

## PROTOTYPE SISTEM PRABAYAR ENERGI LISTRIK UNTUK KAMAR KOST BERBASIS MIKROKONTROLER

Lukman Subekti<sup>1</sup>, Ahmad Mukhlis Akhyari<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dosen Pembimbing PA dan Staf Pengajar di Teknik Elektro Sekolah Vokasi UGM

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Diploma Teknik Elektro Sekolah Vokasi UGM

[lukmansubekti@yahoo.com](mailto:lukmansubekti@yahoo.com), HP : 08122717948

### Abstrak

*Seiring dengan meningkatnya perkembangan teknologi untuk kehidupan yang lebih baik, maka semakin tinggi pula kebutuhan energi listrik yang diperlukan. Sarana belajar yang membutuhkan listrik bagi mahasiswa yang tinggal di kost makin meningkat pula. Pembelajaran untuk hemat energi bagi penghuni kamar kost perlu diberikan oleh induk semang agar penggunaan listrik hanya seperlunya saja.*

*Penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan perangkat keras dan perangkat lunak sistem prabayar energi listrik untuk kamar kost dengan pengendali mikrokontroler. Prototipe sistem ini memiliki 3 bagian utama yakni bagian input, bagian pemroses dan bagian output. Bagian input terdiri atas rangkaian tombol keypad, sensor arus, serta rangkaian zero crossing detector, bagian pemroses berupa rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16, bagian output terdiri atas rele dan penampil LCD. Perangkat lunak yang dikembangkan disini termasuk menghitung energi listrik dengan asumsi harga Rp. 450,00 /KWH.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin besar energi listrik yang digunakan oleh masing-masing kamar, maka makin cepat habis pula pulsa energi yang dibayarkan oleh penghuni kamar kost tersebut.*

**Kata kunci :** *prototipe, sistem prabayar, energi listrik, mikrokontroler.*

### Pendahuluan

Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan pencatu daya listrik utama bagi masyarakat pada umumnya. Tegangan standar yang diberikan ke konsumen adalah 220V dengan langganan daya yang berbeda-beda, yakni mulai dari 450 VA, 900 VA, 1300 VA dan seterusnya. Bagi mahasiswa yang kost di rumah induk semang dan membutuhkan daya listrik umumnya tidak berlangganan langsung dengan pihak PLN, tetapi daya listrik di kamar-kamar kostnya bergabung dengan alat ukur (KWH-meter) yang ada di tempat induk semangnya. Setiap bulannya rekening yang ditagihkan adalah akumulasi penggunaan energi listrik baik yang digunakan induk semang maupun para penghuni kostnya.

Kebutuhan energi listrik setiap pengguna kost berbeda-beda, bahkan perilaku dan kebiasaan penghuni kost akan menentukan kebutuhan energi listrik setiap harinya. Kebiasaan pemborosan energi listrik akan merugikan banyak pihak dari penghuni kost, induk semang, masyarakat, perusahaan listrik maupun negara. Kebiasaan hemat energi harus menjadi semangat bersama untuk mengantisipasi krisis energi dimasa mendatang.

Dewasa ini teknologi kontrol sudah banyak diciptakan dan dikembangkan. Sistem yang diciptakan sekarang ini sudah bermacam-macam dan dirancang untuk dapat melakukan suatu pekerjaan yang meringankan beban manusia. Tujuan utama sistem ini dibuat adalah untuk mengurangi resiko ketidak-adilan bagi para penghuni kost dalam pembayaran dan pemakaian listrik. Kebanyakan di daerah kost-kostan dalam pembayaran listrik sistemnya bayar diawal bulan (prabayar) dengan nominal yang sama disetiap kamarnya, namun konsumsi listriknya masing-masing penghuni berbeda sesuai dengan pemakaiannya.

Seperti halnya sistem PLN prabayar, para penghuni kost akan membayar atau membeli beban listrik sesuai keinginannya. Setelah itu nominal pembelian akan diinputkan pada alat ini dan dibandingkan dengan pemakain si pembeli, ketika perbandingan tersebut sama maka rele pada kamar tersebut akan aktif (trip) dan otomatis listriknya akan terputus.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan prototipe sistem pembayaran energi listrik yang mudah, yakni :

- induk semang tidak perlu menagih iuran listrik,
- besarnya iuran listrik sesuai dengan penggunaannya,
- melatih penghuni kost untuk tidak boros dalam hal energi listrik.

Perkalian arus dan tegangan efektif dalam rangkaian arus bolak-balik (AC) dinyatakan dalam voltampere (VA) atau kilovolt-ampere (KVA). Daya yang berguna atau daya nyata diukur dalam watt dan diperoleh jika voltampere dari rangkaian dikalikan dengan faktor daya. Daya nyata dalam rangkaian AC fase tunggal dinyatakan dengan rumus :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

dengan :

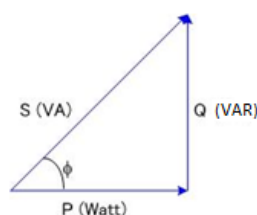
$P$  = daya nyata (watt)

$\cos \phi$  = faktor daya

$V$  = tegangan (volt)

$I$  = arus (ampere)

Hubungan antara daya nyata (W), daya semu (VA) dan daya reaktif (VAR) dapat dinyatakan dengan segitiga daya seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.

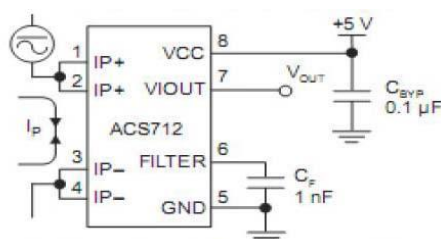


Gambar 1. Hubungan antara Daya : Aktif, Semu, dan Reaktif

## Bahan dan Metode Penelitian.

### a. Sensor Arus

Sensor arus ini menggunakan IC ACS712 yang presisi, *low-offset*, dan rangkaian sensor *linier hall* dengan konduksi tembaga yang ditempatkan dengan permukaan dari aliran arus yang disensor. Ketika arus mengalir pada permukaan konduktor maka akan menghasilkan medan magnet yang dirasakan oleh IC *hall effect* yang terintegrasikan, kemudian oleh piranti tersebut dapat dirubah ke tegangan. Sensor ini memungkinkan untuk tidak menggunakan optoisolator karena antara terminal *input* arus dengan *output*-nya sudah terisolasi secara kelistrikannya. Hal ini karena yang dirasakan atau yang disensor adalah efek *hall* dari arus *input* yang disensor.

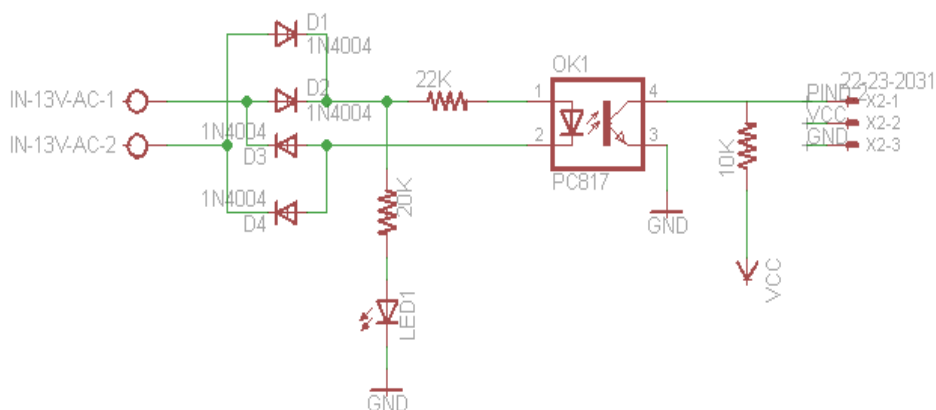


Gambar 2. Skematik IC ACS712

### b. Zero Crossing Detector

*Zero crossing detector* adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif.

Metode ini berfungsi untuk menentukan frekuensi suatu gelombang dengan cara mendeteksi banyaknya zero point pada suatu rentang waktu. Dengan menggunakan rangkaian *zero crossing detector* ini, dapat mendeteksi zero point sekaligus mengubah suatu sinyal sinusoidal (*sine wave*) menjadi sinyal kotak (*square wave*). Perpotongan titik nol yang terdeteksi adalah pada saat peralihan dari siklus positif menuju siklus negatif dan peralihan dari siklus negatif menuju siklus positif (Malvino, Paul, Albert, 1996).

Gambar 3. Rangkaian Skematik *Zero Crossing Detector*

### c. Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler adalah suatu keping IC dimana terdapat mikroprosesor dan memori program (ROM) serta memori serbaguna (RAM), bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, EEPROM dalam satu kemasan. Penggunaan mikrokontroler dalam bidang kontrol sangat luas dan populer

Mikrokontroler ATmega 16 adalah Mikrokontroler memiliki arsitektur RISC 8 bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits *word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*, berbeda. Pemilihan menggunakan ATmega 16 adalah karena mudah didapatkan, harga relatif murah, dan fitur yang lengkap. Adapun blok diagramnya dapat dilihat pada Gambar 4. (Bejo, Agus. 2008).

ATmega 16 memiliki 32 saluran input – output untuk berbagai keperluan (PortA, PortB, PortC, PortD), CPU terdiri 32 buah register, *timer/counter* dengan mode pembandingan (*compare*), interupsi internal dan eksternal, port USART untuk komunikasi serial, 8 saluran ADC 10-bit, *Watchdog Timer* yang dapat diprogram dengan osilator internal, port antarmuka SPI.

Mikrokontroler AVR menggunakan arsitektur Harvard dimana memori dan *bus* untuk program dan data dibuat terpisah. Instruksi pada memori program dieksekusi dengan satu level kanal. Sementara sebuah instruksi sedang dieksekusi, instruksi berikutnya dipegang (*pre-fetch*) dari memori program. Dengan konsep ini membuat instruksi dapat dieksekusi setiap satu siklus *clock*. Memori program terletak pada memori *In-System Reprogrammable Flash* (Winoto, Ardi, 2008)

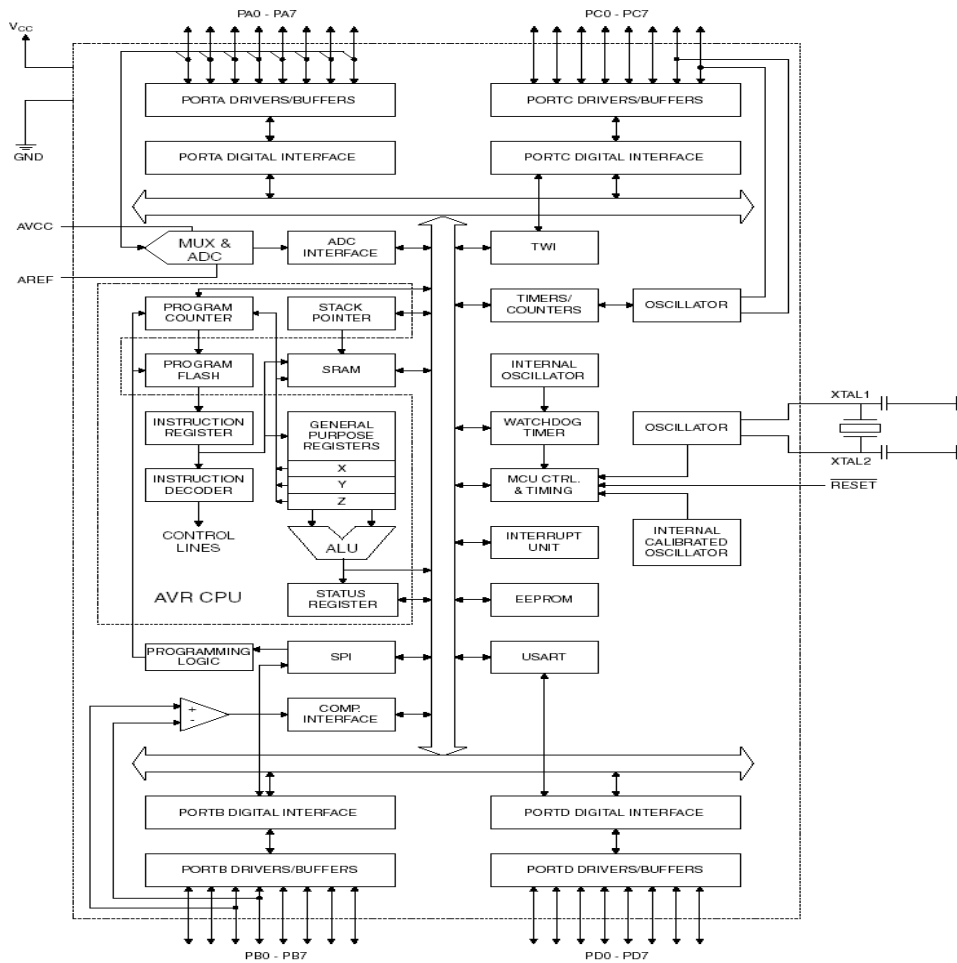
Register terdiri dari 32 x 8-bit GPR yang terhubung langsung dengan *Arithmetic Logic Unit* (ALU). Pada operasi ALU, dua operand diambil dari register, operasi dieksekusi dan hasilnya disimpan kembali ke register hanya dalam satu siklus *clock* (Heryanto, Ary M., 2008).

### d. Arithmetic Logic Unit (ALU)

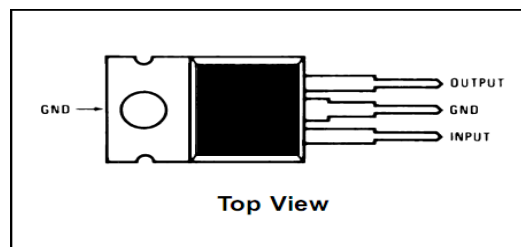
ALU AVR performa tinggi bekerja dengan hubungan langsung bersama 32 GPR (*General Purpose Register*)-nya. Dengan satu siklus *clock*, operasi aritmatika antar register atau register dengan data langsung dapat dieksekusi. Operasi ALU dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu operasi aritmatika, logika dan bit.

### e. 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.



Gambar 4. Diagram Blok Mikrokontroler ATMega16

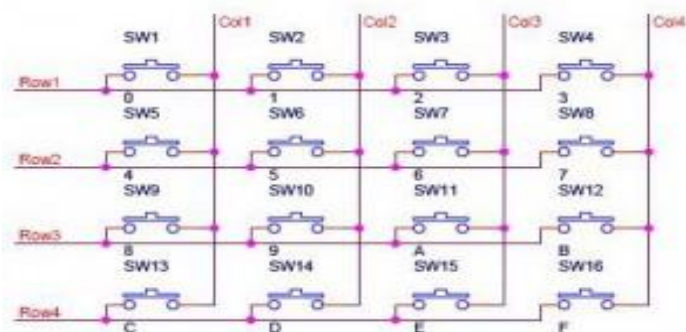


Gambar 5. Bentuk Fisik IC Regulator LM 7805

Gambar 5 menunjukkan bentuk fisik dari sebuah IC regulator LM 7805. Dengan menggunakan regulator seri LM 7805 diharapkan untai penstabil tegangan dapat lebih ringkas. Regulator seri LM 7805 ini menyediakan tegangan keluaran yang stabil sebesar 5 volt DC.

**f. Matrix Keypad 4x4**

Keypad adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. Keypad berfungsi sebagai interface antara perangkat (mesin) elektronika dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (*Human Machine Interface*). Konfigurasi keypad dengan susunan bentuk matrix ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah key (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu system dengan mikrokontroler. Kontruksi matrix keypad 4x4 untuk mikrokontroler dapat dibuat seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Konstruksi Matrix 4x4 Untuk Mikrokontroler

Konstruksi matrix keypad 4x4 diatas cukup sederhana, yaitu terdiri atas 4 baris dan 4 kolom dengan keypad berupa saklar *push button* yang diletakkan disetiap persilangan kolom dan barisnya. Rangkaian matrix keypad tersebut terdiri atas 16 saklar *push button* dengan konfigurasi 4 baris dan 4 kolom. Terdapat 8 line yang terdiri atas 4 baris dan 4 kolom tersebut dihubungkan dengan port mikrokontroler 8 bit. Sisi baris dari matrix keypad ditandai dengan nama Row1, Row2, Row3, dan Row4 kemudian sisi kolom ditandai dengan nama Col1, Col2, Col3, dan Col4. Sisi input atau output dari matrix keypad 4x4 ini tidak mengikat, dapat dikonfigurasi kolom sebagai input dan baris sebagai output atau sebaliknya tergantung programernya.

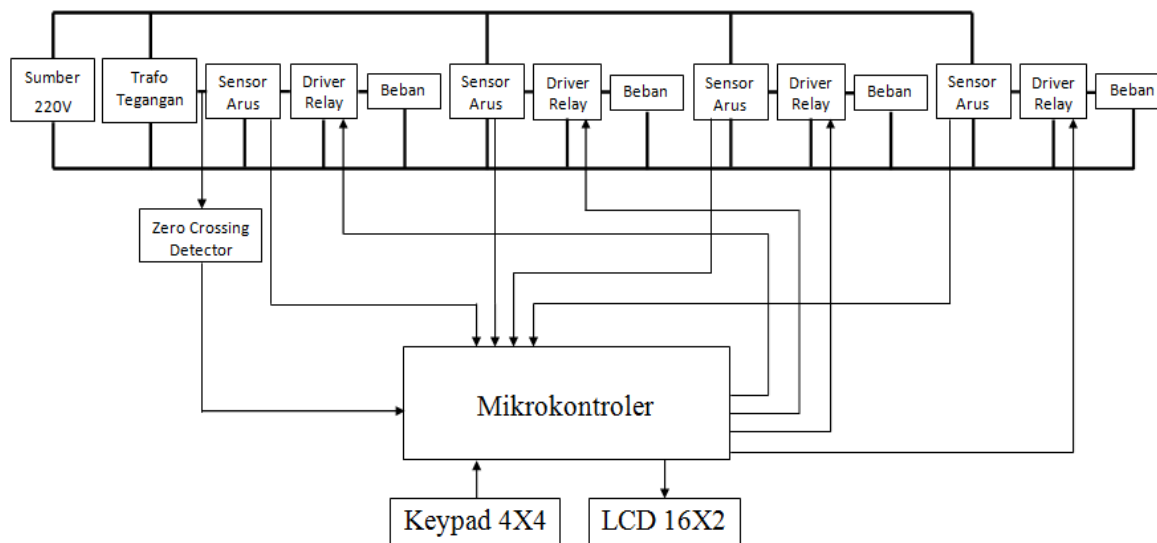
### Perancangan Alat

Perencanaan yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri atas perencanaan perangkat keras dan perencanaan perangkat lunak. Pada perencanaan perangkat keras diperlukan rangkaian sensor yang berfungsi untuk mendeteksi nilai-nilai yang akan diproses lebih lanjut serta suatu sistem minimal sebagai alat pemrosesnya. Sedangkan, perencanaan perangkat lunaknya untuk mendukung dan menunjang pelaksanaan kontrol yang akan dikerjakan oleh perangkat keras.

### Blog Diagram Sistem

Blok diagram dari sistem prabayar secara otomatis pada beban yang berubah-ubah, dengan menggunakan tegangan sumber sebesar 220 Volt untuk kapasitas 4 kamar kost, seperti pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan rangkaian pembagi daya pada kamar kost yang terdapat pada rangkaian beban yang dapat berubah-ubah dengan sumber tegangan 220 volt. Trafo tegangan diletakkan secara paralel yang tujuannya untuk mendapatkan gelombang tegangan yang berbentuk sinusoidal serta menurunkan tegangan dari 220 volt menjadi 13 volt untuk mencatu tegangan pada *zero crossing detector*. Sensor arus dipasang secara seri dengan tujuan untuk mendapatkan gelombang arus yang berbentuk sinusoidal. Selanjutnya, setelah mendapatkan masing-masing gelombang tegangan dan gelombang arus maka ini sebagai masukan dari *zero crossing detector* dengan tujuan untuk mendapatkan informasi saat nilai tegangan dan nilai arus tepat melewati titik simpang nol dan merubah gelombang sinusoidal menjadi gelombang kotak. Lalu, keluaran *zero crossing detector* ini masuk ke mikrokontroler (PORTD.2), dengan tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai beda fase pada rangkaian beban yang berubah-ubah dengan sumber 220 volt tersebut. Sehingga, keluaran dari *zero crossing detector* ini hanya memberikan data *high* dan *low* saja jika adanya beda fase maupun tidak ada beda fase. Selanjutnya proses akan dilakukan oleh mikrokontroler, pembacaan daya yang didapatkan dari sensor arus dan tegangan akan dibandingkan dengan input daya dari keypad. Jika perbandingan tersebut tersisa 2 kWh, maka indicator led akan menyala, sebagai informasi bahwa pulsa listrik akan habis dan setelah mencapai perbandingan maka rele akan aktif (trip). Keseluruhan proses tersebut akan ditampilkan pada LCD.

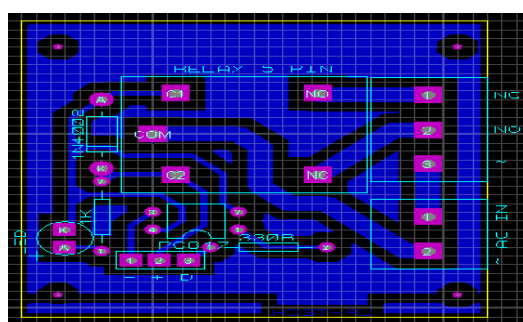


Gambar 7. Block Diagram Perancangan Sistem untuk 4 Kamar Kost

Pada prototipe ini, perhitungan KWH menggunakan asumsi tegangan sebesar 220 V dan  $\cos \theta$  sebesar 0,85, secara konstan.

**Driver Relay**

Gambar 8 merupakan skematik PCB *driver relay* di masing-masing kamar yang digunakan sebagai pemutus tegangan ketika perbandingan KWH antara masukan dan pemakaian sudah sama nilainya.



Gambar 8. PCB Driver Relay

Tegangan catu *driver relay* ini sendiri adalah 12 Volt DC, dan setiap rele akan masuk ke mikrokontroler agar dapat dikendalikan dalam kondisi tertentu, yakni dalam kondisi seperti yang diharapkan diatas. Begitu juga dengan tegangan 220 Volt sebagai masukan tegangan AC pada rangkaian skematik tersebut yang nantinya akan digunakan untuk memutus aliran arus yang melewatinya.

**Perancangan Perangkat Lunak**

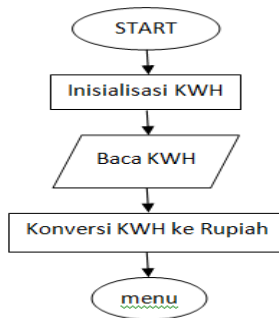
Tanpa perangkat lunak pengendali ini maka peralatan yang telah dirancang belum dapat digunakan. Maka dari itu, setelah perancangan perangkat keras di atas semua berhasil dilakukan, maka langkah berikutnya adalah merancang perangkat lunak sebagai langkah penerapan rancangan yang telah dibuat guna mencapai tujuan pengendalian.

**Flowchart Program**

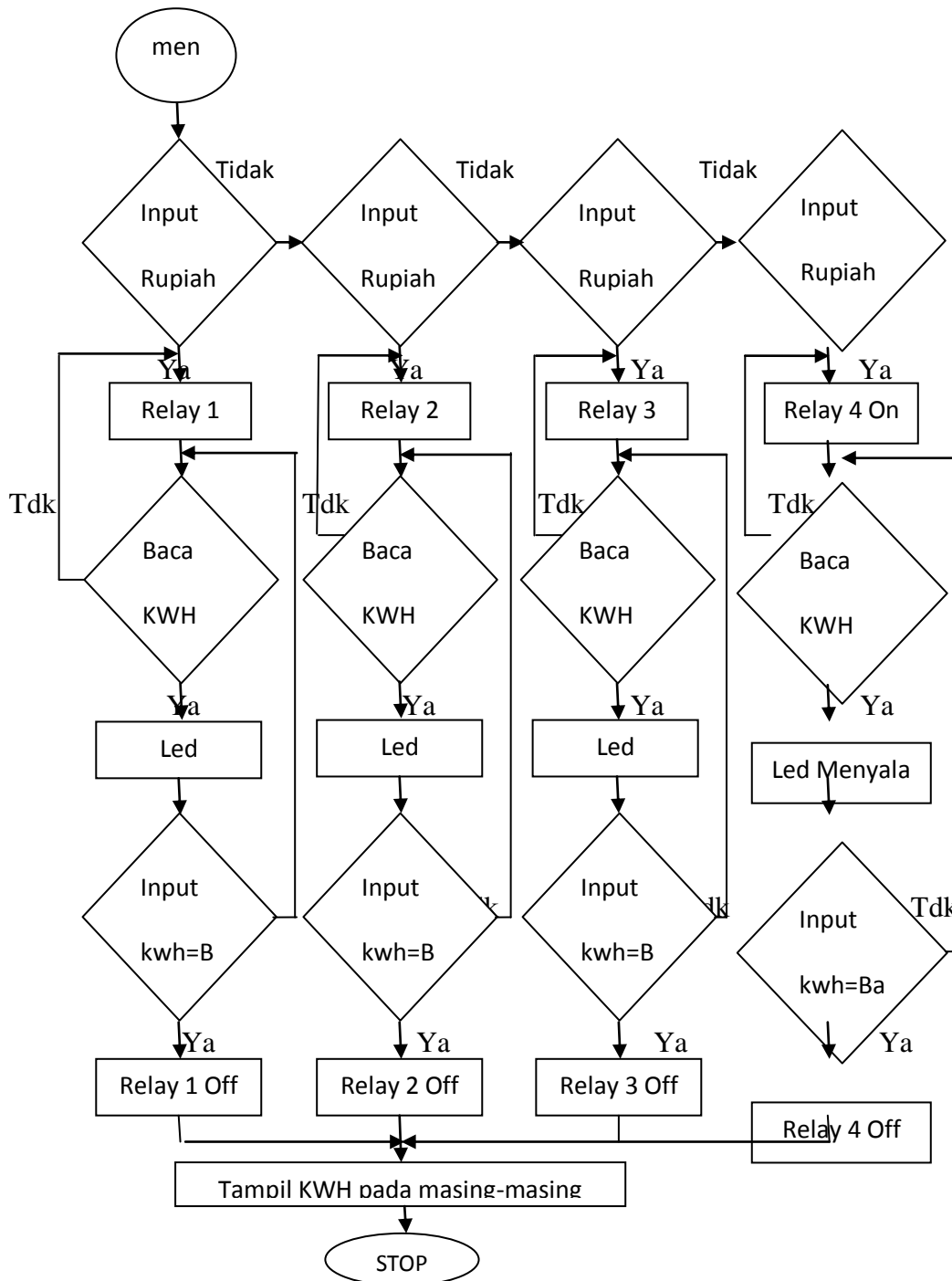
Secara algoritma program dapat dijelaskan sebagai berikut, ketika program mulai, mula-mula sistem akan membaca output sinyal dari *zero crossing detector* dengan menggunakan fitur interupsi eksternal yang dimiliki oleh mikrokontroler, kemudian data interupsi eksternal dari *zero crossing detector* yang telah dibaca oleh mikrokontroler akan dikonversi dalam bentuk sudut dengan proses perhitungan oleh rumus yang telah diprogramkan ke mikrokontroler. Selanjutnya, program meminta untuk memasukkan jumlah energi yang diinginkan menggunakan keypad, dalam hal ini berbentuk rupiah, kemudian program akan mengkonversi menjadi KWH. Dan secara otomatis data yang diinputkan tersebut akan disimpan oleh

mikrokontroler. Kemudian data yang sudah tersimpan tersebut akan dibandingkan dengan data dari sensor arus IC ACS712, yakni data yang berupa penggunaan daya oleh pengguna. Seiring dengan berjalannya waktu dan penggunaan listrik tersebut, mikrokontroler dengan programnya membandingkan kedua data tersebut dan ditampilkan pada LCD, dan ketika data yang diinputkan tersisa 2 KWH, maka indikator led (merah) akan menyala. Apabila perbandingan kedua data tersebut sampai nilainya sama, maka rele yang akan trip, dan otomatis memutus saluran listrik pada kamar tersebut.

Keseluruhan, mulai dari masukan data berupa rupiah sampai perbandingan dua buah data, oleh mikrokontroler akan ditampilkan pada LCD.



Gambar 9.a. *Flowchart* Program



Gambar 9.b Lanjutan Flowchart Program untuk 4 Kamar Kost

**Pengujian dan Pembahasan**

**a. Pengujian Tampilan LCD 16X2 dan Keypad 4x4**

Pengujian ini didasarkan pada tampilan LCD dan keypad 4x4, dimana keypad 4x4 digunakan untuk menginputkan nilai pulsa yang berupa rupiah dan akan ditampilkan pada LCD 16x2.





Gambar 10. Tampilan LCD dengan Pembelian Pulsa Rp. 50.000 aktif 111,1 kWh

Gambar 10 menunjukkan bahwa pada kamar 1 telah di-inputkan pulsa sebanyak Rp.50.000 dengan daya sebesar 111,1 KWh. Jadi disini yang dimasukan adalah nilai rupiahnya, dengan maksimum pulsa sebesar Rp.999.999. Secara otomatis ketika nilai rupiah di-inputkan maka nilai daya (KWH) akan mengkonversi dengan sendirinya, dengan harga Rp. 450 per KWh. Setelah di *enter* maka pada kamar tersebut, secara otomatis rele akan aktif dan listrik dapat digunakan kembali.

#### b. Pengujian Driver Relay

Pada pengujian ini dilakukan pengetesan terhadap rangkaian *driver relay*. *Driver* relay dikontrol dari PORTD.4 sampai dengan PORTD.7 pada mikrokontroler, sehingga ketika PORT mikro diberi logika 1 (*high*), maka relay akan aktif dan saluran listrik dapat digunakan sesuai dengan data yang diinputkan sebaliknya jika diberikan logika 0 (*low*) maka rele tidak akan aktif dan juga akan memutus saluran listrik.

#### c. Pengujian Keseluruhan Alat

Masing-masing komponen pada alat ini sudah diuji, kemudian untuk selanjutnya adalah pengujian seluruh sistem pada alat ini. Pengujian kali ini dilakukan dengan memberikan beban yang bervariasi (yakni magicom, dispenser & kipas, setrika, dan heater) pada masing-masing kamar tetapi input daya (KWH) sama. Nilai pembacaan KWH akan ditampilkan pada beban akan ditampilkan oleh LCD sebagai monitoring kerja system. Kemudian untuk perbandingan dilakukan antara nilai perhitungan waktu sebenarnya dengan nilai perhitungan waktu menggunakan rumus. Gambar 11 menunjukkan pengujian sistem secara keseluruhan alatnya dengan menggunakan beban yang berbeda-beda pada masing-masing kamar.

Dari hasil pengujian dengan menggunakan beban-beban bervariasi yang biasa digunakan pada rumah tangga dan memberikan masukan pulsa (nilai rupiah semua sama Rp. 50.000) untuk setiap kamar sama didapatkan catatan waktu yang berbeda-beda pula. Tabel 1. berikut menunjukkan data perhitungan waktu pada masing-masing kamar.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan dengan Masukan Pulsa Rp. 50.000, dan Beban Bervariasi

No	Kamar	Jenis Beban	Daya Beban (Watt)	Waktu rele trip (jam)	Waktu hitungan (jam)	Kesalahan (%)
1	A	Rice cooker	300	35:10:13	37	5,4
2	B	Heater	400	25:45:40	27	7,4
3	C	Seterika	350	30:06:44	31	3,2
4	D	Dispenser dan kipas	300 45	29:08:33	32	9,3

Catatan : masukan pulsa Rp. 50.000 adalah setara dengan membeli pulsa energi listrik 111,1 KWH.

Dari data pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa masing-masing kamar kost dalam penggunaan listrik berbeda-beda, karena masing-masing individu membawa peralatan elektronik sesuai dengan kebutuhannya. Dalam hal ini per KWh adalah Rp. 450, sementara untuk daya (watt) pada masing-masing beban adalah daya pada angkatan pertama, yakni ketika pertama kali dinyalakan, namun ketika sudah berjalan beberapa menit dayanya akan turun. Jadi, itulah yang menyebabkan waktu penggunaan listrik bisa menjadi lama, apalagi dengan menggunakan beban yang memang memiliki daya rendah.

Dari data yang sudah diperoleh pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa semakin banyak pemakaian listrik maka akan cepat habis pulsanya.



Gambar 11. Alat yang Dikembangkan

Pada Gambar 11 terdapat 4 buah kotak-kontak sebagai simulasi dari 4 buah kamar kost atau instalasi listrik dari 4 kamar kost dapat dihubungkan langsung dengan kotak-kontak tersebut.

### Kesimpulan

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin besar energi listrik yang digunakan oleh masing-masing kamar, maka makin cepat habis pulsa energi yang dibayarkan oleh penghuni kamar kost tersebut.
2. Hasil pengukuran tegangan di titik – titik pengujian pada rangkaian catu daya, penampil LCD, sensor serta *driver relay* menghasilkan tegangan yang tidak melebihi tegangan karakteristik dari regulator yang digunakan.
3. Sensor pendeteksi arus, yakni sensor ACS712 masih belum stabil dalam kerjanya, namun masih tetap bisa mengontrol dan mendeteksi beban yang aktif di masing-masing kamar.

### Daftar Pustaka

- Bejo, Agus, 2008, *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Heryanto, Ary M., 2008, *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA 8535*, ANDI, Yogyakarta.
- Malvino, Paul, Albert, 1996, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Erlangga, Jakarta.
- Winoto, Ardi, 2008, *Mikrokontroler AVR ATmega 8/32/16/8535*. Informatika, Bandung.
- <http://elektro-kontrol.blogspot.com/>. Diakses 7 Februari 2013.
- <http://tutordaninfogoblog.blogspot.jp/2013/03/v-behaviorurldefaultvmlo.html>. Diakses 5 Februari 2013.
- <http://www.alldatasheet.com>. Diakses tanggal 18 Maret 2013.
- <http://www.atmel.com>. Diakses tanggal 25 Maret 2013.
- <http://www.integra-automa.com/site/news/detail/31/Reactive-Power-Solution>. Diakses 20 Juni 2013.
- <http://www.pln.co.id/>. Diakses tanggal 7 April 2013.