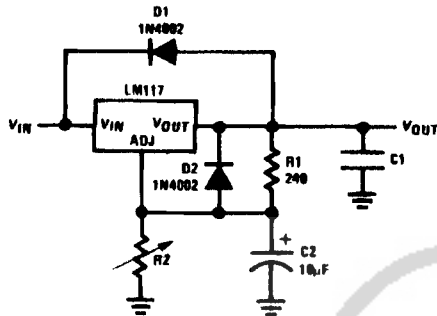
When external capacitors are used with any IC regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator. Most 10  $\mu$ F capacitors have low enough internal series resistance to deliver 20A spikes when shorted. Although the surge is short, there is enough energy to damage parts of the IC.

When an output capacitor is connected to a regulator and the input is shorted, the output capacitor will discharge into the output of the regulator. The discharge current depends on the value of the capacitor, the output voltage of the regulator, and the rate of decrease of  $V_{IN}$ . In the LM117, this discharge path is through a large junction that is able to sustain 15A surge with no problem. This is not true of other types of positive regulators. For output capacitors of 25  $\mu$ F or less, there is no need to use diodes.

The bypass capacitor on the adjustment terminal can discharge through a low current junction. Discharge occurs

## Application Hints (Continued)

when either the input or output is shorted. Internal to the LM117 is a 50Ω resistor which limits the peak discharge current. No protection is needed for output voltages of 25V or less and 10 μF capacitance. Figure 3 shows an LM117 with protection diodes included for use with outputs greater than 25V and high values of output capacitance.



$$V_{OUT} = 1.25V \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}R2$$

- 1 protects against C1
- 2 protects against C2

FIGURE 3. Regulator with Protection Diodes

When a value for  $\theta_{(H-A)}$  is found using the equation shown, heatsink must be selected that has a value that is less than or equal to this number.

$\theta_{(H-A)}$  is specified numerically by the heatsink manufacturer in the catalog, or shown in a curve that plots temperature rise vs power dissipation for the heatsink.

### HEATSINKING TO-263, SOT-223 AND TO-252 PACKAGE PARTS

The TO-263 ("S"), SOT-223 ("MP") and TO-252 ("DT") packages use a copper plane on the PCB and the PCB itself as heatsink. To optimize the heat sinking ability of the plane and PCB, solder the tab of the package to the plane.

Figure 4 shows for the TO-263 the measured values of  $\theta_{(J-A)}$  for different copper area sizes using a typical PCB with 1 ounce copper and no solder mask over the copper area used for heatsinking.

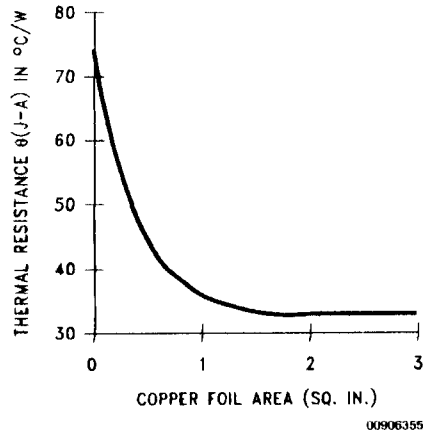


FIGURE 4.  $\theta_{(J-A)}$  vs Copper (1 ounce) Area for the TO-263 Package

As shown in the figure, increasing the copper area beyond 1 square inch produces very little improvement. It should also be observed that the minimum value of  $\theta_{(J-A)}$  for the TO-263 package mounted to a PCB is 32°C/W.

As a design aid, Figure 5 shows the maximum allowable power dissipation compared to ambient temperature for the TO-263 device (assuming  $\theta_{(J-A)}$  is 35°C/W and the maximum junction temperature is 125°C).

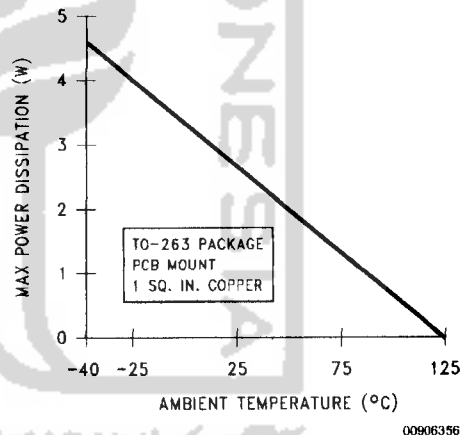
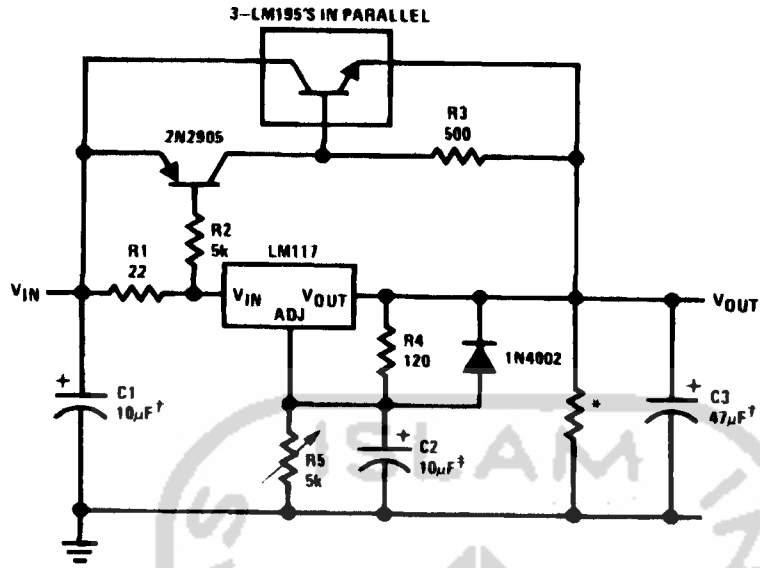


FIGURE 5. Maximum Power Dissipation vs  $T_{AMB}$  for the TO-263 Package

Figure 6 and Figure 7 show the information for the SOT-223 package. Figure 7 assumes a  $\theta_{(J-A)}$  of 74°C/W for 1 ounce copper and 51°C/W for 2 ounce copper and a maximum junction temperature of 125°C.

Typical Applications (Continued)

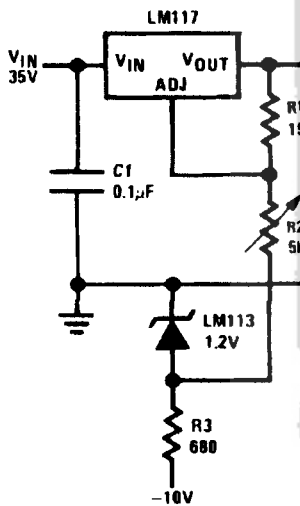
High Current Adjustable Regulator



00906312

Optional — improves ripple rejection  
 solid tantalum  
 minimum load current = 30 mA

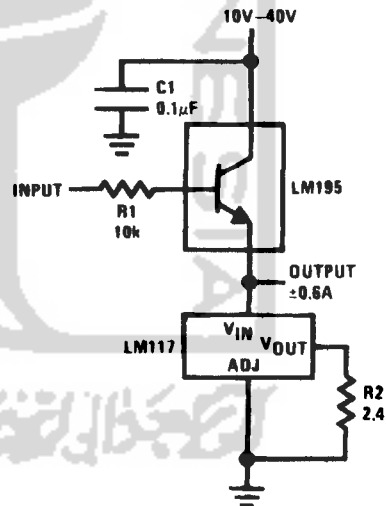
0 to 30V Regulator



00906313

Full output current not available at high input-output voltages

Power Follower



00906314

# **H1602B**

## **LCD MODULE MANUAL**

**Character 16X2**

### **Contents**

1. Precautions in use of LCD Modules
2. General Specification
3. Absolute Maximum Ratings
4. Electrical Characteristics
5. Optical Characteristics
6. Interface Pin Function
7. Contour Drawing & Block Diagram
8. Function Description
9. Character Generator ROM Pattern
10. Instruction Table
11. Timing Characteristics
12. Backlight Information
13. Initializing of LCM

## 6. Interface Pin Function

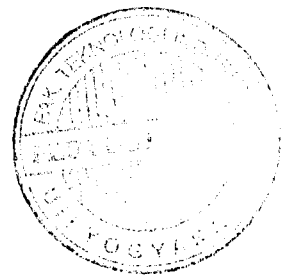
Pin No.	Symbol	Level	Description
1	V <sub>SS</sub>	0V	Ground
2	V <sub>DD</sub>	5.0V	Supply Voltage for logic
3	VO	(Variable)	Operating voltage for LCD
4	RS	H/L	H: DATA, L: Instruction code
5	R/W	H/L	H: Read(MPU←Module) L: Write(MPU→Module)
6	E	H,H→L	Chip enable signal
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	A	4.2V-4.6V	LED +
16	K	0V	LED -



# 9. Character Generator ROM Pattern

Table.2

Upper 4 bit Lower 4 bit	LLLL	LLLH	LLHL	LLHH	LHLL	LHLH	LHHL	LHHH	HLLL	HLLH	HLHL	HLHH	HHLL	HHLH	HHHL	HHHH
LLLL	CG RAM (J)			0	1	2	3	4				5	6	7	8	9
LLLH	(2)		:	;	<	=	>	?			@	A	B	C	D	E
LLHL	(3)		"	#	\$	%	&	'			(	)	*	+	,	-
LLHH	(4)		.	/	:	;	<	=			>	?@	A	B	C	D
LHLL	(5)		[	\	]	^	_	~			!	"	#	\$	%	&
LHLH	(6)		{		}	~	?	@			A	B	C	D	E	F
LHHL	(7)		~	?	@	A	B	C			D	E	F	G	H	I
LHHH	(8)		J	K	L	M	N	O			P	Q	R	S	T	U
HLLL	(1)		V	W	X	Y	Z	[			^	_	~	?	@	A
HLLH	(2)		B	C	D	E	F	G			H	I	J	K	L	M
HLHL	(3)		N	O	P	Q	R	S			T	U	V	W	X	Y
HLHH	(4)		Z	[	^	_	~	?			@	A	B	C	D	E
HHLL	(5)		V	W	X	Y	Z	[			^	_	~	?	@	A
HHLH	(6)		B	C	D	E	F	G			H	I	J	K	L	M
HHHL	(7)		N	O	P	Q	R	S			T	U	V	W	X	Y
HHHH	(8)		Z	[	^	_	~	?			@	A	B	C	D	E





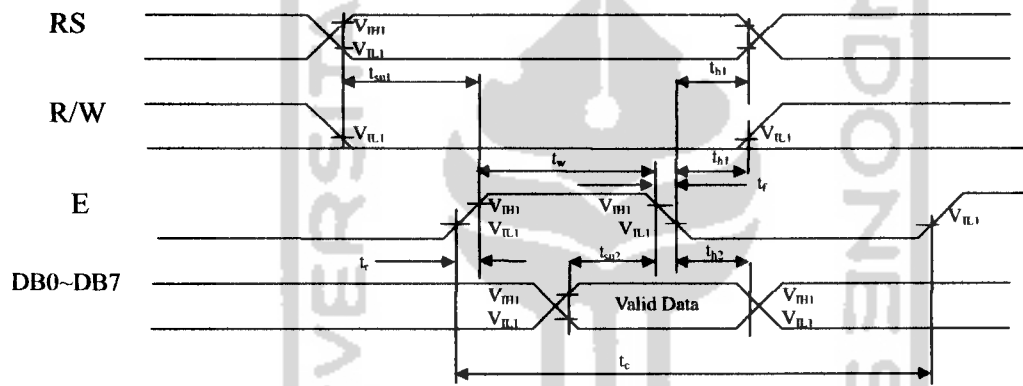
## 10. Instruction Table

Instruction	Instruction Code										Description	Execution time ( $f_{osc}=270\text{KHz}$ )
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Write "00H" to DDRAM and set DDRAM address to "00H" from AC	1.53ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Set DDRAM address to "00H" from AC and return cursor to its original position if shifted. The contents of DDRAM are not changed.	1.53ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Assign cursor moving direction and enable the shift of entire display.	39 $\mu$ s
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Set display (D), cursor (C), and blinking of cursor (B) on/off control bit.	39 $\mu$ s
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing of DDRAM data.	39 $\mu$ s
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Set interface data length (DL:8-bit/4-bit), numbers of display line (N:2-line/1-line)and, display font type (F:5 $\times$ 11 dots/5 $\times$ 8 dots)	39 $\mu$ s
Set CGRAM Address	0	0	0	1	A <sub>CG</sub>						Set CGRAM address in address counter.	39 $\mu$ s
Set DDRAM Address	0	0	1	A <sub>DD</sub>						Set DDRAM address in address counter.	39 $\mu$ s	
Read Busy Flag and Address	0	1	BF	AC						Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.	0 $\mu$ s	
Write Data to RAM	1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43 $\mu$ s
Read Data from RAM	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43 $\mu$ s

- |                          |                         |                       |                                  |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| I/D = 1 : Increment      | C = 1 : Cursor ON       | R/L = 1 : Right Shift | F = 0 : 5x7 Dots                 |
| I/D = 0 : Decrement      | C = 0 : Cursor OFF      | R/L = 0 : Left Shift  | F = 1 : 5x10 Dots                |
| S = 1 : Display shift    | B = 1 : Blink ON        | DL = 1 : 8 Bits       | BF = 1 : Busy                    |
| S = 0 : No display shift | B = 0 : Blink OFF       | DL = 0 : 4 Bits       | BF = 0 : Can Accept Data         |
| D = 1 : Display ON       | S/C = 1 : Display Shift | N = 1 : 2 Lines       | A <sub>CG</sub> : CG RAM Address |
| D = 0 : Display OFF      | S/C = 0 : Cursor Move   | N = 0 : 1 Line        | A <sub>DD</sub> : DD RAM Address |
|                          |                         |                       | * : don't care                   |

## 11. Timing Characteristics

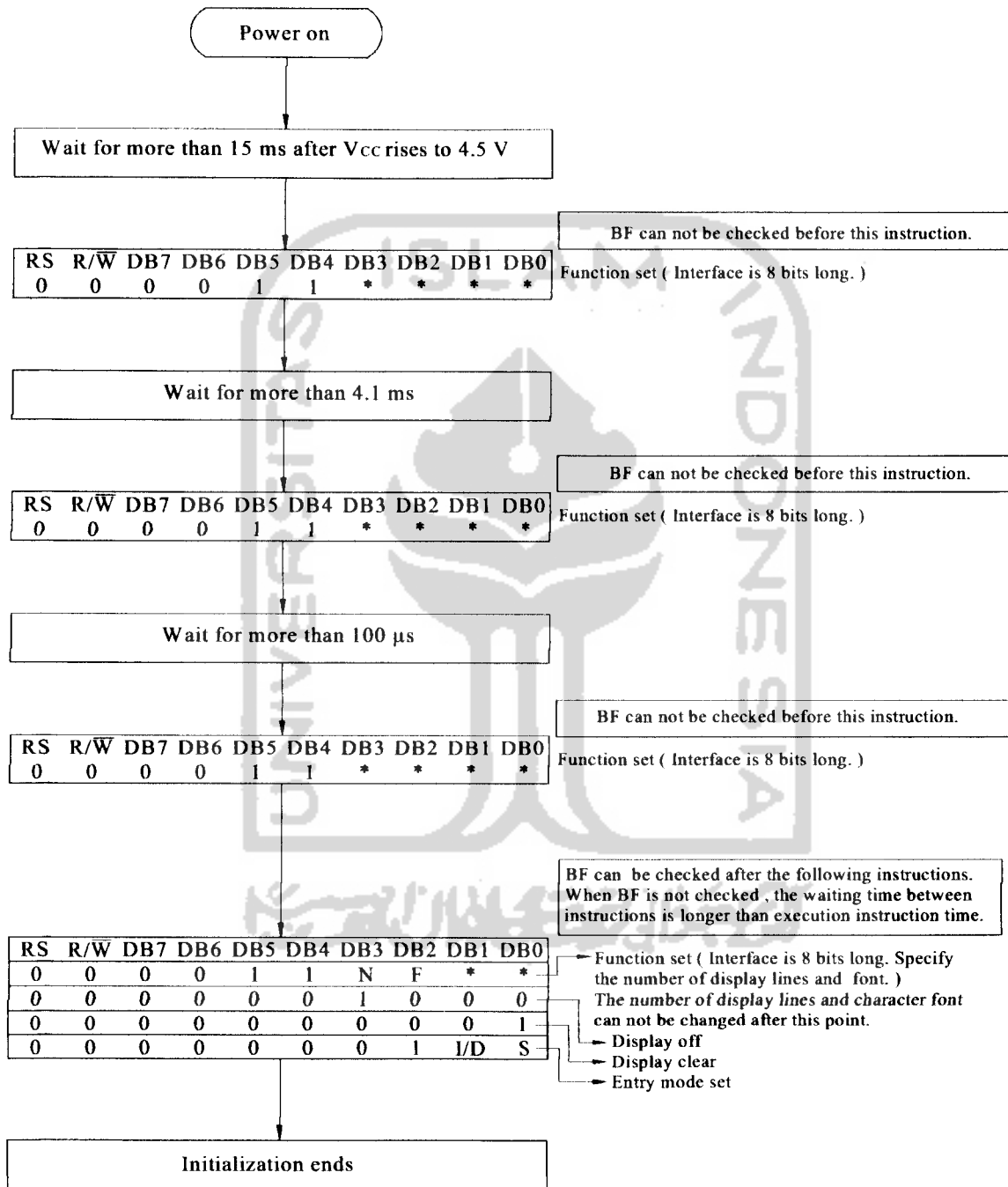
### 11.1 Write Operation



$$(V_{DD} = 4.5V \sim 5.5V, T_a = -30^{\circ}C \sim 85^{\circ}C)$$

Mode	Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Write Mode	E cycle Time	$t_c$	500	-	-	ns
	E Rise/Fall Time	$t_R, t_F$	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	$t_w$	230	-	-	
	R/W and RS Setup Time	$t_{su1}$	40	-	-	
	R/W and RS Hold Time	$t_{h1}$	10	-	-	
	Data Setup Time	$t_{su2}$	80	-	-	
	Data Hold Time	$t_{h2}$	10	-	-	

# 13. Initializing of LCM



8-Bit Inerface