PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT *MONITORING* BIAYA TAGIHAN LISTRIK *PORTABLE* PADA PERALATAN LISTRIK

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ZAKARIA

NIM. 0710633037-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2014

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT *MONITORING* BIAYA TAGIHAN LISTRIK *PORTABLE* PADA PERALATAN LISTRIK

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ZAKARIA
NIM. 0710633037-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Mochammad Rif'an, ST., MT.	**Ir. Nurussa'adah, MT.**
NIP. 19710301 200012 1 001	**NIP. 19680706 199203 2 001**

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT *MONITORING* BIAYA TAGIHAN LISTRIK *PORTABLE* PADA PERALATAN LISTRIK

SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ZAKARIA

NIM. 0710633037-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 11 Agustus 2014

DOSEN PENGUJI

Ir. M. Julius St., MS.
NIP. 19540720 198203 1 002

Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.
NIP. 19590304 198903 1 001

Ir. Nanang Sulistiyanto, MT.
NIP. 19700113 199403 1 002

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi berjudul "Perancangan dan Pembuatan Alat *Monitoring* Biaya Tagihan Listrik *Portable* pada Peralatan Listrik" ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Ibu, Bapak dan seluruh keluarga besar atas segala nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya di dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Ibu Ir. Nurussa'dah, MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Mochammad Rif'an, ST., MT. dan Ibu Ir. Nurussa'dah, MT. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas segala bimbingan, nasehat, pengarahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan,
- Istriku yang selalu memberi semangat serta dukungan selama penyelesaian skripsi ini,
- Teman-teman Core-nerz'07, serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, Agustus 2014

Penulis

ABSTRAK

Zakaria, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2014, *Perancangan dan Pembuatan Alat Monitoring Biaya Tagihan Listrik Portable pada Peralatan Listrik,* Dosen Pembimbing: Mochammad Rif'an, ST., MT. dan Ir. Nurussa'dah, MT.

Perkembangan teknologi elektronika begitu cepat, diiringi dengan semakin bertambahnya kebutuhan manusia di bidang elektronika untuk membantu kehidupan sehari-hari. Teknologi mampu mengubah sesuatu pekerjaan yang dilakukan secara *manual* menjadi otomatis dan juga sesuatu yang analog menjadi digital, sehingga mendorong manusia untuk lebih meningkatkan lagi kemampuan di bidang teknologi. Peralatan elektronika rumah tangga merupakan salah satu produk elektronika yang umum digunakan oleh para pengguna energi listrik.

Kebutuhan masyarakat akan pelayanan listrik yang lebih baik menuntut adanya informasi listrik terpakai yang lebih detail dari kWh meter analog milik PLN. Masyarakat hanya bisa memperoleh informasi jumlah kWh yang terpakai dari kWh meter analog milik PLN. Perkembangan teknologi saat ini memungkinkan diciptakannya sebuah alat monitoring biaya tagihan listrik yang dapat menampilkan nilai arus, tegangan, beda fasa dan biaya tagihan listrik. Alat monitoring yang dimaksud menggunakan sensor arus ACS712T ELC-05B untuk menyensor arus listrik PLN dan sensor tegangan untuk menyensor tegangan listrik PLN yang kemudian dikondisikan oleh rangkaian pengkondisi sinyal agar sesuai dengan ADC mikrokontroler. Arus dan tegangan masuk ke rangkaian detektor beda fasa untuk memperoleh nilai cos phi. Mikroprosesor ATmega8535 digunakan sebagai pengolah data yang dikombinasikan dengan keypad sebagai masukan dan LCD sebagai keluaran yang dapat menampilkan informasi nilai arus, tegangan, beda fasa, daya dan biaya tagihan listrik secara real time.

Kata Kunci: Biaya Tagihan Listrik, ACS712, ATmega8535

DAFTAR ISI

PENGANTAR i
ABSTRAK ii
DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR TABEL viii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 1
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan 2
1.5. Sistematika Pembahasan 2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Daya Listrik 4
2.2. Sensor Arus ACS712 ELC-05B 5
2.3. Mikrokontroler ATMega8535 7
2.4. LCD (*Lyquid Crystal Display*) 16x2 Karakter 9
2.5. Keypad Matriks 4x4 11
2.6. RTC DS1307 12
2.7. EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) 13
2.7.1. I2C Serial EEPROM 14
2.8. Operasional Amplifier (OpAmp) 14
2.8.1. Inverting Amplifier 15
2.9. Penyearah Presisi 16
2.10. Pembangkit Pulsa 17
2.11. IC Regulator 19
2.12.Catu Daya Simetris 19
2.13. Komunikasi Serial 20
2.13.1. RS232 21
2.13.2. MAX232 23
BAB III METODOLOGI 25
3.1. Studi Literatur 25

3.2. Penentuan Spesifikasi Alat 25
3.3. Perancangan dan Pembuatan Alat 25
3.3.1. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras 25
3.3.2. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak 26
3.4. Pengujian Alat 26
3.4.1. Pengujian Perangkat Keras 26
3.4.2. Pengujian Perangkat Lunak 26
3.4.3. Pengujian Keseluruhan Sistem 26
3.5. Pengambilan Kesimpulan 27
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT 28
4.1. Perancangan Sistem 28
4.2. Perancangan Perangkat Keras 29
4.2.1. Perancangan Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal 30
4.2.2. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal 32
4.2.3. Perancangan Rangkaian Penyearah Presisi 33
4.2.4. Perancangan Rangkaian Detektor Beda Fasa 34
4.2.5. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 37
4.2.6. Perancangan Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*) 39
4.2.7. Perancangan Rangkaian Keypad 39
4.2.8. Perancangan Rangkaian Catu Daya 40
4.3. Perancangan Perangkat Lunak 41
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS 43
5.1. Pengujian Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal 43
5.1.1. Tujuan Pengujian 43
5.1.2. Peralatan Pengujian 43
5.1.3. Skema Rangkaian Pengujian 43
5.1.4. Hasil Pengujian 44
5.1.5. Analisis 45
5.2. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal 45
5.2.1. Tujuan Pengujian 45
5.2.2. Peralatan Pengujian 46
5.2.3. Skema Rangkaian Pengujian 46
5.2.4. Hasil Pengujian 46
5.2.5. Analisis 47

5.3. Pengujian Rangkaian Penyearah Presisi 47
5.3.1.Tujuan Pengujian 47
5.3.2.Peralatan Pengujian 47
5.3.3.Skema Rangkaian Pengujian 47
5.3.4.Hasil Pengujian 48
5.3.5.Analisis 48
5.4. Pengujian Rangkaian Detektor Beda Fasa 48
5.4.1.Tujuan Pengujian 48
5.4.2.Peralatan Pengujian 49
5.4.3.Skema Rangkaian Pengujian 49
5.4.4.Hasil Pengujian 49
5.4.5.Analisis 50
5.5. Pengujian Mikrokontroler ATmega8535, LCD dan Keypad 50
5.5.1.Tujuan Pengujian 50
5.5.2.Peralatan Pengujian 50
5.5.3.Skema Rangkaian Pengujian 50
5.5.4.Hasil Pengujian 51
5.5.5.Analisis 51
5.6. Pengujian Keseluruhan Sistem 51
5.6.1.Tujuan Pengujian 51
5.6.2.Peralatan Pengujian 51
5.6.3.Skema Rangkaian Pengujian 52
5.6.4.Hasil Pengujian 52
5.6.5.Analisis 52
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 53
6.1. Kesimpulan 53
6.2. Saran 53
DAFTAR PUSTAKA 54
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Blok Fungsi ACS712 5
Gambar 2.2 Pin-out Diagram (a) dan Rangkaian Sensor Arus ACS712 (b) 6
Gambar 2.3 Grafik Tegangan Keluaran Sensor ACS712T ELC-05B Terhadap Arus Listrik Terukur 6
Gambar 2.4 Diagram Blok Mikrokontroler ATmega8535 7
Gambar 2.5 ATmega8535 9
Gambar 2.6 Contoh Tombol “5” Ditekan 12
Gambar 2.7 Pin RTC DS1307 12
Gambar 2.8 Diagram Blok RTC DS1307 12
Gambar 2.9 Rangkaian Inverting Amplifier 15
Gambar 2.10 Rangkaian Penyearah Presisi 17
Gambar 2.11 Rangkaian Internal Pembangkit Pulsa IC 555 17
Gambar 2.12 Rangkaian Regulator Tegangan 19
Gambar 2.13 Rangkaian Catu Daya Keluaran Ganda 20
Gambar 2.14 Konfigurasi Pin RS232 22
Gambar 2.15 Format Pengiriman Data Serial USART ATMega8535 22
Gambar 2.16 IC MAX232 dan Konfigurasinya 23
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem 28
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Keluaran Sensor ACS712T ELC-05B Terhadap Arus Listrik Terukur 30
Gambar 4.3 Sinyal Melewati Kapasitor Kopling yang Diharapkan 30
Gambar 4.4 Rangkaian Penguat Pembalik 31
Gambar 4.5 Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal 31
Gambar 4.6 Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal 32
Gambar 4.7 Rangkaian Penyearah Presisi 33
Gambar 4.8 Rangkaian Komparator 34
Gambar 4.9 Rangkaian Penyearah dan Penurun Tegangan 34
Gambar 4.10 Rangkaian Pembangkit Pulsa 18 kHz 36
Gambar 4.11 Diagram Waktu Sinyal Rangkaian Detektor Beda Fasa 36
Gambar 4.12 Rangkaian Detektor Beda Fasa 37
Gambar 4.13 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535 38

Gambar 4.14 Rangkaian LCD 16x2 39
Gambar 4.15 Rangkaian Catu Daya 40
Gambar 4.16 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak 41
Gambar 5.1 Skema Pengujian Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal 44
Gambar 5.2 Keluaran Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal 44
Gambar 5.3. Skema Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal .. 46
Gambar 5.4 Keluaran Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal 46
Gambar 5.5 Skema Pengujian Rangkaian Penyearah Presisi 48
Gambar 5.6 Sinyal Keluaran Penyearah Presisi Setelah Dipasang Filter 48
Gambar 5.7 Skema Pengujian Rangkaian Detektor Beda Fasa 49
Gambar 5.8 Sinyal Masukan dan Keluaran Rangkaian Detektor Beda Fasa 49
Gambar 5.9 Skema Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535, LCD dan Keypad 51
Gambar 5.10 Skema Pengujian Keseluruhan Sistem 52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin LCD Karakter 16x2 11
Tabel 2.2 Rumus Menghitung Boudrate 22
Tabel 5.1 Pengujian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal 44

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan teknologi elektronika begitu cepat, diiringi dengan semakin bertambahnya kebutuhan manusia di bidang elektronika untuk membantu kehidupan sehari-hari. Teknologi mampu mengubah sesuatu pekerjaan yang dilakukan secara *manual* menjadi otomatis dan juga sesuatu yang analog menjadi digital, sehingga mendorong manusia untuk lebih meningkatkan lagi kemampuan di bidang teknologi. Peralatan elektronika rumah tangga merupakan salah satu produk elektronika yang umum digunakan oleh para pengguna energi listrik. Peralatan elektronika perumahan, perkantoran maupun industri memiliki spesifikasi arus dan tegangan yang dianjurkan oleh para produsen masing-masing, sehingga dikuatirkan apabila arus dan tegangan yang dipakai tidak sesuai dengan spesifikasi produsen maka peralatan listrik perumahan, perkantoran maupun industri tidak bekerja dengan optimal bahkan akan cepat mengalami kerusakan.

Untuk menghindari kesalahan penggunaan peralatan listrik dibutuhkan alat yang mampu menampilkan nilai arus dan nilai tegangan secara *real time*. Selain itu dibutuhkan juga penampil daya dan biaya tagihan listrik dalam rupiah yang dikonsumsi oleh konsumen untuk memudahkan *monitoring*. Dengan adanya alat *monitoring* nilai arus, tegangan, beda fasa, daya dan biaya tagihan listrik diharapkan dapat mempermudah konsumen dalam *monitoring* peralatan elektronika perumahan, perkantoran maupun industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1) Bagaimana menentukan nilai arus dan nilai tegangan yang dihubungkan ke beban dengan daya yang bervariasi dan dalam jumlah yang sulit terkontrol/termonitor dengan baik.
2) Bagaimana menampilkan nilai keluaran dengan *hardware* yang efisien dan tidak terlalu banyak sehingga mengurangi kompleksitas rangkaian pada sistem.
3) Bagaimana melakukan kalibrasi alat dengan tepat.

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan perancangan akan diberi batasan sebagai berikut:

1) Menggunakan sensor arus ACS712T ELC-05B.
2) Menggunakan mikrokontroler ATmega8535.
3) Menggunakan *Real Time Clock* DS1307.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat *monitoring* biaya tagihan listrik *portable* pada peralatan listrik.

1.5 Sistematika Pembahasan

Penelitian ini terdiri atas enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi

Berisi tentang metode-metode yang dipakai dalam melakukan perancangan, pengujian, dan analisis data.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan perealisasian alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan diagram blok, prinsip kerja dan realisasi alat.

BAB V Pengujian dan Analisis

Memuat aspek pengujian meliputi penjelasan tentang cara pengujian dan hasil pengujian. Aspek analisis meliputi penilaian atau komentar terhadap hasil-hasil pengujian. Pengujian dan analisis ini terhadap alat yang telah direalisasikan berdasarkan masing-masing blok dan sistem secara keseluruhan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Memuat intisari hasil pengujian dan menjawab rumusan masalah serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan kualitas penelitian di masa yang akan datang.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perancangan dan pembuatan alat *monitoring* biaya tagihan listrik *portable* pada peralatan listrik dibutuhkan pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung sistem ini. Pemahaman ini akan bermanfaat untuk merancang perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Pengetahuan yang mendukung perancangan dan pembuatan alat meliputi daya listrik, sensor arus ACS712T ELC-05B, mikrokontroler ATmega8535, LCD 16x2 karakter, Keypad matriks 4x4, RTC DS1307, EEPROM, Operasional Amplifier (OpAmp), penyearah presisi, pembangkit pulsa, IC regulator, catu daya simetris dan komunikasi serial.

2.1. Daya Listrik

Dalam rangkaian listrik, daya merupakan suatu besaran yang penting. Ukuran komponen dan pengelompokan komponen dalam peralatan elektronika terutama ditentukan karena kebutuhan untuk menghilangkan tenaga listrik yang berubah menjadi panas.

Daya sesaat adalah perubahan tenaga yang diserap oleh suatu unsur rangkaian yang berubah sebagai fungsi waktu (Budiono,1995:183). Daya sesaat merupakan sesuatu besaran penting dalam teknik karena nilai maksimumnya harus dibatasi dalam semua peralatan fisis. Ukuran daya yang sangat penting, terutama untuk arus dan tegangan berulang, adalah daya rata-rata. Daya rata-rata ini sama dengan kecepatan rata-rata tenaga yang diserap oleh suatu unsur tidak bergantung pada waktu. Daya tersebut antara lain adalah yang dimonitor oleh perusahaan listrik dalam menentukan daya listrik bulanan yang dicapai. Daya rata-rata yang dijumpai, orde besarnya berkisar antara beberapa pikowatt hingga beberapa gigawatt.

Daya rata-rata lebih penting artinya daripada daya sesaat. Misalnya, jika suatu masakan dipanasi dengan kompor listrik, maka tenaga yang dilepaskan dalam waktu setengah jam lebih penting artinya dibandingkan terhadap variasi tenaga yang diberikan oleh kompor selama satu daur. Tenaga keseluruhan yang diberikan, dalam hal ini berupa panas, adalah jumlah tenaga yang dilepaskan pada setiap diferensial selang waktu.

Dalam hampir setiap persoalan, daya rata-rata lebih penting artinya daripada daya sesaat karena adanya kelembaman yang terdapat dalam setiap sistem. Karena kelembaman panas, suhu yang dicapai sebuah resistor bergantung pada daya rata-rata

yang terpakai selama beberapa menit, bukan daya sesaat pada suatu bagian tertentu dalam daur arusnya.

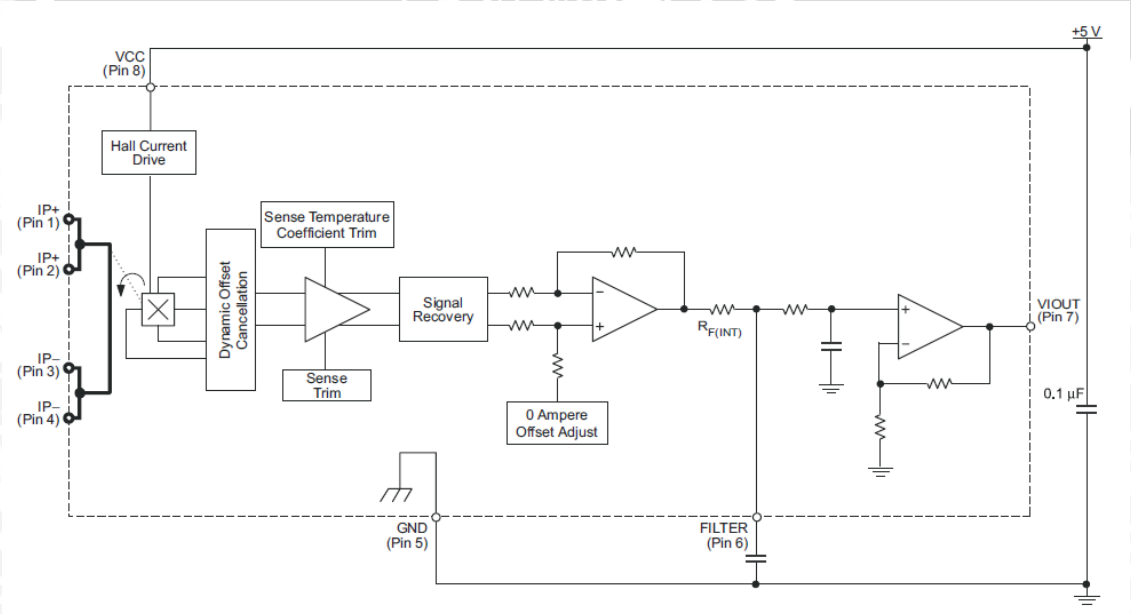
Daya sesaat terdiri dari dua komponen, komponen $VI\ cos\ \varphi$ dan komponen sinusoida menurut waktu $VI\ sin(2\omega t + \varphi)$ yang frekuensinya dua kali frekuensi tegangan atau arusnya. Jika diambil nilai rata-ratanya, maka hanyalah suku konstan yang memberikan andil. Oleh karena itu, daya rata-rata P yang diberikan pada rangkaian tersebuat adalah:

$$P = VI \cos \varphi$$

Cos φ merupakan beda fasa yang terjadi antara arus dan tegangan. Arus bisa tertinggal (*lagging*) atau menahului (*leading*) dari tegangan. Untuk beban yang cenderung induktif, maka arus akan tertinggal dari tegangan. Sementara untuk beban yang cenderung kapasitif arus akan mendahului dari tegangan.

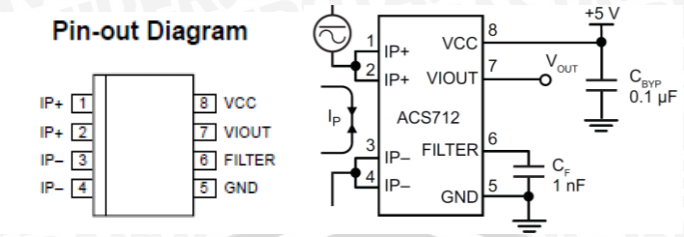
2.2. Sensor Arus ACS712T ELC-05B

Allegro® ACS712 menyediakan solusi ekonomis dan tepat untuk pengukuran arus AC atau DC di dunia industri, komersial dan sistem komunikasi. Perangkat terdiri dari rangkaian sensor efek-hall yang linier, *low-offset* dan presisi. Saat arus mengalir di jalur tembaga pada bagian pin 1-4, maka rangkaian sensor efek-hall akan mendeteksinya dan mengubahnya menjadi tegangan yang proporsional seperti yang dapat dilihat pada digram blok fungsi ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Blok Fungsi ACS712
Sumber : Allegro, 2012: 3

Diagram *pin-out* dan rangkaian sensor arus ACS712 ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



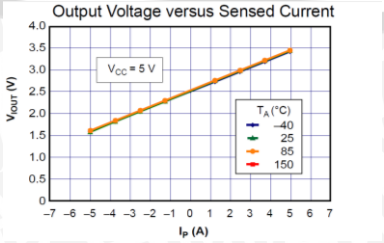
(a) (b)

Gambar 2.2 *Pin-out* Diagram (a) dan Rangkaian Sensor Arus ACS712 (b)
Sumber : Allegro, 2012: 1, 3

Berikut ini adalah fitur dan keunggulan dari sensor suhu ACS712T ELC-05B:

a. Memiliki sinyal analog dengan sinyal ganguan rendah (*low-noise*).
b. Waktu respon keluaran 5 µs terhadap setiap arus masukan.
c. *Bandwidth* 80 kHz.
d. Total error keluaran 1,5% pada Ta = 25°C.
e. Memiliki resistansi dalam 1,2 mΩ.
f. Isolasi tegangan 2,1 kV_{RMS}.
g. Tegangan sumber operasi tunggal 5 V.
h. Sensitivitas keluaran 185 mV/A.
i. Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC atau DC.
j. Fabrikasi kalibrasi.
k. Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil.
l. Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol.
m. Rasio keluaran sesuai tegangan sumber.

Sensor ACS712 ini pada saat tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran >2,5 V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran <2,5 V seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.3.

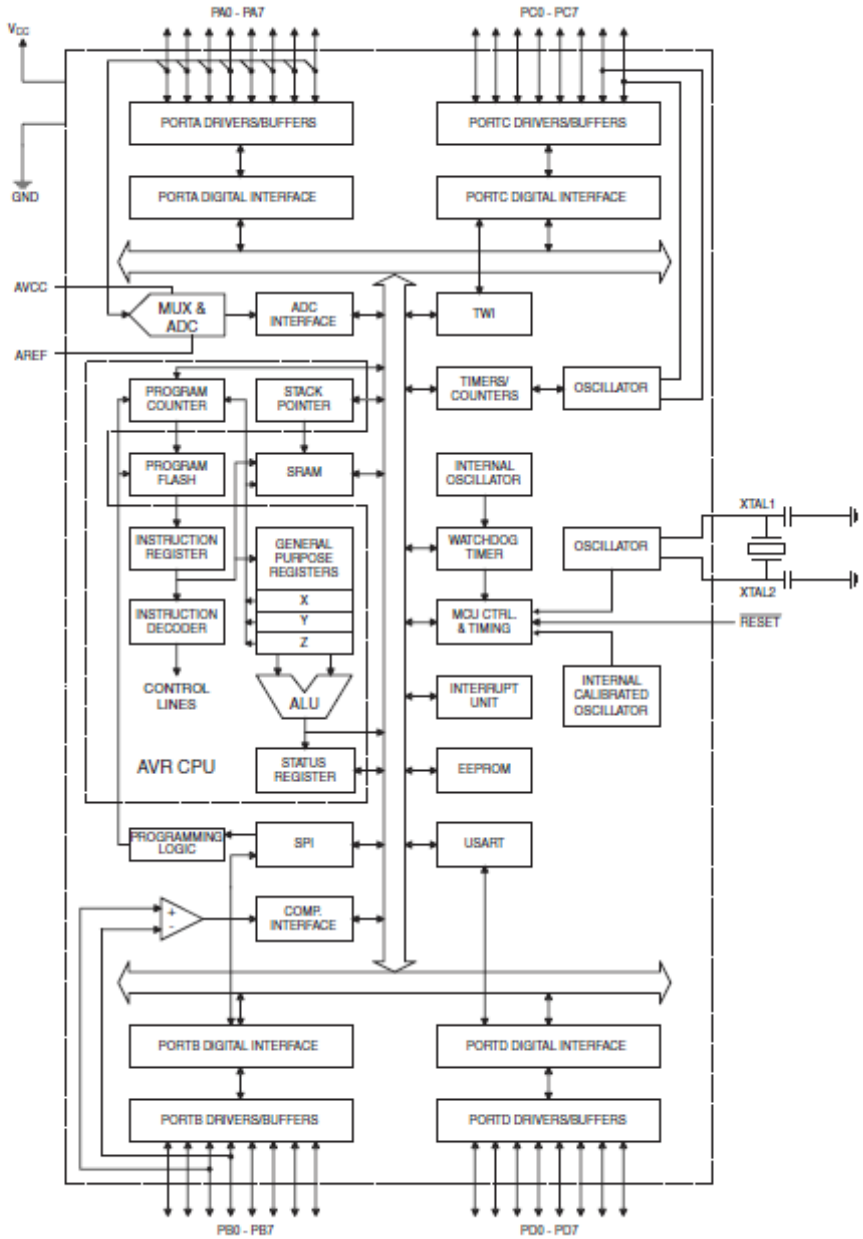


Gambar 2.3 Grafik Tegangan Keluaran Sensor ACS712T ELC-05B Terhadap Arus Listrik Terukur
Sumber : Allegro, 2012: 6

2.3. Mikrokontroler ATmega8535

ATmega8535 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berperforma tinggi, konsumsi daya rendah berarsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) yang memiliki 8K *Bytes In-System Programmable Flash*. Mikrokontroler ATmega8535 mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 1 MIPS per MHz.

ATmega8535 memiliki kembaran, yaitu ATmega8535L. Perbedaannya hanya terletak dari besar minimal tegangan sumber yang diperlukan untuk berfungsi dan kecepatan maksimal dari tiap chip tersebut. Diagram blok mikrokontroler ATmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.4.

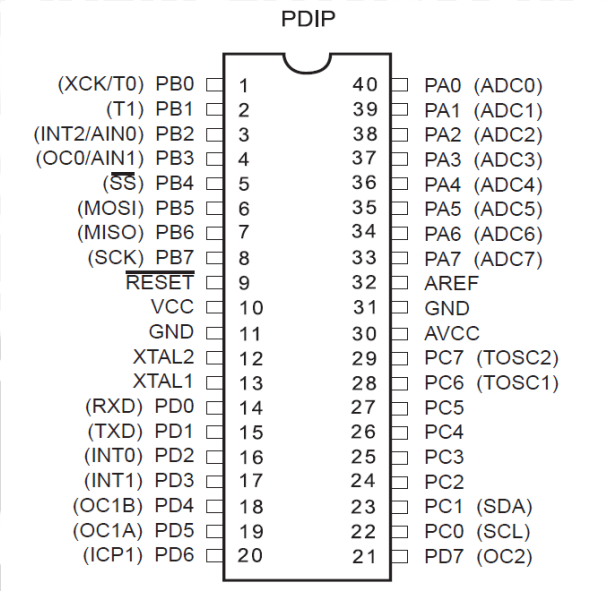


Gambar 2.4 Diagram Blok Mikrokontroler ATmega8535
Sumber : Atmel, 2006: 3

ATmega8535 banyak digunakan untuk sistem yang kompleks, memiliki input sinyal analog, dan membutuhkan memori yang relatif lebih besar. Berikut adalah fitur mikrokontroler ATmega8535 :

a. Mikrokontroler AVR 8 bit berperforma tinggi, konsumsi daya rendah.
b. Arsitektur RISC:
   - 130 instruksi, mayoritas hanya 1 *clock-cycle* eksekusi.
   - 32 x 8 *register*.
   - Throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz.
c. Memori data:
   - 8K Bytes *In-System Self-Programmable Flash* dengan 10.000 kali kemampuan program ulang.
   - 512 Bytes EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) dengan 100.000 kali kemampuan program ulang.
   - 512 Bytes Internal SRAM.
d. Fitur peripheral:
   - Dua buah 8-bit *Timer/Counters* dengan *Separate Prescalers* dan *Compare Mode.*
   - Satu buah 16-bit *Timer/Counter* dengan *Separate Prescalers, Compare Mode*, dan *Capture Mode*.
   - *Real Time Counter* dengan Osilator yang terpisah.
   - 4 x 8-bit *Programmable* I/O (Port A, Port B, Port C, Port D).
   - 8-Kanal ADC 10-bit pada Port A.
   - *Programmable Serial* USART (*Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter*).
   - *Master/Slave* SPI *Serial Interface.*
e. I/O dan kemasan:
   - Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D.
   - 40 pin PDIP.
f. Tegangan sumber:
   - 2.7 – 5.5 V untuk ATmega8535L.
   - 4.5 – 5.5 V untuk ATmega8535.
g. Kecepatan:
   - 0 – 8 MHz untuk ATmega8535L.
   - 0 – 16 MHz untuk ATmega8535.

Gambar 2.5 menunjukkan pin-pin pada ATmega8535 dengan kemasan 40-pin DIP (*Dual In-Line Package*).



Gambar 2.5 ATmega8535
Sumber : Atmel, 2006: 2

2.4. LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 Karakter

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap frontlight atau mentransmisikan cahaya dari backlight. LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

Dalam modul LCD (*Liquid Crystal Display*) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Crystal Display*).

Microntroller pada suatu LCD (*Liquid Crystal Display*) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroler internal LCD adalah:

a. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
b. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
c. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Crystal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mangambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah sebagai berikut:

a. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Crystal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Crystal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
b. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pada perancangan sistem ini memakai LCD modul M1632 yang merupakan sebuah modul LCD karakter yang membutuhkan daya kecil. Jumlah karakter yang dapat ditampilkan adalah 32 karakter dalam 16 kolom x 2 baris. Koneksi pengendalian yang digunakan adalah 4 bit data *interface*. Modul telah dilengkapi pengendali *contrast* dan *brightness*. Tabel 2.1 menunjukkan konfigurasi pin LCD karakter16x2.

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin LCD Karakter 16x2

No	Simbol	Level	Fungsi	
1	Vss		Power Supply	GND
2	Vcc			5 volt
3	Vee			LCD Driver
4	RS	H/L	H: Data Input , L: Inst Input	
5	R/W	H/L	H: Read , L: Write	
6	E	H	Enable Sgnal	
7	DB0	H/L	Data Bus	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+ BL		Power Supply	4 - 4,2 volt
16	V- BL			GND

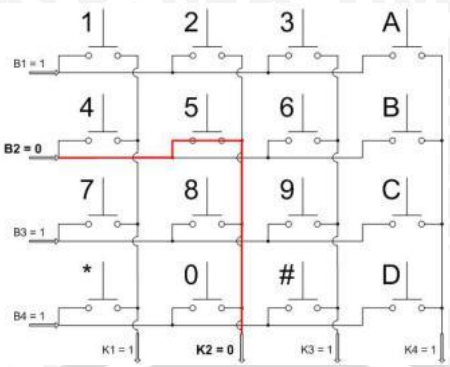
2.5. Keypad Matriks 4x4

Keypad Matriks adalah tombol-tombol yang disusun secara maktriks (baris x kolom) sehingga dapat mengurangi penggunaan pin input. Sebagai contoh, Keypad Matriks 4x4 cukup menggunakan 8 pin untuk 16 tombol. Hal tersebut dimungkinkan karena rangkaian tombol disusun secara horizontal membentuk baris dan secara vertikal membentuk kolom.

Namun demikian, sebagai konsekuensi dari penggunaan bersama satu jalur (semisal baris satu (B1)), maka tidak dimungkinkan pengecekkan dua tombol sekaligus dalam satu slot waktu.

Proses pengecekkan dari tombol yang dirangkai secara maktriks adalah dengan teknik *scanning*, yaitu proses pengecekkan yang dilakukan dengan cara memberikan umpan-data pada satu bagian dan mengecek *feedback* (umpan-balik) pada bagian yang lain. Dalam hal ini, pemberian umpan-data dilakukan pada bagian baris dan pengecekkan umpan-balik pada bagian kolom. Pada saat pemberian umpan-data pada satu baris, maka baris yang lain harus dalam kondisi inversi-nya. Tombol yang ditekan dapat diketahui dengan melihat asal data dan di kolom mana data tersebut terdeteksi.

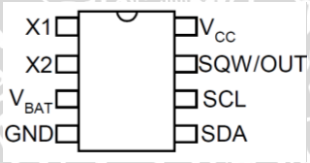
Contoh tombol yang ditekan adalah tombol "**5**". Seperti terlihat bahwa B2 bernilai nol, sedangkan B1, B3, dan B4 adalah satu. Kemudian dengan mengetahui bahwa asal data dari B2, dan umpan-baliknya terdeteksi pada K2, maka dapat disimpulkan bahwa tombol yang ditekan adalah tombol "**5**" ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Tombol "5" Ditekan

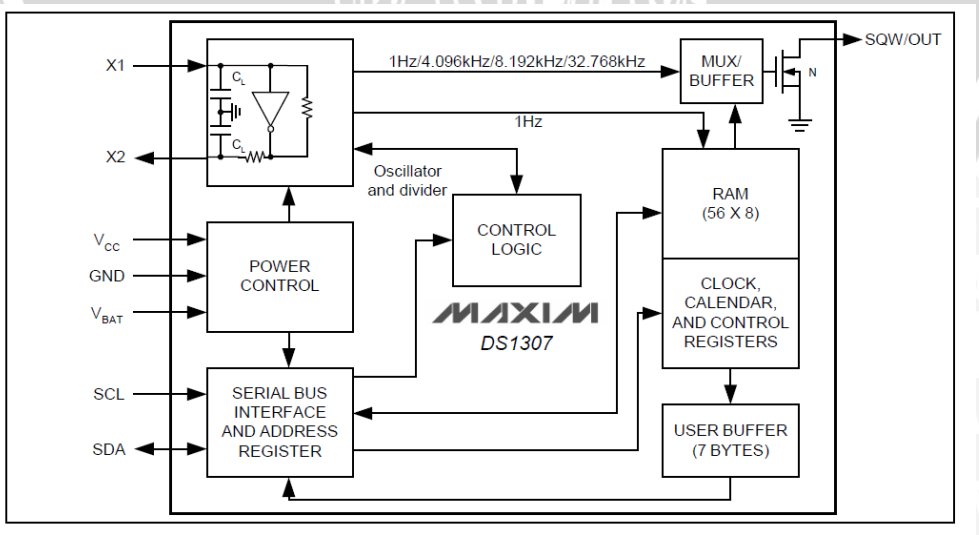
2.6. RTC DS1307

Real Time Clock merupakan suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. DS1307 memiliki *register* yang dapat menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. RTC ini memiliki 128 lokasi RAM yang terdiri atas 15 *byte* untuk data waktu serta kontrol, dan 113 *byte* sebagai RAM umum. Konfigurasi pin RTC DS1307 ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pin RTC DS1307
Sumber : Maxim, 2010: 1

RTC DS1307 menggunakan bus yang dapat digunakan bersama untuk menghemat pin. Pewaktuan yang digunakan untuk mengakses RTC dapat menggunakan *intel timing* atau *motorola timing*. RTC ini juga dilengkapi dengan pin IRQ untuk kemudahan dalam proses. Diagram blok DS1307 ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Diagram Blok RTC DS1307
Sumber : Maxim, 2010: 4

Terlihat dalam Gambar 2.8 diagram blok tersebut bahwa RTC terbagi menjadi beberapa bagian utama dengan kontrol maupun I/O untuk operasinya.

Berikut ini keterangan fungsi masing-masing pin DS1307:

a. VCC – *Primary Power Supply*.
b. X1, X2 – 32.768 kHz *Crystal Connection.*
c. VBAT – +3 Volt *Battery Input.*
d. GND – *Ground.*
e. SDA – Serial Data.
f. SCL – Serial *Clock.*
g. SQW/OUT – *Square Wave*/*Output Driver.*

Penjelasan masing-masing pin RTC DS1307 sebagai berikut :

- X1, X2, pin ini dihubungkan pada *cristal* standar sebesar 32.768 kHz, rangkaian osilasi *internal* dibuat untuk mengoperasikan beban kapasitansi sebesar (CL) 12,5 pF.
- SDA (Serial Data *Input/Output*), digunakan untuk *input output* dua jalur serial *interface*. SDA akan aktif atau mengalirkan data apabila ada *external pull-up* resistor.
- SCL *(Serial Clock Input*), digunakan untuk menyesuaikan pengiriman data kepada *interface*.
- SQW/OUT (*Square Wave*/*Output Driver*), ketika aktif, SQWE di set *high* (1), SQW/OUT pada saat aktif akan menghsilkan gelombang kotak dengan frekuensi (1 Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz). SQW akan aktif atau mengalirkan data apabila ada *external pull-up* resistor.

2.7. EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*)

EEPROM adalah sejenis chip memori non-volatile yang digunakan dalam komputer dan peralatan elektronik lain untuk menyimpan sejumlah kecil konfigurasi data pada alat elektronik tersebut. Chip ini biasanya digunakan untuk menyimpan data konfigurasi BIOS dan *setting* sistem yang berhubungan dengannya. Untuk penyimpanan data yang berjumlah besar maka penggunaan EEPROM merupakan suatu keharusan. Kelebihan utama dari EEPROM adalah memori ini dapat ditulisi suatu data berkapasitas besar dan data akan tetap tersimpan walaupun catu dayanya tidak aktif. Selain itu juga

dapat dihapus dengan mudah. Jika RAM tidak memiliki batasan dalam hal baca-tulis memori, maka EEPROM sebaliknya. Beberapa jenis EEPROM keluaran pertama hanya dapat dihapus dan ditulis ulang (*erase-rewrite*) sebanyak 100 kali, sedangkan model terbaru bisa mencapai 100.000 kali.

2.7.1. I2C Serial EEPROM

Serial EEPROM tipe 24XX merupakan memori serial yang menggunakan teknologi I2C. Dengan adanya penggunaan teknologi tersebut, jumlah I/O yang digunakan untuk mengakses memori tersebut semakin sedikit. Hal ini sangat bermanfaat bagi sebuah sistem yang memerlukan banyak I/O. Penggunaan I/O yang semakin sedikit untuk mengakses memori, akan menyediakan lebih banyak I/O yang dapat digunakan untuk keperluan lain. Teknologi ini hanya menggunakan 2 buah jalur I/O yaitu SDA dan SCL.

SDA merupakan jalur data pada komunikasi I2C, sedangkan SCL merupakan jalur clock dimana sinyal clock akan selalu muncul untuk setiap bit dari pengiriman data.Jenis serial EEPROM I2C berdasarkan pengalamatannya terdiri dari 2 jenis yaitu pengalamatan 8 bit yang digunakan untuk serial EEPROM dengan kapasitas memori sebesar 128 byte hingga 2 Kb dan pengalamatan 16 bit untuk serial EEPROM 4 Kb hingga 512 Kb

2.8. Operasional Amplifier (OpAmp)

Operasional Amplifier (OpAmp) adalah suatu penguat berpenguatan tinggi yang terintegrasi dalam sebuah chip IC yang memiliki dua *input*, inverting dan non-inverting dengan sebuah terminal output, dimana rangkaian umpan balik dapat ditambahkan untuk mengendalikan karakteristik tanggapan keseluruhan pada operasional amplifier (OpAmp). Pada dasarnya operasional amplifier (OpAmp) merupakan suatu penguat diferensial yang memiliki 2 *input* dan 1 *output*. Untuk dapat bekerja dengan baik, operasional amplifier memerlukan tegangan catu yang simetris yaitu tegangan yang berharga (+V) dan tegangan yang berharga negatif (-V) terhadap tanah (*ground*)

OpAmp ini digunakan untuk membentuk fungsi-fungsi linier yang bermacam-macam atau dapat juga digunakan untuk operasi-operasi tak linier, dan seringkali disebut sebagai rangkaian terpadu linier dasar. Penguat operasional (OpAmp) merupakan komponen elektronika analog yang berfungsi sebagai amplifier multiguna dalam bentuk IC.

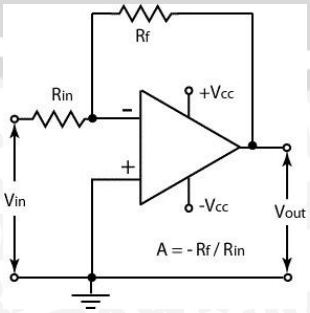
Prinsip kerja sebuah operasional Amplifier (OpAmp) adalah membandingkan nilai kedua *input* (*input inverting* dan *input non-inverting*), apabila kedua *input* bernilai sama maka *output* OpAmp tidak ada (nol) dan apabila terdapat perbedaan nilai *input* keduanya maka *output* OpAmp akan memberikan tegangan *output*. Operasional amplifier (OpAmp) dibuat dari penguat diferensial dengan 2 input. Operasional amplifier (OpAmp) ideal memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

a. Penguatan tegangan lingkar terbuka *(open-loop voltage gain)* $A_{VOL} = \infty$.
b. Tegangan offset keluaran *(output offset voltage)* $V_{OO} = 0$.
c. Hambatan masukan *(input resistance)* $R_I = \infty$.
d. Hambatan keluaran *(output resistance)* $R_O = 0$.
e. Lebar pita *(band width)* BW = ∞.
f. Waktu tanggapan *(respon time*) = 0.
g. Karakteristik tidak berubah dengan suhu.

Kondisi ideal tersebut hanya merupakan kondisi teoritis tidak mungkin dapat dicapai dalam kondisi praktis.

2.8.1. Inverting Amplifier

Inverting amplifier merupakan penerapan dari penguat operasional sebagai penguat sinyal dengan karakteristik dasar sinyal output memiliki fasa yang berkebalikan dengan fasa sinyal input. Pada dasarnya operasional amplifier (OpAmp) memiliki faktor penguatan yang sangat tinggi (100.000 kali) pada kondisi tanpa rangkaian umpan balik. Dalam inverting amplifier salah satu fungsi pamasangan resistor umpan balik (*feedback*) dan resistor input adalah untuk mengatur faktor penguatan suatu inverting amplifier tersebut. Dengan dipasangnya resistor *feedback* (R_f) dan resistor *input* (R_{in}) maka faktor penguatan dari penguat membalik dapat diatur dari 1 sampai 100.000 kali. Rangkaian inverting amplifier ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian Inverting Amplifier
Sumber : Coghlin, F Robert, 1992

Rangkaian inverting amplifier di atas merupakan rangkaian dasar inverting amplifier yang menggunakan sumber tegangan simetris. Secara matematis besarnya faktor penguatan (A) pada rangkaian inverting amplifier adalah:

$$A = -\frac{Rf}{Rin} \quad (2\text{-}1)$$

Sehingga besarnya tegangan output secara matematis inverting amplifier adalah:

$$Vout = Vin\left(-\frac{Rf}{Rin}\right) \quad (2\text{-}2)$$

2.9. Penyearah Presisi

Sebuah rangkaian penyearah presisi akan dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan magnitude sinyal masukan. Rangkaian penyearah presisi ini akan mengkonversi sinyal-sinyal bipolar (polaritas ganda) menjadi bentuk sinyal unipolar (polaritas tunggal). Rangkaian penyearah presisi digunakan secara luas dalam aplikasi-aplikasi pengukuran AC. Dalam hal ini penyearah presisi digunakan sebagai antarmuka bagi masukan-masukan bipolar dan divais-divais kuadran tunggal (unipolar) seperti misalnya rangkaian-rangkaian komputasi logaritmik-antilogaritmik.

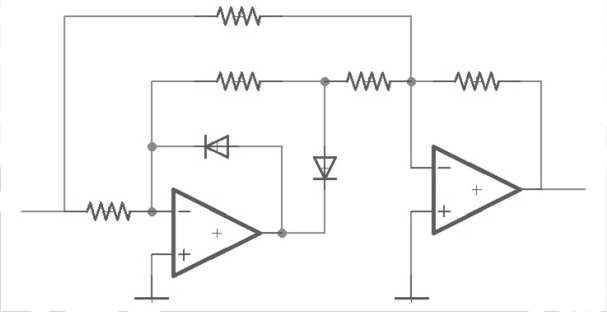
Operasi dasar yang dijalankan oleh penyearah presisi yang menggunakan komponen OpAmp adalah mengalihkan polaritas dari *gain* penguat. Rangkaian ini disusun sedemikian rupa sehingga pada saat polaritas sinyal masukan berubah maka polaritas *gain* juga ikut berubah. Jadi rangkaian seperti ini akan mempertahankan agar selalu diperoleh sebuah sinyal keluaran dengan polaritas konstan (tidak berubah-ubah).

Terdapat berbagai macam kemungkinan konfigurasi rangkaian yang dapat menjalankan fungsi penyearah presisi ini. Faktor yang perlu diperhatikan dalam memilih konfigurasi rangkain ini Antara lain meliputi:

a. Persyaratan-persyaratan impedansi masukan.
b. Apakah diperlukan danya operasi penjumlahan atau tidak?
c. Faktor biaya dan kinerja yang ditentukan oleh jumlah dari banyaknya komponen resistor yang memeliki toleransi yang kecil dan teliti yang diperlukan dalam rangkaian.

Rangkaian ini terdiri rangkaian setengah gelombang presisi yang ditambahkan pada sebuah rangkaian penguat penjumlahan. Sinyal-sinyal masukan dengan polaritas negative akan dilewatkan oleh rangkaian penjumlah pembalik dan diblok oleh rangkaian penyearah setengah gelombang. Sinyal-sinyal dengan polaritas positif akan dibalikkan

dan dilewatkan oleh rangkaian penyerah setengah gelombang. Sinyal-sinyal ini akan dikalikan dengan factor pengali 2, dijumlahkan dengan masukan dan dibalikkan oleh penguat A_2. Rangkain penyearah ini memerlukan persyaratan berupa penggunaan dua pasang resistor yang berada dalam kondisi matching yang akurat serta pemilihan resistor setengah nilai. Rangkaian penyearah presisi ditunjukkan dalam Gambar 2.10.

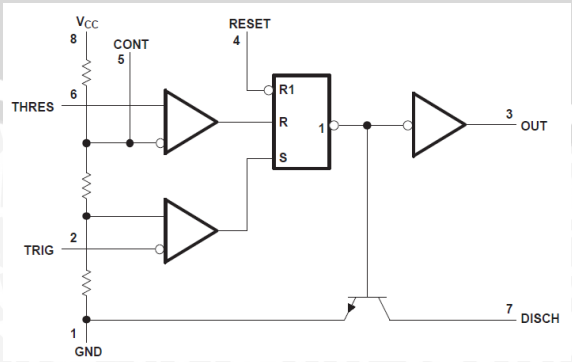


Gambar 2.10 Rangkaian Penyearah Presisi
Sumber: Robert dan Frederick, 1999

2.10. Pembangkit Pulsa

Pembangkit pulsa IC 555 merupakan chip yang didesain khusus untuk pembangkit pulsa yang dapat diatur mode kerjanya, sehingga dapat membentuk suatu multivibrator dan timer. Pembangkit pulsa IC 555 banyak dikembangkan oleh beberapa pabrik, dimana tiap pabrik memiliki kode produksi masing-masing tetapi tipe 555 selalu disebutkan sebagai contoh SE555, NE555, LM 555, MN 555, CA555, SN72555, MC14555 dan untuk versi dual dengan tipe 556.

Rangkaian internal pembangkit pulsa IC 555 terdiri dari beberapa blok diantaranya, pembagi tegangan menggunakan resistor, 2 unit komparator, RS flip-flop, penguat tegangan, dan transitor discharge. Dengan bagian internal tersebut maka dengan IC 555 dapat dibangun suatu rangkaian multivibrator ataupun timer dengan sangat sederhana. Rangkaian internal pembangkit pulsa IC 555 ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Rangkaian Internal Pembangkit Pulsa IC 555
Sumber: Texas Instrumets, 2010: 3

Pembagi tegangan pada IC 555 terdiri dari tiga resistor 5 kΩ. Jaringan dihubungkan secara internal ke +VCC dan ground. Tegangan yang ada di resistor bagian bawah adalah sepertiga VCC. Tegangan pada titik tengah pembagi tegangan sebesar dua pertiga harga VCC. Titik dua pertiga VCC ini berada pada pin 5 dan titik ini didesain sebagai pengontrol tegangan.

Dua buah komparator pada IC 555 merespon sebagai rangkaian saklar dengan tegangan referensi dihubungkan pada salah satu masukan pada masing-masing komparator. Tegangan yang diberikan pada masukan yang lain akan memberikan permulaan terjadinya perubahan pada keluaran jika tegangan tersebut berbeda dengan tegangan referensi. Komparator yang berada pada dua pertiga VCC dimana pin 5 dihubungkan ke tengah resistor pembagi dengan *input* yang lain dihubungkan dengan pin 6 yang disebut sebagai input threshold. Saat tegangan pada pin 6 naik melebihi dua pertiga VCC, keluaran komparator akan menjadi positif. Ini kemudian diberikan pada bagian reset dari input flip-flop.

Komparator 2 berfungsi sebagai referensi sepertiga dari VCC. Input non-inverting komparator 2 dihubungkan dengan bagian bawah jaringan pembagi tegangan resistor. Pin 2 eksternal dihubungkan dengan input inverting komparator 2 dan disebut sebagai input trigger. Jika tegangan pemicu lebih rendah dari sepertiga VCC, keluaran komparator akan berharga positif kemudian diberian pada input set dari flip-flop.

Flip-flop IC 555 termasuk jenis RS flip-flop yang memiliki input set dan reset dengan satu output. Saat input reset positif maka output akan positif. Tegangan positif pada set akan memberikan output menjadi negatif. Output flip-flop tergantung pada status dua input komparator.

Output flip-flop diberikan ke output melalui penguat inverting dan transistor discharger. Output dihubungkan dengan pin 3 dan transistor discharger dihubungkan dengan pin 7. Beban yang dipasang pada terminal 3 akan membaca apakah output berada pada +VCC atau ground, tergantung kondisi isyarat input. Arus beban maksimum dari IC 555 adalah 200 mA dapat dikontrol oleh terminal keluaraan. Beban yang tersambung pada +VCC akan mendapat energi saat pin 3 berubah ke ground dan sebaliknya untuk bebena yang terhubung ke ground akan mendapat energi saat output IC 555 bernilai +VCC.

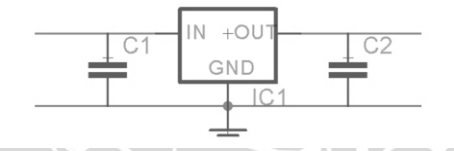
Transistor Q1 disebut discharge transistor, output flip-flop dihubungkan pada basis Q1 . Saat flip-flop set (positif), akan membuat Q1 mendapat bias maju. Pin 7 terhubung ke ground melalui Q1. Saat flip-flop reset (negatif), akan membuat Q1

mendapat bias mundur sehingga membuat pin 7 open circuit sehingga pin 7 pembangkit pulsa IC 555 mempunyai dua kondisi, terhubung close circuit dan open circuit.

2.11. IC Regulator

Beberapa tipe regulator tegangan tetap adalah 78XX dan 79XX. Regulator tegangan tipe 78XX dan 79XX adalah salah satu regulator tegangan tetap dengan tiga terminal, yaitu terminal VIN, GND dan VOUT. Tegangan keluaran dari regulator 78XX dan 79XX memungkinkan regulator untuk dipakai dalam sistem logika, instrumentasi dan Hifi. Regulator tegangan 78XX dan 79XX dirancang sebagai regulator tegangan tetap, meskipun demikian dapat juga keluaran dari regulator ini diatur tegangan dan arusnya melalui tambahan komponen eksternal.

Pada umumnya catu daya selalu dilengkapi dengan regulator tegangan. Tujuan pemasangan regulator tegangan pada catu daya adalah untuk menstabilkan tegangan keluaran apabila terjadi perubahan tegangan masukan pada catu daya. Fungsi lain dari regulator tegangan adalah untuk perlindungan dari terjadinya hubung singkat pada beban. Rangkaian regulator tegangan 78XX dan 79XX ditunjukkan dalam Gambar 2.12.

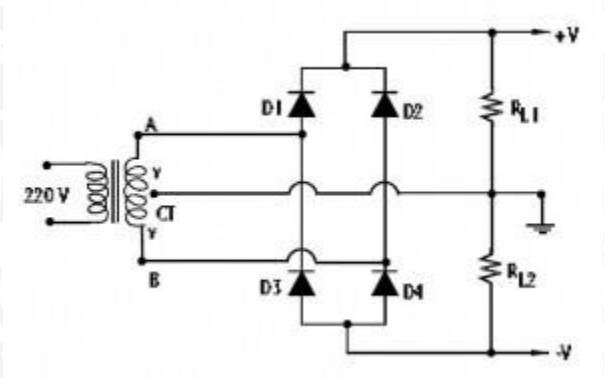


Gambar 2.12 Rangkaian Regulator Tegangan

Kondensator masukan C_1 dibutuhkan untuk perata tegangan sedangkan kondensator keluaran C_2 memperbaiki tanggapan peralihan.

2.12. Catu Daya Simetris

Catu daya simetris atau catu daya keluaran ganda merupkan sebuah catu daya yang mampu memberikan keluaran ganda dengan tegangan output simetris saling berkebalikan terhadap ground (positif, negatif dan ground) dimana level tegangan pada terminal positif dan negalif terhadap titik refenrensi (ground) sama tetapi berkebalikan 180°. Bagian utama rangkaian dasar catu daya simetris dapat dibangun menggunakan transformer CT dan dioda yang disusun jembatan (*bridge*). Rangkaian catu daya simetris ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Rangkaian Catu Daya Keluaran Ganda

Pada rangkaian catu simetris di atas terdapat beberapa bagian utama sebagai berikut. Diode D_1 dan D_2 adalah penyearah untuk bagian keluaran positif. Keduanya dihubungkan dengan ujung transformer. Diode D_3 dan D_4 merupakan penyearah untuk keluaran negatif. Titik keluaran positif dan negatif diambil terhadap CT sebagai referensi atau ground.

Prinsip kerja pada rangkaian diatas dapat dijelaskan sebagai berikut. Misalkan pada setengah periode titik atas transformer berharga positif dan bagian bawah berharga negatif. Arus mengalir lewat titik B melalui D_4, R_{L2}, R_{L1}, D_1 dan kembali ke terminal A transformator. Bagian atas dari R_{L1} menjadi positif sedangkan bagian bawah R_{L2} menjadi negatif.

Pada setengah periode berikutnya titik atas transformer berharga negatif dan bagian bawah berharga positif. Arus mengalir lewat titik A melalui D_3, R_{L2}, R_{L1}, D_2 dan kembali ke terminal B transformator. Bagian atas dari R_{L1} tetap akan positif sedangkan bagian bawah R_{L2} berpolaritas negatif. Arus yang lewat R_{L1} dan R_{L2} mempunyai arah yang sama menghasilkan tegangan keluaran bagian atas dan bagian bawah pada R_{L1} dan R_{L2}.

R_{L1} dan R_{L2} pada rangkaian di atas merupakan beban untuk catu daya tersebut. Untuk aplikasi secara langsung pada beban berupa rangkaian elektronika, R_{L1} dan R_{L2} pada rangkaian catu daya simetris dilepas karena fungsi beban catu daya keluaran ganda digantikan oleh rangkaian elektronika tersebut.

2.13. Komunikasi Serial

Pada prinsipnya, komunikasi serial ialah komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per *bit*, sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel seperti pada *port* printer yang mampu mengirim 8 *bit* sekaligus dalam sekali waktu. Devais pada komunikasi serial port dibagi menjadi 2 (dua) kelompok yaitu *Data Communication*

Equipment (DCE) dan *Data Terminal Equipment* (DTE). Pengiriman data secara serial dapat berupa sinkron, yaitu pengiriman clock dilakukan bersamaan dengan data, atau berupa asinkron, yaitu pengiriman *clock* tidak bersamaan dengan data namun secara dua tahap, saat data dikirim dan data diterima. Untuk istilah yang sering digunakan untuk mengirim dan menerima data secara asinkron biasa disebut *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART). Komunikasi data serial menggunakan UART sangat umum dan mudah penggunaannya, misalnya pada port serial PC. Pada UART jalur pengiriman dan penerimaan data serial dipisahkan.

2.13.1. RS232

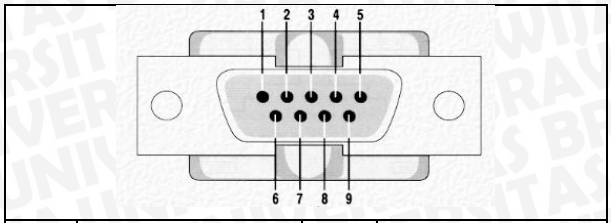
RS-232 merupakan salah satu jenis antarmuka (*interface*) dalam proses pengiriman data antar komputer dalam bentuk serial. RS-232 merupakan kependekan dari *Recommended Standart Number 232*. Antarmuka ini dibuat untuk *interface* antara peralatan terminal data dan peralatan komunikasi data, dengan menggunakan data biner serial sebagai data yang ditransmisikan. Serial *interface* RS-232 memberi ketentuan logika tegangan sebagai berikut:

Logika 1 disebut "*mark*" merupakan tegangan antara –3 V hingga –15 V.

Logika 0 disebut "*space*" merupakan tegangan antara + 3 V hingga +15 V.

Daerah tegangan antara -3 V hingga +3 V adalah *invalid level*, yaitu daerah tegangan yang tidak memiliki logika sehingga daerah itu harus dihindari. Suatu saluran data RS-232 yang memberi keadaan tegangan ini berarti ada kesalahan. Demikian pula pada saluran pada daerah lebih negatif dari -15 V daerah lebih positif dari +15 V.

Sistem transmisi sinyal RS232 menggunakan level tegangan dengan *respect to system common* (*power ground*). Tipe ini bagus untuk komunikasi data secara satu–satu (*point to point communications*). Konektor yang digunakan adalah konektor dengan 9 Pin (DB9). Pada dasarnya hanya 3 pin yang terpakai, yaitu pin kirim (Tx), pin terima (Rx) dan *ground* (GND). Konfigurasi pin RS232 dengan 9 pin ditunjukkan dalam Gambar 2.14.



Pin	Signal	Pin	Signal
1	Data Carrier Detect	6	Data Set Ready
2	Received Data	7	Request to Send
3	Transmitted Data	8	Clear to Send
4	Data Terminal Ready	9	Ring Indicator
5	Signal Ground		

Gambar 2.14 Konfigurasi Pin RS232

Pada komunikasi data serial pada dasarnya yang dikirimkan adalah tegangan dan kemudian dibaca dalam *bit*. Besar level tegangannya adalah antara -25 volt sampai dengan +25 volt. Untuk *bit* dengan logika 1 maka besar level tegangannya adalah antara -3 volt sampai -25 volt, sedangkan untuk *bit* dengan logika 0 maka besar level tegangannya antara +3 volt sampai +25 volt. Untuk menghitung *baudrate* dari komunikasi serial digunakan rumus seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Rumus Menghitung *Boudrate*

Operating Mode	**Equation for Calculating Baud Rate**	**Equation for Calculating UBRR Value**
Asynchronous Normal mode (U2X = 0)	$BAUD = \frac{fosc}{16(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{fosc}{16BAUD} - 1$
Asynchronous Double mode (U2X = 1)	$BAUD = \frac{fosc}{8(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{fosc}{8BAUD} - 1$
Synchronous Normal mode	$BAUD = \frac{fosc}{2(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{fosc}{2BAUD} - 1$

Sumber: Atmel, 2006: 171

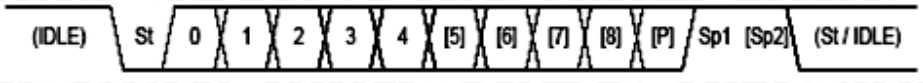
Dimana:

f_{OSC} = Frekuensi *clock* dari sistem osilator

UBRR = Register *boutrate* yang terdiri dari UBRRL dan UBRRH

BOUD = *Boudrate* dalam *bit per second* (bps)

Pada pengiriman data secara serial USART menggunakan ATMega8 dan ATMega8535 memakai format seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Format Pengiriman Data Serial USART ATMega8535
Sumber: Atmel, 2006: 173

Dimana:

St = *Bit start* selalu berlogika rendah

(n) = Banyaknya data yang dikirim (0-8)

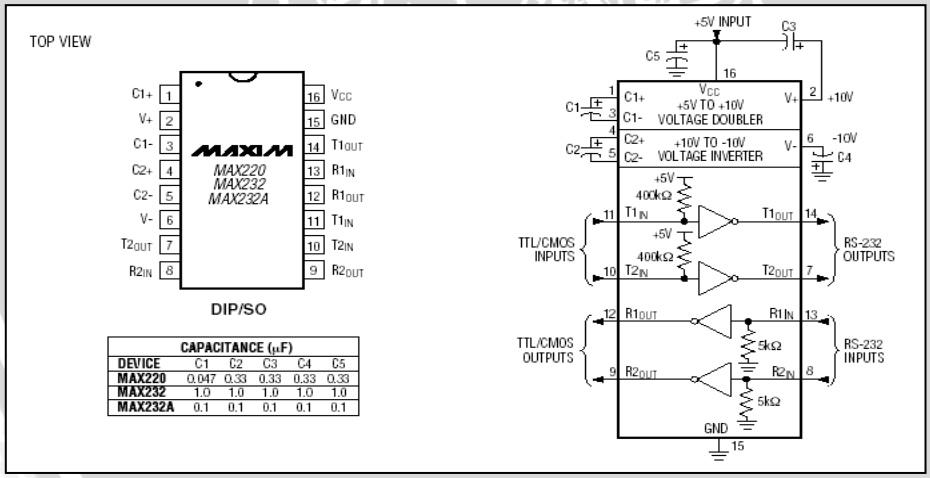
P = *Bit* paritas (ganjil atau genap)

Sp = *Bit stop* selalu berlogika tinggi (*bit stop* bisa berjumlah 1 atau 2)

IDLE = Tidak ada data yang ditransfer pada RX dan TX, IDLE selalu berlogika tinggi

2.13.2. MAX232

Level Tegangan RS232 adalah +3 sampai +15 volt untuk logika "0" sedangkan -3 sampai -15 volt untuk logika "1". Level tegangan ini berbeda dengan level tegangan logika dari mikrokontroler yang bertipe TTL/CMOS dengan *supply* 5 V yang memiliki keluaran untuk logika tinggi minimal 2,4 volt dan logika rendah maksimum 0,4 volt, sehingga dibutuhkan IC MAX 232 yang berfungsi sebagai penyetara level tegangan logika. Gambar IC MAX 232 dan rangkaian minimum sistemnya ditunjukkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16 IC MAX232 dan Konfigurasinya
Sumber: Maxim, 2010: 14

IC MAX 232 memiliki empat bagian yaitu *dual charge pump*, konverter tegangan, RS 232 driver dan RS 232 *receiver*. *Dual charge pump* mengubah tegangan masukan +5 V menjadi ±10 V (tak terbebani) pada RS 232 *driver*. Konverter pertama menggunakan kapasitor C_1 untuk menggandakan tegangan +5 V menjadi +10 V di C_3 pada keluaran V+. Konverter kedua menggunakan kapasitor C_2 untuk membalik +10V menjadi -10V di C_4 pada keluaran V-.

Keluaran RS 232 *driver* berayun dari ±8 V ketika dibebani dengan 5 kΩ (nominal) dengan Vcc sebesar 5 V. *Pull up* resistor yang tersambung dengan Vcc menyebabkan keluaran *driver* yang tidak digunakan pada kondisi rendah karena semua *driver* adalah terbalik. Spesifikasi EIA/TIA-232 E dan V.28 menentukan bahwa level tegangan yang lebih dari 3 V adalah berlogika 0. Jadi semua *receiver* adalah terbalik. *Input Threshold* ditentukan pada 0,8 V dan 2,4 V sehingga keluaran *receiver* akan sesuai dengan level tegangan TTL.

BAB III
METODOLOGI

Penyusunan laporan ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah studi literatur, penentuan spesifikasi alat, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengacu pada spesifikasi alat yang dirancang dan dasar teori pendukung yang diperlukan guna merealisasikan alat. Studi literatur yang dilakukan meliputi studi mengenai teori dasar mengenai daya listrik, sensor arus ACS712T ELC-05B, mikrokontroler ATmega8535, LCD karakter 16x2, Keypad matriks 4x4 dan RTC DS1307.

3.2. Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan yaitu:

a. Catu daya yang digunakan 220V AC
b. Range tegangan 110V-220V.
c. Arus maksimal 5A.
d. Mikrokontroler ATmega8535.
e. LCD karakter 16x2.
f. Keypad matriks 4x4.
g. RTC DS1307.

3.3. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan alat dalam skripsi ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu perangkat keras *(hardware)* dan perangkat lunak *(software)*.

3.3.1. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

Dalam perancangan dan pembuatan perangkat keras terlebih dahulu merancang diagram blok lengkap sistem. Dari diagram blok dapat ditentukan apa saja spesifikasi

alat yang dibuat. Selanjutnya menentukan dan menghitung komponen apa saja yang akan digunakan pada penelitian ini. Desain papan rangkaian tercetak (PCB) menggunakan *software Eagle Layout Editor*.

3.3.2. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Setelah mengetahui seperti apa perangkat keras yang dirancang, dibutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan ke dalam mikrokontroler ATMega8535 dengan menggunakan bahasa C dan *compiler CodeVisionAVR*.

3.4. Pengujian Alat

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dan secara keseluruhan.

3.4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai tegangan dan arus yang diijinkan bekerja dalam komponen berdasarkan data sekunder komponen yang diambil dari buku data komponen elektronika maupun dari *datasheet*.

3.4.2 Pengujian Perangkat Lunak

Untuk pengujian perangkat lunak, pengujian dilakukan dengan cara mensimulasikan perangkat lunak pada mikrokontroler, kemudian dilakukan pengujian bersama perangkat keras untuk mengetahui respon yang dihasilkan. Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat lunak tersebut dapat mengolah data serta mengontrol sistem sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

3.4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan menyambungkan blok perangkat keras dan mengoperasikan sistem sehingga dapat diketahui apakah alat ini bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setelah perangkat keras telah beroperasi seperti yang diharapkan, perangkat lunak yang telah dibuat diujikan bersama perangkat kerasnya.

3.5. Pengambilan Kesimpulan

Setelah mendapatkan hasil analisis dari pengujian alat, maka langkah berikutnya yang dilakukan adalah pengambilan kesimpulan dan pemberian saran. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan kesesuaian antara perancangan dan hasil pengujian. Sedangkan saran bertujuan untuk pengembangan alat lebih lanjut dan untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan yang terjadi dalam penelitian yang telah dilakukan.

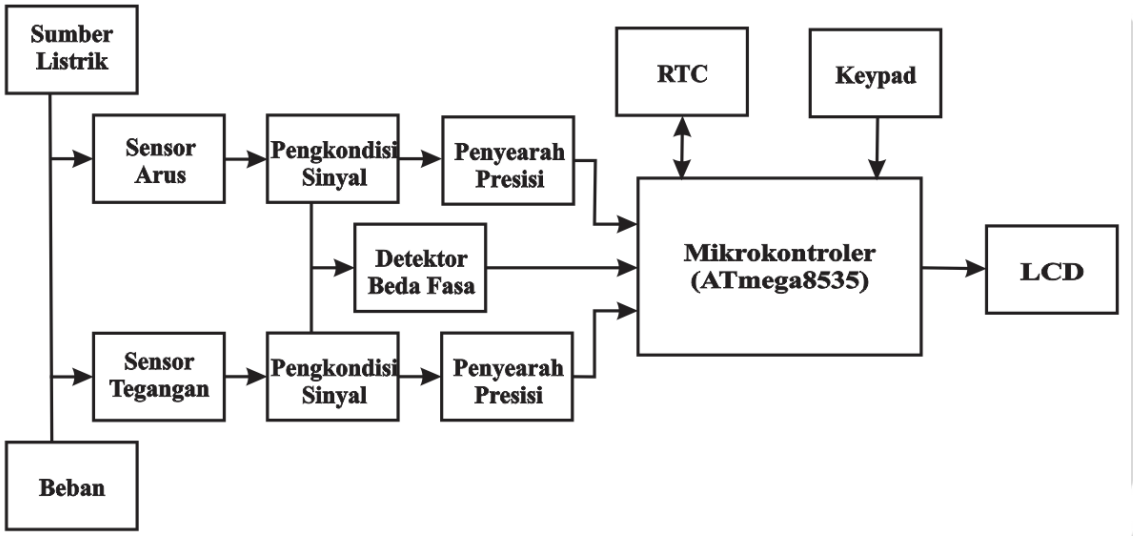
BAB IV
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan Pembuatan Alat *Monitoring* Biaya Tagihan Listrik *Portable* pada Peralatan Listrik ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri atas:

a. Perancangan sistem.
b. Perancangan perangkat keras (*hardware*).
c. Perancangan perangkat lunak (*software*)

4.1. Perancangan Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem alat *monitoring* biaya tagihan listrik *portable* pada peralatan listrik. Sistem ini terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

a. Sumber listrik dan beban merupakan objek dari sensor arus dan sensor tegangan.
b. Sensor arus berfungsi untuk menyensor arus yang melewatinya, dengan mengeluarkan nilai tegangan yang sebanding dengan nilai arus.
c. Sensor tegangan berfungsi untuk menyensor tegangan yang masuk ke beban, dengan mengeluarkan nilai tegangan yang sebanding dengan nilai tegangan yang masuk ke beban.

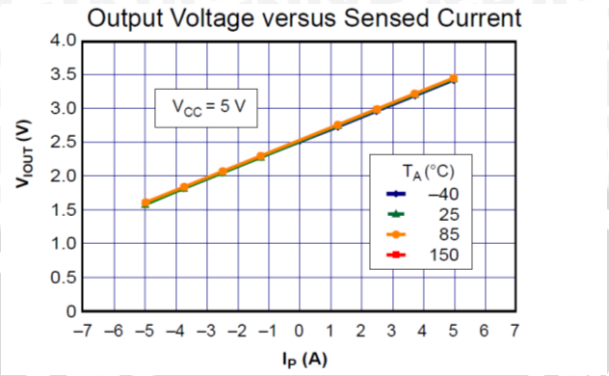
d. Pengkondisi sinyal sensor arus berfungsi untuk mengkondisikan sinyal sehingga sesuai dengan rangkaian selanjutnya, dengan cara menurunkan titik tengah amplitudo sinyal ke titik 0 menggunakan kapasitor kopling, kemudian menguatkan sinyal menggunakan penguat pembalik.
e. Pengkondisi sinyal sensor tegangan berfungsi untuk mengkondisikan sinyal sehingga sesuai dengan rangkaian selanjutnya, dengan cara menurunkan tegangan menggunakan trafo *step-down.*
f. Penyearah presisi berfungsi untuk mengubah sinyal AC keluaran dari pengkondisi sinyal menjadi sinyal DC murni.
g. Detektor beda fasa berfungsi untuk mendeteksi beda fasa antara arus dan tegangan, dengan cara mengubah gelombang sinus menjadi gelombang kotak menggunakan komparator, menyearahkan dan menurunkan tegangan, serta mendeteksi beda fasa dengan gerbang detektor beda fasa.
h. Mikrokontroler ATmega8535 berfungsi sebagai pemroses data, pengatur penyimpanan data, pengatur komunikasi antara alat dengan pengguna (meliputi kerja keypad dan LCD).
i. LCD berfungsi sebagai penampil informasi data, waktu dan settingan tertentu.
j. Keypad berfungsi sebagai *input* untuk *setting* data, waktu, dan karakteristik kerja alat.
k. RTC berfungsi sebagai pemberi informasi waktu (detik, menit, jam, tanggal, bulan, tahun) secara tepat dan kontinyu ke mikrokontroler.

4.2. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan alat *monitoring* biaya tagihan listrik *portable* pada peralatan listrik terdiri dari beberapa rangkaian, yaitu rangkaian sensor arus dan pengkodisi sinyal, rangkaian sensor tegangan dan pengkondisi sinyal, rangkaian penyearah presisi, rangkaian detektor beda fasa, rangkaian mikrokontroler ATmega8535, rangkaian *LCD (Liquid Crystal Display),* rangkaian keypad dan rangkaian catu daya.

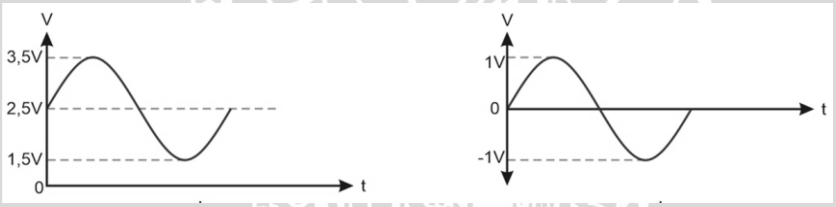
4.2.1. Perancangan Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal

Sesuai dengan datasheet, sensor arus ACS712T ELC-05B mempunyai karakteristik tegangan keluaran terhadap arus listrik terukur seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Tegangan Keluaran Sensor ACS712T ELC-05B Terhadap Arus Listrik Terukur
Sumber : Allegro, 2007: 6

Titik tengah dari amplitudo sinyal output dari sensor arus adalah 2,5 V, ini merupakan unsur DC. Agar sesuai dengan rangkaian selanjutnya, maka diperlukan rangkaian differential amplifier untuk memblokade unsur DC ini. Keluaran sinyal yang diharapkan ditunjukkan dalam dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Keluaran Sinyal yang Diharapkan

Keluaran sensor arus mempunyai *range* antara 0-1 V (peak) pada 0-5 A (peak). Sensitivitas sensor ACS712T ELC-05B adalah 185 mV/A. Dengan ADC 10-bit pada range 0-5 V, maka resolusi terkecil dari ADC ini adalah:

$$\frac{5\ V}{1023} = 0{,}0048\ V$$

Spesifikasi alat dirancang memiliki resolusi 0,01 A atau 1,85 mV pada keluaran sensor arus, padahal ADC yang digunakan mempunyai resolusi 0,0048 V. Agar resolusi ADC sesuai dengan resolusi alat, maka kedua resolusi ini harus disamakan, hal ini bisa diakukan dengan cara menguatkan sinyal masukan. Sinyal masukan dikuatkan sebesar perbandingan resolusi ADC dengan resolusi spesifikasi. Besarnya penguatan adalah:

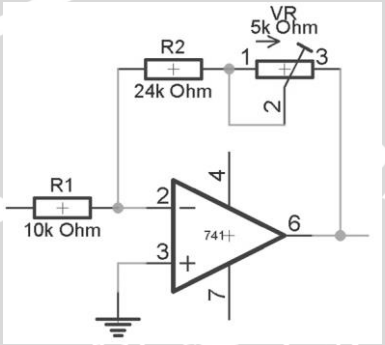
$$A = \frac{0{,}0048\ V}{1{,}85\ mV}$$

$$A = 2{,}6 \qquad (4\text{-}1)$$

Untuk mewujudkan penguatan persamaan (4.1), bisa digunakan penguat pembalik sehingga mempermudah perhitungan impedansi masukan.Bila ditetapkan R_1 sebesar 10 kΩ, maka nilai R_2 dapat diperoleh dengan persamaan:

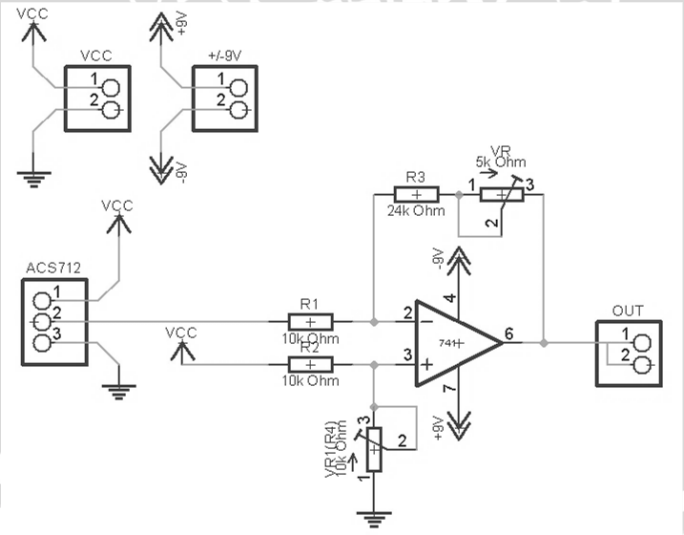
$$R_2 = R_1 \, x \, A = 10 \, k\Omega \, x \, 2{,}6 = 26 \, k\Omega$$

Karena 26 kΩ tidak ada di pasaran, maka dibuat resistor pengganti 24 kΩ diseri dengan variabel resistor 5 kΩ, sehingga rangkaian penguat pembalik menjadi seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Penguat Pembalik

Pengkondisi sinyal merupakan rangkaian sinyal AC, sehingga untuk memblokade unsur DC agar tidak masuk ke rangkaian ini, diperlukan sebuah kapasitor kopling. Rangkaian sensor arus dan pengkondisi sinyal menjadi seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal

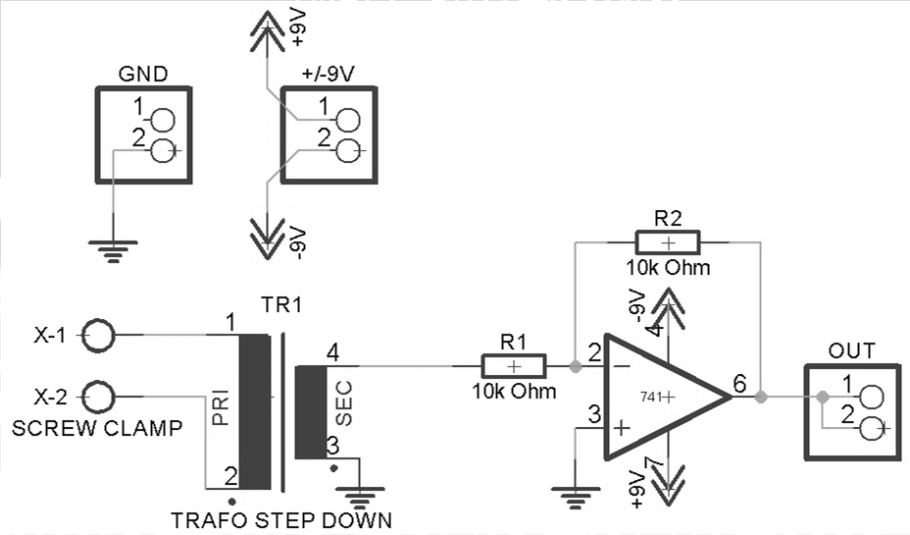
4.2.2. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal

Tegangan yang digunakan pada alat adalah tegangan AC 220 V, tegangan sebesar ini tidak mungkin langsung dimasukkan ADC, karena bisa merusak ADC yang digunakan. Agar bisa dibaca dan tidak murusak ADC, maka perlu adanya sensor tegangan. Sensor tegangan ini berfungsi menurunkan tegangan sampai ke level ADC dan memisahkan secara elektrik antara ADC dengan tegangan AC 220 V. Sensor tegangan yang digunakan adalah trafo *step down* yang mengubah tegangan dari AC 220 V menjadi AC 3 V.

Karena yang digunakan AC 3 V, maka setiap perubahan 1 V pada primer, pada sekunder akan berubah sebesar:

$$\frac{220\,V}{3\,V} = \frac{1\,V}{\Delta V} \qquad maka \qquad \Delta V = 0{,}0136\,V$$

Spesifikasi alat telah dirancang mempunyai resolusi tegangan sebesar 1 V, atau sebesar 0,0136 V pada keluaran sensor tegangan. Pada perancangan pengkondisi sinyal untuk sensor arus telah diketahui bahwa resolusi terkecil ADC adalah 0,0048 V, nilai ini masih lebih kecil dari nilai resolusi tegangan. Oleh karena itu, untuk pengkondisi sinyal sensor tegangan tidak perlu adanya penguatan (A=1). Pengkondisi sinyal sensor tegangan ini dirancang sama dengan pengkondisi sinyal sensor arus, yang berbeda hanya penguatannya saja. Rangkaian sensor tegangan dan pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

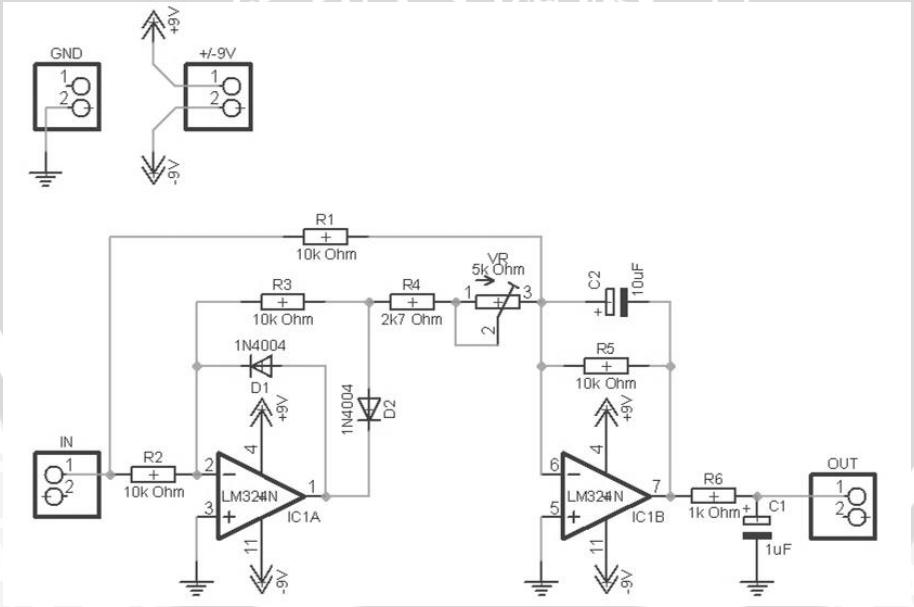


Gambar 4.6 Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal

4.2.3. Perancangan Rangkaian Penyearah Presisi

Sinyal keluaran pengkondisi sinyal merupakan sinyal AC yang bervariasi, sesuai dengan besarnya arus yang disensor. Pada saat sinyal AC ini 0-0,6 V tidak bisa disearahkan langsung menggunakan dioda, karena dioda (silikon) membutuhkan minimal 0,6 V sebagai tegangan bias maju. Karena hal itulah perlu dibuat penyearah presisi yang bisa menyearahkan sinyal AC yang kecil (<0,6 V). Rangkaian penyearah presisi menggunakan kombinasi op-amp dengan dioda. Pada op-amp digunakan LM 324.

Rangkaian penyearah presisi menggunakan 4 buah resistor yang bernilai sama yaitu 10 kΩ, dan juga menggunakan sebuah resistor yang tepat setengah harga dari resistor sebelumnya, yaitu sebesar 5 kΩ. Resistor yang bernilai 5 kΩ tidak ada di pasaran, maka dibuat resistor pengganti 2,7 kΩ diseri dengan variabel resistor 5 kΩ. Keluaran penyearah presisi adalah gelombang DC yang masih mengandung riak, maka untuk mengubah menjadi DC murni harus ditambahkan kapasitor bocoran rendah (tantalum) yang bernilai 10 µF. Rangkaian penyearah presisi ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



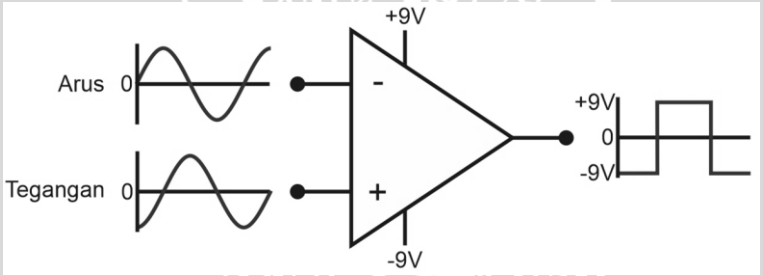
Gambar 4.7 Rangkaian Penyearah Presisi
Sumber: Robert dan Frederick, 1999

4.2.4. Perancangan Rangkaian Detektor Beda Fasa

Untuk menghitung daya listrik diperlukan nilai cos phi. Cos phi merupakan beda fasa antara arus dan tegangan. Untuk menghitung nilai ini diperlukan unsur rangkaian:

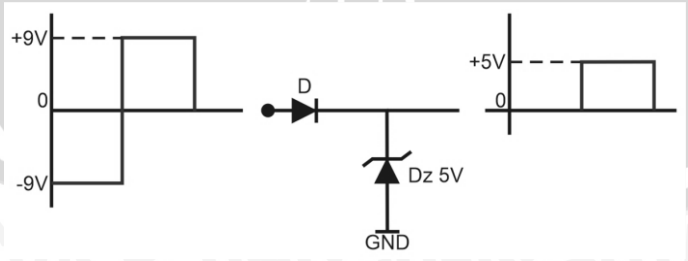
a. Pengubah gelombang sinus menjadi gelombang kotak. Unsur ini diperlukan karena sinyal masukan yang berasal dari pengkondisi sinyal merupakan gelombang sinus. Maka dibutuhkan rangkaian komparator.
b. Penyearah dan penurun tegangan. Unsur ini diperlukan karena keluaran dari unsur point a adalah gelombang AC kotak dengan amplitudo ±9 V, gelombang ini disearahkan dan diturunkan menjadi +5 V.
c. Rangkaian yang mendeteksi beda fasa antara arus dan tegangan.

Rangkaian komparator pengubah gelombang sinus menjadi gelombang kotak ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rangkaian Komparator

Setelah pengubah gelombang sinus ke gelombang kotak selesai dirancang, selanjutnya merancang rangkaian penyearah dan penurun tegangan seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rangkaian Penyearah dan Penurun Tegangan

Selanjutnya adalah merancang rangkaian gerbang detektor beda fasa. Rangkaian ini mengeluarkan beda fasa antara arus dan tegangan. Pada saat beda fasa 180^{o}, dirancang membangkitkan 180 pulsa, hal ini bisa dilakukan dengan meng AND kan

beda fasa dengan sebuah sinyal kotak (pembangkit pulsa) dengan frekuensi tertentu. Besarnya frekuensi ini dihitung dari periode tegangan listrik. Frekuensi dari sumber listrik adalah 50 Hz, maka:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0{,}02\ s$$

T sebesar 0,02 s adalah dalam 360^o. Karena yang dicari adalah 180^o atau setengah dari siklus, maka:

$$T' = \frac{1}{2}T = \frac{1}{2}0{,}02s\ = 0{,}01\ s$$

Saat T'=0,01 s, keluaran komparator dirancang di AND kan dengan sebuah sinyal kotak dari Astabil 555 dengan frekuensi tertentu, sehingga menghasilkan 180 pulsa. Besarnya T sinyal kotak ini adalah:

$$T = \frac{0{,}01\ s}{180} = 0{,}055\ ms$$

Periode dari sinyal kotak adalah 0,055ms, sehingga frekuensinya adalah:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}055\ ms} = 18\ kHz$$

Besarnya frekuensi keluaran dari Astabil 555 dihitung melalui persamaan berikut:

$$f = \frac{1{,}44}{(R_1 + 2R_2)C_1}$$

Untuk mendapatkan f=18 kHz, maka:

$$18\ k = \frac{1{,}44}{(R1 + 2R2)C1}$$

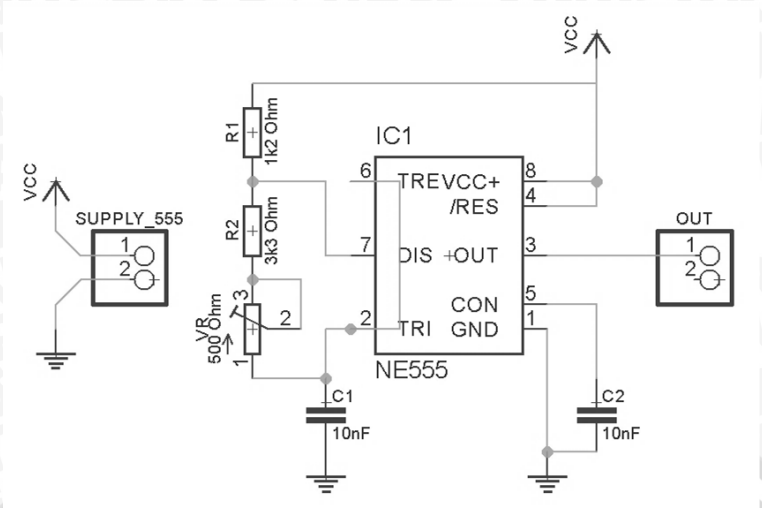
Nilai R_1 dipilih 1,2 kΩ, dan C_1 dipilih 10 nF, maka:

$$18\ k = \frac{1{,}44}{(1{,}2\ k\Omega + 2R_2)10\ nF}$$

$$R_2 = \frac{\left(\frac{1{,}44}{18\ k\ x\ 10\ nF}\right) - 1{,}2\ k\Omega}{2}$$

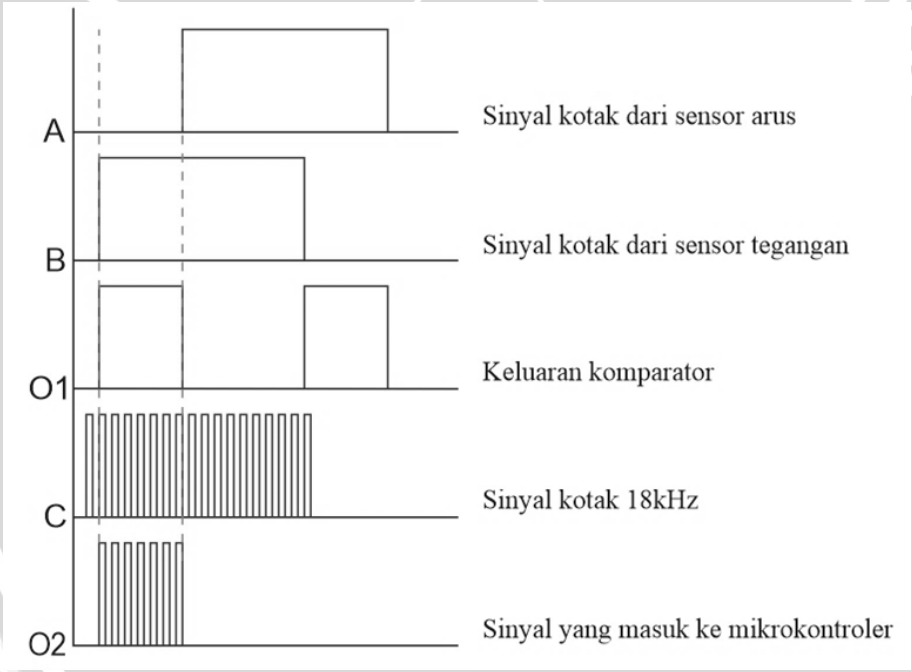
$$R_2 = 3{,}4\ k\Omega$$

Karena nilai 3,4 kΩ tidak ada di pasaran, maka dipilih R_2 3,3 kΩ dan diseri dengan variabel resistor 500 Ω. Gambar 4.10 menunjukkan rangkaian Astabil 555.



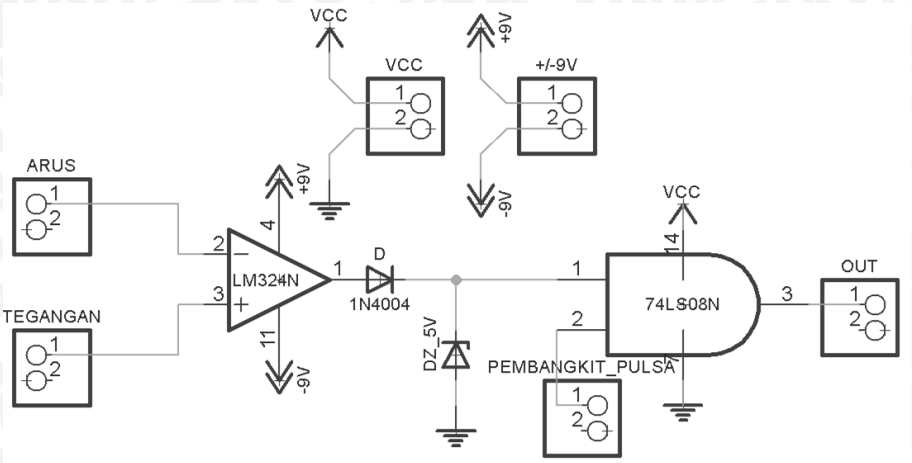
Gambar 4.10 Rangkaian Pembangkit Pulsa 18 kHz

Diagram waktu sinyal dari rangkaian detektor beda fasa ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram Waktu Sinyal Rangkaian Detektor Beda Fasa

Rangkaian detektor beda fasa secara lengkap dari unsur-unsur rangkaian yang telah dirancang ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



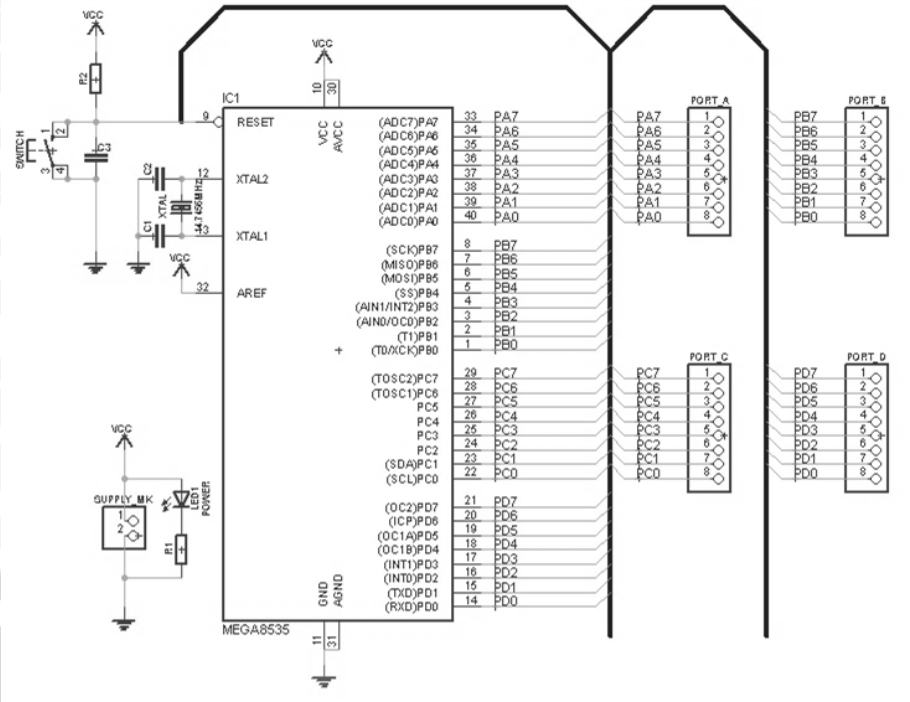
Gambar 4.12 Rangkaian Detektor Beda Fasa

4.2.5. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

Nilai arus dan tegangan yang didapat dari sensor arus dan sensor tegangan yang telah dikuatkan oleh rangkaian penguat dan disearahkan oleh rangkaian penyearah presisi, harus dikonversi menjadi nilai biner. Pengkonversian ini menggunakan ADC *(Analog to Digital Converter)*. Setelah didapat nilai ADC arus, tegangan dan cos phi, maka dapat dihitung daya dan biaya tagihan listrik dalam satuan waktu tertentu.Daya dan biaya tagihan listrik yang didapat akan disimpan di dalam EEPROM. Untuk dapat menjalankan proses tersebut, digunakan mikrokontroler ATmega8535.

Alat yang dirancang menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengolah data. Mikrokontroler ATmega8535 menggunakan kristal osilator eksternal sebesar 14,7456 MHz karena nilai *baudrate error*-nya sangat kecil yang dihubungkan dengan kapasitor sebesar 22 pF sesuai dengan *datasheet*.

Rangkaian mikrokontroler ATmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 4.13



Gambar 4.13 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 terdiri atas empat port I/O yang dapat diprogram dengan masing-masing port memiliki jumlah data 8 bit. Pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah:

Pin A.0 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
Pin A.1 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor tegangan.
Pin B.0 = dihubungkan dengan pin kolom 1 dari keypad.
Pin B.1 = dihubungkan dengan pin kolom 2 dari keypad.
Pin B.2 = dihubungkan dengan pin kolom 3 dari keypad.
Pin B.3 = dihubungkan dengan pin kolom 4 dari keypad.
Pin B.4 = dihubungkan dengan pin baris 1 dari keypad.
Pin B.5 = dihubungkan dengan pin baris 2 dari keypad.
Pin B.6 = dihubungkan dengan pin baris 3 dari keypad.
Pin B.7 = dihubungkan dengan pin baris 4 dari keypad.
Pin C.0 = dihubungkan dengan pin RS dari LCD.
Pin C.1 = dihubungkan dengan pin R/W dari LCD.
Pin C.2 = dihubungkan dengan pin E dari LCD.
Pin C.4 = dihubungkan dengan pin D4 dari LCD.
Pin C.5 = dihubungkan dengan pin D5 dari LCD.
Pin C.6 = dihubungkan dengan pin D6 dari LCD.
Pin C.7 = dihubungkan dengan pin D7 dari LCD.

Pin D.6 = dihubungkan dengan pin keluaran dari beda fasa.

Pin XTAL 1 = dihubungkan dengan kaki osilator kristal 14,7456 MHz.

Pin XTAL 2 = dihubungkan dengan kaki osilator kristal 14,7456 MHz.

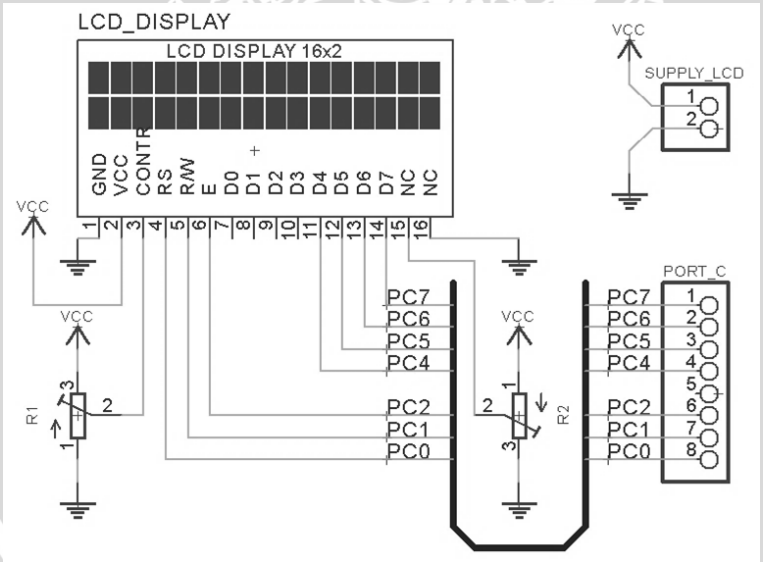
Pin RESET = dihubungkan dengan rangkaian *reset* dan pin *reset* dari *writer*.

Pin VCC, AVCC dan AREF = dihubungkan dengan sumber tegangan 5 V.

Pin GND dan AGND = dihubungkan dengan *ground*.

4.2.6. Perancangan Rangkaian LCD *(Liquid Crystal Display)*

Dalam perancangan ini LCD digunakan sebagai penampil informasi data, waktu dan settingan tertentu. Pin RS dari LCD terhubung ke PORTC.0 mikrokontroler, pin R/W dari LCD terhubung ke PORTC.1 mikrokontroler dan pin *Enable* dari LCD terhubung ke PORTC.2 mikrokontroler. Sedangkan pin data dari LCD (DB4 sampai DB7) dihubungkan dengan PORT.C nomor 4 sampai nomor 7 dari mikrokontroler. LCD ini membutuhkan catu daya antara 5 V sedangkan untuk *backlight*-nya membutuhkan catu daya 4 – 4,2 V. Rangkaian LCD 16x2 ditunjukkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Rangkaian LCD 16x2

4.2.7. Perancangan Rangkaian Keypad

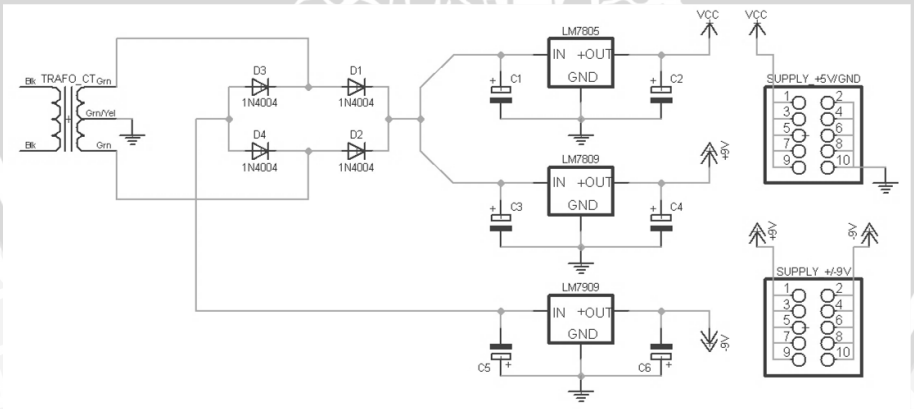
Dalam perancangan ini keypad matriks 4x4digunakan sebagai *input* untuk *setting* waktu, tanggal dan harga/kWh. Keypad memanfaatkan fasilitas 8 buah port I/O pada mikrokontroler. Keypad akan dihubungkan pada PORTB.0 sampai PORTB.7.

4.2.8. Perancangan Rangkaian Catu Daya

Alat monitoring biaya tagihan listrik portable pada peralatan listrik membutuhkan 3 jenis catu daya yang berbeda, yaitu catu daya +5 V untuk sensor arus, mikrokontroler ATmega8535, LCD (Liquid Crystal Display), Keypad, RTC DS1307, IC AND 7408, IC EXOR 7486, IC 555 dan IC Max 232. Catu daya ±9 V untuk IC 741 dan IC LM 324.

Perancangan catu daya didasarkan pada estimasi pemakaian daya, sehingga dapat diketahui besar arus yang dibutuhkan alat terancang. Sumber catu daya yang dipakai berasal dari trafo step-down dengan 4 buah dioda dikonfigurasi sebagai penyearah gelombang penuh. Karena keluaran trafo masih belum DC murni (DC yang ada riaknya) maka diperlukan kapasitor filter untuk mengurangi riak ini. Nilai kapasitor kami tentukan sebesar 2200 µF, dengan pertimbangan bahwa semakin besar nilai kapasitor maka semakin kecil riak yang dihasilkan.

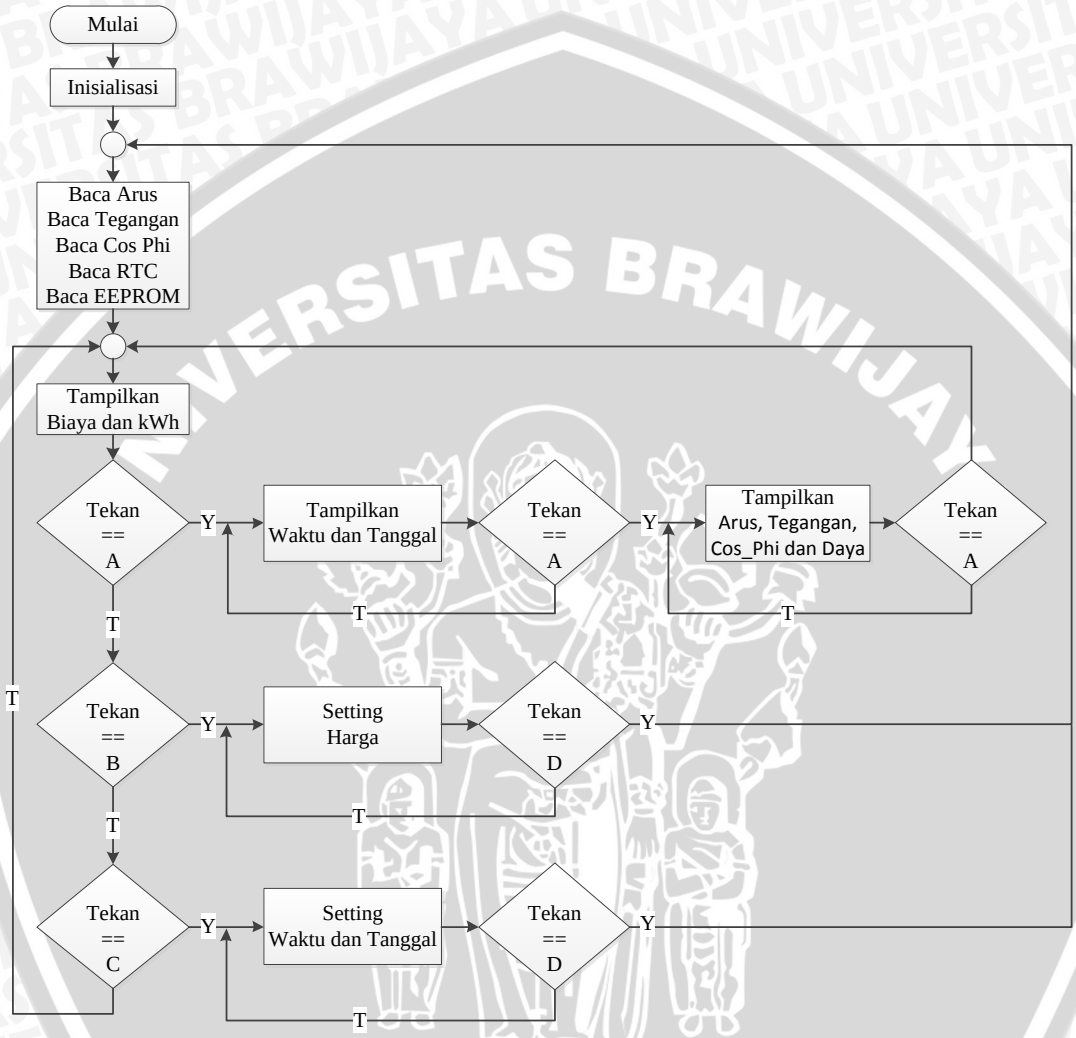
Pada perancangan digunakan catu daya dari rangkaian *Fixed Output Regulator* pada *datasheet* LM78XX dan LM79XX. Pada rangkaian digunakan regulator LM7805 agar diperoleh tegangan keluaran sebesar +5 V, regulator LM7809 agar diperoleh tegangan keluaran +9 V dan regulator LM7909 agar diperoleh tegangan keluaran sebesar -9 V. Untuk meningkatkan respon transien dan mengurangi noise pada IC regulator, maka perlu ditambahkan kapasitor yang bernilai 100 nF sesuai dengan *datasheet*. Rangkaian catu daya +5 V dan ±9 V ditunjukkan dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Rangkaian Catu Daya

4.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibutuhkan untuk mengendalikan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan pembuatan *flowchart* sistem secara keseluruhan dan pembuatan *flowchat* untuk fungsi-fungsi yang dibutuhkan. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

Setelah program dijalankan maka terlebih dahulu akan masuk pada program inisialisasi perangkat yang digunakan, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Kemudiaan program akan masuk pada baca arus, tegangan, cos phi, RTC, EEPROM. LCD akan menampilkan menu yang pertama yaitu tampilkan biaya dan kWh. Jika tombol A ditekan maka akan masuk ke *subprogram* tampilkan waktu dan tanggal. Setelah pemanggilan *subprogram* tampilkan waktu dan tanggal, jika tombol A ditekan maka akan masuk ke *subprogram* tampilkan arus, tegangan, cos phi dan daya. Setelah pemanggilan *subprogram* tampilkan arus, tegangan, cos phi dan daya, jika tombol A

ditekan maka akan kembali ke menu yang pertama yaitu tampilkan biaya dan kWh. Jika tombol B ditekan maka akan masuk ke *subprogram* setting harga. Setelah pemanggilan *subprogram* setting harga, jika tombol D ditekan maka akan menyimpan harga pada EEPROM, kemudian kembali ke baca EEPROM. Jika tombol C ditekan maka akan masuk ke *subprogram* setting waktu dan tanggal. Setelah pemanggilan *subprogram* setting waktu dan tanggal, jika tombol D ditekan maka akan menyimpan waktu dan tanggal pada EEPROM, kemudian kembali ke baca EEPROM.

BAB V
PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk menganalisis alat yang telah dirancang dan direalisasikan apakah telah bekerja sesuai perancangan. Pengujian dilakukan tiap-tiap blok dengan tujuan untuk mengamati apakah tiap blok rangkaian sudah sesuai dengan perancangan, baru kemudian dilanjutkan dengan pengujian secara keseluruhan sistem. Adapun pengujian yang perlu dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian rangkaian sensor arus dan pengkondisi sinyal.
2. Pengujian rangkaian sensor tegangan dan pengkondisi sinyal.
3. Pengujian rangkaian penyearah presisi.
4. Pengujian rangkaian detektor beda fasa.
5. Pengujian mikrokontroler Atmega8535, LCD dan keypad.
6. Pengujian keseluruhan sistem.

5.1. Pengujian Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal

5.1.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui dan memastikan bahwa rangkaian sensor arus dan pengkondisi sinyal bisa bekerja dengan baik mengeluarkan sinyal sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

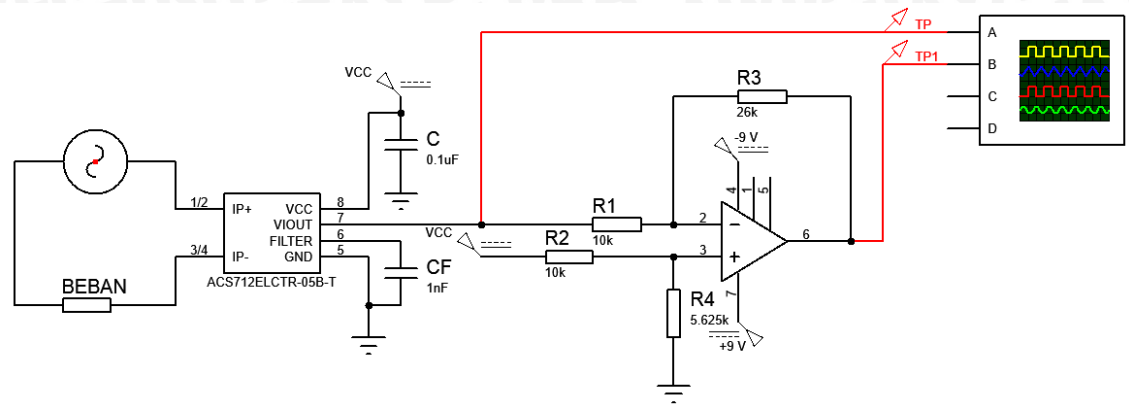
5.1.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Sensor arus ACS712T ELC-05B.
2. Rangkaian sensor arus dan pengkondisi sinyal.
3. Catu daya 220V AC.
4. Catu daya +5 V dan +/-9 V.
5. Beban.
6. Osiloskop.

5.1.3. Skema Rangkaian Pengujian

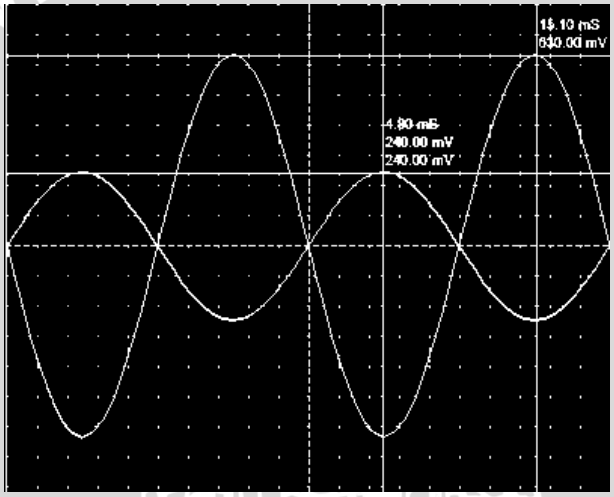
Skema pengujian rangkaian sensor arus dan pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Skema Pengujian Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal

5.1.4. Hasil Pengujian

Sinyal keluaran dari sensor arus (TP) dan sinyal keluaran dari pengkondisi sinyal (TP1) saat beban 200W ditunjukkan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Keluaran Rangkaian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal

Sedangkan untuk beban yang lain ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1Pengujian Sensor Arus dan Pengkondisi Sinyal

No.	Beban (W)	Keluaran (TP) (mVpeak)		Penguatan	Keluaran (TP1) (mVpeak)		% Kesalahan	
		Teori	Praktik		Teori	Praktik	TP	TP1
1	200	238	240	2,6	619	630	0,8	1,7
2	400	475	480		1235	1260	1	2
3	600	714	720		1856	1900	0,8	2,3

Perhitungan persentase kesalahan serta kesalahan rata-rata menggunakan persamaan berikut:

$$\%\ Kesalahan\ (error) = \left|\frac{Perhitungan - Pengukuran}{Perhitungan}\right| \times 100\%$$

$$\%\ Kesalahan\ (error)\ rata - rata = \frac{Jumlah\ kesalahan\ (\%)}{Banyaknya\ pengujian\ yang\ dilakukan}$$

5.1.5. Analisis

Analisis dilakukan dengan menghitung persentase kesalahan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas. Berdasarkan Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa presentasi kesalahan terbesar adalah 1% untuk keluaran sensor arus, dan 2,3% untuk rangkaian pengkondisi sinyal. Sedangkan kesalahan rata-rata pada pengujian ini adalah 0,8% untuk keluaran sensor arus, dan 2% untuk rangkaian pengkondisi sinyal. Dengan kesalahan rata-rata kurang dari 5% maka rangkaian sensor arus dan pengkondisi sinyal bisa bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

Analisis untuk beban 200 Watt (cos phi = 1), besar sinyal keluaran dari sensor arus adalah 240 mV_{peak} (dalam Gambar 5.2 ditunjukkan oleh sinyal yang kecil), ini sesuai dengan perhitungan:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{200\ W}{220\ V} = 0{,}91\ A$$

$$I_{peak} = I\sqrt{2} = 0{,}91\sqrt{2} = 1{,}29\ A$$

Sensitivitas sensor arus 185 mV/A, maka tegangan keluaran sensor arus untuk masukan 1,29 A adalah 238 mV.

Besar sinyal keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal sensor arus (dalam Gambar 5.2 ditunjukkan oleh sinyal yang besar) adalah 630 mV dan berbeda fasa 180°. Ini sesuai dengan perhitungan:

$$A = -\frac{R2}{R1} = -\frac{26\ k}{10\ k} = 2{,}6\ (inverting)$$

Dari sini dapat dipastikan bahwa rangkaian sensor arus dan pengkondisi sinyal bisa bekerja dengan baik dan juga mempunyai penguatan sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

5.2. Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal

5.2.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui dan memastikan bahwa rangkaian sensor tegangan dan pengkondisi sinyal bisa bekerja dengan baik mengeluarkan sinyal sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

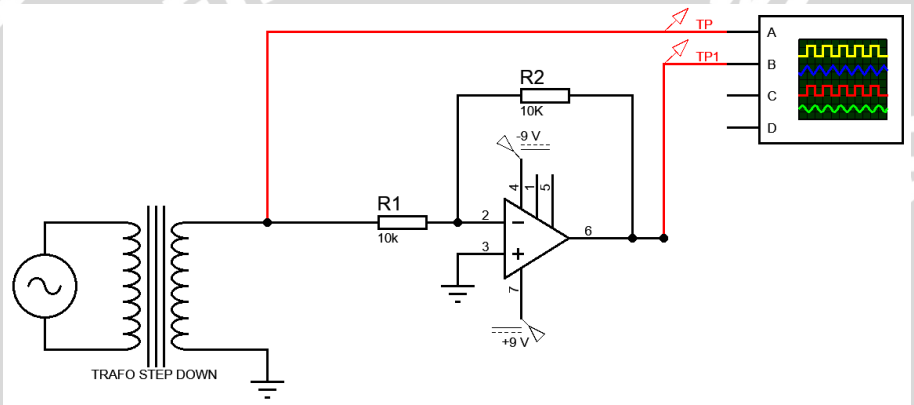
5.2.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Sensor tegangan (*trafo step down*).
2. Rangkaian sensor tegangan dan pengkondisi sinyal.
3. Catu daya 220 V AC.
4. Catu daya +/-9 V.
5. Osiloskop.

5.2.3. Skema Rangkaian Pengujian

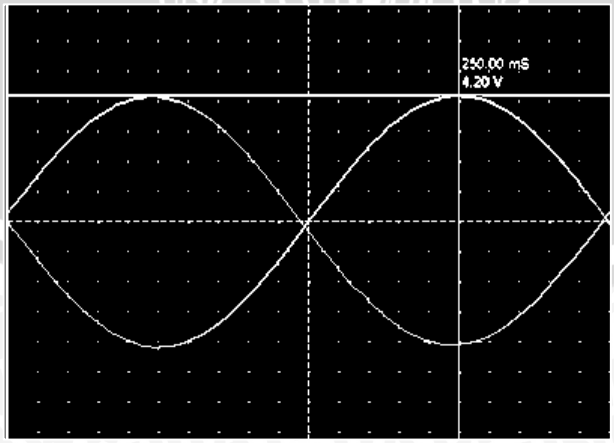
Skema pengujian rangkaian sensor tegangan dan pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Skema Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal

5.2.4. Hasil Pengujian

Sinyal keluaran dari sensor tegangan (TP) dan sinyal keluaran dari pengkondisi sinyal (TP1) ditunjukkan dalam Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Keluaran Rangkaian Sensor Tegangan dan Pengkondisi Sinyal

5.2.5. Analisis

Besar sinyal keluaran dari sensor tegangan (trafo) adalah 4,2 V_{peak} dengan masukan 220 V (311 V_{peak}). Hal ini sesuai dengan perhitungan:

$$\frac{220\ V}{3\ V} = \frac{311\ V_{peak}}{Vo}$$

$$Vo = \frac{311\ V_{peak} \times 3\ V}{220\ V}$$

$$Vo = 4{,}24\ V_{peak}$$

Besar sinyal keluaran dari rangkaian sensor tegangan dan pengkondisi sinyal adalah 4,2V_{peak} dan berbeda fasa 180°. Ini sesuai dengan perhitungan:

$$A = -\frac{10\ k\Omega}{10\ k\Omega} \qquad Vo = A \times Vi$$

$$Vo = -\frac{10\ k\Omega}{10\ k\Omega} \times 4{,}24\ V_{peak}$$

$$Vo = 4{,}24\ V_{peak}(inverting)$$

Dari sini dapat dipastikan bahwa sensor tegangan dan pengkondisi sinyal dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

5.3. Pengujian Rangkaian Penyearah Presisi

5.3.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui dan memastikan bahwa rangkaian penyearah presisi bisa bekerja dengan baik mengeluarkan sinyal sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

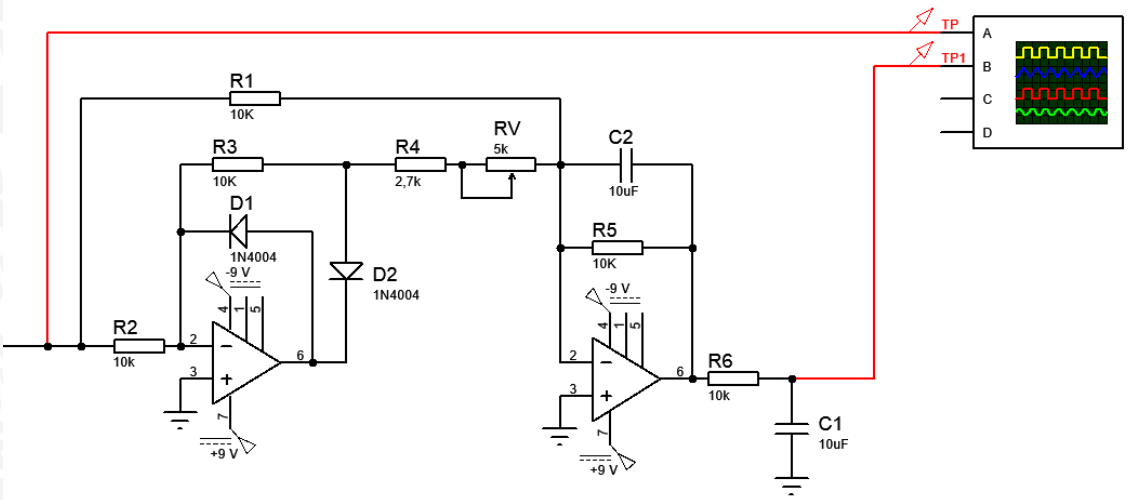
5.3.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian penyearah presisi.
2. Function Generators.
3. Catu daya +/-9 V.
4. Osiloskop.

5.3.3. Skema Rangaian Pengujian

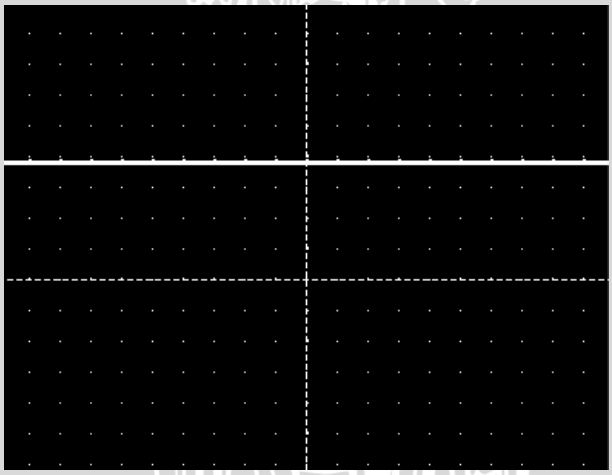
Skema pengujian rangkaian penyearah presisi ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Skema Pengujian Rangkaian Penyearah Presisi

5.3.4. Hasil Pengujian

Sinyal keluaran dari rangkaian penyearah presisi (TP1) ditunjukkan dalam Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Sinyal Keluaran Penyearah Presisi

5.3.5. Analisis

Rangkaian penyearah presisi menyearahkan sinyal bolak-balik keluaran dari penguat sensor arus dan tegangan, hasil keluaran penyearah presisi merupakan gelombang penuh. Gambar 5.6 adalah gelombang DC murni keluaran dari penyearah presisi dan sudah sangat baik bila langsung masuk ke ADC.

5.4. Pengujian Rangkaian Detektor Beda Fasa

5.4.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui dan memastikan bahwa rangkaian detektor beda fasa bisa bekerja dengan baik mengeluarkan sinyal sesuai dengan yang diharapkan.

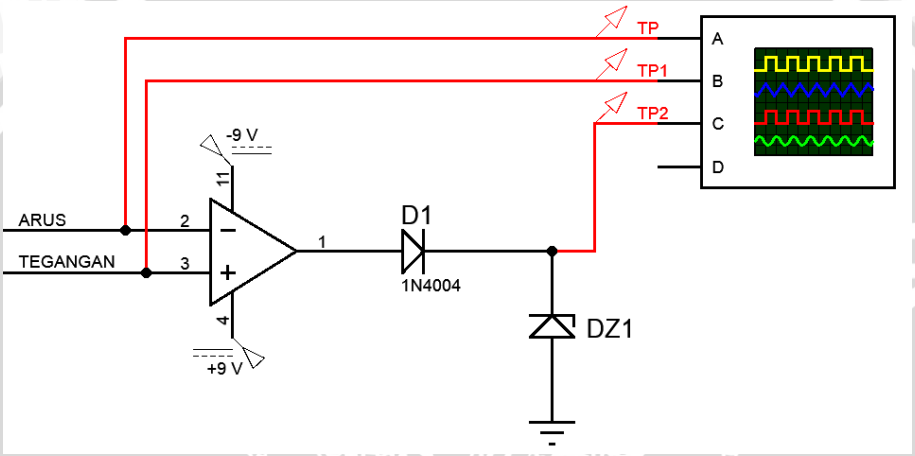
5.4.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian detektor beda fasa.
2. Function Generators.
3. Catu daya +5 V dan +/-9 V.
4. Osiloskop.

5.4.3. Skema Rangkaian Pengujian

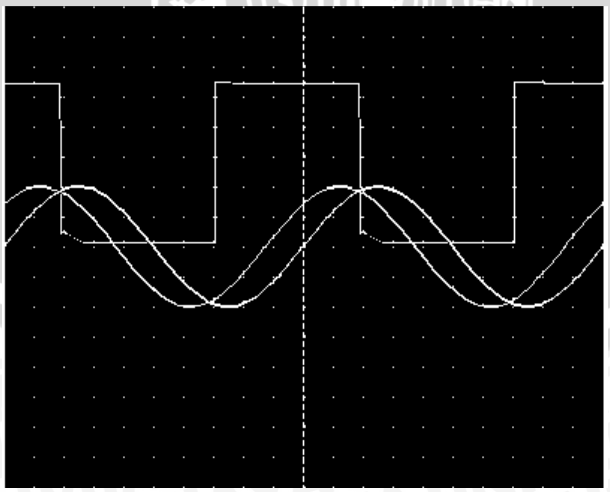
Skema rangkaian detektor beda fasa ditunjukkan dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Skema Pengujian Rangkaian Detektor Beda Fasa

5.4.4. Hasil Pengujian

Sinyal masukan (TP), (TP1) dan sinyal keluaran (TP2) rangkaian detektor beda fasa ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Sinyal Masukan dan Keluaran Detektor Beda Fasa

5.4.5. Analisis

Sinyal masukan merupakan gelombang sinus (baik dari sensor arus maupun sensor tegangan) yang kemudian diubah menjadi gelombang kotak. Opamp difungsikan untuk mengubah gelombang sinus menjadi gelombang kotak, sebuah sinyal yang sedikit saja melebihi *ground*, maka dikuatkan sampai mendekati Vee, dan sinyal yang sedikit saja di bawah *ground* akan dikuatkan mendekati Vcc.

Keluaran dari pengubah gelombang sinus menjadi gelombang kotak mempunyai tegangan -8 V sampai 7 V. Untuk dapat masuk ke rangkaian logika TTL, maka sinyal ini akan disearahkan oleh dioda dan diturunkan tegangannya oleh dioda zener menjadi tegangan 5 V.

Dari sini dapat dipastikan bahwa rangkaian penurun tegangan bisa bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

5.5. Pengujian Mikrokontroler ATmega8535, LCD dan Keypad

5.5.1. Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui dan memastikan bahwa mikrokontoler, LCD dan keypad dapat bekerja dengan baik sesuia dengan yang diharapkan dalam perancangan.

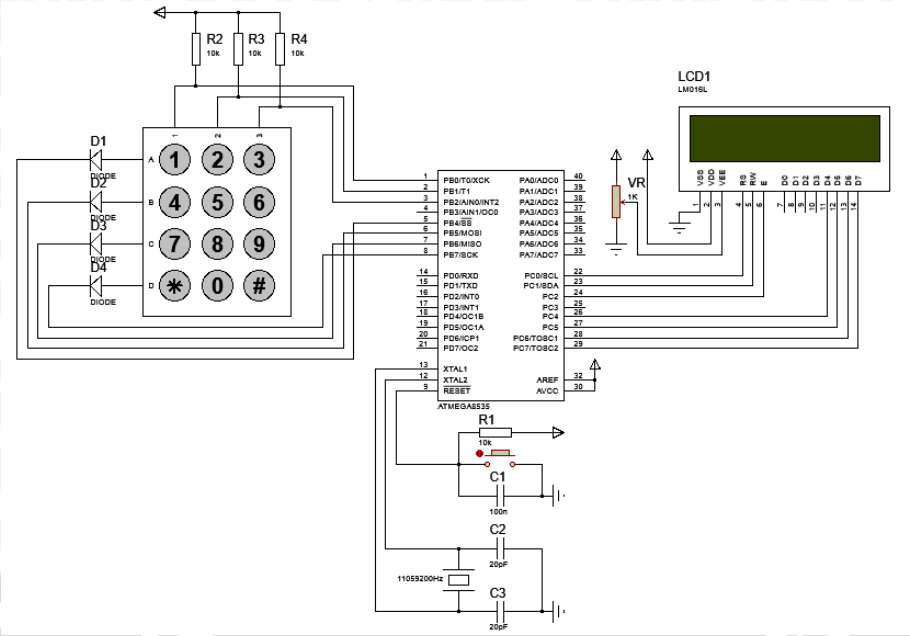
5.5.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian mikrokontroler ATmega8535.
2. Rangkaian LCD karakter 16x2.
3. Rangkaian keypad matriks 4x4.
4. Catu daya 5V.

5.5.3. Skema Rangkaian Pengujian

Skema pengujian rangkaian mikrokontroler ATmega8535, LCD dan keypad ditunjukkan dalam Gambar 5.9



Gambar 5.9 Skema Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535, LCD dan Keypad

5.5.4 Hasil Pengujian

Pengujian pada rangkaian ini hanya sebatas pengeluaran data dari mikrokontroler untuk ditulis ke LCD dan proses *scanning* keypad untuk ditulis ke LCD.

5.5.5. Analisis

Dalam pengujian ini LCD dapat menampilkan tulisan "MONITORING BIAYA" pada baris pertama, dan "TAGIHAN LISTRIK" pada baris kedua. Proses *scanning* pada keypad oleh mikroprosesor dan ditampilkan pada LCD pada saat salah satu tombol keypad ditekan juga dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Sehingga dapat disimpulkan rangkaian mikrokontroler,LCD dan keypad dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

5.6. Pengujian Keseluruhan Sistem

5.6.1. Tujuan Pengujian

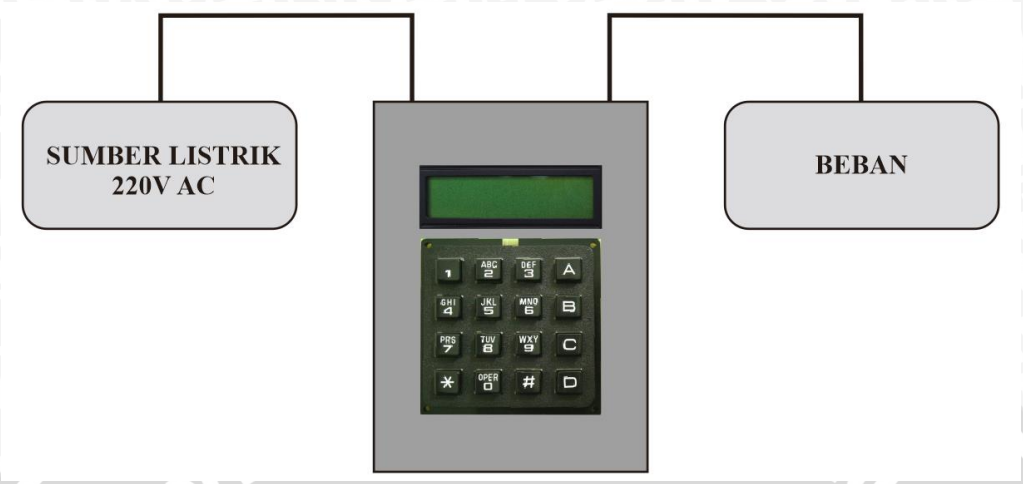
Untuk mengetahui dan memastikan bahwa alat monitoring biaya tagihan listrik portable pada peralatan listrik ini bisa bekerja dengan baik, dan hasil monitoring sesuai dengan alat yang telah dikalibrasi.

5.6.2. Peralatan Pengujian

1. Alat monitoring biaya tagihan listrik.
2. Komputer dengan program mikroprosesor.

5.6.3. Skema Rangkaian Pengujian

Skema pengujian rangkaian keseluruhan sistem ditunjukkan dalam Gambar 5.10



Gambar 5.10 Skema Pengujian Keseluruhan Sistem

5.6.4. Hasil Pengujian

Alat *monitoring* biaya tagihan listrik *portable* pada peralatan listrik dapat bekerja dengan baik dengan menampilkan arus, tegangan, beda fasa, daya dan biaya tagihan listrik.

5.6.5. Analisis

Daya beban adalah daya yang tertera pada beban. Daya ini digunakan sebagai acuan kalibrasi alat. Kalibrasi dilakukan dengan melakukan perubahan pada program mikrokontroler sehingga didapat hasil yang sesuai antara daya yang tertera dengan daya yang ditampilkan oleh alat.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan dan pengujian "Alat *Monitoring* Biaya Tagihan Listrik *Portable* pada Peralatan Listrik", dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat monitoring biaya tagihan listrik ini dapat menampilkan informasi biaya tagihan listrik secara *real time*. Biaya tagihan listrik diperoleh dari hasil perkalian arus, tegangan, cos phi, waktu dan harga listrik per kWh.
2. Arus maksimal yang dapat diukur alat monitoring biaya tagihan listrik ini sebesar 5 A.
3. Alat monitoring biaya tagihan listrik ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam perancangan dan pembuatan alat monitoring biaya tagihan listrik ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut agar komponen dan rangkaian pada alat lebih efisien.
2. Penggunaan sensor arus yang bisa melewatkan arus lebih besar dari 5 A, sehingga dapat digunakan untuk monitoring peralatan listrik dengan daya yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

Allegro. 2012. *ACS712 Datasheet*. Worcester: Allegro MicroSystems, LLC. http:/www.allegromicro.com/~/media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx. Diakses tanggal 26 Juni 2014.

Andrianto, Heri. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler ATMega16 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR)*. Bandung: Informatika.

Atmel. 2006. *ATMega8535 Datasheet*. San Jose: Atmel Corporation. http://www. atmel.com/downloads/atmega8535.pdf. Diakses tanggal 26 Juni 2014.

Bejo, Agus. 2008. *C & AVR*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Coughlin Robert F, (Herman WS). 1992. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. Jakarta: Erlangga.

Gadre, Dhananjay V. 2001. *Programming and Customizing The Avr Microcontroller*. New York: Mcgraw-Hill.

Heryanto, M.Ary dan Adi P. Wisnu. 2008. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Andi Offset.

Malvino, Albert Paul. 1996. *Prinsip-Prinsip Elektronika Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Maxim. 2010. *DS1307 Datasheet*: California: Maxim Integrated Products, Inc. http://www.pdfserv.maxim.ic.com /en/ds/DS1307.pdf. Diakses tanggal 26 Juni 2014.

Maxim. 2010. *MAX232 Datasheet*: California: Maxim Integrated Products, Inc. http://www.pdfserv.maxim.ic.com /en/ds/MAX232.pdf. Diakses tanggal 26 Juni 2014.

Stallngs, William. 2004. *Data and Computer Communications*. New Jersey: Prentice Hall.

Wardhana L. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri Atmega8535, Simulasi, Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi.

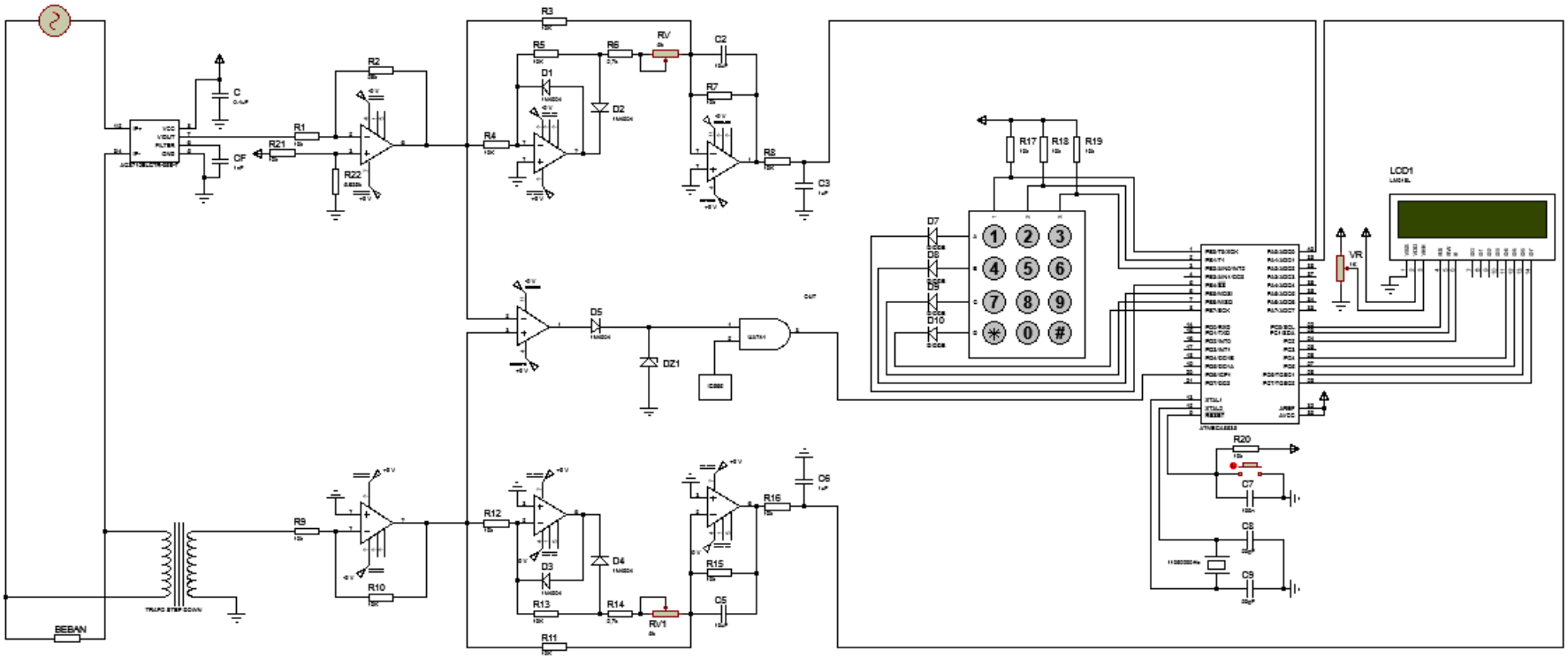
LAMPIRAN I

FOTO ALAT

Lampiran 1 Alat *Monitoring* Biaya Tagihan Listrik *Portable* Pada Peralatan Listrik

LAMPIRAN II

GAMBAR RANGKAIAN


R3
R5
R6
RV
C2
D1
D2
R7
R2
C
R1
R21
R22
CF
R4
R8
C3
R17
R18
R19
LCD1
VR
D7
D8
D9
D10
1
2
3
4
5
6
7
8
9
*
0
#
D5
DZ1
R20
C7
C8
C9
R9
R10
R12
D3
D4
R13
R14
RV1
R16
R15
C6
C5
R11
BEBAN

LAMPIRAN III

LISTING PROGRAM MIKROKONTROLER ATMega8535

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

```
$regfile = "m8535.dat"
$crystal = 11059200
'$baud = 115200
 $baud = 19200

'########################Inisialisasi LCD#######################################
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pinc.2 , Db5 = Pinc.3 , Db6 = Pinc.4 , Db7 = Pinc.5 , E = Pinc.1 , Rs = Pinc.0

'Config Lcdpin = Pin , Db4 = Pind.2 , Db5 = Pind.3 , Db6 = Pind.4 , Db7 = Pind.5 , E = Pind.1 , Rs = Pind.0
Config Lcdbus = 4
Config Lcd = 16 * 2
Cursor Off
Cls

'########################Inisialisasi KBD#######################################
Config Kbd = Portb

'########################Inisialisasi RTC#######################################
Config Sda = Portd.5
Config Scl = Portd.4
Const Addressw = 208
Const Addressr = 209
'########################Inisialisasi Variable##################################
Dim Keyp As Byte
'Dim Sensor(1) As Word
Dim Detik As Byte , Menit As Byte , Jam As Byte , Tanggal As Byte , Bulan As Byte , Tahun As Byte
Dim Detik1 As Byte , Arus As Single , Ck1 As Byte , Ck2 As Byte
Dim Tmp(10)as Byte , I As Byte , J As Byte , Ck As Byte , C_ok As Boolean
Dim Mode1 As Byte , Si As String * 3 , Dh As Byte , Dh1 As Word , Dh2 As Word
Dim T_harga As Single , Daya As Single , T_hrg As Word
Dim N_adc As Word , Ars As Integer , Hrg As Word
Dim N_adc_max As Word , N_adc_min As Word , N_adc1 As Word , N_adc2 As Word
Dim N_arus_max As Single , N_arus_min As Single , N_arus As Single
Dim Tot_hrg As Single , Tot_kwh As Single , T_kwh As Long , T_hrg1 As Long

Config Adc = Single , Prescaler = Auto
Declare Sub Baca_adc
Declare Sub Getkeyp
Declare Sub Write_rtc(byval Adres As Byte , Byval Value As Byte)
Declare Sub Read_rtc(byval Adres As Byte , Value As Byte)
Declare Sub Rtc
Declare Sub Setting_jam
Declare Sub Setting_hrg
Declare Sub Baca_hrg
Declare Sub Tulis_hrg
Declare Sub Hitung

Detik1 = 0
Mode1 = 1
Call Write_rtc(7 , &B00010000)
'Dh = 100
'Writeeeprom Dh , 21
'Call Baca_hrg
'Cls
'Lcd Hrg
'Do
'Loop
N_adc_max = 635
N_adc_min = 621
N_arus_max = 0.70                          '1
N_arus_min = 0.02                          '0 . 02

Tot_kwh = 0
Tot_hrg = 0
Hrg = 1000

Do
  Call Getkeyp
  Call Rtc
  If Detik1 <> Detik Then
    Detik1 = Detik
    Call Baca_adc
    Call Hitung
    If Mode1 = 0 Then
      Si = Str(arus) : Si = Format(si , "0000")
      Locate 1 , 1 : Lcd Hex(tanggal) ; "/" ; Hex(bulan) ; "/" ; Hex(tahun) ; " "
```

```
        Locate 2 , 1 : Lcd Hex(jam) ; ":" ; Hex(menit) ; ":" ; Hex(detik)
        Locate 1 , 10 : Lcd "V=220"
        Locate 2 , 10 : Lcd "I=" ; Si
      Else
'       Call Hitung
        Si = Str(arus) : Si = Format(si , "000")
        Locate 1 , 12 : Lcd "I=" ; Si
        Si = Str(t_kwh) : Si = Format(si , "00000000");
        Locate 2 , 1 : Lcd "kwh:" ; Si
        Si = Str(t_hrg1) : Si = Format(si , "000000")
        Locate 1 , 1 : Lcd "hrg:" ; Si
'       Cls
'       Locate 1 , 1 : Lcd Arus
'       Locate 2 , 1 : Lcd Ars
'       Locate 2 , 12 : Lcd N_adc
       'Locate 1 , 13 : Lcd Sensor(1)
      End If
      Waitms 200
    End If
    If Keyp = 15 Then Call Setting_jam
    If Keyp = 13 Then Call Setting_hrg
    If Keyp = 12 Then
      Cls
      If Mode1 = 0 Then : Mode1 = 1 : Else : Mode1 = 0 : End If
    End If
    Waitms 200
  Loop
'-------------------------------------------------------------------------------
'Subroutine Baca ADC
'-------------------------------------------------------------------------------
Sub Baca_adc
    Start Adc
    N_adc = Getadc(0)
    Stop Adc
      '  = Sensor(1)
Return
End Sub
'-------------------------------------------------------------------------------
'Subroutine Keypad
'-------------------------------------------------------------------------------
Sub Getkeyp
    Keyp = Getkbd()
    Do : Loop Until Getkbd() = 16
    Keyp = Lookup(keyp , Keypad)
Return
End Sub
'-------------------------------------------------------------------------------
'Subroutine I2C akses Tulis ke RTC
'-------------------------------------------------------------------------------
Sub Write_rtc(byval Adres As Byte , Byval Value As Byte)
    I2cstart                                'start condition
    I2cwbyte Addressw                       'slave address
    I2cwbyte Adres                          'asdress of RTC
    I2cwbyte Value                          'value to write
    I2cstop                                 'stop condition
    Waitms 10                               'wait for 10 milliseconds
Return
End Sub
'-------------------------------------------------------------------------------
'Subroutine I2C akses Baca RTC
'-------------------------------------------------------------------------------
Sub Read_rtc(byval Adres As Byte , Value As Byte)
    I2cstart                                'generate start
    I2cwbyte Addressw                       'slave adsress
    I2cwbyte Adres                          'address of RTC
    I2cstart                                'repeated start
    I2cwbyte Addressr                       'slave address (read)
    I2crbyte Value , Nack
    I2cstop
    Waitms 10
Return                                      'generate stop
End Sub
'-------------------------------------------------------------------------------
'Subroutine RTC
'-------------------------------------------------------------------------------
Sub Rtc
```

```
  Call Read_rtc(0 , Detik)
  Call Read_rtc(1 , Menit)
  Call Read_rtc(2 , Jam)
  Call Read_rtc(4 , Tanggal)
  Call Read_rtc(5 , Bulan)
  Call Read_rtc(6 , Tahun)
  Waitms 200
Return
End Sub
'-------------------------------------------------------------------------
'Subroutine Setting Waktu
'-------------------------------------------------------------------------
Sub Setting_jam
  Cls
  Locate 1 , 1 : Lcd " SETTING WAKTU  "
  Tmp(2) = Tanggal And 15 : Tmp(1) = Tanggal : Shift Tmp(1) , Right , 4
  Tmp(4) = Bulan And 15 : Tmp(3) = Bulan : Shift Tmp(3) , Right , 4
  Tmp(6) = Tahun And 15 : Tmp(5) = Tahun : Shift Tmp(5) , Right , 4
  Tmp(8) = Jam And 15 : Tmp(7) = Jam : Shift Tmp(7) , Right , 4
  Tmp(10) = Menit And 15 : Tmp(9) = Menit : Shift Tmp(9) , Right , 4
  Locate 2 , 2 : Lcd Tmp(1) ; Tmp(2) ; "/" ; Tmp(3) ; Tmp(4) ; "/" ; Tmp(5) ; Tmp(6) ; " " ; Tmp(7) ; Tmp(8) ; ":" ; Tmp(9) ;
Tmp(10)
  I = 2 : J = 1 : Cursor Blink
  Do
    Locate 2 , I
    Call Getkeyp
    Select Case Keyp
    Case 0 To 9 :
      Tmp(j) = Keyp : Lcd Tmp(j)
      Incr J : Incr I
    Case 11 :
      Lcd Tmp(j)
      Incr J : Incr I
    Case 15:                                'OK
      Tanggal = Tmp(1) : Shift Tanggal , Left , 4 : Tanggal = Tanggal Or Tmp(2)
      Bulan = Tmp(3) : Shift Bulan , Left , 4 : Bulan = Bulan Or Tmp(4)
      Tahun = Tmp(5) : Shift Tahun , Left , 4 : Tahun = Tahun Or Tmp(6)
      Ck1 = Makedec(bulan)
      Ck2 = Makedec(tanggal)
      Ck = Ck1 Mod 2
      C_ok = 1
      If Ck = 1 Then
        If Ck2 <= 31 And Ck1 <= 7 Then C_ok = 0
        If Ck2 <= 30 And Ck1 > 7 Then C_ok = 0
      Else
        If Ck1 = 2 Then
          Ck = Makedec(tahun)
          Ck = Ck Mod 4
          If Ck = 0 Then
            If Ck2 <= 29 Then C_ok = 0
          Else
            If Ck2 <= 28 Then C_ok = 0
          End If
        Else
          If Ck2 <= 30 And Ck1 <= 7 Then C_ok = 0
          If Ck2 <= 31 And Ck1 > 7 Then C_ok = 0
        End If
      End If
      If C_ok = 0 Then
        Jam = Tmp(7) : Shift Jam , Left , 4 : Jam = Jam Or Tmp(8)
        Ck = Makedec(jam) : If Ck >= 24 Then C_ok = 1
        Menit = Tmp(9) : Shift Menit , Left , 4 : Menit = Menit Or Tmp(10)
        Ck = Makedec(menit) : If Ck >= 60 Then C_ok = 1
        If C_ok = 0 Then
          Detik = 0
          Call Write_rtc(0 , Detik)
          Call Write_rtc(1 , Menit)
          Call Write_rtc(2 , Jam)
          Call Write_rtc(4 , Tanggal)
          Call Write_rtc(5 , Bulan)
          Call Write_rtc(6 , Tahun)
          Call Write_rtc(7 , &B00010000)
'           Cls
'           Lcd "   DATA WAKTU   "
          Locate 2 , 1 : Lcd "   TERSIMPAN    "
          Keyp = 20
```

```
          Else : I = 2 : J = 1
          End If
        Else : I = 2 : J = 1
        End If
      Case 14:                                  'cancel
        Keyp = 20
      End Select
      If I = 4 Then I = 5
      If I = 7 Then I = 8
      If I = 10 Then I = 11
      If I = 13 Then I = 14
      If I = 16 Then : I = 2 : J = 1 : End If
     ' Locate 2 , I
    Loop Until Keyp = 20
    Cursor Noblink : Cursor Off
    Wait 1
    Cls
  Return
  End Sub
  '-------------------------------------------------------------------------
  'Subroutine Setting Harga
  '-------------------------------------------------------------------------
  Sub Setting_hrg
    Cls
    Locate 1 , 1 : Lcd " SETTING HARGA  "
    Call Baca_hrg
      Dh1 = Hrg
      Dh2 = Dh1 Mod 10 : Tmp(4) = Dh2 : Dh1 = Dh1 \ 10
      Dh2 = Dh1 Mod 10 : Tmp(3) = Dh2 : Dh1 = Dh1 \ 10
      Dh2 = Dh1 Mod 10 : Tmp(2) = Dh2 : Dh2 = Dh1 \ 10 : Tmp(1) = Dh2
    Locate 2 , 1 : Lcd "Nilai: " ; Tmp(1) ; Tmp(2) ; Tmp(3) ; Tmp(4)
    I = 8 : J = 1 : Cursor Blink
  '  Locate 2 , I
    Do
      Locate 2 , I
      Call Getkeyp
      Select Case Keyp
      Case 0 To 9 :
        Tmp(j) = Keyp : Lcd Tmp(j)
        Incr J : Incr I
      Case 15:                                  'OK
        Hrg = Tmp(1) * 1000
        Dh1 = Tmp(2) * 100 : Hrg = Hrg + Dh1
        Dh1 = Tmp(3) * 10 : Hrg = Hrg + Dh1
        Hrg = Hrg + Tmp(4)
        If Hrg < 10000 Then
          Call Tulis_hrg
          Keyp = 20
          Locate 2 , 1 : Lcd "   TERSIMPAN    "
        End If
      Case 14:                                  'cancel
        Keyp = 20
      End Select
      If J > 4 Then
        I = 8 : J = 1
      End If
    Loop Until Keyp = 20
    Cursor Noblink : Cursor Off
    Wait 1
    Cls
  Return
  End Sub
  '-------------------------------------------------------------------------
  'Subroutine Baca Harga
  '-------------------------------------------------------------------------
  Sub Baca_hrg
    Readeeprom Dh , 21
    If Dh = 255 Then Dh = 0 : Dh1 = Dh : Shift Dh1 , Left , 8
    Readeeprom Dh , 20
    If Dh = 255 Then Dh = 0 : Hrg = Dh Or Dh1
  Return
  End Sub
  '-------------------------------------------------------------------------
  'Subroutine Tulis Harga
  '-------------------------------------------------------------------------
  Sub Tulis_hrg
```

```
   Dh = Hrg And 255 : Writeeeprom Dh , 20
   Dh1 = Hrg : Shift Dh1 , Right , 8 : Dh = Dh1 And &HFF
   Writeeeprom Dh , 21
Return
End Sub
'-------------------------------------------------------------------------------
'Subroutine Hitung
'-------------------------------------------------------------------------------
Sub Hitung
   'Cls
   N_adc1 = N_adc - N_adc_min
   'Locate 1 , 1 : Lcd N_adc1
   N_adc2 = N_adc_max - N_adc_min
   'Locate 1 , 6 : Lcd N_adc2
   N_arus = N_arus_max - N_arus_min
   'Locate 1 , 11 : Lcd N_arus
   Arus = N_adc1 / N_adc2
   Arus = Arus * N_arus
   Arus = Arus + N_arus_min
   Ars = Arus
'   Locate 2 , 1 : Lcd Arus
   Daya = Arus * 220
   T_harga = Hrg / 3600
   T_harga = T_harga / 1000
   T_harga = T_harga * Daya
   T_hrg = T_harga
   'Locate 1 , 1 : Lcd T_harga
   'Locate 2 , 13 : Lcd Hrg

   Tot_hrg = Tot_hrg + T_harga
   Tot_kwh = Tot_kwh + Daya

   T_kwh = Tot_kwh / 1000
   T_hrg1 = Tot_hrg
Return
End Sub

Keypad:
Data 15 , 11 , 0 , 10 , 14 , 9 , 8 , 7 , 13 , 6 , 5 , 4 , 12 , 3 , 2 , 1 , 16
```

LAMPIRAN IV

DATASHEET

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA