



PEMBATAS ENERGI LISTRIK

PADA BEBAN RESISTIF

LAPORAN PROYEK AKHIR

**Diajukan Pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya**



Oleh:

RAHMAD APRIYANTO

NIM. 08506134006

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

2012

PERSETUJUAN

PROYEKAKHIR

Dengan judul

**Pembatas Energi Listrik
Pada Beban Resistif**
Dipersiapkan dan disusun oleh:

RAHMAD APRIYANTO

NIM. 08506134006

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan

Di depan Dewan Penguji Tugas Akhir

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Guna memperoleh gelar Ahli Madya

Yogyakarta, 05 September 2012

Pembimbing



Toto Sukisno, S.Pd.

NIP. 19740828 200112 1 005

PENGESAHAN

PEMBATAS ENERGI LISTRIK

PADA BEBAN RESISTIF

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknk Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 05 September 2012

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar Ahli Madya

DEWAN PENGUJI

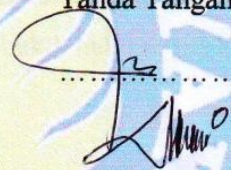
Nama

Jabatan

Tanda Tangan

Toto Sukisno, S.Pd

Ketua Penguji



Ketut Ima Ismara, M.Pd, M.kes (Ind)

Sekretaris Penguji



Muhamad Ali, M.T.

Penguji




Yogyakarta, September 2012

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,




Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd

NIP. 19560216 198603 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Rahmad Apriyanto
NIM : 08506134006
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir :

Pembatas Energi Listrik Pada Beban Resistif

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila ternyata terbukti hal ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 31 Agustus 2012

Yang Menyatakan

Rahmad Apriyanto

NIM. 08506134006

ABSTRAK

PEMBATAS ENERGI LISTRIK PADA BEBAN RESISTIF

Oleh:

Rahmad Apriyanto

NIM. 08506134006

Tujuan utama dari proyek akhir ini untuk merancang dan membuat suatu teknologi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya kebutuhan sumber energi listrik terbarukan. Teknologi ini berfungsi untuk membatasi daya listrik yang akan digunakan untuk kebutuhan sehari-hari yang diaplikasikan untuk penghematan energi yang terbarukan.

Rancang bangun alat pembatas energi listrik pada beban resistif yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya ini diwujudkan dari beberapa sistem yaitu rangkaian catu daya, sensor arus, tampilan display dengan metode LCD 2X16 baris, keypad untuk menset berapa energi yang akan dimasukkan, relai 5 Volt untuk memutuskan energi listrik dan mikrokontroler Atmega16 sebagai unit pemroses. Perancangan perangkat lunak sebagai pengendali program pada mikrokontroler Atmega16 menggunakan bahasa C dan software CAVAR sebagai compiler-nya.

Berdasarkan hasil pengujian dari alat pembatas energi listrik pada beban resistif yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya telah menunjukkan hasil yang sesuai dengan perencanaan. Alat ini dapat memutuskan energi listrik pada saat energi listrik yang diinputkan oleh keypad telah habis berdasarkan lamanya waktu tergantung besarnya kecilnya energi listrik yang dimasukkan dan besar kecilnya nilai arus pada beban. Dari data pengujian dengan beban lampu pijar 60 watt dengan energi yang diinputkan sebesar 9 Wh didapat waktu 8 menit 12 detik untuk memadamkan (OFF) lampu sedangkan dari data perhitungan didapat waktu 8 menit 11 detik. Persentase error alat sebesar 0,20%. LCD dapat menampilkan berapa energi listrik yang akan dimasukkan dan nilai sisa energi listrik yang telah digunakan.

Kata kunci: pembatas energi, beban resistif

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur karya ini ku persembahkan untuk:

Yang Pertama untuk Bapak dan Ibu saya yang telah memberikan semangat berupa moral dan materil. Trima kasih saya berada jauh sampai disini karena beliau.

Yang kedua buat adikku tercinta,, Trima kasih atas motivasinya.

Yang ketiga ini buat Temen-temen Elektro UNY angkatan 05-10 terutama untuk C-SUPER (iwan, kopong, jossy, dani, oviec, chika, nova, radhit, kirno, didha, angga, syamsul, tembot, bagor, buyut, pocong, hendri, jihad, bowo, adit, ahid) yang memberikan semangat, motifasi serta masukkannya, SEMANGAT TERUS KAWAN, TAKLUKKAN MIMPI MENJADI KENYATAAN..!!

Buat Kakak Angkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu trima kasih atas bantuan berupa ilmunya, Smoga kebaikan kalian dibalas oleh NYA.amien

Buat Bapak Ibu dosen Elektro UNY. Trima kasih atas bimbingannya selama ini tanpa kalian saya tidak bisa menjadi dewasa. Trima kasih

Buat seluruh karyawan dan staff Elektro UNY, trima kasih..

Buat Temen2 rumah khususnya CLORED FC trima kasih kalian mengasih aku semangat... and Terakhir buat Someone ku si N² tercinta kamu rewel"e kaya Ibu

ku, trima kasih sayang buat semangat dan motifasinya,, LOPHE U

POREPER.....

MOTTO

Kegagalan adalah keberhasilan yang tertunda

Tidak ada keberhasilan yang tidak dimulai dengan kegagalan

Usaha, usaha, dan berdoa itulah yang terpenting

Tidak ada manusia yang sempurna, manusia dijadikan dengan

kesalahannya, kesempurnaan hanya milik ALLAH SWT.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia dan nikmat yang telah diberikan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir dan penyusunan laporan ini.

Penulis sadar tanpa bantuan berbagai pihak Proyek Akhir ini tidak akan terlaksana dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis dengan ketulusan hati mengucapkan terima kasih atas dukungan, bimbingan dan bantuannya baik secara moril maupun materil kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Nikmat Islam
2. Bapak Prof. Dr. Rochmat Wahab, M.Pd, M.A selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta
3. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
4. Bapak Drs. Ketut Ima Ismara, M.Pd, M.Kes, selaku ketua jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta
5. Bapak Toto Sukisno, S.Pd. selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
6. Bapak Drs. Nyoman Astra, Selaku Penasehat Akademik.
7. Bapak dan Ibu dosen, serta teknisi di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro.
8. Bapak, ibu dan adikku tercinta yang telah memberikan dukungan dan doa.
9. Teman – teman kelas C angkatan 2008 yang telah memberikan banyak masukan, bantuan dan motivasi.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya selama penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penelitian ini. Akhirnya peneliti berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi diri peneliti dan pembaca semuanya.

Yogyakarta, 31 Agustus 2012

Penulis

Rahmad Apriyanto

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan	4
F. Manfaat	4
G. Keaslian Gagasan	5
BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	6
A. Penyearah (<i>Rectifier</i>).....	7
B. Regulator	11
C. Transformator	12

1. Transformator Satu Fasa	12
2. Transformator Arus	16
D. Arsitektur Mikrokontroler Atmega16	17
E. <i>Keypad</i>	22
F. LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	23
G. Relay	25
H. Resistor	27
I. Kapasitor	30
1. Kapasitor Elektrolitik	31
J. <i>Flowchart</i>	33
BAB III. PERANCANGAN ALAT	35
A. Identifikasi Kebutuhan	35
B. Analisis Kebutuhan	35
C. Perancangan Perangkat Keras	36
1. Mikrokontroler Atmega16.....	37
2. Antarmuka Dengan LCD	38
3. Catu Daya	39
4. Antarmuka Dengan Sensor	40
D. Perancangan Perangkat Lunak	40
1. Algoritma	40
2. Flowchart	41
E. Pembuatan Alat	41
1. Alat dan Bahan	42
2. Proses Pembuatan Alat	43
F. Perencanaan Pengujian dan Pengambilan Data	45
1. Pengujian Rangkaian Catu Daya	46
2. Pengujian Tegangan Blok Mikrokontroler.....	46
3. Pengujian Nilai <i>Output</i> Pada Sensor Arus	46
4. Pengujian Tegangan Blok LCD	46
5. Pengujian Tegangan Blok Relay	46
6. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir Beban Lampu Pijar	47

7. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir Beban Lampu Pijar	47
8. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir Beban Setrika Listrik	47
BAB IV. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	48
A. Tempat Pengujian Dan Pengambilan Data	48
B. Instrumen Dan Bahan yang Diperlukan	48
C. Hasil Pengujian Dan Pembahasan	48
1. Tujuan	48
2. Hasil Pengujian	49
3. Pembahasan.....	54
4. Analisis SWOT	62
a. Kekuatan (<i>Strengths</i>)	62
b. Kelemahan (<i>Weakness</i>)	64
c. Peluang (<i>Opportunties</i>).....	64
d. Ancaman (<i>Threats</i>).....	65
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	66
A. Kesimpulan	66
B. Keterbatasan Alat	66
C. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rangkaian Penyearah Sederhana	8
Gambar 2. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang Dengan Filter C	8
Gambar 3. Bentuk Gelombang Penyearah dengan Filter Kapasitor	9
Gambar 4. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Filter C.....	10
Gambar 5. Regulator dengan IC 78XX / 79XX.....	11
Gambar 6. Konstruksi dan Tipe Inti Transformator.....	13
Gambar 7. Bentuk Penampang Inti Transformator	14
Gambar 8. Trafo tegangan yang dimodifikasi menjadi trafo arus	17
Gambar 9. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 16	18
Gambar 10. Struktur Mikrokontroler	21
Gambar 11. Tampilan Fisik Keypad 3 x 4	22
Gambar 12. Skematik keypad 3x4	23
Gambar 13. Rangkaian LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	23
Gambar 14. Konfigurasi Kaki LCD	24
Gambar 15. Tampilan Fisik Relay	25
Gambar 16. Simbol Relay	26
Gambar 17. Kode Warna Resistor	28
Gambar 18. Contoh Bentuk Fisik Resistor	28
Gambar 19. Prinsip Dasar Kapasitor	30
Gambar 20. Elektrolisis Kapasitor Elco	31
Gambar 21. Sistem Minimum Atmega16	37
Gambar 22. Rangkaian Mikrokontroler dan LCD	38

Gambar 23. Rangkaian Catu Daya.....	39
Gambar 24. Rangkaian Sensor Arus	40
Gambar 25. <i>Flowchart</i> Program	41
Gambar 26. Skematik Rangkaian.....	44
Gambar 27. <i>Layout</i> PCB	45
Gambar 28. Rangkaian Pengujian Nilai Output Sensor Arus	51
Gambar 29. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir Beban Lampu Pijar	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Simbol-Simbol Dalam Diagram Alir	34
Tabel 2. Komponen yang Diperlukan	42
Tabel 3. Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	46
Tabel 4. Pengujian Nilai Output Pada Sensor Arus	46
Tabel 5. Pengujian Blok Mikrokontroler	46
Tabel 6. Pengujian Tegangan Blok Penampil LCD	46
Tabel 7. Pengujian Tegangan Blok Relay.....	46
Tabel 8. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir Beban Lampu Pijar 60 W.....	47
Tabel 9. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir Beban Lampu Pijar 100 W.....	47
Tabel 10. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir Beban Setrika Listrik 350 W	47
Tabel 11. Hasil Pengujian Rangkaian Power Supply	49
Tabel 12. Hasil Pengujian Blok Mikrokontroler.....	49
Tabel 13. Hasil Pengujian Blok LCD	50
Tabel 14. Hasil Pengujian Blok Relay	50
Tabel 15. Hasil Pengujian <i>Output</i> Sensor Arus	51
Tabel 16. Hasil Pengujian rangkaian Tugas Akhir beban lampu pijar 60 W	52
Tabel 17. Hasil Pengujian rangkaian Tugas Akhir beban lampu pijar 100W	52
Tabel 18. Hasil Pengujian rangkaian Tugas Akhir beban setrika Listrik	53
Tabel 19. Hasil Perhitungan Tugas Akhir Secara Teori	59
Tabel 20. Hasil Pengujian Tugas Akhir	60

Tabel 21. Analisis SWOT Pembatas Energi Listrik Pada Beban Resistif Dengan Kwh Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Dilengkapi Dengan Pengirim Data Melalui Gelombang Radio Dengan Modulasi Fsk	63
Tabel 22. Analisis SWOT Berdasarkan Kelemahan Alat	64

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perusahaan Listrik Negara (PLN) beberapa tahun ini gencar mensosialisasikan program hemat listrik dari pukul 17.00 hingga 22.00. Alasan PLN melakukan ini adalah untuk efisiensi energi terutama dalam menghadapi beban puncak pada jam tersebut. Masalah peningkatan konsumsi energi nasional ini harus segera dipecahkan. Perlu kita pahami, kebutuhan energi global dalam 30 tahun ke depan akan meningkat dua kali lipat per tahunnya. Menurut data Departemen ESDM menyebutkan, cadangan minyak bumi di Indonesia hanya cukup untuk 18 tahun kedepan, sedangkan gas bumi masih bisa mencukupi hingga 61 tahun lagi, kemudian cadangan batubara diperkirakan habis dalam waktu 147 tahun lagi.

Kebutuhan akan energi listrik terus bertambah dengan bertambahnya pertumbuhan penduduk. Kosumsi energi listrik yang tidak diimbangi dengan penyediaan energi listrik akan menyebabkan terjadinya krisis energi listrik. Krisis energi listrik dapat dicegah dengan melakukan penghematan dalam penggunaan energi listrik (*Demand Side Management*). Konsumen harus melakukan penghematan dalam penggunaan energi listrik, karena belum tercapainya pemenuhan kebutuhan energi listrik. Penerapan *Demand Side Management* sangat tepat bagi pelanggan perusahaan listrik, terutama pelanggan rumah tangga. (Bambang Purwanto, 2011 : 3)

Rumah tangga adalah konsumen pengguna energi listrik terbesar kedua setelah industri. Konsumen rumah tangga masih boros dalam menggunakan energi listrik. Pemborosan penggunaan energi listrik disebabkan penggunaan peralatan listrik yang cenderung berlebihan dan kurang tepat. (Bambang Purwanto, 2011 : 3)

Indonesia memiliki karunia sinar matahari yang sangat besar dan hampir disetiap pelosok Indonesia, matahari menyinari sepanjang pagi sampai sore. Menurut data Departemen ESDM setiap tahunnya Indonesia mendapat energi matahari sebesar 2.500 kW per jam-nya (sumber lainnya mengatakan bumi secara tak henti disinari energi sebesar 17 triliun kW). Melihat potensi energi matahari di Indonesia yang besar, energi matahari sangat cocok dimanfaatkan untuk sumber pembangkitan energi listrik yang sering disebut dengan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik ramah lingkungan karena tidak mengakibatkan polusi udara, karena memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber pembangkitan. Pembangkit listrik tenaga surya sangat efisien digunakan untuk mengatasi masalah energi listrik didaerah yang sulit mendapat pasokan energi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Sistem pembangkit listrik tenaga surya terbagi menjadi dua yaitu individual dan komunal, sistem individual merupakan suatu pembangkit yang menyuplai energi listrik hanya untuk satu rumah, sedangkan sistem komunal ialah suatu pembangkit yang menyuplai energi listrik untuk keperluan beberapa rumah. Sistem komunal besarnya jatah energi listrik yang diberikan kepada konsumen harus sama agar konsumen mendapat pasokan energi listrik

yang merata. Pembangkit listrik tenaga surya dengan sistem komunal belum ada suatu alat yang berfungsi untuk membatasi pemakaian energi listrik yang bertujuan untuk penghematan energi listrik.

Menghadapi permasalahan diatas penulis mencoba merancang sebuah alat yang digunakan untuk membatasi pemakaian energi listrik, yaitu pembatas energi listrik pada beban resistif yang bertujuan untuk menekankan pemakaian energi listrik yang berlebihan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yaitu:

1. Kosumsi energi listrik yang tidak diimbangi dengan penyediaan energi listrik akan menyebabkan terjadinya krisis energi listrik.
2. Konsumen rumah tangga masih boros dalam menggunakan energi listrik.

C. Batasan Masalah

Memfokuskan agar permasalahan yang diamati tidak meluas dan tidak menyimpang dari sasaran serta tema pokok permasalahan, maka diperlukan batasan – batasan masalah sebagai berikut :

1. Konsumen rumah tangga masih boros dalam menggunakan energi listrik.
Pemborosan penggunaan energi listrik disebabkan penggunaan peralatan listrik yang cenderung berlebihan dan kurang tepat.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan berbagai hal yang telah dikemukakan diatas, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana rancang bangun alat pembatas energi listrik pada beban resistif ?
2. Bagaimana unjuk kerja alat pembatas energi listrik pada beban resistif ?

E. Tujuan

Tujuan dari proyek akhir ini adalah :

1. Merancang dan membuat alat pembatas energi listrik pada beban resistif.
2. Dapat mengetahui unjuk kerja alat pembatas energi listrik pada beban resistif.

F. Manfaat

Pembuatan Proyek akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis, masyarakat dan almamater sebagai berikut :

1. Universitas

Dapat dijadikan tolak ukur daya serap mahasiswa yang bersangkutan selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, dan mampu menerapkan ilmunya secara praktis pada bidang-bidang yang sesuai dengan program studi yang dipelajari.

2. Mahasiswa

Dapat dipakai sumber informasi dan referensi untuk pengembangan selanjutnya dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

3. Masyarakat

Sebagai salah satu alat pembatas penggunaan energi listrik pada beban resistif yang akan digunakan dalam satu hari.

G. Keaslian Gagasan

Gagasan ini muncul dari dosen pengajar, namun setelah melakukan searching di dunia maya dan diproyek akhir yang lalu ternyata belum pernah dibuat di Fakultas Teknik Elektro UNY, oleh karena itu alat pembatas energi listrik pada beban resistif yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya akan diambil oleh penulis sebagai tugas akhir yang akan dibuat untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar ahli madya.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Indonesia saat ini mengalami krisis energi listrik dilihat dari bahan bakar yang sifatnya tidak terbaharukan dalam beberapa tahun kedepan bahan bakar yang sifatnya tidak terbaharukan akan habis. Menurut Departemen ESDM menyebutkan bahwa cadangan minyak bumi di Indonesia hanya cukup untuk 18 tahun kedepan, sedangkan gas bumi masih bisa mencukupi hingga 61 tahun lagi. Kemudian cadangan batubara diperkirakan habis dalam waktu 147 tahun lagi.

Menghadapi masalah krisis energi diatas ialah dengan menggunakan energi matahari sebagai sumber pembangkitan energi listrik. Data Departemen ESDM setiap tahunnya Indonesia mendapat energi matahari sebesar 2.500 kW per jamnya, ini adalah potensi sumber energi *alternatif* yang sangat menguntungkan untuk Indonesia. Pembangkit listrik tenaga surya memerlukan beberapa proses untuk membuat energi matahari menjadi energi listrik. Beberapa proses yang dilakukan adalah sebagai berikut. Sinar matahari ditangkap dan diolah dengan panel sel surya menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel sel surya masih berupa energi listrik *DC* tetapi untuk beban rumah tangga membutuhkan energi listrik *AC*, untuk itu diperlukan sebuah alat yang bernama inverter untuk merubah energi listrik *DC* menjadi *AC* yang kemudian energi tersebut akan disimpan menggunakan baterai (*ACCU*) untuk penyimpanan energi pada saat tidak ada sinar matahari. (Yulianta Mahmud, 2012: 2)

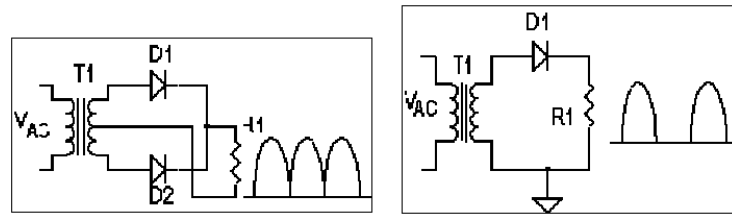
Pembatas energi listrik pada beban resistif adalah suatu alat yang digunakan untuk membatasi pemakaian energi listrik sesuai dengan kebutuhan kita. Unit Pembatas energi listrik pada beban resistif dikendalikan dengan mikrokontroler

yang akan memberikan sinyal untuk memutuskan relai untuk memutuskan energi listrik pada saat energi listrik yang habis. Unit pembatas energi listrik pada beban resistif ini tidak lain difungsikan untuk menekankan penghematan energi yang akan digunakan dalam satu hari penuh. Unit pembatas energi listrik pada beban resistif terbagi menjadi lima blok, yaitu blok catu daya, blok mikrokontroler, blok pembacaan arus, blok penampil lcd dan blok relai. Kelima blok tersebut membutuhkan beberapa rangkaian dan komponen, rangkaian dan komponen-komponen tersebut adalah :

A. Penyearah (*Rectifier*)

Penyearah adalah rangkaian elektronika yang berfungsi menyearahkan gelombang arus listrik. Tegangan listrik yang semula masih berupa tegangan bolak-balik jika dilewatkan melalui rangkaian penyearah maka akan berubah menjadi tegangan searah. Rangkaian penyearah biasanya terdiri dari komponen elektronika, antara lain dioda yang dihubungkan dengan catu daya. Catu daya yang digunakan biasanya menggunakan trafo, pada penyearah setengah gelombang maupun pada penyearah gelombang penuh. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Penyearah>).

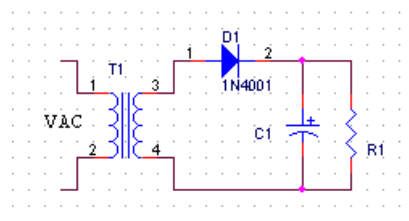
Rangkaian dari penyearah (*rectifier*) yang paling sederhana ditunjukkan pada gambar 1. Transformator diperlukan untuk menurunkan tegangan bolak balik dari jala-jala listrik pada kumparan primernya menjadi tegangan bolak balik yang lebih kecil pada kumparan sekundernya. Tegangan dari transformator masih berupa tegangan bolak balik, setelah diteruskan melewati rangkaian penyearah maka tegangannya akan berubah menjadi tegangan searah.



Gambar 1. Rangkaian Penyearah Sederhana

Dioda berperan hanya untuk meneruskan tegangan positif ke beban RL pada rangkaian ini, rangkaian di atas merupakan rangkaian penyearah setengah gelombang. Penyearah gelombang penuh memerlukan transformator *Center Tap* (CT) sebagai catu dayanya.

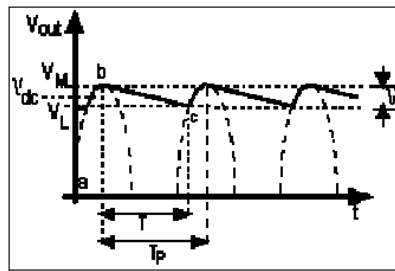
Tegangan positif fasa yang pertama diteruskan oleh D1 sedangkan fasa yang berikutnya dilewatkan melalui D2 ke beban R1 dengan transformator CT sebagai *common ground*, dengan demikian beban R1 akan mendapat suplai tegangan gelombang penuh, untuk beberapa aplikasi seperti misalnya untuk men-catu motor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



Gambar 2. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang Dengan Filter C

Gambar 2. merupakan rangkaian penyearah setengah gelombang dengan filter kapasitor C yang dipasang secara paralel terhadap beban R. Filter kapasitor ini akan menghasilkan bentuk gelombang tegangan keluarannya menjadi lebih rata. Gambar 3. menunjukkan bentuk keluaran tegangan searah

dari rangkaian penyearah setengah gelombang dengan filter kapasitor C. Garis b-c adalah garis lurus dengan kemiringan tertentu, dimana pada keadaan ini arus untuk beban R1 dicatu oleh tegangan kapasitor. Garis b-c bukanlah garis lurus tetapi eksponensial yang sesuai dengan sifat pengosongan kapasitor.



Gambar 3. Bentuk Gelombang Penyearah dengan Filter Kapasitor

(Sumber : <http://belajar-elektronika.net/power-supply/teori-power-supply-catudaya/>)

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 seperti gigi gergaji dengan tegangan riak yang besarnya adalah :

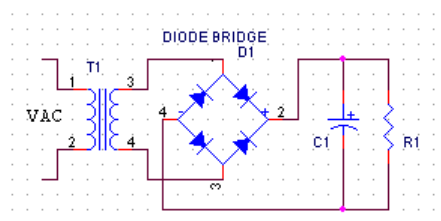
$$V_r = V_M - V_L \dots\dots\dots (1)$$

tegangan searah menuju beban yaitu :

$$V_{dc} = V_M + V_r/2 \dots\dots\dots (2)$$

Rangkaian penyearah yang baik adalah rangkaian yang memiliki tegangan riak paling kecil. VL adalah tegangan *discharge* atau pengosongan kapasitor.

Penyearah gelombang penuh dengan filter C dapat dibuat dengan menambahkan kapasitor seperti pada Gambar 4. Penyearah gelombang penuh dengan filter kapasitor C dapat dibuat menggunakan transformator TP, dengan menambahkan 4 buah dioda yang dirangkai seperti pada Gambar 4. (Bramantya Yogasmara, 2012: 25)



Gambar 4. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Filter C

(Sumber : Bramantya Yogasmara, 2012: 25)

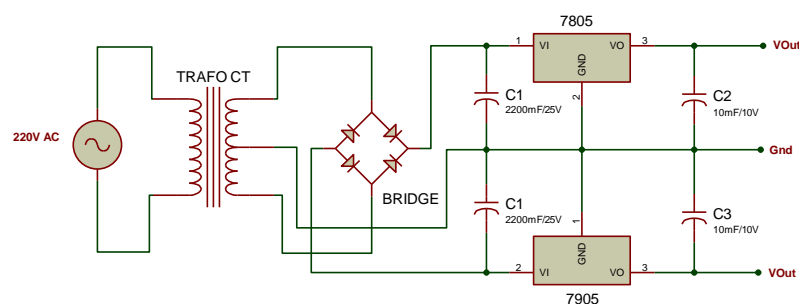
Rangkaian penyearah gelombang penuh dari catu daya jala-jala listrik 220V/50Hz untuk mensuplai beban sebesar 0.5 A. Nilai dari kapasitor yang diperlukan sehingga rangkaian ini memiliki tegangan riak yang tidak lebih dari 0.75 Vpp dapat diperoleh menggunakan rumus pada persamaan (7) yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C = I \times T / V_r = (0.5) ((0.01) / 0.75) = 6600 \text{ uF.}$$

Tegangan kerja kapasitor yang digunakan harus lebih besar dari tegangan keluaran dari catu daya sehingga kapasitor akan aman dan tidak rusak, dengan adanya uraian di atas sekarang dapat diketahui mengapa rangkaian audio yang dibuat kadang terdengar mendengung, hal ini dapat diatasi dengan cara memeriksa kembali rangkaian penyearah catu dayanya, tegangan riak ini cukup mengganggu atau tidak.

B. Regulator

Rangkaian seperti di atas sudah dikemas menjadi satu IC regulator tegangan tetap, saat ini sudah banyak dikenal komponen seri 78XX sebagai regulator tegangan tetap positif dan seri 79XX yang merupakan regulator untuk tegangan tetap negatif yang dapat dilihat pada Gambar 5. Komponen IC regulator ini biasanya sudah dilengkapi dengan pembatas arus (*current limiter*) dan juga pembatas suhu (*thermal shutdown*). Komponen ini hanya terdiri dari tiga pin saja dan dengan menambah beberapa komponen saja sudah dapat menjadi rangkaian catu daya yang dapat meregulasi dengan baik. (Bramantya Yogasmara, 2012: 25)



Gambar 5. Regulator dengan IC 78XX / 79XX

(Sumber : Bramantya Yogasmara, 2012: 25)

Regulator dengan IC 7805 adalah regulator untuk mendapat tegangan 5 volt, 7812 regulator tegangan 12 volt dan seterusnya. Sedangkan seri 79XX misalnya adalah 7905 dan 7912 yang berturut-turut adalah regulator tegangan negatif 5 volt dan 12 volt, dua angka yang terletak di belakang pada seri IC menunjukkan besarnya tegangan kerja dari IC tersebut. IC regulator dengan tegangan tetap ada juga IC regulator yang tegangannya dapat diatur. Prinsipnya sama dengan regulator OP-amp yang dikemas dalam satu IC

misalnya LM317 untuk regulator variabel positif dan LM337 untuk regulator variabel negatif, bedanya terletak pada resistor R1 dan R2 yang letaknya berada pada luar IC, sehingga tegangan keluarannya dapat diatur melalui resistor eksternal tersebut.

Rangkaian regulator dengan IC bisa bekerja apabila nilai dari tegangan masukan lebih besar dari tegangan keluaran regulatornya, biasanya perbedaan tegangan masukan V_{in} terhadap tegangan keluaran V_{out} yang direkomendasikan ada pada datasheet komponen tersebut. Aluminium pendingin atau yang biasa disebut dengan *heatshink* dianjurkan untuk dipasang pada IC apabila komponen ini dipakai untuk mencatu arus yang besar, hal ini bertujuan untuk menyerap panas pada IC dan melindungi IC dari kerusakan.

C. Transformator

1. Transformator Satu Fasa

Konstruksi dasar transformator adalah seperti Gambar 6(a). Ditinjau dari tipe inti yang digunakan, dikenal *transformator* tipe "*core*" dan *transformator* tipe "*shell*". Konstruksi dari masing-masing tipe tersebut adalah seperti Gambar 6(b) dan 1(c). (Sunyoto, 1996: 1).

V_1 : Tegangan sumber

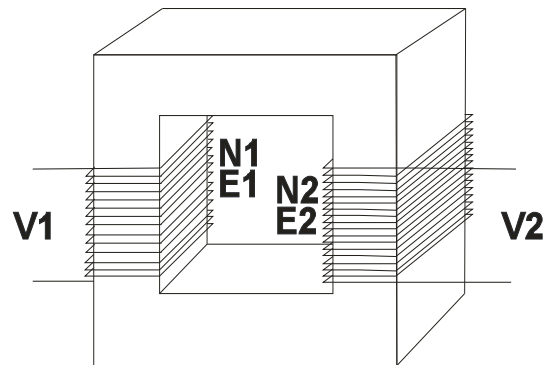
V_2 : Tegangan terminal

E_1 : Ggl induksi lilitan primer

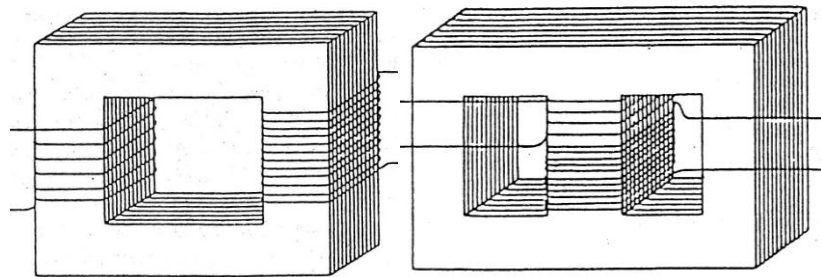
E_2 : Ggl induksi lilitan sekunder

N_1 : Lilitan primer

N_2 : Lilitan sekunder



(a). Konstruksi dasar transformator

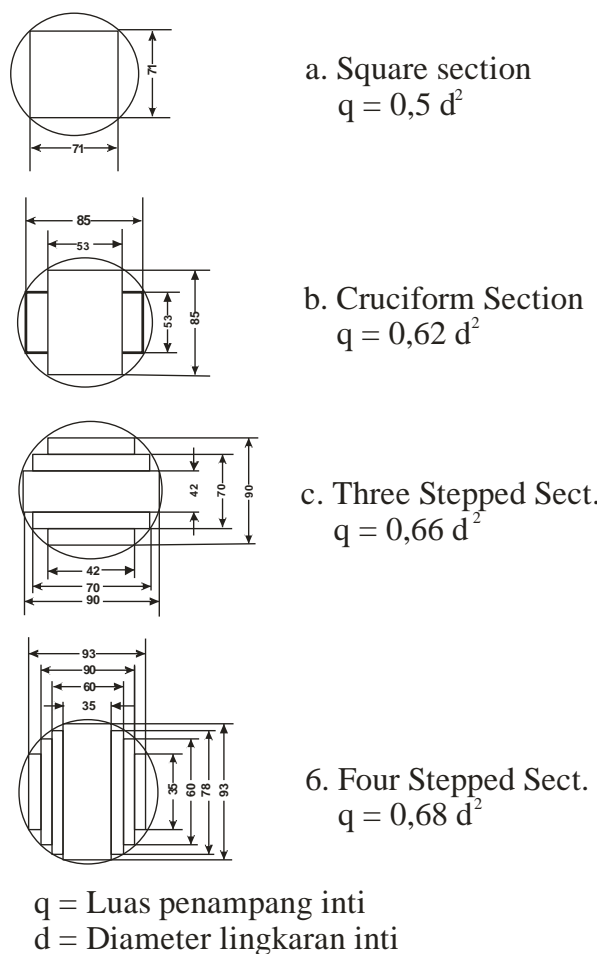


(b). Inti tipe *core* (kiri) (c). Inti tipe *shell* (kanan)

(Sumber : <http://dc431.4shared.com/doc/MxHQyXFj/preview.html>)

Gambar 6. Konstruksi dan Tipe Inti *Transformer*

Ditinjau dari bentuk penampang inti yang digunakan, terdapat berbagai macam bentuk penampang inti transformator seperti *square*, *cruciform*, *three stepped*, dan *four stepped*. Masing-masing bentuk penampang inti *transformator* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Bentuk Penampang Inti Transformator

(Sumber : Sunyoto, 1996:3)

Rumus-rumus luas penampang yang ada pada Gambar 7 di atas dengan diameter yang sama, dapat diambil kesimpulan bahwa luas penampang jenis “*four stepped*” adalah luas penampang *transformator* yang paling besar. *Transformator* ditinjau dari tegangannya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu transformator penurun tegangan (*step down transformer*) dan transformator penaik tegangan (*step up transformer*). Transformator penaik tegangan yaitu *transformator* yang pada sisi sekunder lebih besar dari tegangan pada sisi primer, dan dikatakan *transformator* penurun tegangan apabila tegangan pada sisi

sekunder lebih kecil daripada tegangan pada sisi primernya. (Sunyoto, 1996).

Transformator penaik tegangan biasanya dapat dijumpai pada pusat-pusat pembangkit dengan menyatukan tiga buah transformator satu fasa menjadi satu unit transformator tiga fasa. *Transformator* penaik tegangan digunakan untuk menaikkan tegangan dari tegangan pembangkit menjadi tegangan transmisi. *Transformator* penurun tegangan biasa dijumpai pada pusat-pusat beban, yang berguna untuk menurunkan tegangan, dari tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi atau tegangan yang digunakan oleh konsumen. *Transformator* penurun tegangan ditempatkan pada gardu-gardu induk atau gardu distribusi.

a. Prinsip Kerja Transformator

Transformator adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain secara induksi elektromagnet dengan tidak mengubah harga frekuensinya.

b. Sifat Inti Transformator

Transformator menggunakan bahan feromagnetis dengan tujuan agar jumlah flux magnet yang mengalir pada inti transformator tersebut sebesar mungkin maka bahan inti harus terbuat dari bahan feromagnetis. Inti *transformator* dibuat berlapis lapis dengan tujuan untuk menghilangkan panas yang dihasilkan oleh adanya arus pusar, untuk mengurangi panas karena pengaruh histerisis, bahan feromagnetik dipilih sedemikian rupa sehingga bentuk kurva histerisisnya sesempit mungkin (Sunyoto, 1996:6).

2. Transformator Arus

Trafo arus atau biasa disebut *Current Transformer (CT)* adalah suatu perangkat listrik yang berfungsi menurunkan arus yang besar menjadi arus dengan ukuran yang lebih kecil. Trafo arus digunakan karena dalam pengukuran arus tidak mungkin dilakukan langsung pada arus beban maupun arus gangguan, hal ini disebabkan arus yang sangat besar dan bertegangan sangat tinggi. Karakteristik dari trafo arus dipengaruhi oleh *Current Transformer Ratio (CTR)* yang merupakan perbandingan antara arus yang dilewatkan oleh sisi primer dengan arus yang dilewatkan pada sisi sekunder.

Relai pengaman yang dibuat rangkaian pendeteksi arus dibuat menggunakan trafo tegangan yang dimodifikasi menjadi trafo arus dengan jalan menambahkan lilitan pada badan luar trafo, dari pembuatan trafo arus didapatkan data sebagai berikut :

1. Diameter penampang kawat untuk lilitan tambahan sebesar 0,7 mm dan diameter untuk kawat lilitan asli sisi primer sebesar 0,4 mm.
2. Perbandingan jumlah lilitan tambahan terhadap lilitan asli sisi primer 1 : 89 (didapat dengan cara membongkar dan menghitung lilitan asli sisi primer trafo) sesuai dengan persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :
$$\frac{E1}{E2} = \frac{n1}{n2} = \frac{I1}{I2} = \frac{V1}{V2}$$

Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



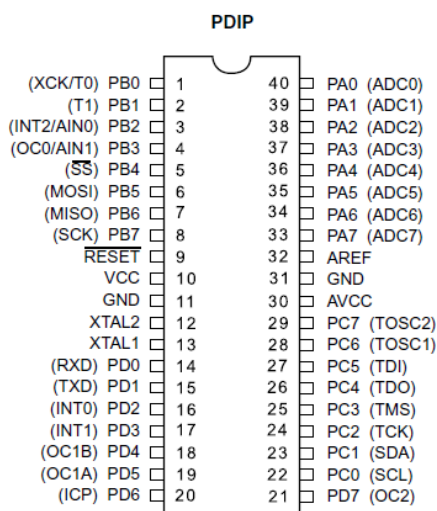
Gambar 8. Trafo tegangan yang dimodifikasi menjadi trafo arus

D. Arsitektur Mikrokontroler Atmega16

Mikrokontroler ialah chip yang berisi unit penting untuk melakukan pemrosesan data (*I/O, timer, memory* dan lainnya) sehingga dapat berlaku sebagai pengendali dan komputer sederhana.

AVR merupakan seri Mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register *general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal dan eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM *internal*. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk deprogram ulang dalam *system* menggunakan hubungan serial SPI. ATmega16 memiliki kapasitas EEPROM 512 bytes dan kapasitas FLASH 16K bytes dan memiliki 40 pin yang masing-masing memiliki fungsi berbeda-beda baik sebagai port maupun fungsi yang lain. (Widodo Budiharto, 2011).

1. Konfigurasi pin pada mikrokontroler ATmega 8



Gambar 9. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 16

(Sumber: www.alldatasheet.com)

a. **VCC**

Suplai tegangan digital. Pada umumnya besar tegangan adalah 5 V.

b. **GND**

Ground. Referensi nol suplai tegangan digital.

c. **PORT A (PA0..PA7)**

Port A merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC.

d. **PORT B (PB0..PB7)**

Port B merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, komparator analog dan SPI.

e. **PORT C (PC0..PC7)**

Port C merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *TWI, komparator analog, dan Timer Osilator*.

f. **PORT D (PD0..PD7)**

Port D merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, *interupsi eksternal*, dan komunikasi serial.

g. **RESET**

Reset merupakan pin yang digunakan untuk *men-reset* mikrokontroler.

h. **XTAL1 dan XTAL2**

Xtal1 dan Xtal2 sebagai pin masukan *clock eksternal*. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak (*clock*) agar dapat mengeksekusi intruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat mikrokontroler tersebut.

i. **AVCC**

Avcc sebagai pin masukan tegangan untuk ADC.

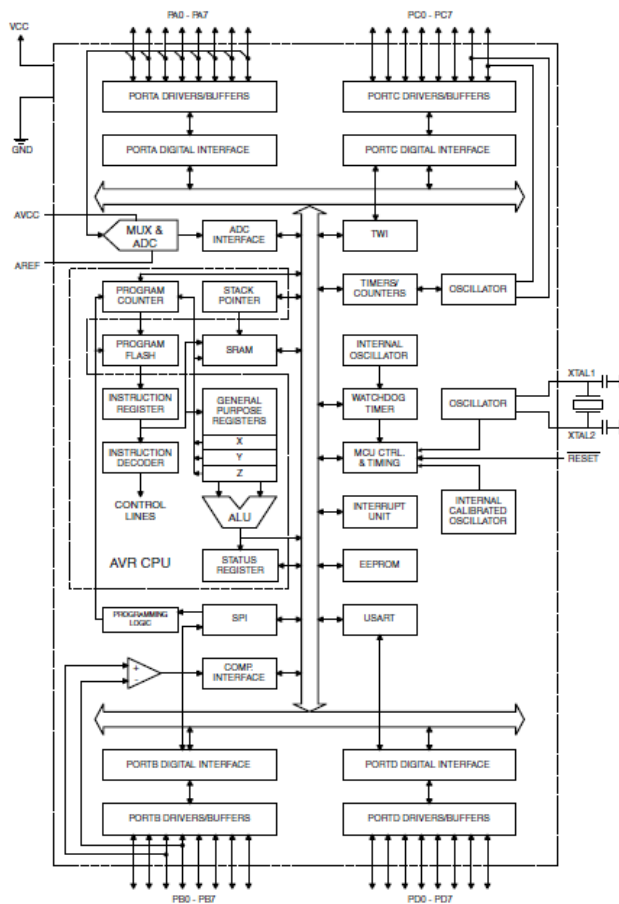
j. **AREF**

Aref sebagai pin masukan tegangan referensi.

Mikrokontroler ATmega16 merupakan bagian utama dari sistem kontrol, mikrokontroler ini merupakan jenis mikrokontroler jenis AVR. Mikrokontroler jenis ini dipilih karena mikrokontroler ATmega16 memiliki 40 port masukan dan keluaran atau biasa disebut dengan port IO yang dibagi menjadi port-port A, B, C, dan D yang dapat difungsikan sebagai masukan dan sebagai keluaran sistem yang sangat penting dalam mengakses LCD maupun sebagai masukan sensor dan keluaran untuk relai. Proses pengisian

(*downloading*) program yang mudah karena memiliki fasilitas *in-system programming* yang sudah terdapat di dalam ATmega16.

Lima pin, MOSI, MISO, SCK, *Reset*, dan *Ground* digunakan untuk memprogram ATmega16 ini. Mikrokontroler ATmega16 memiliki 4 port yaitu port A, B, C, dan port D. Satu pin pada port A0 digunakan sebagai masukan untuk sensor tegangan yang akan dibaca oleh mikro, satu pin pada port A1 sebagai keluaran untuk kaki relai, port B sebagai masukan untuk LCD, port C sebagai SDA dan SCL dan port D sebagai inputan dari keypad. Mikrokontroler ATmega16 dapat bekerja apabila mendapat tegangan masukan sebesar 5 volt, dengan batas toleransi tegangan sebesar 5,4 volt, apabila tegangan masukan melebihi batas toleransi maka ATmega16 akan rusak dan tidak dapat digunakan kembali. Proses pengisian pada mikrokontroler ATmega16 dapat mencapai seribu kali proses *downloading*. Struktur dari mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Struktur Mikrokontroler

ATMega16(Sumber:http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486_cn.pdf)

Setiap mikrokontroler memiliki jenis dan spesifikasi masing-masing tergantung dari kegunaan dan kebutuhan dari mikrokontroler yang akan digunakan. ATMega16 memiliki spesifikasi antara lain; 1Kb *internal* SRAM, 16Kb *flash memory*, 512 bytes EEPROM, 32 jalur *Input-Output*, 8 bit *timer/counter*, 16 bit *timer/counter*, *On-chip Analog comparator*, *Full duplex* UART, SPI *serial interface for in-system programming* dan *internal power reset*.

E. KEYPAD

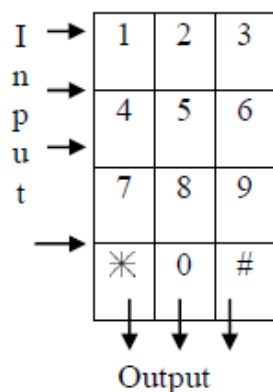
Keypad adalah rangkaian tombol yang berfungsi untuk memberi sinyal pada suatu rangkaian dengan menghubungkan jalur-jalur tertentu. *Keypad* terdiri dari beberapa macam berdasarkan jumlah tombol dan fungsinya. Sistem pengontrolan ini, digunakan *keypad* matriks 3 x 4 (12 saklar) dengan pin penghubung rangkaian berjumlah 7 buah. (<http://www.google.co.id>) Bentuk fisik *keypad* 3x4 dapat dilihat pada Gambar 11 dan skematik *keypad* 3x4 bisa dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Tampilan Fisik *Keypad* 3 x 4

Sumber : <http://www.centralectro.com/catalog.php?cat=17>

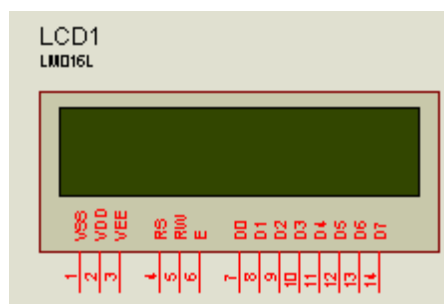
Ketujuh pin penghubung ini terbagi dua kelompok yaitu 4 buah pin sebagai *input* dan 3 buah lainnya sebagai *ouput*. Adapun maksud dari 7 pin I/O adalah untuk dijadikan kombinasi penghubungan pada rangkaian yang akan disambungkan dengan *keypad* ini. Dimana dalam setiap penekanan satu tombol/saklar *keypad* maka terjadi kombinasi antara dua buah pin dalam pembacaan sinyalnya.



GAMBAR 12. Skematik keypad 3x4

F. LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berguna untuk menampilkan suatu data, baik karakter, huruf maupun grafik. Tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dan pelengkap lainnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan. LCD dapat bekerja dengan tegangan sebesar 5 volt yang didapat dari keluaran mikrokontroler, untuk itu biasanya LCD dihubungkan dengan mikrokontroler. Gambar 14 merupakan penjelasan konfigurasi dari kaki pin LCD dan pada Gambar 13 merupakan rangkaian dari LCD.



Gambar 13. Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pin No	Name	Function	Description
1	Vss	Power	GND
2	Vdd	Power	+ 5 V
3	Vee	Contrast Adj.	(-2) 0 - 5 V
4	RS	Command	Register Select
5	R/W	Command	Read / Write
6	E	Command	Enable (Strobe)
7	D0	I/O	Data LSB
8	D1	I/O	Data
9	D2	I/O	Data
10	D3	I/O	Data
11	D4	I/O	Data
12	D5	I/O	Data
13	D6	I/O	Data
14	D7	I/O	Data MSB

Gambar 14. Konfigurasi Kaki LCD
(Sumber : www.datasheet4u.com)

Kaki pin LCD 16x2 memiliki beberapa fungsi dan kegunaan yang sesuai dengan karakteristik sebagai berikut :

1. Pin data

Pin data dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit. Pin data ini berguna untuk menampilkan data yang terbaca dari mikrokontroler.

2. Pin RS (*Register Select*)

Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan yang masuk adalah data.

3. Pin R/W (*Read Write*)

Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada LCD jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data. Pin R/W juga sering disebut dengan pin perintah.

4. Pin E (*Enable*)

Pin E (*Enable*) digunakan untuk membaca data baik masuk atau keluar. Data.

G. Relay

Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor (saklar) yang tersusun. Kontaktor akan tertutup (*On*) atau terbuka (*Off*) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar dimana pergerakan kontaktor (*On/Off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik. Relay yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini menggunakan jenis elektromagnetik, yang bekerja dengan menginduksi koil guna menarik kontak pada kaki relay. Tampilan fisik relay dapat dilihat pada Gambar 15, dan simbol relay dapat dilihat pada Gambar 16.

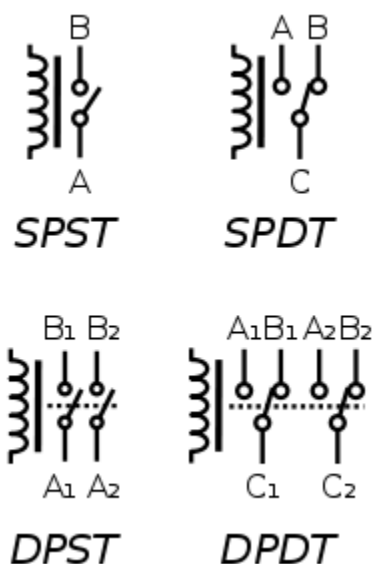


Gambar 15. Tampilan Fisik Relay

(Sumber : www.ehow.com/how_6818985_build-latching-relay-circuit.html)

Jenis relay berdasarkan cara kerjanya :

1. **Normaly Close** : Kondisi awal kontaktor tertutup (*On*) dan akan terbuka (*Off*) jika relay diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan (*coil*) relay. Istilah lain kondisi ini adalah *Normaly Close (NC)*.
2. **Normaly Open** : Kondisi awal kontaktor terbuka (*Off*) dan akan tertutup jika relay diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan (*coil*) relay. Istilah lain kondisi ini adalah *Normaly Open (NO)*.
3. **Change-Over (CO)** atau **Double-Throw (DT)** : Relay jenis ini memiliki dua pasang terminal dengan dua kondisi yaitu *Normaly Open (NO)* dan *Normaly Close (NC)*.



Gambar 16. Simbol Relay

(Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/Relay>)

1. **SPST** (*Single Pole Single Throw*) : Relay ini memiliki empat terminal. Dua terminal kumparan (*coil*) dan dua terminal saklar (A dan B) yang dapat terhubung dan terputus.
2. **SPDT** (*Single Pole Double Pole*) : Relay ini memiliki lima terminal. Dua terminal kumparan (*coil*) dan tiga terminal saklar (A,B, dan C) yang dapat terhubung dan terputus dengan satu terminal pusat. Jika suatu saat terminal A terputus dengan terminal pusat (C) maka terminal lain (B) terhubung dengan terminal C, demikian juga sebaliknya.
3. **DPST** (*Double Pole Single Throw*) : Relay ini mempunyai enam terminal. Dua terminal kumparan (*coil*), dan empat terminal merupakan dua pasang saklar yang dapat terhubung dan terputus (A1 dan B1 - A2 dan B2).
4. **DPDT** (*Double pole Double Throw*) : Relay ini mempunyai delapan terminal. Dua terminal kumparan (*coil*), enam terminal merupakan dua set saklar yang dapat terputus dan terhubung (A1,B1,C1 dan A2, B2, C2)

H. Resistor

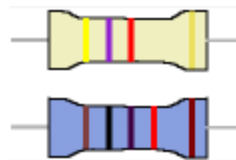
Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian. Resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut ohm atau dilambangkan dengan simbol Ω (omega). Tipe resistor pada umumnya berbentuk tabung dengan dua kaki tembaga di sisi kiri dan kanan. Resistor yang berbentuk tabung terdapat lingkaran gelang kode warna untuk memudahkan membaca dan mengetahui besar resistansi resistor tanpa harus mengukur dengan alat ukur. Bentuk fisik dari resistor dapat dilihat pada Gambar 18. Kode dari gelang warna resistor tersebut

adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (*Electronic Industries Association*), kode gelang warna resistor dapat dilihat pada Gambar 17.

Warna	Nilai	faktor pengali	Toleransi
Hitam	0	1	
Coklat	1	10	1%
Merah	2	100	2%
Jingga	3	1.000	
Kuning	4	10.000	
Hijau	5	100.000	
Biru	6	10^6	
Violet	7	10^7	
Abu-abu	8	10^8	
Putih	9	10^9	
Emas	-	0.1	5%
Perak	-	0.01	10%
Tanpa warna	-	-	20%

Gambar 17. Kode Warna Resistor

(Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/Gelang_warna_resistor_foto)



Gambar 18. Contoh Bentuk Fisik Resistor

(Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/Resistor_foto)

Pembacaan resistansi pada resistor berawal dari warna gelang paling depan yang berupa warna-warna pelangi menuju ke arah belakang, lalu gelang toleransi berwarna coklat, merah, emas atau perak. Warna gelang toleransi ini berada pada badan resistor yang paling belakang atau dengan lebar badan yang lebih menonjol, sedangkan warna gelang yang pertama agak sedikit menjorok ke dalam. Jumlah gelang yang melingkar pada resistor pada

umumnya sesuai dengan besar toleransinya. Resistor dengan toleransi 5%, 10% atau 20% memiliki 3 gelang warna (tidak termasuk gelang toleransi). Resistor dengan toleransi 1% atau 2% (toleransi kecil) memiliki 4 warna gelang (tidak termasuk gelang toleransi). Gelang pertama dan seterusnya berturut-turut menunjukkan besar nilai satuan, dan gelang terakhir adalah faktor pengalinya.

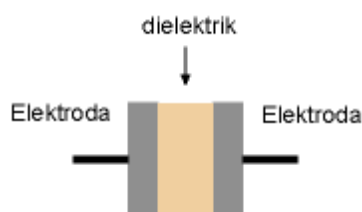
Resistor dengan gelang kuning, violet, merah dan emas. Gelang berwarna emas adalah gelang toleransi, dengan demikian urutan warna gelang resistor ini adalah, gelang pertama berwarna kuning, gelang kedua berwarna ungu dan gelang ke tiga berwarna merah dimana gelang ketiga merupakan faktor pengalinya. Gelang ke empat dengan warna emas merupakan gelang toleransi. Gelang emas memiliki nilai toleransi sebesar 5%, hal ini dapat dilihat pada Gambar 17. Nilai resistansinya dihitung sesuai dengan urutan warnanya. Pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai satuan dari resistor ini.

Toleransi dari resistor sebesar 5% (yang biasanya memiliki tiga gelang selain gelang toleransi), maka nilai satuannya ditentukan oleh gelang pertama dan gelang kedua. Masih dari Gambar 17 dapat diketahui gelang warna kuning nilainya = 4 dan gelang warna violet nilainya = 7 Gelang pertama dan kedua atau kuning dan violet berurutan, nilai satuannya adalah 47. Gelang ketiga adalah faktor pengali, dan jika warna gelangya merah berarti faktor pengalinya adalah 100, sehingga dapat diketahui nilai resistansi resistor tersebut adalah nilai satuan x faktor pengali atau $47 \times 100 = 4.7 \text{ K ohm}$ dan toleransinya adalah sebesar 5%.

I. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Prinsip dasar dari kapasitor dapat dilihat pada Gambar 19. Bahan-bahan dielektrik yang biasanya dipakai antara lain udara vakum, keramik, dan gelas. Plat metal pada kapasitor diberi tegangan listrik pada masing-masing ujungnya, maka muatan-muatan positif akan berkumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif akan terkumpul pada ujung metal kapasitor yang satu lagi.

Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, hal ini dikarenakan pada masing-masing plat metal terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif dan muatan elektrik ini akan tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya.



Gambar 19. Prinsip Dasar Kapasitor

(Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Kapasitor>)

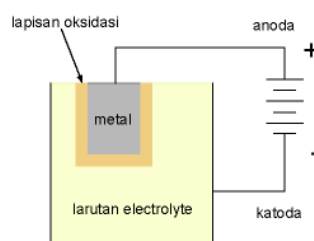
Kapasitor terdiri dari beberapa tipe, tergantung dari bahan dielektriknya. Kapasitor yang digunakan dalam pembuatan pembatas energi listrik pada beban resistif ialah kapasitor berjenis kapasitor elektrolitik.

1. Kapasitor Elektrolitik

Kapasitor elektrolitik terdiri dari kapasitor-kapasitor yang bahan dielektriknya adalah lapisan metal-oksida. Kapasitor yang termasuk kelompok ini adalah kapasitor polar dengan tanda (+) dan (-) di badannya. Kapasitor ini memiliki polaritas karena proses pembuatannya menggunakan elektrolisis sehingga terbentuk kutup positif anoda dan kutup negatif katoda.

Tantalum, aluminium, magnesium, titanium, niobium, zirconium dan seng adalah bahan metal yang permukaannya dapat dioksidasi sehingga membentuk lapisan metal-oksida. Lapisan oksidasi ini terbentuk melalui proses elektrolisis, seperti pada proses penyepuhan emas.

Elektrolisis kapasitor dapat dilihat pada Gambar 20. Elektroda metal dicelup kedalam larutan elektrolit (*sodium borate*) lalu diberi tegangan positif (anoda) dan tegangan negatif (katoda). Oksigen pada larutan elektrolit terlepas dan mengoksidasi permukaan plat metal.



Gambar 20. Elektrolisis Kapasitor Elco

(Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Kapasitor>)

Plat metal (anoda), lapisan-metal-oksida dan elektrolit (katoda) membentuk kapasitor, dalam hal ini lapisan-metal-oksida berperan sebagai bahan dielektrik. Lapisan metal-oksida ini sangat tipis, sehingga

dengan demikian dapat dibuat kapasitor dengan ukuran kapasitansi yang cukup besar.

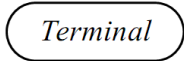
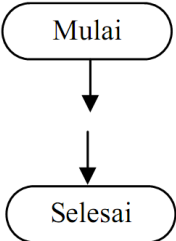
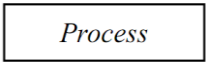
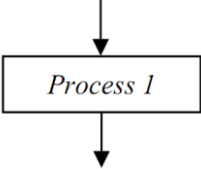

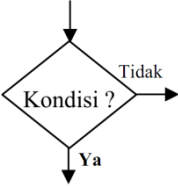
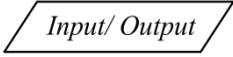
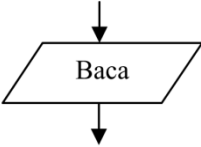
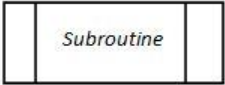
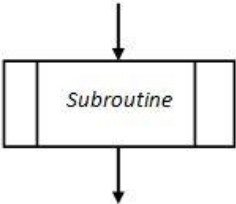
Alasan ekonomis dan praktis sering digunakan sebagai penentuan bahan metal yang digunakan, pada umumnya bahan metal yang banyak digunakan adalah alumunium dan tantalum. Bahan yang paling banyak tersedia dengan harga yang murah adalah bahan aluminium. Bahan plat alumunium ini biasanya digulung secara radial yang bertujuan untuk memperoleh kapasitor dengan kapasitansi yang besar, seperti kapasitor dengan ukuran 100 μF , 470 μF , 1000 μF , 2200 μF serta 4700 μF , yang sering juga disebut kapasitor elco. Bahan elektrolit pada kapasitor tantalum ada yang cair tetapi ada juga tantalum yang padat, disebut elektrolit padat sebenarnya bukan larutan elektrolit yang menjadi elektroda negatif-nya, melainkan bahan lain yaitu bahan manganese-dioksida. Kapasitor jenis ini bisa memiliki kapasitansi yang besar namun menjadi lebih ramping dan mungil pada bentuk fisiknya. Selain itu karena seluruhnya padat, maka waktu kerjanya (*lifetime*) menjadi lebih tahan lama. Kapasitor jenis ini juga memiliki arus bocor yang sangat kecil. Kapasitor jenis tantalum ini tergolong mahal harganya, karena memiliki beberapa keunggulan yang tidak dimiliki oleh kapasitor pada jenis lainnya.

J. *Flowchart*

Dalam merancang sebuah program, pembuat menganggap sebuah program rancangannya sudah selesai jika program tersebut telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Program yang dirancang perlu ditelusuri lagi untuk keperluan pengembangan lebih lanjut dari cara kerja program rancangan tersebut. Sebuah program yang baik tidak hanya berjalan dengan baik saja namun program tersebut harus dapat ditelusuri kembali dengan mudah dan struktur program yang teratur, maka bila terjadi kesalahan fungsi program, *programmer* akan dengan mudah menemukan kesalahan tersebut dan kemudian dapat segera memperbaikinya.

Teknik rancang sebuah program dengan struktur yang baik biasanya diawali dengan pembuatan diagram alir (*flowchart*). Diagram alir digunakan untuk menggambarkan terlebih dahulu mengenai apa yang harus dikerjakan sebelum mulai merancang program. Simbol-simbol diagram alir ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Simbol-Simbol dalam Diagram Alir

No	Simbol	Contoh	Keterangan
1			Terminal. Simbol ini menyatakan awal dan akhir sebuah rangkaian perjalanan sebuah sistem.
2			Process. Simbol ini menyatakan adanya sebuah kegiatan pengolahan data pada langkah tersebut.
3			Decision. Simbol ini menyatakan adanya suatu alternatif (pilihan) proses.
4			Input/Output. Simbol ini digunakan untuk adanya proses pembacaan data file input, atau melakukan penulisan pada file keluaran (output).
5			Subroutine. Simbol ini menandakan akan adanya suatu percabangan rutin di mana keluar dari program utama untuk memproses isi program pada rutin percabangan terlebih dahulu. Setelah proses rutin selesai kembali ke program utama.

BAB III

PERANCANGAN ALAT

Proyek akhir ini dalam pengerjaannya menggunakan metode rancang bangun, langkah-langkah dari metode rancang bangun antara lain yaitu, menganalisis kebutuhan sistem, perancangan, pembuatan dan pengujian. Data hasil pengukuran diperoleh dengan cara observasi menyangkut rancang bangun dan unjuk kerja alat. Teknik analisis data yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah secara deskriptif.

A. Identifikasi Kebutuhan

Perancangan alat ini perlu adanya identifikasi kebutuhan terhadap alat yang akan dibuat, antara lain:

1. Perlunya rangkaian mikrokontroler sebagai sistem pengendali.
2. Perlunya rangkaian penampil untuk menampilkan informasi energi listrik yang akan digunakan dan sisa energi listrik berupa LCD 16X2.
3. Perlunya rangkaian untuk mensuplai daya.

B. Analisis Kebutuhan

Pengembangkan rancangan perlu memperhatikan beberapa kebutuhan yang diperlukan oleh pengguna, untuk mencapai tujuan yang diinginkan, salah satunya adalah kebutuhan komponen penyusunnya, yaitu :

1. Mikrokontroler ATMEGA16 sebagai komponen kendali yang dapat mengendalikan sistem secara keseluruhan.
2. LCD 16X2 sebagai media penampil untuk menampilkan informasi besarnya energi yang akan digunakan pada *pembatas energi listrik pada beban resistif*.
3. *Power supply* untuk mendukung kerja sistem tersebut.

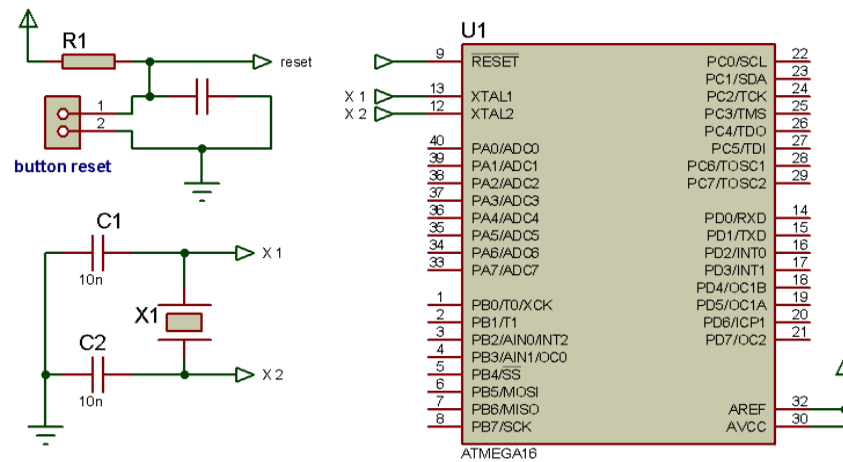
C. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan pembuatan pembatas energi listrik pada beban resistif yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya ini diusahakan menggunakan piranti seminimal mungkin agar spesifikasi dari ukuran sistem dapat diterapkan pada objek sesungguhnya. Sistem yang dirakit terdiri atas sebuah sensor arus, LCD 16X2, penyearah gelombang penuh, relai PMT (pemutus) dan sistem kendali.

Display LCD akan menampilkan besarnya energi listrik yang akan digunakan dan sisa energi listrik yang masih pada unit *pembatas energi listrik pada beban resistif*. Sistem kendali menggunakan mikrokontroler Atmega16 yang masih merupakan keluarga mikrokontroler AVR. Mikrokontroler ini adalah 16-bit CMOS dan 512 byte EEPROM sebagai penyimpan instruksi yang kompatibel dengan keluarga AVR.

1. Mikrokontroler Atmega16

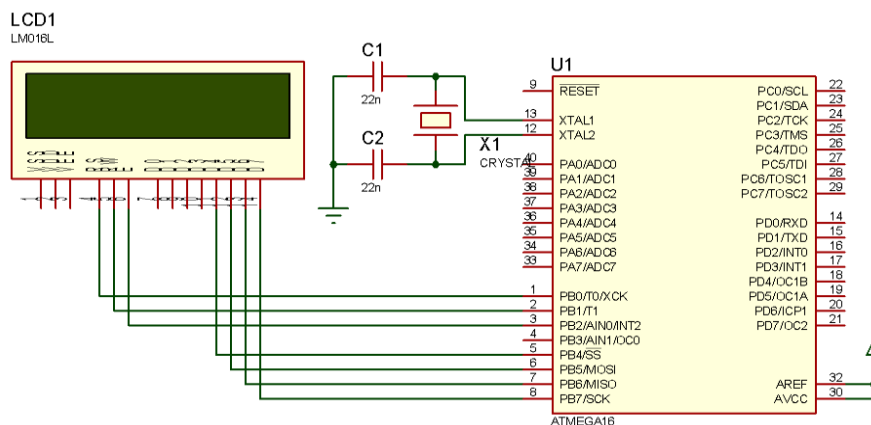
- Sistem kendali utama adalah mikrokontroler Atmega16. Mikrokontroler ini merupakan mikrokontroler jenis AVR. Penjelasan penggunaan mikrokontroler ini didasarkan beberapa alasan :
- a. Mikrokontroler Atmega16 juga memiliki 32 buah saluran port I/O yang dapat difungsikan sebagai *input* dan *output* sistem yang sangat penting untuk pengaksesan LCD.
 - b. Proses *pen-download-an* program yang mudah karena memiliki fasilitas *In-System Programming*. Lima pin MOSI, MISO, SCK, *reset* dan *ground* digunakan untuk memprogram. Sistem minimum Atmega 16 dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Sistem Minimum Atmega16

2. Antarmuka Dengan LCD

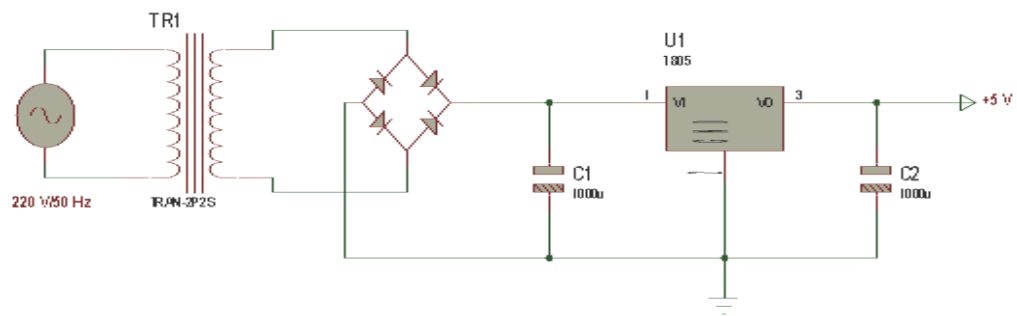
Liquid Crystal Display (LCD) merupakan *display* yang serbaguna, karena dapat digunakan untuk menampilkan berbagai tampilan baik berupa huruf, angka dan karakter lainnya serta dapat menampilkan berbagai macam tulisan maupun pesan-pesan pendek lainnya. Penampil yang dipakai adalah LCD 16X2 bisa dilihat pada Gambar 22. LCD digunakan untuk menampilkan informasi apa yang sedang dikerjakan oleh sistem kendali.



Gambar 22. Rangkaian Mikrokontroler dan LCD

3. Catu Daya

Catu daya digunakan sebagai penyedia daya bagi sistem. Tegangan yang digunakan sebesar 5 Volt *DC*. Catu daya untuk mikrokontroler ATMEGA16 dan LCD berasal dari tegangan 220 volt *AC* yang diturunkan menjadi tegangan 6 volt *AC* menggunakan trafo penurun tegangan CT 1 ampere. Tegangan sebesar 6 volt *AC* disearahkan menjadi tegangan searah menggunakan dioda jembatan dan disaring menggunakan kapasitor (C1) 2200 μ F/25 Volt yang bertujuan untuk memperkecil tegangan riak. Kemudian tegangan 6 Volt *DC* diturunkan menjadi 5 Volt *DC* dengan menggunakan *IC Regulator 7805*. Kapasitor (C2) bertujuan untuk menjaga agar perubahan-perubahan tegangan yang mendadak pada beban tidak mempengaruhi tegangan keluaran. Rangkaian catu daya bisa dilihat pada Gambar 22.

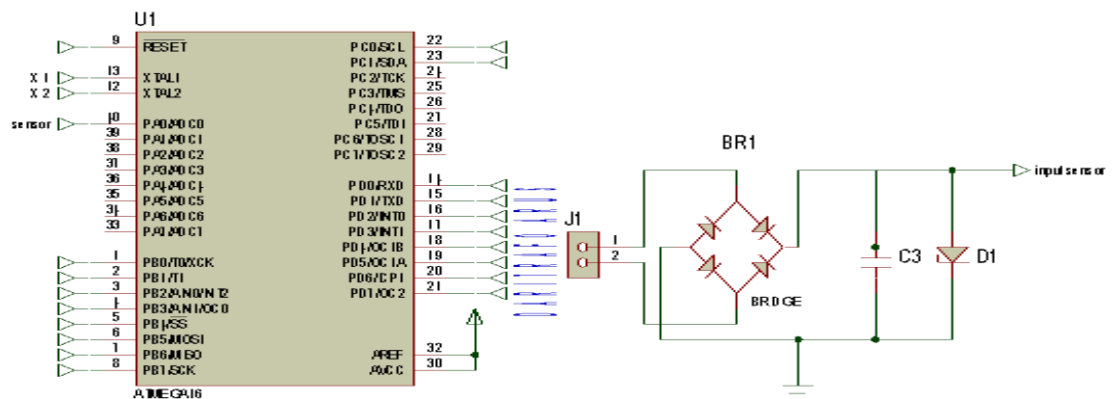


Gambar 23. Rangkaian Catu Daya

4. Antarmuka Dengan Sensor

Sensor arus digunakan untuk mendeteksi besarnya arus yang mengalir pada beban. Sensor arus ini merupakan hasil modifikasi dari trafo tegangan menjadi trafo arus, cara memodifikasinya adalah dengan menambahkan lilitan pada badan luar trafo tegangan.

Rangkaian antar muka dengan sensor ini menggunakan tegangan keluaran pada trafo CT yang disearahkan dengan dioda *bridge* (jembatan). C3 berfungsi untuk meratakan gelombang riak, besar nilai kapasitor (C3) ialah 2200µF/25V. Dioda *Zener* bertujuan agar jika tegangan melebihi nilai dari dioda *zener* maka tegangan tidak akan masuk ke mikrokontroler. Besarnya nilai dioda *zener* ialah 4,7 Volt/2 Ampere. Rangkaian sensor arus bisa dilihat pada Gambar 24.



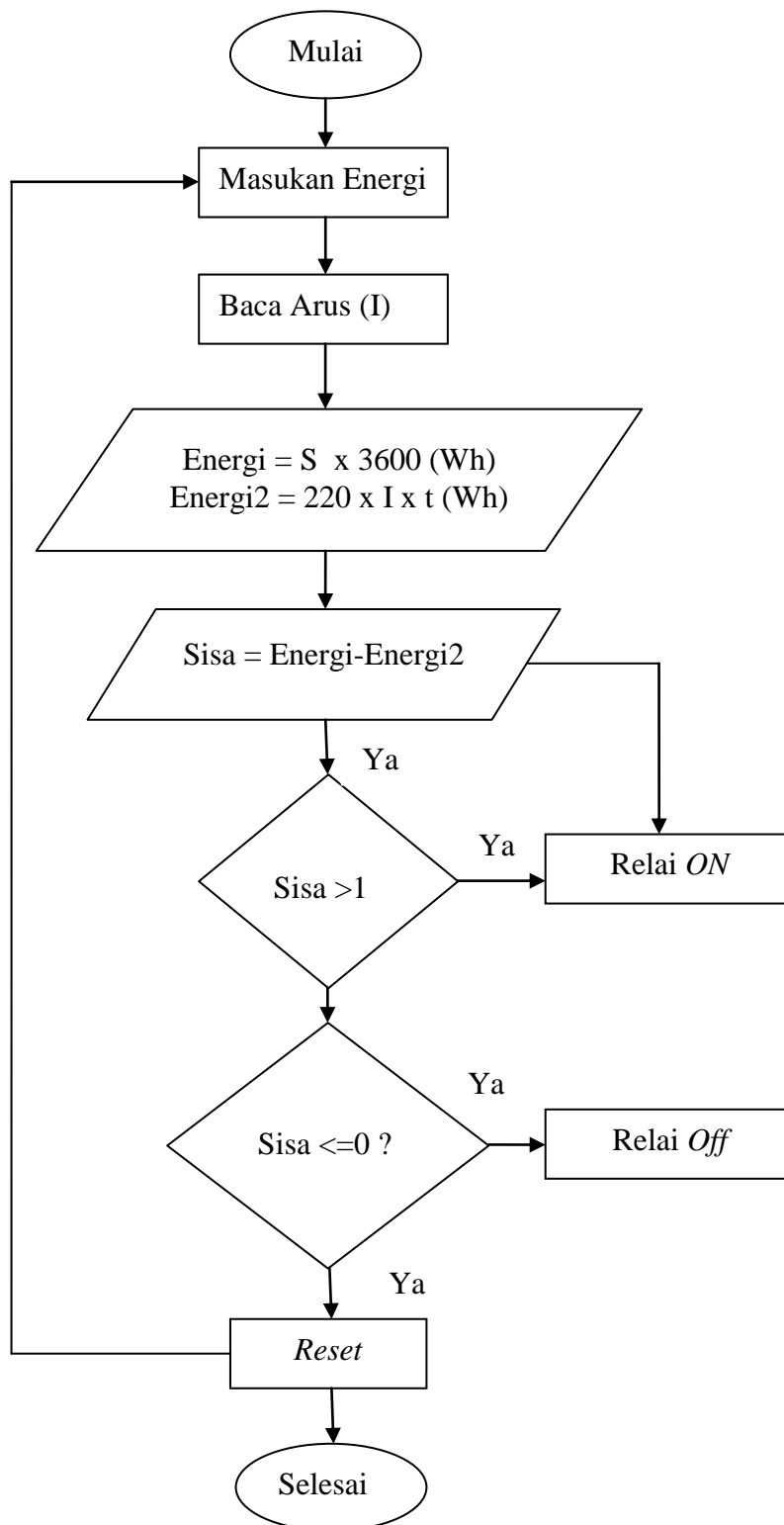
Gambar 24. Rangkaian Sensor Arus

D. Perancangan Perangkat Lunak

1. Algoritma

- Step 1 : *Start*
- Step 2 : Inisialisasi I/O dan Variabel.
- Step 3 : Inisialisasi I/O dan Variabel.
- Step 4 : Inisialisasi LCD.
- Step 5 : Tampilan awal.
- Step 6 : Baca sensor, dikalikan dengan nilai tegangan dan waktu.
- Step 7 : Penekanan tombol keypad.
- Step 8 : Kurangkan perkalian antara Step 7 dengan Step 6.
- Step 9 : Hasil >1 ?, iya, lompat ke Step 12.
- Step 10 : Hasil ≤ 0 ?, iya, lompat ke Step 11.
- Step 11 : Relay (pemutus) *On*, Listrik mati.
- Step 12 : Relay (pemutus) *Off*, Listrik tetap hidup.
- Step 13 : Ulang Step 6.

2. Flowchart



Gambar 24. Flowchart Program

E. Pembuatan Alat

1. Alat dan Bahan

Pembuatan rangkaian pembatas energi listrik pada beban resistif sebagai pembatas pemakaian daya ini berbasis mikrokontroler Atmega16 tentu membutuhkan beberapa peralatan dan bahan yang dipersiapkan terlebih dahulu, seperti :

- a. Komputer untuk menggambar rangkaian dan membuat *layout* pada PCB.
- b. Papan PCB.
- c. Cairan NaOH (*natrium hidroksida*) untuk melarutkan PCB.
- d. Masker dan sarung tangan.
- e. Bor PCB.
- f. Multimeter.
- g. Kabel.
- h. Solder dan timah solder.
- i. *Atractor*.
- j. Komponen yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen yang Diperlukan.

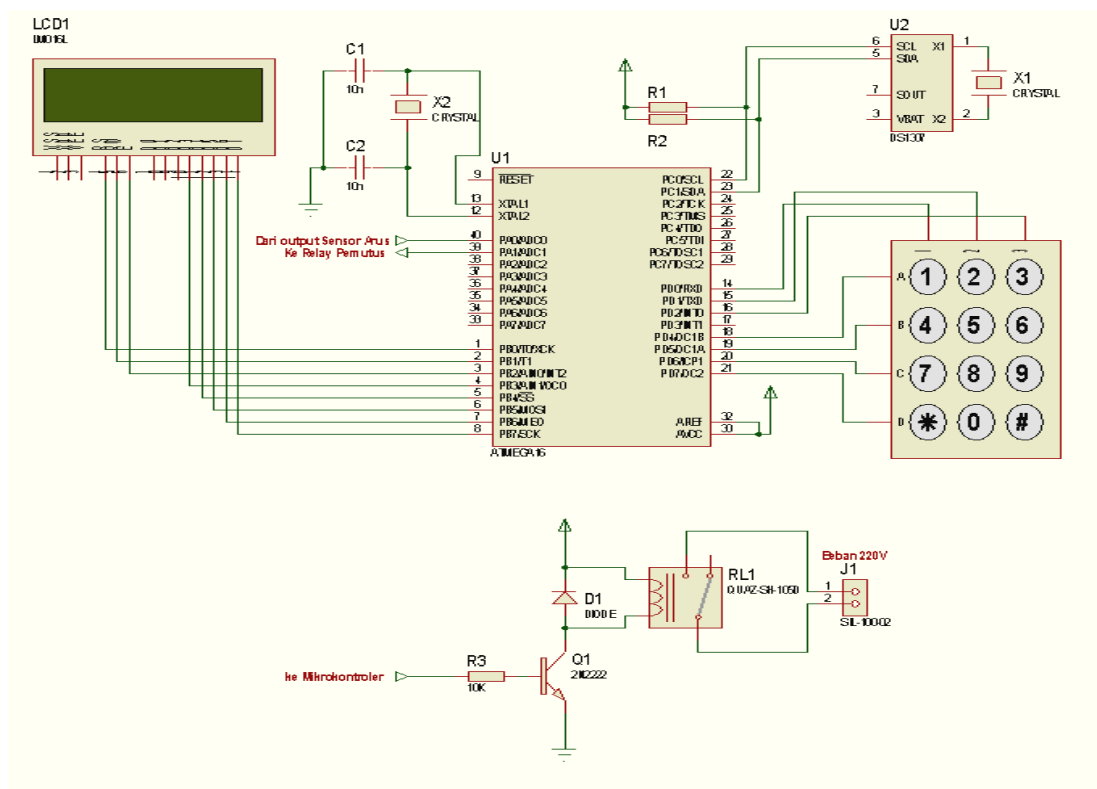
No.	Nama Barang	Spesifikasi	Jumlah
1.	Trafo	Trafo CT Penurun Tegangan 0,5 mA	1 Buah
2.	Trafo	Trafo CT Penurun Tegangan 1 A	1 Buah
3.	Mikrokontroler	IC ATmega16 IC LM7805	1 Buah 1 Buah
4.	LCD	LCD 16x2 <i>Blue Light</i>	1 Buah
5.	Akrilik	Tebal 3 mili, Panjang 22 Cm, Lebar 15 Cm dan tinggi 5 Cm	1 Lembar
6.	PCB	PCB mika	1 Buah
7.	Relay	Relay 5 VDC	1 Buah
8.	<i>Trimpot</i>	10 ohm	1 Buah

No.	Nama Barang	Spesifikasi	Jumlah
9.	Kapasitor	Kapasitor 220 μ F/10 V Kapasitor 1000 μ F/25 V Kapasitor 470 μ F/25 V Kapasitor Mylar 22 μ F/25 V	1 Buah 1 Buah 3 Buah 1 Buah
10.	<i>Crystal</i>	Crystal 11,0592	1 Buah
12.	Dioda	Dioda Bridge 2 A Dioda Zenner 4,7 V	2 Buah 2 Buah
13.	Resistor	1 kilo ohm	1 Buah
14.	Tombol	Saklar <i>ON/OFF</i> Saklar <i>Reset</i>	1 buah 1 Buah
15.	LED	Super <i>Bright</i> LED 5 VDC	1 Buah
16.	Kabel Penghubung	Kabel Pelangi 0,25 meter Kabel Serabut Merah 3 mili 1 meter Kabel Serabut Hitam 3 mili 1 meter Kabel Serabut Hijau 3 mili 1 meter	1 Buah 2 Buah 2 Buah 1 Buah
18.	Spiral	Spiral Plastik 3 mili	1 Bungkus
19.	Alumunium	List Alumunium 0,5 Cm	1 Lonjor
20.	Kabel Sumber	Panjang 1,5 Cm	1 Buah
22.	Sekrup	Mur, Baut, Speser, 6 mili	Secukupnya
23.	Lem	Lem G Super	1 Buah
24.	Lain-lain		

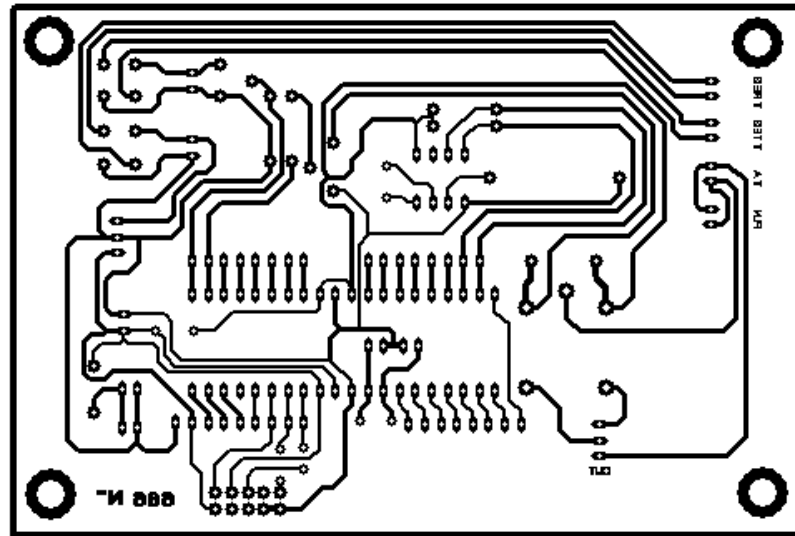
2. Proses Pembuatan Alat

- a. Membuat gambar rangkaian pada program Proteus 7 profesional bisa dilihat pada Gambar 25.
- b. Merancang *layout* pada komputer menggunakan program Pcb wizzard bisa dilihat pada Gambar 26.
- c. Cetak *layout* ke kertas kalkir dengan laser printer.
- d. Melarutkan tembaga PCB dengan menggunakan larutan NaOH.
- e. Menghilangkan lapisan *positive resist* dengan *removal*.
- f. Mengumpulkan komponen dan bahan-bahan yang diperlukan.
- g. Pengeboran PCB, pemasangan, penyolderan, dan pengawatan komponen.
- h. Membuat *software* (program) dengan bahasa C.

- i. Uji coba tiap blok rangkaian untuk mengetahui karakteristik fungsinya.
- j. Uji coba keseluruhan alat untuk kinerja alat sehingga sesuai dengan yang diharapkan.
- k. Mengamati cara kerja rangkaian.
- l. Menganalisa hasil pengujian.



Gambar 25. Skematik Rangkaian



Gambar 26. *Layout PCB*

F. Perencanaan Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat tersebut, baik kinerja tiap bagian maupun kinerja alat secara keseluruhan dan untuk mendapatkan data penelitian dari masing-masing bagian maupun keseluruhan kinerja alat. Alat dan bahan yang diperlukan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut multimeter, lampu pijar, setrika listrik. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah setiap bagian dari perangkat yang telah dibuat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi. Pengujian ini meliputi blok catu daya, blok mikrokontroler, blok pembacaan arus, blok penampil lcd dan blok relai.

1. Pengujian Rangkaian *Catu Daya***Tabel 3.** Pengujian Rangkaian *Catu Daya*

Tegangan <i>Input</i> LM 7805	Tegangan <i>Output</i> LM 7805

2. Pengujian Tegangan *Blok Mikrokontroler***Tabel 4.** Pengujian Tegangan *Blok Mikrokontroler*

Komponen	Tegangan Masukan
Atmega16	
Areff Atmega16	

3. Pengujian Nilai *Output* Pada Sensor arus**Tabel 5.** Pengujian Nilai *Output* Sensor Arus

No	Arus Pada Lilitan Tambah Sisi Sekunder	Nilai Tegangan <i>Output</i> Pada Sensor
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
n.		

4. Pengujian Tegangan Blok Penampil LCD

Tabel 6. Pengujian Tegangan Blok Penampil LCD

Komponen	Tegangan Masukan
LCD	

5. Pengujian Tegangan Blok Relay

Tabel 7. Pengujian Tegangan Blok Relay

Komponen	Tegangan Masukan
Relay	

6. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir dengan Beban Lampu Pijar 60 Watt.

Tabel 8. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir dengan Beban Lampu Pijar 60 Watt

No	Energi Listrik (Wh)	Beban (W)	Waktu Energi Habis(t)	Keterangan Kontak Relai pada Sumber
1.				
2.				
3.				
n.				

7. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir dengan Beban Lampu Pijar 100 Watt.

Tabel 9. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir dengan Beban Lampu Pijar 100 Watt

No	Energi Listrik (Wh)	Beban (W)	Waktu Energi Habis(t)	Keterangan Kontak Relai pada Sumber
1.				
2.				
3.				
n.				

8. Pengujian Rangkaian Tugas Akhir dengan Beban Setrika Listrik 350 Watt dilakukan sebelum *reostart* pada setrika listrik *ON*. *Reostart ON* pada waktu 5 menit 8 detik.**Tabel 10.** Pengujian Rangkaian Tugas Akhir dengan Beban Setrika Listrik 350 Watt

No	Energi Listrik (Wh)	Beban (W)	Waktu Energi Habis(t)	Keterangan Kontak Relai pada Sumber
1.				
2.				
3.				
n.				

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Tempat Pengujian dan Pengambilan Data

Pengambilan data pengujian dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dan di rumah penulis pada bulan Agustus 2012.

B. Instrumen dan Bahan yang Diperlukan

Instrumen yang digunakan dalam proses pengujian dan pengambilan data alat “Pembatas Energi Listrik Pada Beban Resistif” ini adalah sebagai berikut:

1. Multimeter
2. Amper meter
3. *Lampu Pijar 60 W, 100 W*
4. Setrika Listrik 350 W
5. Kamera Digital
6. *Stopwatch*

C. Hasil Pengujian dan Pembahasan

1. Tujuan

Tujuan pengujian dan pengambilan data adalah untuk mengetahui kebenaran rangkaian dan hasil kerja apa sudah sesuai dengan yang diinginkan yaitu apabila energi listrik yang diinputkan habis mikrokontroler akan memerintahkan relay untuk memutuskan energi listrik. Hasil pengamatan dan pengambilan data diharapkan dapat mengetahui kerja dari sistem secara keseluruhan dengan membandingkan dan akan memberikan informasi mengenai kebenaran sistem.

2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian pada proyek akhir ini dilakukan secara perbagian, apakah alat ini telah bekerja sesuai dengan yang diharapkan atau belum. Pengujiannya meliputi pengujian rangkaian *power supply*, rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16, pengujian tegangan pada sensor arus, pengujian tegangan masukan LCD dan pengujian tegangan masukan relay.

a. Pengujian Rangkaian *Power Supply*

Tujuan pengujian rangkaian *power supply* dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan yang dikeluarkan oleh rangkaian regulator.

Berikut hasil pengujian rangkaian *power supply*:

Tabel 11. Pengujian Tegangan Rangkaian *Power Supply*

Tegangan <i>Input</i> LM 7805	Tegangan <i>Output</i> LM 7805
6 Volt	5 Volt

b. Pengujian Tegangan Blok Mikrokontroler

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan masukan pada blok Mikrokontroler yang digunakan.

Tabel 12. Pengujian Tegangan *Blok Mikrokontroler*

Komponen	Tegangan Masukan
Atmega16	5 Volt
Areff Atmega16	5 Volt

c. Pengujian Tegangan Masukan Blok LCD

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan masukan pada blok LCD.

Tabel 13. Pengujian Tegangan *Blok LCD*

Komponen	Tegangan Masukan
LCD	4,8 Volt

d. Pengujian Tegangan Blok Relay

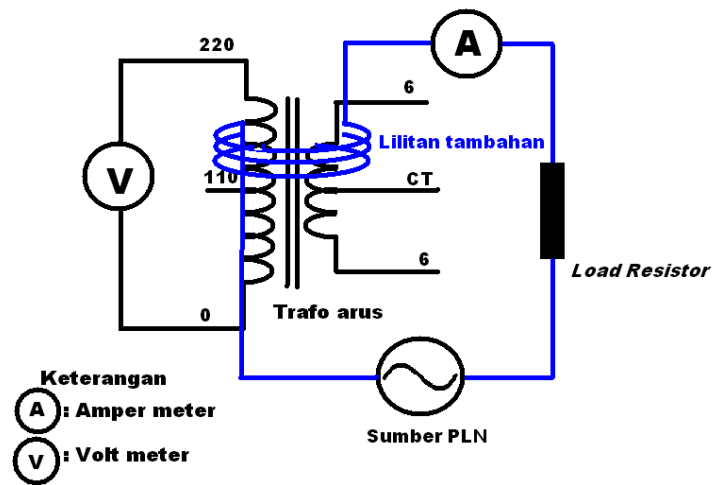
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tegangan masukan pada blok LCD.

Tabel 14. Pengujian Tegangan Blok Relay

Komponen	Tegangan Masukan
Relay	4,2 Volt

e. Pengujian Nilai *Output* Sensor Arus

Tujuan pengujian nilai *output* sensor arus adalah untuk mengetahui nilai tegangan *output* pada trafo arus. Gambar. 27 merupakan gambar rangkaian pengujian nilai *output* sensor arus.

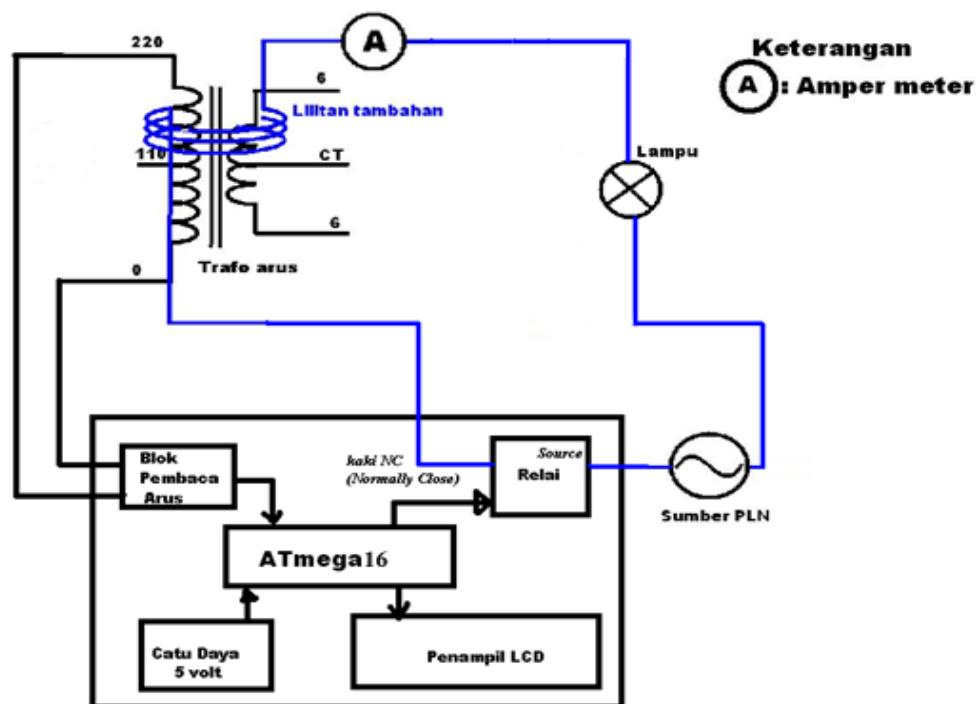


Gambar 27. Rangkaian pengujian nilai *output* sensor arus

Tabel 15. Pengujian Nilai *Output* Sensor Arus

No	Arus Pada Lilitan Tambahan Sisi Sekunder	Nilai Tegangan <i>Output</i> pada sensor
1.	0 Ampere	0 Volt
2.	0.1 Ampere	0.1 Volt
3.	0.2 Ampere	0.4 Volt
4.	0.3 Ampere	0.6 Volt
5.	0.5 Ampere	1 Volt
6.	0.7 Ampere	2 Volt
7.	1.5 Ampere	2.4 Volt
8.	2 Ampere	3 Volt

f. Pengujian *rangkaian* Tugas Akhir dengan beban lampu pijar



Gambar 28. Pengujian *Rangkaian* Tugas Akhir Dengan Beban Lampu Pijar

Tabel 16. Pengujian *rangkaian* Tugas Akhir dengan beban lampu pijar 60 W.

No	Energi Listrik (Wh)	Beban (W)	Waktu Energi Habis (t)	Keterangan Kontak Relai pada Saat Sumber Energi Habis
1.	17 Wh	Lampu Pijar 60 W	15 menit 32 detik	Relai Bekerja (ON)
2.	9 Wh	Lampu Pijar 60 W	08 menit 12 detik	Relai Bekerja (ON)
3.	5 Wh	Lampu Pijar 60 W	04 menit 33 detik	Relai Bekerja (ON)

Tabel 17. Pengujian *rangkaian* Tugas Akhir dengan beban lampu pijar 100 W.

No	Energi Listrik (Wh)	Beban (W)	Waktu Energi Habis (t)	Keterangan Kontak Relai pada Saat Sumber Energi Habis
1.	28Wh	Lampu Pijar 100 W	15 menit 17 detik	Relai Bekerja (ON)
2.	14Wh	Lampu Pijar 100 W	07 menit 39 detik	Relai Bekerja (ON)
3.	7 Wh	Lampu Pijar 100 W	03 menit 51 detik	Relai Bekerja (ON)

Tabel 18. Pengujian *rangkai*an Tugas Akhir dengan beban Setrika Listrik 350

Watt dilakukan sebelum *reostart* pada setrika listrik *ON*. *Reostart ON* pada waktu 5 menit 8 detik.

No	Energi Listrik (Wh)	Beban (W)	Waktu Energi Habis (t)	Keterangan Kontak Relai pada Saat Sumber Energi Habis
1.	24 Wh	Setrika Listrik 350 W	04 menit 20 detik	Relai Bekerja (ON)

3. Pembahasan

Hasil pengujian per-bagian dari alat serta pengujian secara keseluruhan maka dapat diuraikan beberapa jawaban yang berhubungan dengan beberapa permasalahan yang ada.

a. Pembahasan *Hardware*

1) Pembahasan *power supply*

Pengujian pada bagian *power supply* ini dilakukan hanya untuk memastikan bahwa bagian ini telah bekerja dengan baik yakni dapat menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dan besarnya sesuai dengan yang diinginkan yaitu sebesar 5 V.

2) Pengujian Tegangan Masukan Tiap Komponen

Pengujian pada bagian tegangan masukan dilakukan untuk memastikan tidak ada hilang tegangan karena putusnya jalur ataupun *dropping* tegangan yang disebabkan hubungsingkat komponen, dengan kata lain komponen rusak. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini sebesar 5 volt, sesuai dengan tegangan sumbernya (regulator LM7805).

3) Pengujian Nilai *Output* Sensor Arus

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan oleh trafo arus jika dialiri arus dengan rentang 0-2 amper. Pada arus maksisal sebesar 2 amper, trafo arus menghasilkan tegangan sebesar 3 volt. Tegangan tersebut digunakan untuk pembanding jika sensor arus menghasilkan tegangan rentang 0-3 volt dapat dibaca oleh pembatas energi listrik pada beban resistif.

4) Pembahasan Pada Pengujian Rangkaian Tugas Akhir

Pengujian pada bagian rangkaian Tugas Akhir dengan beban lampu pijar bertujuan untuk melihat unjuk kerja alat pembatas energi listrik pada beban resistif apakah sudah bekerja sesuai yang diharapkan. Persentase *error* alat dapat dilihat dengan perbandingan teori dan pengujian alat dibawah ini :

Hasil Menurut Perhitungan :

1. Perhitungan pada lampu 60 Watt.

$$\mathbf{ENERGI\ LISTRIK = ((V*I)*t)}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik} &= ((220*0,3)*3600) \\ &= 66 *3600 \\ &= 237600 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik}_{(\text{Dalam 1 Jam})} &= ((V*I)*t) \\ &= ((220*0,3)*3600) \\ &= 237600 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\text{Energi Listrik}_{(\text{Dalam 30 Menit})} = ((V*I)*t)$$

$$= ((220*0,3)*1800)$$

$$= 118800\text{Wh}$$

$$\text{Energi Listrik}_{(\text{Dalam 15 Menit})} = ((V*I)*t)$$

$$= ((220*0,3)*900)$$

$$= 59400\text{Wh}$$

Energi listrik yang diinputkan :

$$= 59400/3600$$

$$= \mathbf{16,5}$$
 dibulatkan menjadi **17**

Menurut Perhitungan

$$\text{Energi Listrik} = ((V*I)*t)$$

$$17 = ((220*0,3)*t)$$

$$(17*3600) = 66t$$

$$61200 = 66t$$

$$t = 928 \text{ s}$$

$$\mathbf{t = 15 Menit 28 Detik}$$

$$\text{Energi Listrik}_{(\text{Dalam 7 Menit})} = ((V*I)*t)$$

$$= ((220*0,3)*450)$$

$$= 29700\text{Wh}$$

Energi listrik yang diinputkan =

$$= 29700/3600$$

$$= \mathbf{8,25}$$
, dibulatkan menjadi **9**

Menurut Perhitungan =

$$\text{Energi Listrik} = ((V*I)*t)$$

$$9 = ((220*0,3)*t)$$

$$9 \cdot 3600 = 66t$$

$$32400 = 66t$$

$$t = 491 \text{ Detik}$$

$$t = \mathbf{8 \text{ Menit } 11 \text{ Detik}}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik}_{(\text{Dalam 4 Menit})} &= ((V \cdot I) \cdot t) \\ &= ((220 \cdot 0,3) \cdot 240) \\ &= 15840 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Energi listrik yang diinputkan :

$$= 15840 / 3600$$

$$= \mathbf{4,4} \text{ dibulatkan menjadi } \mathbf{5}.$$

Menurut Perhitungan

$$\text{Energi Listrik} = ((V \cdot I) \cdot t)$$

$$5 \cdot 3600 = ((220 \cdot 0,3) \cdot t)$$

$$18000 = 66t$$

$$t = 18000 / 66$$

$$t = 273 \text{ Detik}$$

$$t = \mathbf{4 \text{ Menit } 33 \text{ Detik}}$$

2. Perhitungan Pada Lampu 100 W

$$\text{Energi Listrik} = ((V \cdot I) \cdot t)$$

$$\text{Energi Listrik} = ((220 \cdot 0,5) \cdot 3600)$$

$$= 110 \cdot 3600$$

$$= 396000 \text{ Wh}$$

$$\text{Energi Listrik}_{(\text{Dalam 1 Jam})} = ((V \cdot I) \cdot t)$$

$$= ((220*0,5)*3600)$$

$$= 396000 \text{ Wh}$$

$$\text{Energi Listrik (Dalam 30 Menit)} = ((V*I)*t)$$

$$= ((220*0,5)*1800)$$

$$= 198000 \text{ Wh}$$

$$\text{Energi Listrik (Dalam 15 Menit)} = ((V*I)*t)$$

$$= ((220*0,5)*900)$$

$$= 99000 \text{ Wh}$$

Energi listrik yang diinputkan :

$$= 99000/3600$$

$$= \mathbf{27,5} \text{ dibulatkan menjadi } \mathbf{28}$$

Menurut Perhitungan

$$\text{Energi Listrik} = ((V*I)*t)$$

$$28 = ((220*0,5)*t)$$

$$28*3600 = 110t$$

$$100800 = 110t$$

$$t = 917 \text{ s}$$

$$\mathbf{t = 15 Menit 17 Detik}$$

$$\text{Energi Listrik (Dalam 7 Menit)} = ((V*I)*t)$$

$$= ((220*0,5)*450)$$

$$= 49500 \text{ Wh}$$

Energi listrik yang diinputkan :

$$= 49500/3600$$

$$= \mathbf{13,7} \text{, dibulatkan menjadi } \mathbf{14}$$

Menurut Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik} &= ((V \cdot I) \cdot t) \\ 14 &= ((220 \cdot 0,5) \cdot t) \\ 14 \cdot 3600 &= 110t \\ 50400 &= 110t \end{aligned}$$

$$t = 459 \text{ Detik atau } \mathbf{7 \text{ Menit } 39 \text{ Detik}}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik (Dalam 4 Menit)} &= ((V \cdot I) \cdot t) \\ &= ((220 \cdot 0,5) \cdot 240) \\ &= 26400 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Energi listrik yang diinputkan :

$$\begin{aligned} &= 15840/3600 \\ &= \mathbf{7} \end{aligned}$$

Menurut Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik} &= ((V \cdot I) \cdot t) \\ 7 \cdot 3600 &= ((220 \cdot 0,5) \cdot t) \\ 25200 &= 110t \end{aligned}$$

$$t = 28800/110$$

$$t = 230 \text{ Detik}$$

$$t = \mathbf{3 \text{ Menit } 50 \text{ Detik}}$$

3. Perhitungan Pada Setrika Listrik 350 W

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik} &= ((V \cdot I) \cdot t) \\ \text{Energi Listrik} &= ((220 \cdot 1,6) \cdot 3600) \\ &= 352 \cdot 3600 \end{aligned}$$

$$= 1267200 \text{ Wh}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik}_{(\text{Dalam 4 Menit})} &= ((V \cdot I) \cdot t) \\ &= ((220 \cdot 1,6) \cdot 240) \\ &= 84480 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Energi listrik yang diinputkan :

$$\begin{aligned} &= 84480/3600 \\ &= \mathbf{23,5} \text{ dibulatkan menjadi } \mathbf{24} \end{aligned}$$

Menurut Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik} &= ((V \cdot I) \cdot t) \\ 24 &= ((220 \cdot 1,6) \cdot t) \\ 24 \cdot 3600 &= 352t \\ 86400 &= 352t \end{aligned}$$

$$t = 246 \text{ s}$$

$$\mathbf{t = 4 Menit 6 Detik}$$

Perhitungan diatas didapatkan hasil lamanya waktu yang digunakan untuk memutuskan relai sebagai berikut :

Tabel 19. Perhitungan Secara Teori

NO	ENERGI LISTRIK	BEBAN	WAKTU
1.	17 Wh	Lampu pijar 60 W	15 menit 28 detik
2.	9 Wh	Lampu pijar 60 W	8 menit 11 detik
3.	5 Wh	Lampu pijar 60 W	4 menit 33 detik
4.	28 Wh	Lampu pijar 100 W	15 menit 17 detik
5.	14 Wh	Lampu pijar 100 W	7 menit 39 detik
6.	7 Wh	Lampu pijar 100 W	3 menit 50 detik
7.	24 Wh	Setrika Listrik 350 W	4 menit 6 detik

Data pengujian alat didapatkan hasil :

Tabel 20. Pengujian Tugas Akhir

NO	ENERGI LISTRIK	BEBAN	WAKTU
1.	17 Wh	Lampu pijar 60 W	15 menit 32 detik
2.	9 Wh	Lampu pijar 60 W	8 menit 12 detik
3.	5 Wh	Lampu pijar 60 W	4 menit 33 detik
4.	28 Wh	Lampu pijar 100 W	15 menit 17 detik
5.	14 Wh	Lampu pijar 100 W	7 menit 39 detik
6.	7 Wh	Lampu pijar 100 W	3 menit 50 detik
7.	24 Wh	Setrika Listrik 350 W	4 menit 6 detik

Perhitungan Persentase *error* alat sebagai berikut :

1. Beban lampu pijar 60 W :

Energi Listrik yang diinputkan 17 Wh, waktu yang digunakan menurut perhitungan ialah 15 menit 28 detik (928 s) dan menurut pengujian sebesar 15 menit 32 detik (932 s).

Persentase error alat sebesar :

$$error(\%) = \frac{|teori - pengukuran|}{teori} \times 100\%$$

$$error = \frac{|928 - 932|}{928} \times 100\% = 0,43\%$$

Energi Listrik yang diinputkan 9Wh, waktu yang digunakan menurut teori perhitungan ialah 8 menit 11 detik (491) dan menurut pengukuran pengujian sebesar 8 menit 12 detik (492 s)

Persentase error alat sebesar :

$$error(\%) = \frac{|teori - pengukuran|}{teori} \times 100\%$$

$$error = \frac{|491 - 492|}{491} \times 100\% = 0,20\%$$

2. Beban lampu pijar 100 W :

Energi Listrik yang diinputkan sebesar 28Wh, waktu yang digunakan menurut teori ialah 15 menit 17 detik (917 s) dan menurut pengukuran pengujian sebesar 15 menit 17 detik (917 s)

$$error(\%) = \frac{|teori - pengukuran|}{teori} \times 100\%$$

$$error = \frac{|917 - 917|}{917} \times 100\% = 0\%$$

Energi Listrik yang diinputkan sebesar 14Wh, waktu yang digunakan menurut teori ialah 7 menit 39 detik (459 s) dan menurut pengukuran pengujian sebesar 7 menit 39 detik (459 s).

$$error(\%) = \frac{|teori - pengukuran|}{teori} \times 100\%$$

$$error = \frac{|459 - 459|}{459} \times 100\% = 0\%$$

3. Beban setrika listrik 100 W :

Energi Listrik yang diinputkan sebesar 24 Wh, waktu yang digunakan menurut teori ialah 4 menit 6 detik (246 s) dan menurut pengukuran pengujian sebesar 4 menit 6 detik (246 s).

$$error(\%) = \frac{|teori - pengukuran|}{teori} \times 100\%$$

$$error = \frac{|246 - 246|}{246} \times 100\% = 0\%$$

Dari data pengujian diatas alat pembatas energi listrik pada beban resistif sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan yaitu pada saat energi listrik habis mikrokontroler akan memerintahkan relai bekerja sehingga relai akan memutuskan sumber energi listrik tersebut dilihat dari data perbandingan waktu yang diperlukan untuk memutuskan energi listrik secara teori dengan pengujian didapatkan *error* alat rata-rata sebesar 0,12%.

4. Analisis SWOT

Analisis SWOT merupakan analisis yang menunjukkan perbedaan antara alat yang sudah ada dengan alat yang dibuat. Analisis SWOT bertujuan untuk membandingkan segala kekurangan dan kelebihan dari masing-masing alat.

a. Kekuatan (*Strengths*)

Tabel 20 merupakan analisis SWOT dengan spesifikasi kekuatan pada alat Pembatas Energi Listrik Pada Beban Resistif dengan Alat Kwh Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Dilengkapi Pengirim Data Melalui Gelombang Radio Dengan Modulasi Fsk yang dibuat oleh Eko Arianto mahasiswa Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

Tabel 21. Analisis SWOT Pembatas Energi Listrik Pada Beban Resistif dengan Kwh Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Dilengkapi Pengirim Data Melalui Gelombang Radio Dengan Modulasi Fsk

No.	Pembatas Energi Listrik Pada Beban Resistif	Kwh Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Dilengkapi Pengirim Data Melalui Gelombang Radio Dengan Modulasi Fsk
1.	Lcd 16x4 sebagai penampil	7 segment sebagai penampil
2.	Menggunakan relai 5 Volt DC	Menggunakan relai 12 Volt DC
3.	Dilengkapi dengan Mikrokontroler Atmega16 sebagai control	Dilengkapi dengan Mikrokontroler AT89C51
4.	Dilengkapi dengan keypad 3x4 sebagai penginputan besarnya energi listrik	Dilengkapi dengan pengiriman data melalui gelombang radio dengan modulasi fsk

Alat pembatas energi listrik pada beban resistif merupakan suatu pembatas pemakaian energi listrik yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya. Alat ini menggunakan mikrokontroler sebagai sistem kontrol, lcd sebagai penampil besarnya energi listrik yang akan digunakan dan keypad 3x4 untuk penginputan besarnya energi listrik. Alat pembatas energi listrik pada beban resistif ini hanya mampu membaca arus minimal 0,2 Ampere dan maksimal arus yang dibaca 2 Ampere. Alat pembatas energi pada beban resistif perlu penambahan sensor tegangan supaya tegangan pada beban sesuai dengan tegangan beban tersebut, penggantian sensor yang dapat membaca arus kurang dari 0,2 Ampere dan penambahan program supaya alat ini dapat menginput besarnya energi listrik secara otomatis pada waktu yang sudah ditentukan.

Kwh meter digital berbasis mikrokontroler dilengkapi pengirim data melalui gelombang radio dengan modulasi fsk yang dibuat oleh Eko Arianto menggunakan AT89C51 sebagai sistem kontrol dan 7segment untuk menampilkan besarnya pemakaian energi listrik, akan tetapi alat yang dibuat masih berupa analog sehingga untuk pembacaan sensornya masih kurang presisi dan akurat.

b. Kelemahan (*Weakness*)

Alat pembatas energi listrik pada beban resistif maupun kwh meter digital berbasis mikrokontroler dilengkapi pengiriman data melalui gelombang radio dengan modulasi fsk ini sama-sama memiliki kelemahan masing-masing. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 22.

Tabel 22. Analisis SWOT Berdasarkan Kelemahan Alat

No.	Pembatas Energi Listrik Pada Beban Resistif	Kwh Meter Digital Berbasis Mikrokontroler Dilengkapi Pengiriman Data Melalui Gelombang Radio Dengan Modulasi Fsk
1.	Lcd akan redup jika beban diatas 350 W	Rangkaian elektronika masih berupa rangkaian analog
2.	Sensor hanya berupa tegangan	

c. Peluang (*Opportunities*)

Alat pembatas energi listrik pada beban resistif ini merupakan salah satu peluang bisnis yang menjanjikan, akan tetapi masih perlu dilakukan beberapa penelitian dan pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan alat pembatas energi listrik yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

d. Ancaman (*Threats*)

Mikrokontroler ATmega16 masih cukup mahal dan rentan terhadap kerusakan. Penelitian dan uji coba kelayakan alat ini juga masih susah dilakukan, hal ini yang menyebabkan alat pembatas energi listrik pada beban resistif menjadi mahal harganya dan mengalami kesulitan dalam produksinya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari pembatas energi listrik pada beban resistif yang digunakan pada pembangkit listrik telah menunjukkan hasil yang sesuai dengan perencanaan. Alat ini dapat memutuskan sumber energi listrik saat energi listrik yang diinputkan melalui keypad telah habis dengan *error* alat rata-rata 0,12 %.

B. Keterbatasan Alat

1. Masih menggunakan tegangan referensi pada beban yaitu 220 dan $\cos Q = 1$ yang digunakan untuk proses perhitungan energi.
2. Alat ini belum bisa mengeset ulang energi listrik pada waktu yang telah ditentukan.
3. Penginputan keypad maksimal kurang dari 9 digit.
4. Alat ini maksimal menerima arus sebesar 2 Ampere.
5. Alat ini minimal membaca arus listrik adalah 0,2 Ampere, kurang dari 0,2 Ampere dianggap 0 Ampere.
6. Pada saat menggunakan beban yang mempunyai daya yang besar lcd akan redup tetapi alat masih bisa bekerja.

C. Saran

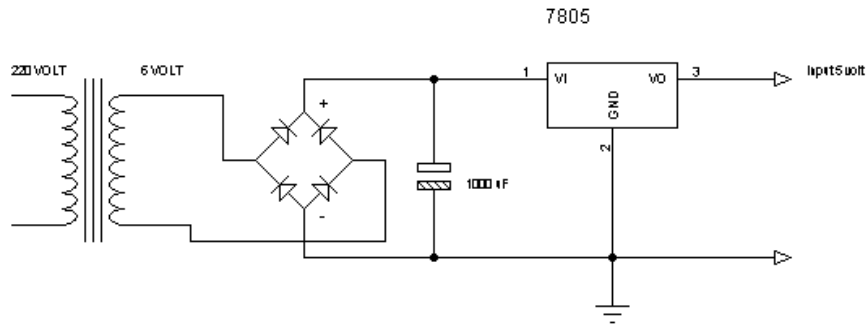
Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan topik tugas akhir ini adalah :

1. Dibutuhkan penambahan sensor tegangan supaya tegangan pada beban sesuai dengan tegangan beban tersebut.
2. Perlunya penambahan program supaya alat ini bisa mengeset ulang energi listrik pada waktu yang akan ditentukan, sehingga pada saat energi listrik habis maka energi akan mengeset secara otomatis pada waktu yang sudah ditentukan dari dalam program.
3. Menggunakan sensor arus yang bisa membaca arus yang kecil.

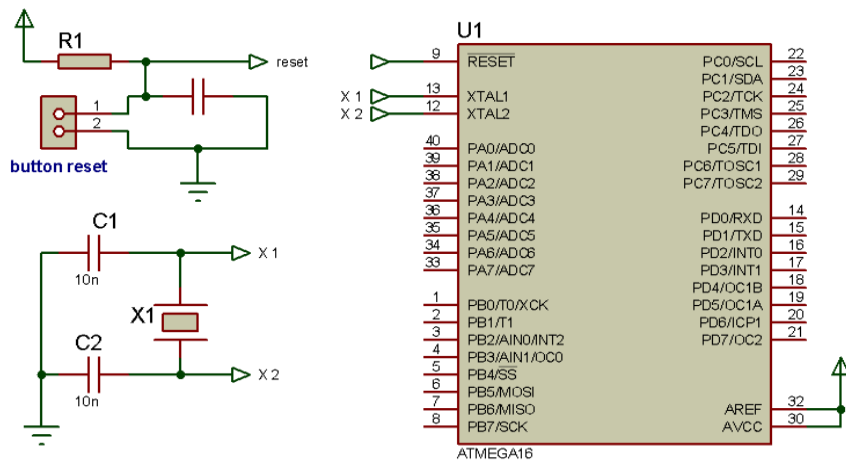
DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, Widodo. (2011). *Aneka Proyek Mikrokontroler*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Bejo, Agus.(2008). *C dan AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler AtMega8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Erni. (2009). *Diagram Alir (Flowschart)*. Ndoware.com/diagram-hart.html (Diakses pada tanggal 24 Januari 2012).
- Evi Andriani. (2010). <http://eviandrianimosy.blogspot.com/2010/05/sejarah-dan-definisi-ic.html>. (Diakses pada 2 Februari 2012).
- Heru, Arif. (2010). Mencari Datasheet Komponen IC (Integrated Circuit). <http://kalma16.wordpress.com/2010/02/18/mencari-datasheet-komponen-ic-integrated-circuit/>. (Diakses pada tanggal 18 Februari 2010).
- Hidayat, Fais. (2012) .“Over Current Relai Sebagai Pengaman Unit Power Pack Di Bengkel Mesin Listrik”. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mahmud, Yulianta (2012). “Miniatur ATS Berbasis Mikrokontroler Atmega8”. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Priyambodo, Teguh. Pembangkit Listrik Tenaga Surya. http://www.chemistry.org/artikel_kimia/pembangkit_listrik_tenaga_surya_memecah_kebutuhan_kebutuhan_energi_nasional_dan_dampak_pencemaran_lingkungan/ (Diakses pada tanggal 12 Oktober 2010).
- Sunomo. (1996). “*Elektronika II*”. Yogyakarta : FPTK IKIP Yogyakarta.
- Sunyoto. (1996). “*Transformator*”. Yogyakarta: IKIP Yogyakarta.
- Yogasmara, Bramantya. (2011). “Proteksi Tegangan Lebih Dan Tegangan Kurang Untuk Kontak Daya Tiga Fasa Praktik Mesin Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega8”. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.

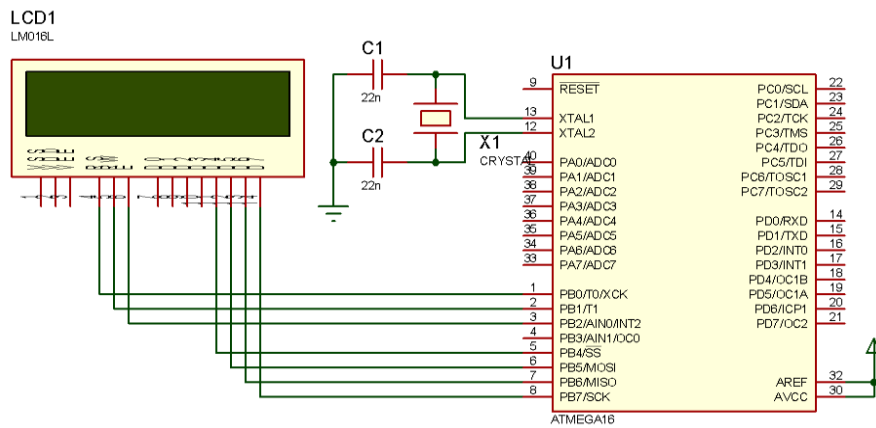
LAMPIRAN



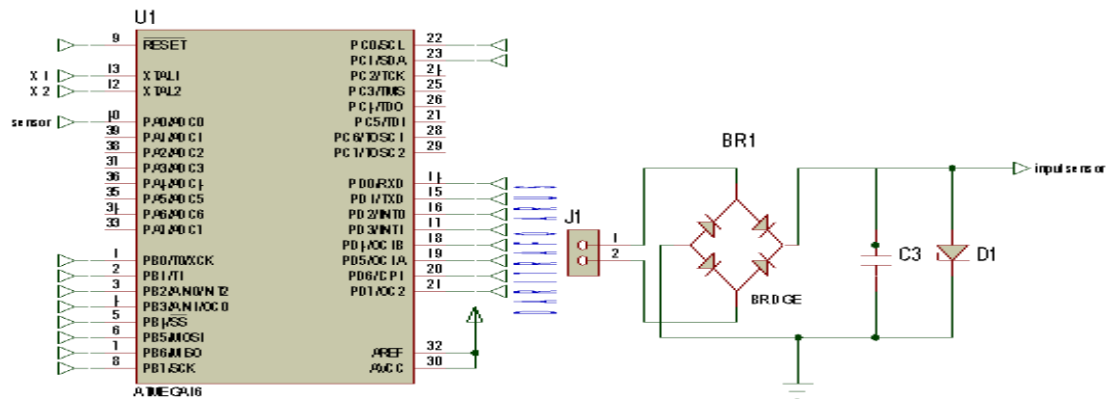
Gambar Rangkaian Catu Daya



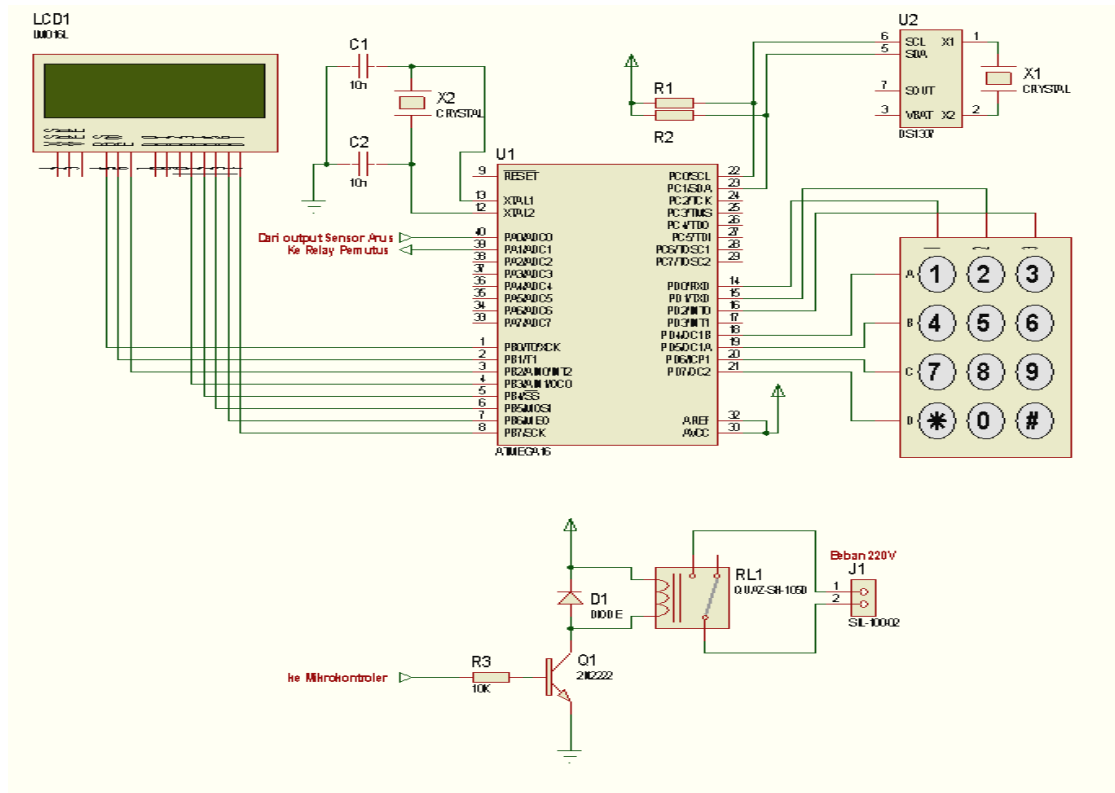
Gambar Sistem Minimum Atmega16



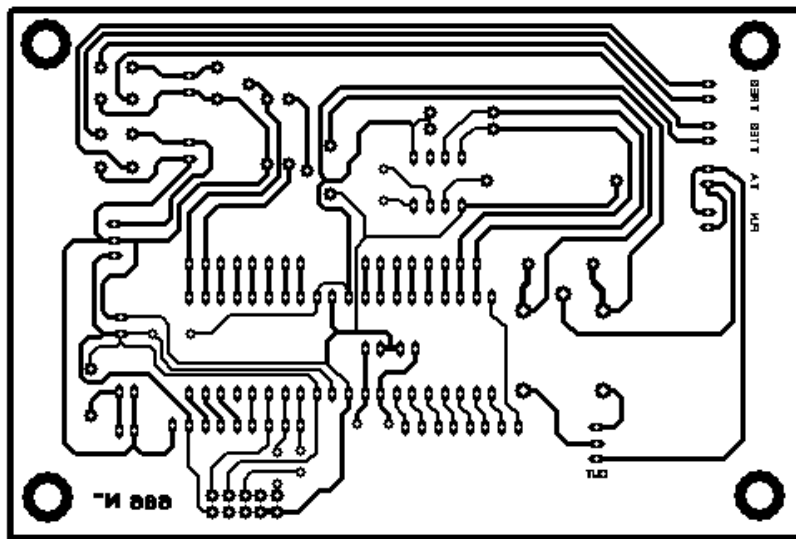
Gambar Rangkaian Mikrokontroler dan LCD



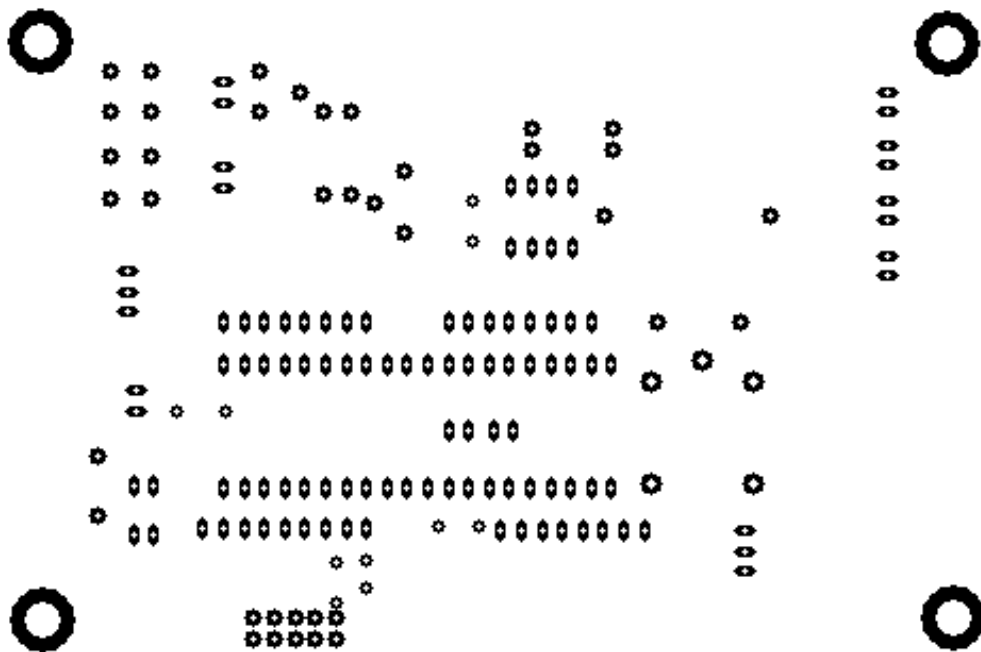
Gambar Rangkaian Sensor Arus



Gambar Skematik Rangkaian



Gambar layout PCB



Gambar Tata Letak Komponen

/******

This program was produced by the

CodeWizardAVR V2.04.4a Advanced

Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2009 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project :

Version :

Date : 20/06/2012

Author : NeVaDa

Company :

Comments:

Chip type : ATmega16

Program type : Application

AVR Core Clock frequency: 40,000000 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 256

*****/

#include <mega16.h>

```
#include <delay.h>

#include <stdio.h>

#include <stdlib.h>

unsigned char hour,minute,second,date,month,year;

char buffer1[33],buff[33];

long int detik,detikpul,detiksatsat,menit,menitpul,menitsatsat,jam,jamsatsat,jampul;

float perkalian,P1,P2,sisa,arus,data_adc,arus1;

float nilai=0;

char temp[12], array[10], i=0, indeks=0;

int txt;

int statusawal=1;

// I2C Bus functions

#asm

    .equ __i2c_port=0x15 ;PORTC

    .equ __sda_bit=1

    .equ __scl_bit=0

#endasm

#include <i2c.h>

// DS1307 Real Time Clock functions

#include <ds1307.h>

// Alphanumeric LCD Module functions

#asm
```

```

.equ __lcd_port=0x18 ;PORTB

#endasm

#include <lcd.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x20

// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);

    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);

    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;

    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);

    ADCSRA|=0x10;

    return ADCH;
}

// Declare your global variables here
unsigned char dec2bcd(unsigned char num)
{

```

```
return ((num/10 * 16) + (num % 10));
```

```
}
```

```
unsigned char bcd2dec(unsigned char num)
```

```
{
```

```
return ((num/16 * 10) + (num % 16));
```

```
}
```

```
void dectobcdrtc(void)
```

```
{
```

```
hour=dec2bcd(hour);
```

```
minute=dec2bcd(minute);
```

```
second=dec2bcd(second);
```

```
month=dec2bcd(month);
```

```
year=dec2bcd(year);
```

```
}
```

```
void bcdtodecrtc(void)
```

```
{
```

```
hour=bcd2dec(hour);
```

```
minute=bcd2dec(minute);
```

```
second=bcd2dec(second);
```

```
date=bcd2dec(date);
```

```
month=bcd2dec(month);
```

```
year=bcd2dec(year);  
  
}  
  
void gettimertc(void)  
{  
  
i2c_start();  
  
i2c_write(0xd0);  
  
i2c_write(0);  
  
i2c_stop();  
  
i2c_start();  
  
i2c_write(0xd1);  
  
second=i2c_read(1);  
  
minute=i2c_read(1);  
  
hour=i2c_read(1);  
  
date=i2c_read(1);  
  
month=i2c_read(1);  
  
year=i2c_read(0);  
  
i2c_stop();  
  
delay_ms(10);  
  
bcdtodertc();  
  
}  
  
void settimertc(void)  
{  
  
dectobcdrtc();  
  
i2c_start();
```

```

i2c_write(0xd0);

i2c_write(0);

i2c_write(second & 0x7F);

i2c_write(minute);

i2c_write(hour);

i2c_write(date);

i2c_write(month);

i2c_write(year);

i2c_stop();

delay_ms(10);

}

void fadc(void)

{

    data_adc= read_adc(0);

    if(data_adc==0){ arus=0;}

    if(data_adc==1){ arus=0.1*220;}

    if((data_adc>=2)||(data_adc==5)){ arus=0.2*220;}

    if((data_adc>=6)||(data_adc==8)){ arus=0.25*220;}

    if((data_adc>=9)||(data_adc==11)){ arus=0.3*220;}

    if((data_adc>=12)||(data_adc==15)){ arus=0.35*220;}

    if((data_adc>=16)||(data_adc==20)){ arus=0.4*220;}

    if((data_adc>=21)||(data_adc==25)){ arus=0.5*220;}

    if((data_adc>=26)||(data_adc==27)){ arus=0.6*220;}

    if((data_adc>=28)||(data_adc==30)){ arus=0.68*220;}

```

```

    if((data_adc>=31)||((data_adc==35)){ arus=0.7*220;}
    if((data_adc>=36)||((data_adc==40)){ arus=0.8*220;}
    if((data_adc>=41)||((data_adc==45)){ arus=0.9*220;}
    if((data_adc>=46)||((data_adc==70)){ arus=1*220;}
    if((data_adc>=71)||((data_adc==95)){ arus=1.5*220;}
    if((data_adc>=96)||((data_adc==120)){ arus=2*220;}
    if((data_adc>=121)||((data_adc==145)){ arus=2.5*220;}
    if((data_adc>=146)||((data_adc==170)){ arus=3*220;}
    if(data_adc>=170){PORTA.1=0;}
}

void simpan_dlm_1variabel()
{
    if (i==1){nilai=array[i];
    }
    if (i>=2 && i<=8)
    {
        nilai=(nilai*10)+array[i];
    }
}

void scanning_keypad()//scanning pendeteksian penekanan keypad
{

PORTD = 0b11111110;

```

```
delay_ms(1);

if (PIND.4 == 0) {i++; array[i]=1; simpan_dlm_1variabel(); }

if (PIND.5 == 0) {i++; array[i]=4; simpan_dlm_1variabel(); }

if (PIND.6 == 0) {i++; array[i]=7; simpan_dlm_1variabel(); }

if (PIND.7 == 0)

{lcd_clear();i=0;nilai=0;PORTA.1=0;rtc_set_time(00,00,00);txt=1; }
```

```
PORTD = 0b11111101;
```

```
delay_ms(1);

if (PIND.4 == 0) {i++; array[i]=2; simpan_dlm_1variabel();}

if (PIND.5 == 0) {i++; array[i]=5; simpan_dlm_1variabel();}

if (PIND.6 == 0) {i++; array[i]=8; simpan_dlm_1variabel();}

if (PIND.7 == 0) {i++; array[i]=0; simpan_dlm_1variabel();}
```

```
PORTD = 0b111111011;
```

```
delay_ms(1);

if (PIND.4 == 0) {i++; array[i]=3; simpan_dlm_1variabel();}

if (PIND.5 == 0) {i++; array[i]=6; simpan_dlm_1variabel();}

if (PIND.6 == 0) {i++; array[i]=9; simpan_dlm_1variabel();}

if (PIND.7 == 0) {delay_ms(1);rtc_set_time(00,00,00);PORTA.1=1;

txt=0;fadc(),statusawal=0;

}
```

```
PORTD= 0b11110111;
```

```
delay_ms(1);  
  
if (PIND.4 == 0) {}  
  
if (PIND.5 == 0) {}  
  
if (PIND.6 == 0) {}  
  
if (PIND.7 == 0) {}  
  
}
```

```
void tampil_lcd()  
  
{  
  
if (nilai>0)  
  
    {  
  
        ftoa(nilai,0,temp);  
  
        lcd_gotoxy(7,0);  
  
        lcd_puts(temp);  
  
    }  
  
}
```

```
void main(void)  
  
{  
  
// Declare your local variables here  
  
  
  
// Input/Output Ports initialization  
  
// Port A initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=Out
Func0=In

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=0 State0=T

PORTA=0x00;

DDRA=0x02;

// Port B initialization

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTB=0x00;

DDRB=0x00;

// Port C initialization

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T

PORTC=0x00;

DDRC=0x00;

// Port D initialization

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=Out Func2=Out Func1=Out
Func0=Out
```

```
// State7=P State6=P State5=P State4=P State3=0 State2=1 State1=1 State0=1
```

```
PORTD=0xF7;
```

```
DDRD=0x0F;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 0 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=FFh
```

```
// OC0 output: Disconnected
```

```
TCCR0=0x00;
```

```
TCNT0=0x00;
```

```
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer1 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=FFFFh
```

```
// OC1A output: Discon.
```

```
// OC1B output: Discon.
```

```
// Noise Canceler: Off
```

```
// Input Capture on Falling Edge
```

```
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
```

```
// Input Capture Interrupt: Off
```

```
// Compare A Match Interrupt: Off
```

```
// Compare B Match Interrupt: Off
```

```
TCCR1A=0x00;
```

```
TCCR1B=0x00;
```

```
TCNT1H=0x00;
```

```
TCNT1L=0x00;
```

```
ICR1H=0x00;
```

```
ICR1L=0x00;
```

```
OCR1AH=0x00;
```

```
OCR1AL=0x00;
```

```
OCR1BH=0x00;
```

```
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer2 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=FFh
```

```
// OC2 output: Disconnected
```

```
ASSR=0x00;
```

```
TCCR2=0x00;
```

```
TCNT2=0x00;
```

```
OCR2=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization
```

```
// INT0: Off
```

```
// INT1: Off

// INT2: Off

MCUCR=0x00;

MCUCSR=0x00;

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

TIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization

// Analog Comparator: Off

// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off

ACSR=0x80;

SFIOR=0x00;

// ADC initialization

// ADC Clock frequency: 625,000 kHz

// ADC Voltage Reference: AREF pin

// ADC Auto Trigger Source: None

// Only the 8 most significant bits of

// the AD conversion result are used

ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;

ADCSRA=0x86;

// I2C Bus initialization
```

```
i2c_init();

// DS1307 Real Time Clock initialization

// Square wave output on pin SQW/OUT: Off

// SQW/OUT pin state: 0

rtc_init(0,0,0);

rtc_set_time(00,00,00);

// LCD module initialization

lcd_init(16);

lcd_gotoxy(0,0);

lcd_putsf("==PEMBATAS ENERGI PLTS==");

delay_ms(100);

lcd_clear();

while (1)
{
    // Place your code here

    gettimertc();

    scanning_keypad();

    tampil_lcd();

    lcd_gotoxy(0,0);

    lcd_putsf("Energi:");

    delay_ms(10);

    lcd_gotoxy(0,1);

    lcd_putsf("Sisa :");
```

```
if(txt==0){

detikpul=second/10;

detiksat=second%10;

detik=(detikpul*10)+detiksat;

menitpul=minute/10;

menitsat=minute%10;

menit=(menitpul*10)+menitsat;

jampul=hour/10;

jamsat=hour%10;

jam=(jampul*10)+jamsat;

fad();

if((data_adc>=1)&&(statusawal==0)){

perkalian=((detik*1)+(menit*60)+(jam*3600));

P1=(nilai*3600);

P2=(arus*perkalian);

sis=(P1-P2);

}

lcd_gotoxy(7,1);
```

```
    delay_ms(10);  
    ftoa(sisa,0,buffer1);  
    lcd_puts(buffer1);  
  
    }  
    if(sisa<-1){delay_ms(2);PORTA.1=0;txt=1;}  
  
};  
}
```

LM78XX Series Voltage Regulators

General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HFI, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number

of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

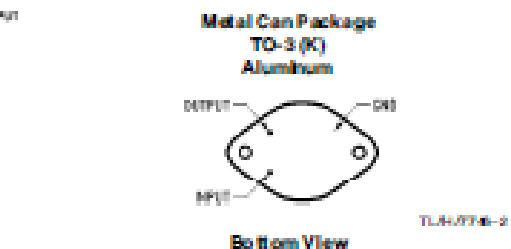
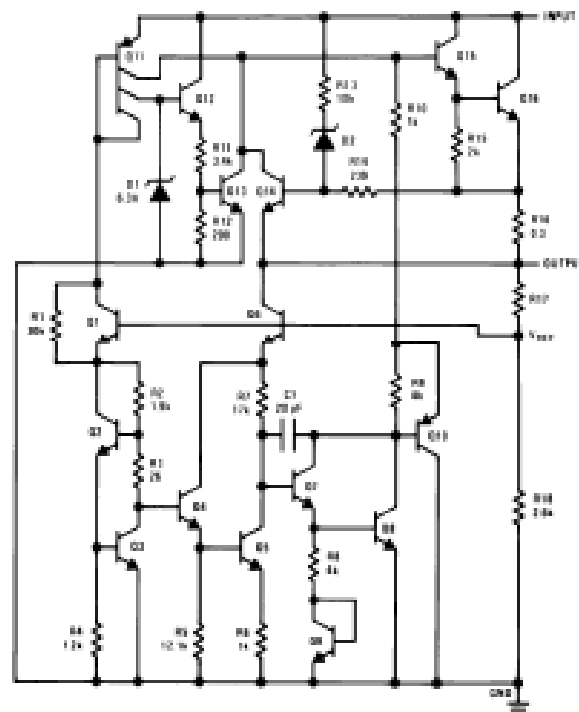
Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

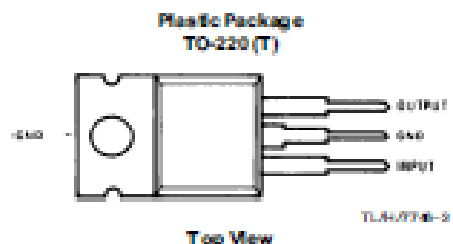
Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

Schematic and Connection Diagrams



Order Number LM7805CK,
LM7812CK or LM7815CK
See NS Package Number KC02A



Order Number LM7805CT,
LM7812CT or LM7815CT
See NS Package Number T03B

TL447746-1

Absolute Maximum Ratings

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

Input Voltage (V_{IO} = 5V, 12V and 15V) 35V
 Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited
 Operating Temperature Range (T_A) 0°C to +70°C

Maximum Junction Temperature

(K Package) 150°C
 (T Package) 150°C
 Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)
 TO-3 Package K 300°C
 TO-220 Package T 230°C

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) 0°C < T_J < 125°C unless otherwise noted.

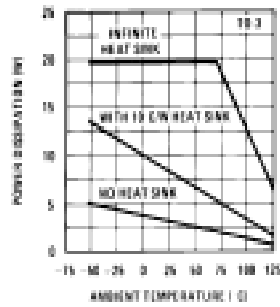
Output Voltage			5V			12V			15V			Units
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			22V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $5\text{ mA} < I_O < 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V
		$P_D < 15\text{ W}$, $5\text{ mA} < I_O < 1\text{ A}$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V
		$V_{MN} < V_{IN} < V_{MAX}$	(7.5 < V_{IN} < 20)			(14.5 < V_{IN} < 27)			(17.5 < V_{IN} < 30)			V
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	3	50	4	120	4	150			mV
			ΔV_{IN}	(7 < V_{IN} < 25)			(14.5 < V_{IN} < 30)			(17.5 < V_{IN} < 30)		
		$I_O < 1\text{ A}$	$0^\circ\text{C} < T_J < +125^\circ\text{C}$		50		120		150			mV
			ΔV_{IN}	(8 < V_{IN} < 20)			(15 < V_{IN} < 27)			(18.5 < V_{IN} < 30)		
		$I_O < 1\text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$		50		120		150			mV
			ΔV_{IN}	(7.5 < V_{IN} < 20)			(14.8 < V_{IN} < 27)			(17.7 < V_{IN} < 30)		
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$	5 mA < I_O < 1.5 A	10	50	12	120	12	150			mV
		250 mA < I_O < 750 mA		25		60		75			mV	
		$5\text{ mA} < I_O < 1\text{ A}$, $0^\circ\text{C} < T_J < +125^\circ\text{C}$		50		120		150			mV	
I_O	Quiescent Current	$I_O < 1\text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$		8		8		8			mA
			$0^\circ\text{C} < T_J < +125^\circ\text{C}$		8.5		8.5		8.5			mA
ΔI_O	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} < I_O < 1\text{ A}$			0.5		0.5		0.5			mA
		$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_O < 1\text{ A}$		1.0		1.0		1.0		1.0	mA	
		$V_{MN} < V_{IN} < V_{MAX}$	(7.5 < V_{IN} < 20)			(14.8 < V_{IN} < 27)			(17.9 < V_{IN} < 30)			V
V_{IN}	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $10\text{ Hz} < f < 100\text{ kHz}$			40		75		90			μV
		$\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}}$	Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz}$	$I_O < 1\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ or	62	80	55	72	54	70	
$I_O < 500\text{ mA}$	62					55		54			dB	
$0^\circ\text{C} < T_J < +125^\circ\text{C}$	(8 < V_{IN} < 18)					(15 < V_{IN} < 25)			(18.5 < V_{IN} < 28.5)			V
R_O	Dropout Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{OUT} = 1\text{ A}$			2.0		2.0		2.0			V
	Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$			8		18		19			m Ω
	Short-Circuit Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			2.1		1.5		1.2			A
	Peak Output Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			2.4		2.4		2.4			A
	Average TC of V_{OUT}	$0^\circ\text{C} < T_J < +125^\circ\text{C}$, $I_O = 5\text{ mA}$			0.8		1.5		1.8			mV/ $^\circ\text{C}$
V_{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_O < 1\text{ A}$			7.5		14.8		17.7			V

Note 1: Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically 4°C/W junction to case and 35°C/W case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically 4°C/W junction to case and 50°C/W case to ambient.

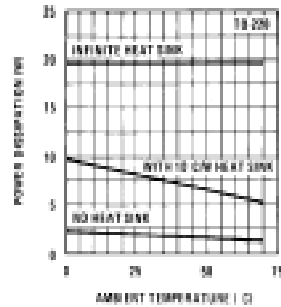
Note 2: All characteristics are measured with a capacitor across the input of 0.22 μF , and a capacitor across the output of 0.1 μF . All characteristics except noise voltage and ripple rejection are measured using pulse techniques ($I_O < 10\text{ mA}$, duty cycle < 5%). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Typical Performance Characteristics

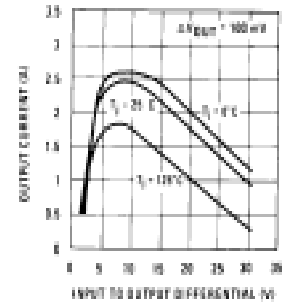
Maximum Average Power Dissipation



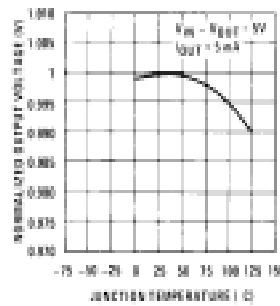
Maximum Average Power Dissipation



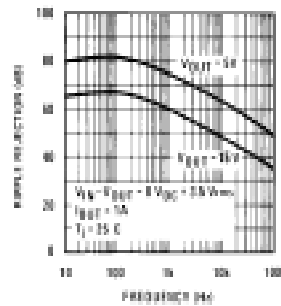
Peak Output Current



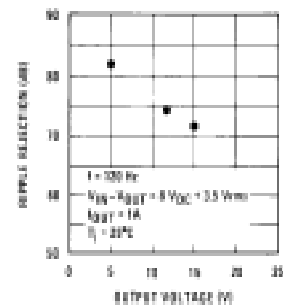
Output Voltage (Normalized to 1V at $T_J = 25^\circ\text{C}$)



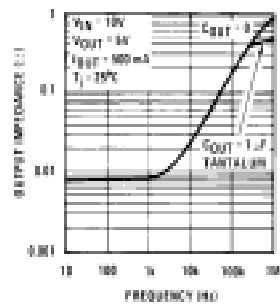
Ripple Rejection



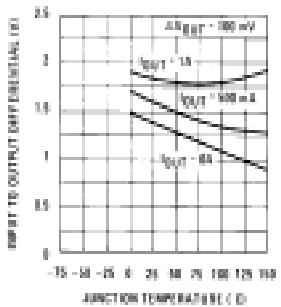
Ripple Rejection



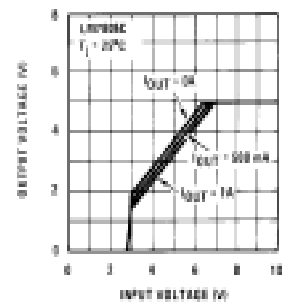
Output Impedance



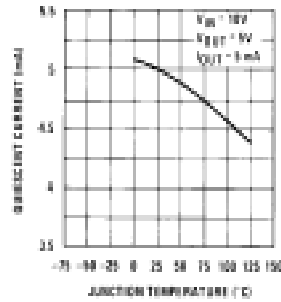
Dropout Voltage



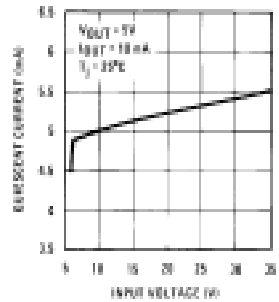
Dropout Characteristics



Quiescent Current



Quiescent Current



FEATURES

- Real time clock counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 56 byte nonvolatile RAM for data storage
- 2-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500 nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Recognized by Underwriters Laboratory

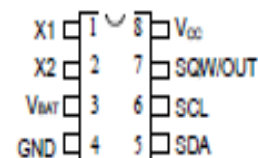
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP
DS1307Z	8-Pin SOIC (150 mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

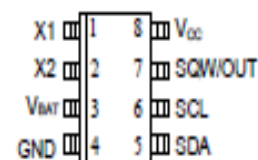
DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real Time Clock is a low power, full BCD clock/calendar plus 56 bytes of nonvolatile SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit which detects power failures and automatically switches to the battery supply.

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300 mil)



DS1307Z 8-Pin SOIC (150 mil)

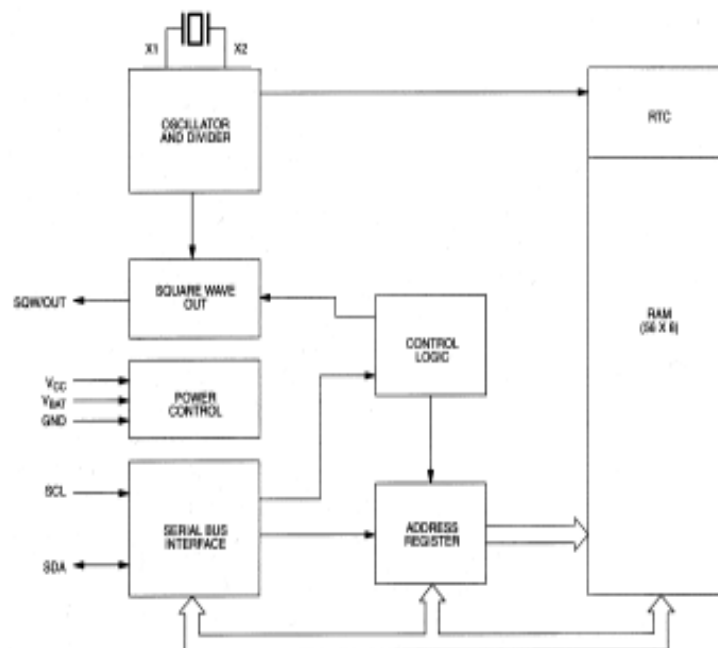
PIN DESCRIPTION

V _{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768 kHz Crystal Connection
V _{BAT}	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square wave/Output Driver

OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below $1.25 \times V_{BAT}$ the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low current battery backup mode. Upon power up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than $V_{BAT} + 0.2V$ and recognizes inputs when V_{CC} is greater than $1.25 \times V_{BAT}$. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the Serial Real Time Clock.

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC} , GND - DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5 volt input. When 5 volts is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3-volt battery is connected to the device and V_{CC} is below $1.25 \times V_{BAT}$, reads and writes are inhibited. However, the Timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V_{BAT} .

V_{BAT} - Battery input for any standard 3-volt lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0 and 3.5 volts for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the real time clock and user RAM is denied is set by the internal circuitry as $1.25 \times V_{BAT}$ nominal. A lithium battery with 48 mAhr or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at 25 degrees C.

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 3-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 20x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega16
ATmega16L

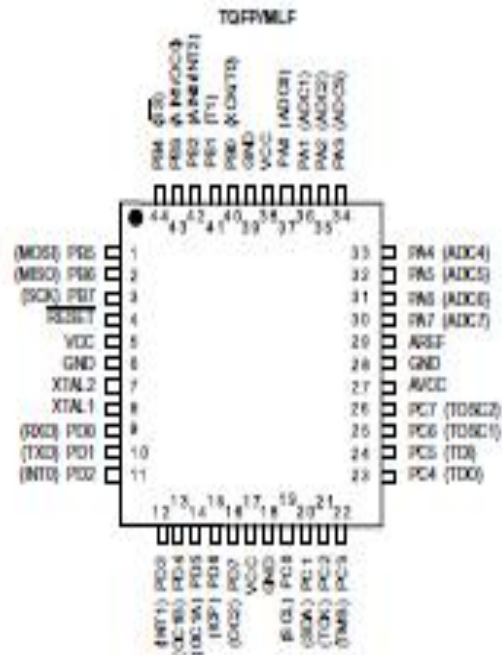
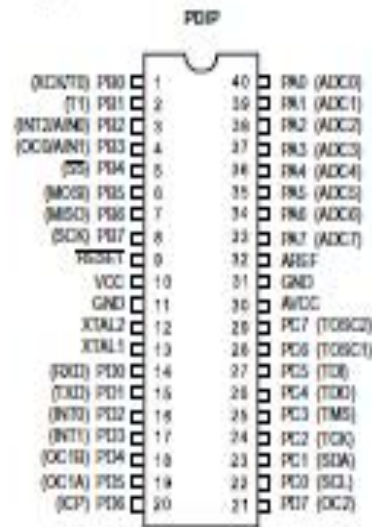
Preliminary

Rev. 2002C-AVR-02/02



Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



Disclaimer

Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram

