

# Sistem Informasi Pemakaian Energi Listrik pada Kamar Kost Berbasis Mikrokontroler M68HC11

Presented by : Saiful Bahri – L2F096621 e-mail : saifulb\_96@hotmail.com

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

**Abstraks :** Pemakaian energi listrik yang berlebih dalam rumah kost seperti komputer, setrika, TV, rice cooker dan heater kadang kala membawa permasalahan antara pemilik rumah kost dan penyewa rumah kost. Permasalahannya yaitu biaya tagihan PLN yang membumbung tinggi setiap bulannya. Agar pemakaian energi listrik dapat dipantau pemakainnya, maka dibutuhkan suatu peralatan yang dapat memonitor banyaknya energi listrik yang terpakai. Peralatan ini dapat digunakan untuk memonitor dua atau lebih kamar, sehingga pemakaian energi listrik dari masing-masing kamar dapat dipantau setiap bulannya. Sehingga pemakai dan pemilik rumah tidak dirugikan oleh salah satu pihak. Prinsip kerja alat ini adalah dengan mendeteksi banyaknya arus dan tegangan yang diserap oleh beban. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah oleh mikrokontroler dan kemudian hasilnya akan ditampilkan dalam sebuah display. Hasil yang akan ditampilkan di LCD berupa banyaknya energi yang terpakai (kWH), lamanya waktu pemakaian dan biaya pemakaian energi listrik. Sistem pemonitor ini menggunakan mikrokontroler M68HC11 buatan Motorola.

## I. PENDAHULUAN

### 2.1 Latar Belakang

Penggunaan energi listrik yang berlebih dalam persewaan kamar kadang kala menimbulkan permasalahan. Permasalahan yang timbul yaitu terkadang penyewa kamar merasa dirugikan karena merasa tidak memakai energi listrik yang berlebih dibebani dengan biaya yang tinggi per bulannya atau pada waktu ditinggal pulang ke rumah. Pemilik rumah/kost merasa dirugikan disebabkan biaya tagihan listriknya membengkak, hal ini dapat disebabkan beberapa pemakai kamar menggunakan peralatan elektronik yang menyerap daya listrik yang besar misal heater, rice cooker, komputer, TV, setrika, lampu dan lain-lainnya.

Untuk mengantisipasi hal itu, maka dibutuhkan suatu alat yang dapat memonitor banyaknya energi listrik yang di pakai selama kurun waktu tertentu. Alat ini dapat memonitor pemakaian energi listrik beberapa kamar, sehingga pemakaian energi listrik untuk masing-masing kamar dapat dimonitor sekaligus. Alat ini akan menampilkan banyaknya energi yang terpakai dan banyaknya biaya pemakaian selama waktu tertentu. Dengan menggunakan alat ini diharapkan dari masing-masing pihak baik pemilik rumah kost maupun penyewa kamar kost tidak ada yang dirugikan dan pemakaian energi listrik dapat teramati.

### 2.2 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam perancangan tugas akhir ini adalah membuat suatu model sistem yang dapat memonitor pemakaian energi listrik beberapa kamar sehingga dapat diketahui banyaknya energi dan biaya pemakaian dalam kurun waktu tertentu.

### 2.3 Pembatasan Masalah

Karena kompleksnya permasalahan yang terdapat dalam sistem ini, maka perlu adanya batasan-batasan untuk menyederhanakan permasalahan ini, yaitu :

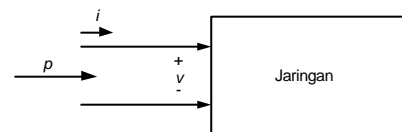
- Sistem yang dirancang menggunakan tegangan satu fasa
- Sistem pemrosesnya menggunakan mikrokontroler M68HC11
- Arus maksimal yang bisa digunakan adalah 2,7 Ampere
- Sinyal pada beban harus berbentuk sinus periodik
- Sistem ini menggunakan dua kamar sebagai beban yang akan dimonitor.

- Sistem pemonitor ini digunakan untuk membandingkan konsumsi arus yang diserap.
- Penentuan harga per-kWH tidak berdasarkan penentuan penggolongan harga dari PLN.

## II. DASAR TEORI

Tinjau jaringan satu pintu pada gambar 1. Hubungan energi dan daya untuk satu pintu ini, yang akan kita tulis berikutnya, berlaku bagi elemen yang linier atau tak linier, aktif atau pasif. Energi yang diserap oleh jaringan dari waktu  $t_1$  sampai  $t_2$  adalah

$$w = \int_{t_1}^{t_2} v(t) i(t) dt \quad \text{Joule (J)} \quad (2-1)$$

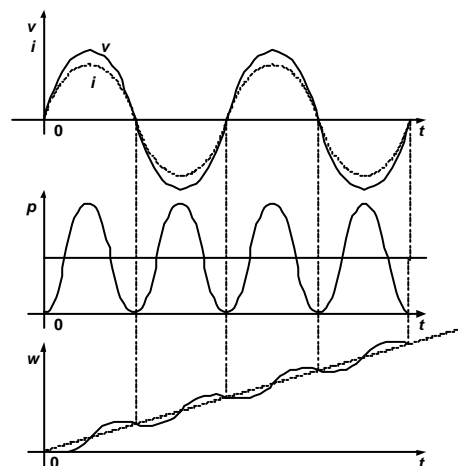


Gambar 1 Jaringan satu pintu dengan arah catuan  $w$  dan  $i$  untuk menentukan  $p$  positif

### 2.1 Energi dan Daya untuk Beban Resistif, Induktif dan Kapasitif

Untuk tahanan,  $v = iR$  dan untuk energi yang diserap kita peroleh

$$W_R = \int_{t_1}^{t_2} R i^2(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} \frac{v^2(t)}{R} dt \quad (2-2)$$



Gambar 2 Variasi  $v$ ,  $i$ ,  $p$  dan  $w$  bagi tahanan murni dengan rangsangan sinusoida

Untuk arus sinusoida,  $i = I_m \sin \omega t$  dan dengan  $t_1 = 0$  persamaan (2-2) kita peroleh

$$W_R = \int_0^{t_2} RI_m^2 \sin^2 \omega t dt \quad (2-3)$$

$$= RI_m^2 \int_0^{t_2} (1 - \cos 2\omega t) dt$$

$$= \frac{RI_m^2}{2} (t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega}) \quad \text{Joule (J)}$$

Energi yang memasuki induktor untuk disimpan didapat dengan mensubstitusikan  $v = L di/dt$  ke dalam persamaan (2-1), dihasilkan

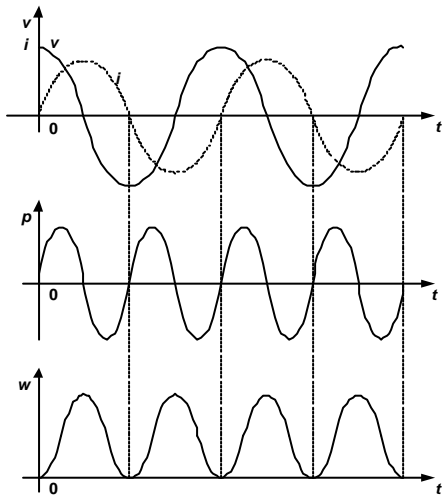
$$W_L = \int_0^{t_2} L \frac{di}{dt} i dt = \int_0^{t_2} Li dt \quad (2-4)$$

$$= \frac{1}{2} L (i_2^2 - i_1^2) \quad \text{Joule (J)}$$

dimana  $i_1$  dan  $i_2$  arus pada  $t_1$  dan  $t_2$ . Bila kita buat  $i_1 = 0$ , dan bila  $i_2 = I_m \sin \omega t$ , maka

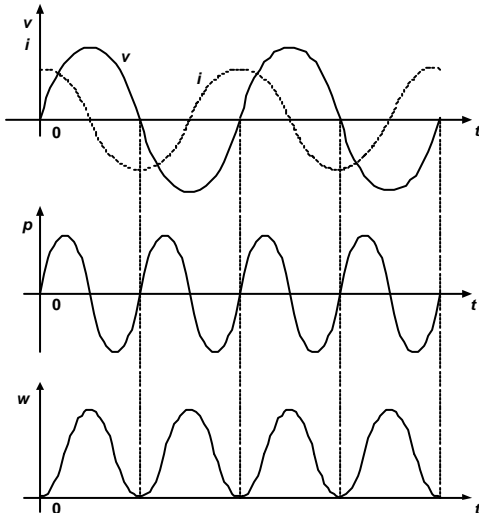
$$W_L = \frac{1}{2} LI_m^2 \sin^2 \omega t \quad (2-5)$$

$$= \frac{1}{4} LI_m^2 (1 - \cos 2\omega t)$$



Gambar 3. Variasi  $v$ ,  $i$ ,  $p$  dan  $w$  untuk induktor dengan rangsangan sinusoida

Akhirnya, energi yang memasuki kapasitor untuk disimpan, didapat dengan mensubstitusi  $i = Cdv/dt$  ke dalam persamaan 2.1 sehingga



Gambar 4 Variasi  $v$ ,  $i$ ,  $p$  dan  $w$  untuk kapasitor dengan rangsangan sinusoida

$$W_C = \int_0^{t_2} C \frac{dv}{dt} v dt \quad (2-6)$$

$$= \int_0^{t_2} C v dv$$

$$= \frac{1}{2} C (v_2^2 - v_1^2) \quad \text{Joule (J)}$$

dimana  $v_1$  dan  $v_2$  adalah tegangan pada  $t_1$  dan  $t_2$ . Kembali dibuat  $v_1 = 0$  pada saat  $t_1 = 0$  dan  $v_2 = v_m \sin \omega t$ , sehingga

$$W_C = \frac{1}{2} CV_m^2 \sin^2 \omega t \quad (2-7)$$

$$= \frac{1}{4} CV_m^2 (1 - \cos 2\omega t) \quad \text{Joule (J)}$$

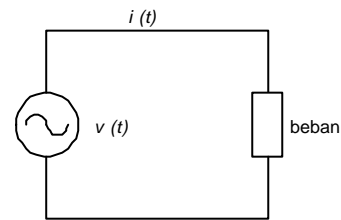
Jaringan satu pintu pada gambar 1 bisa berisi sembarang banyaknya elemen dari masing-masing ketiga jenis tersebut. Karena energi adalah besaran skalar dan energi adalah kekal, maka energi yang diberikan pada satu pintu,  $w_i$ , harus sama dengan yang disimpan ditambah dengan yang didisipasikan dalam jaringan. Bila terdapat  $n$  elemen dalam satu pintu, maka

$$W_i = W_1 + W_2 + \dots + W_n \quad (2-8)$$

### 2.2 Tinjauan Energi dan Daya untuk Beban Kompleks

Sebuah rangkaian dengan beban yang kompleks dengan tegangan  $v(t)$  dan arus yang dihasilkan  $i(t)$  seperti diperlihatkan pada gambar 5, dimana daya yang berubah terhadap waktu atau daya sesaat ke dalam jaringan adalah perkalian tegangan dan arus:

$$p(t) = v(t) i(t) \quad (2-9)$$



Gambar 5 Rangkaian dengan beban kompleks

Jika  $v(t)$  dan  $i(t)$  adalah sinusoida, berarti tegangan dan arus merupakan suatu sinyal periodik yang akan menghasilkan daya periodik pula. Pada keadaan tunak sinusoida, maka fungsi dari tegangan dan arus terhadap waktu adalah:

$$v(t) = V_m \cdot \cos(\omega t + \phi) \quad (2-10)$$

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta) \quad (2-11)$$

Bila persamaan (2-10) dan (2-11) disubstitusikan ke persamaan (2-9), maka didapat :

$$P = V_{ef} I_{ef} \cos \phi \quad (2-12)$$

Maka untuk mendapatkan energi listrik untuk beban kompleks yaitu

$$w = p t \quad (2-13)$$

### 2.3 Transformator

Transformator ini digunakan untuk menurunkan tegangan atau bisa disebut trafo *step down*. Dalam tugas akhir ini transformator akan digunakan sebagai sebagai pengukuran, yaitu sebagai transformator tegangan (*VT, Voltage Transformer*) dan transformator arus (*CT, Current Transformer*).

### 2.4 Real Time Clock (RTC)

RTC ini menggunakan satu keping IC dengan seri MSM5832 buatan *OKI Semikonduktor*. MSM5832 merupakan IC CMOS yang berfungsi sebagai pewaktu/kalender pada

aplikasi mikroprosesor. RTC ini menggunakan kristal 32,768 kHz, yang dapat menghasilkan data I/O 4 bit berupa: detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Pengaksesan data ini dikontrol oleh: 4 bit alamat, *Chip Select (CS)*, *Read (R)*, *Write (W)* dan *Hold (H)*.

**2.5 Penampil Kristal Cair (LCD, Liquid Crystal Display)<sup>[15]</sup>**

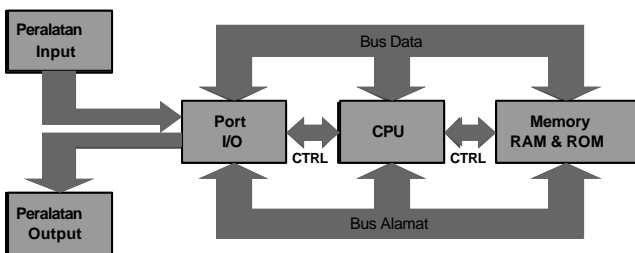
Modul display LCD dibuat dalam bentuk pengontrol LSI, dimana pengontrol ini mempunyai dua register masing-masing 8-bit, yaitu *Instruction Register (IR)* dan *Data Register (DR)*. IR menyimpan kode-kode instruksi yang berupa: bersihkan layar, geser kursor, kursor kembali, kontrol display ON/OFF dan alamat informasi untuk *Display Data RAM (DDRAM)* dan *Character Generator (CGRAM)*. IR hanya dapat ditulis dari MPU. Register data (DR) kadang kala menyimpan data yang akan ditulis atau dibaca dari *DDRAM* atau *CGRAM*. Ketika alamat informasi ditulis dalam IR, data disimpan kedalam DR dari *DDRAM* atau *CGRAM*. Dengan menggunakan sinyal *Register Selector (RS)*, dua register ini dapat diseleksi.

**2.6 Perangkat Antar Muka Paralel Terprogram (PPI, programmable Peripheral Interface)**

Perangkat antar muka paralel terprogram (*Programmable Peripheral Interface, PPI 8255*) merupakan perangkat *interface I/O* untuk tujuan umum. PPI 8255 adalah komponen untuk unit masukan dan keluaran serbaguna dan dapat dihubungkan dengan dengan berbagai macam mikroprosesor. IC PPI 8255 dikemas dalam kemasan standar DIP (*Dual Inline Package*) mempunyai 40 pin. IC ini memiliki 24 saluran masukan dan keluaran yang terbagi dalam tiga terminal yaitu *Port A*, *Port B* dan *Port C*, serta dapat diprogram dengan tiga macam operasi kerja.

**2.7 Sistem Mikrokontroler**

Mikrokontroler merupakan sebuah piranti yang dapat menjalankan perintah-perintah yang diberikan kepadanya dalam bentuk baris-baris program yang dibuat untuk pekerjaan tertentu.



Gambar 6 Blok diagram mikrokontroler

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, penulis menggunakan mikrokontroler buatan motorola dengan seri M68HC11A1. Mikrokontroler ini mempunyai suatu keping tunggal yang memuat suatu sistem mikrokontroler terintegrasi dengan konfigurasi sebagai berikut:

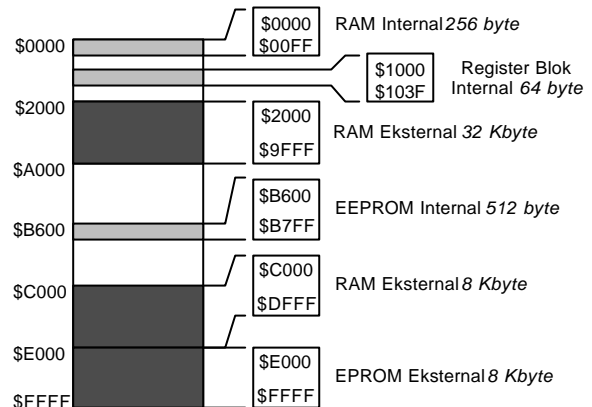
1. RAM dengan kapasitas 256 byte.
2. EEPROM dengan kapasitas 512 byte.
3. *Port A* merupakan kombinasi masukan dan keluaran sebanyak 8 bit, yaitu port A0-A2 untuk input, A3-A6 sebagai output dan A7 dapat digunakan sebagai input atau output.
4. *Port B* dan *Port C*, merupakan port data dan alamat.. *Port B* untuk alamat atas (ADDR8, ADDR9, ...,

ADDR15) dan *Port C* untuk data dan alamat bawah (ADDR0, ADDR1, ..., ADDR7)

5. *Port D*, yang dapat di kembangkan sebagai jalur SPI (*Serial Peripheral Interface*).
6. *Port E*, port masukan baik analog maupun digital ke dalam sistem mikrokontroler M68HC11.

**2.8 Organisasi Memori**

Mikrokontroler M68HC11A1 mempunyai memori sendiri baik RAM maupun EEPROM pada keping *chip*-nya. Tapi untuk suatu sistem yang lebih besar dibutuhkan memori eksternal atau memori luar agar dapat menyimpan baris-baris instruksi maupun data dan alamat. Pada mode ekspansi ini pemetaan memori dari sistem Mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 7.

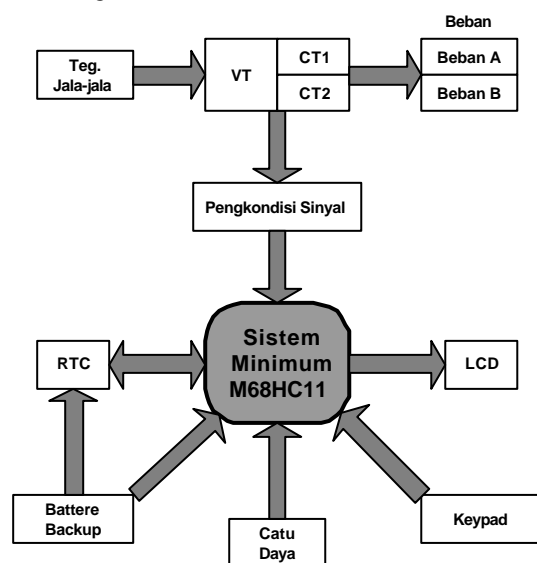


Gambar 7 Pemetaan alamat memori mikrokontroler M68HC11A1

Dari pemetaan memori diatas, maka pada alamat \$E000 - \$FFFF (EEPROM) sebanyak 8 Kbyte digunakan untuk *power on program* yaitu untuk menyimpan baris-baris program dan alamat \$2000 - \$DFFF (RAM eksternal) sebanyak 32 Kbyte digunakan untuk menyimpan data atau alamat program sementara.

**III. PERANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK**

Gambaran secara umum perancangan alat ini, dapat dilihat dalam blok diagram berikut ini.



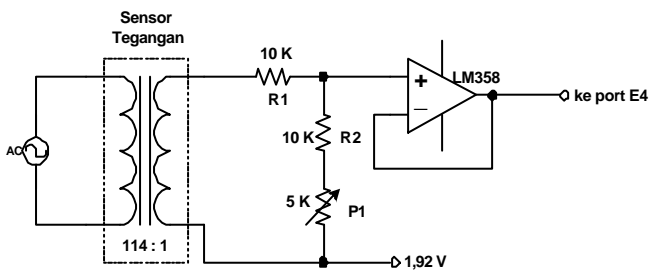
Gambar 8 Blok diagram sistem informasi pemakaian energi listrik

Dari gambar 8 diatas dapat diketahui bahwa sistem informasi pemakaian energi listrik terdiri dari beberapa blok fungsional yaitu :

1. Sensor, pada blok sensor terdapat 3 sensor yaitu sensor tegangan (VT), sensor arus 1 (CT 1), sensor arus 2 (CT2).
2. Pengkondisi Sinyal, dalam blok ini sinyal yang dihasilkan sensor akan diolah menjadi suatu bentuk sinyal lain yang dapat diterima oleh blok selanjutnya.
3. Real Time Clock (RTC), pada blok ini digunakan untuk membangkitkan waktu yang berupa menit, jam dan hari.
4. Liquid Crystal Display (LCD), untuk menampilkan hasil pengukuran energi.
5. Keypad, untuk input interupsi pemilih beban kamar A atau B yang akan ditampilkan di LCD.
6. Catu Daya, untuk mencatu sistem minimum dan perangkat lainnya.
7. Batterie Backup, digunakan untuk mencatu sistem minimum apabila catu daya utama mati, hal ini digunakan untuk menjaga agar data yang tersimpan dalam RAM dan RTC tidak hilang.
8. Sistem minimum mikrokontroller M68HC11, dalam sistem minimum ini terdiri dari penyandi alamat, penahan (latch), RAM, EPROM, PPI 8255. Sistem minimum ini digunakan untuk pengolahan data input maupun output.

### 3.1 Pengkondisi Sinyal untuk Tegangan

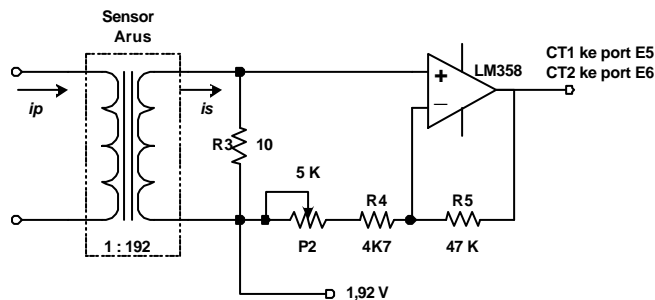
Untuk menghasilkan sinyal tegangan yang akan dikonversi menjadi sinyal digital dan sekaligus untuk mudah pengolahan dan perhitungan pada perangkat lunak, maka tegangan keluaran dari Op-Amp dibuat 1/200 tegangan jala-jala. Rangkaian lengkapnya terlihat pada gambar 9.



Gambar 9 Pengkondisi sinyal untuk tegangan

Karena sinyal masukan tegangan berupa sinyal AC yang bersifat sinusoida, maka terdapat siklus negatif. Sinyal negatif ini tidak akan terdeteksi oleh mikrokontroller, karena tegangan yang dapat dideteksi antara 0 V sampai 3,84 V. Agar sinyal negatif ini dapat dideteksi maka harus ditambahkan tegangan referensi DC sebesar 1,92 volt, pada masukan tak membalik.

### 3.2 Pengkondisi Sinyal untuk Arus



Gambar 10 Pengkondisi sinyal untuk arus

Agar besaran arus dapat diubah menjadi digital, maka harus diubah menjadi tegangan. Mula-mula arus yang keluar dari lilitan sekunder dilewatkan dalam resistor yang diparalel dengan rangkaian, seperti terlihat pada gambar 10. Keluaran tegangan yang berasal dari pengkondisi sinyal ini, dirancang setengahnya dari arus primer.

Besarnya penguatan ini tergantung pada besarnya  $R_4$ ,  $R_5$  dan  $P_2$ . Secara matematis, sinyal output yang dihasilkan dari Op-Amp sebagai pengkondisi sinyal untuk arus adalah :

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_5}{R_4 + P_2}\right) \left(\frac{1}{192} i_p R_3\right) \quad (3-1)$$

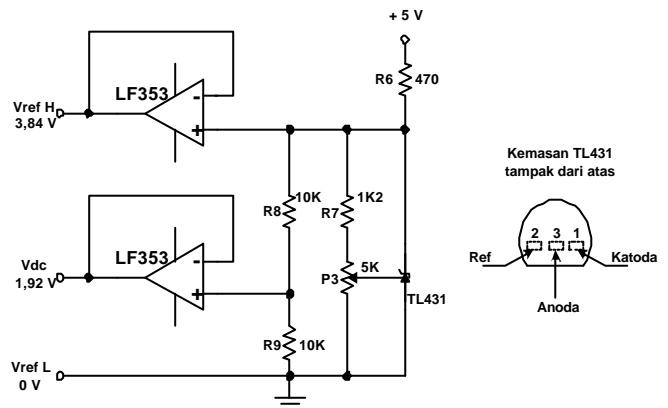
$$= \left(1 + \frac{47K}{4K7 + P_2}\right) \left(\frac{1}{192} i_p 10\right)$$

Supaya didapat nilai  $V_{out} = 0,5 \times I_p$ , maka nilai  $P_2 = 1484,2 \text{ ohm}$ .

Sama seperti pengkondisi sinyal tegangan, keluaran pengkondisi sinyal arus berupa tegangan sinusoida, yang mempunyai siklus negatif. Supaya menjadi positif maka harus ditambahkan tegangan DC sebesar 1,92 volt. Sehingga sinyal keluaran ini dapat dikonversi menjadi digital oleh internal ADC.

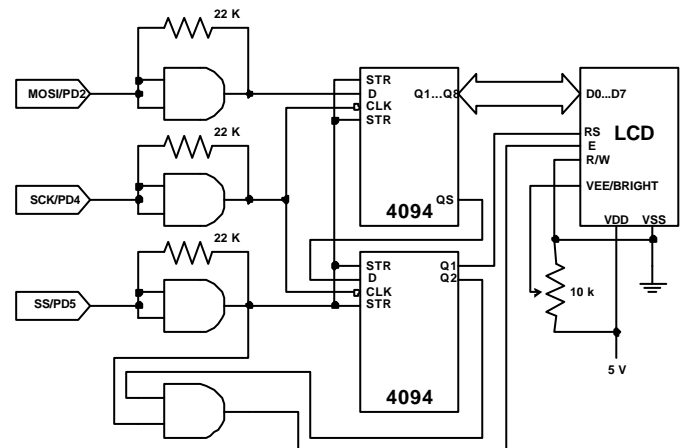
### 3.3 Rangkaian Tegangan Referensi

Rangkaian tegangan referensi ini berfungsi untuk menghasilkan tiga keluaran tegangan referensi yaitu : 3,84 volt untuk tegangan referensi tinggi, 0 volt untuk tegangan referensi rendah dan 1,92 volt untuk masukan tegangan DC pada pengkondisi sinyal tegangan dan arus.



Gambar 11 Rangkaian tegangan referensi

### 3.4 Perancangan LCD



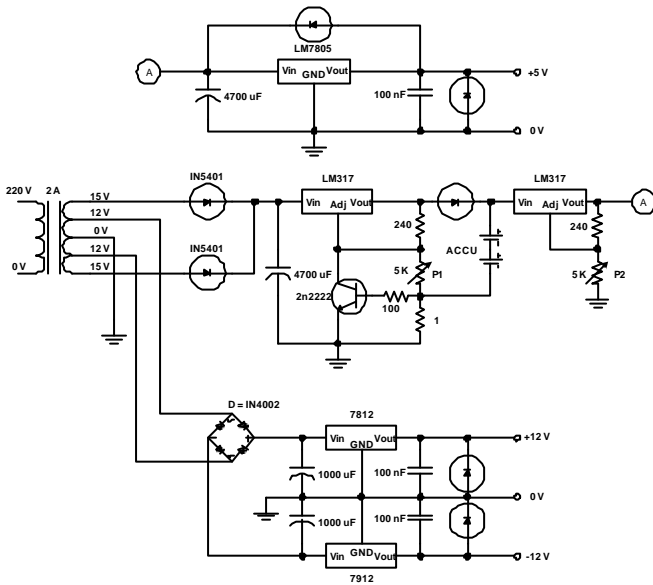
Gambar 12 Hubungan antara LCD dan SPI melalui register geser

Pengiriman data dari mikrokontroller ke LCD dilakukan secara serial yaitu melalui jalur SPI yang terletak pada port D, hal ini diperlukan untuk menghemat jalur data ke LCD. Untuk bisa menghubungkan LCD dengan jalur SPI, maka dibutuhkan register geser.

**3.5 Catu Daya dan Batterie Backup**

Suatu rangkaian dapat bekerja dengan baik apabila adanya catu daya, dalam hal ini daya atau energi listrik arus searah. Catu daya yang dibutuhkan dalam alat ini ada beberapa macam yaitu :

- a. Catu daya 5 volt, digunakan untuk mencatu sistem minimum, LCD, pengkondisi sinyal dan RTC.
- b. Catu daya + 12 volt, -12 volt, digunakan untuk mencatu op-amp yang ada pada rangkaian sensor dan pengkondisi sinyal.

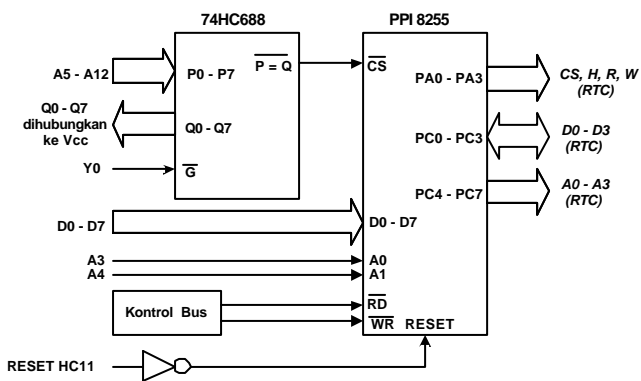


Gambar 13 Rangkaian catu daya dan batterie backup

Untuk menjaga agar data yang ada di RAM dan RTC tidak hilang pada saat catu daya dari PLN mati, maka dibutuhkan suatu batterie backup yang dalam hal ini adalah sel basah (accu).

**3.6 Perancangan PPI 8255**

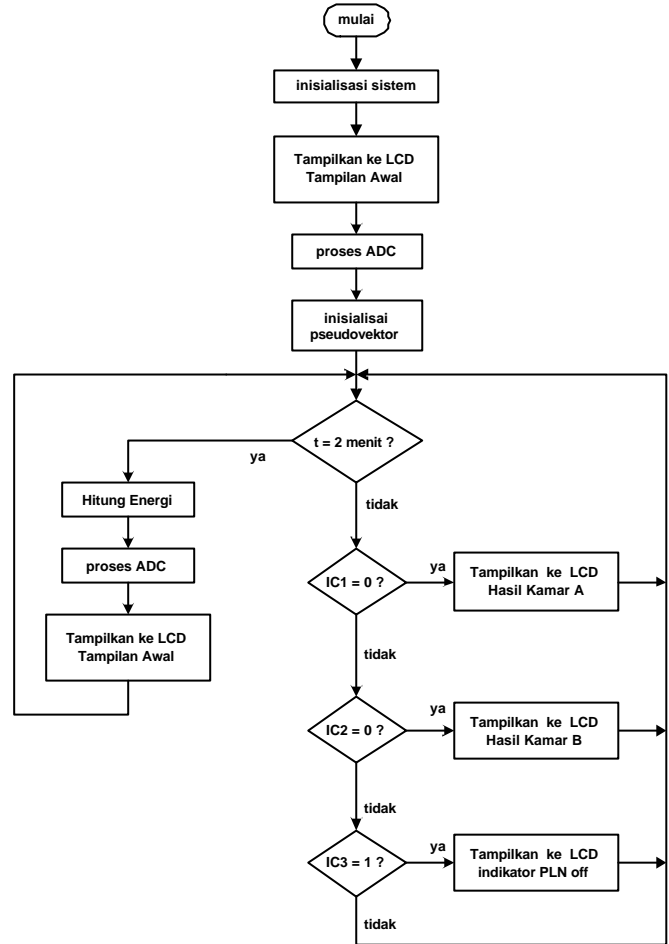
PPI 8255 merupakan seperangkat I/O untuk tujuan umum. Dalam perancangan tugas akhir ini, PPI digunakan sebagai paralel I/O dengan RTC. Alasan penggunaan PPI, karena port paralel pada M68HC11 telah terpakai untuk jalur data dan alamat. Agar PPI dapat dialamati oleh M68HC11 dan supaya pengalamatannya tidak tumpang-tindih dengan alamat RAM maka diperlukan suatu pembanding yaitu IC 74HC688.



Gambar 14 Rangkaian PPI 8255

**3.7 Perancangan Perangkat Lunak**

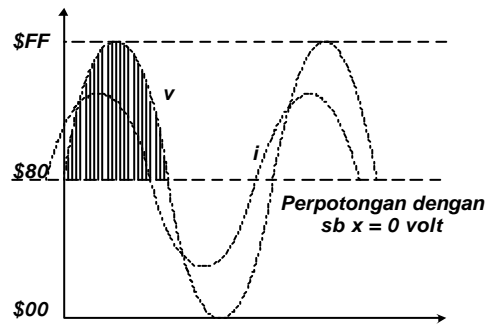
Dalam perancangan perangkat lunak ini, akan dibuat diagram alir program utama. Diagram alir program utama ini dapat dilihat pada gambar 15 berikut ini.



Gambar 15 Diagram alir program utama

**3.8 Proses Pencuplikan dan Pengolahan Sinyal ADC**

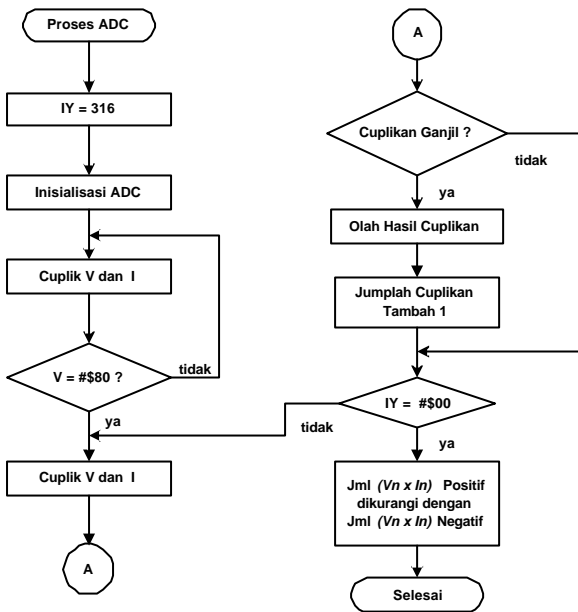
Proses pencuplikan sinyal analog menjadi sinyal digital dilakukan dengan menggunakan software. Seperti terlihat pada gambar 17, pencuplikan tegangan dilakukan terus menerus sampai mendapatkan nilai hasil cuplikan \$80 (50% dari  $V_{ref} H$  yaitu 1,92 volt). Nilai \$80 merupakan perpotongan dari hasil cuplikan tegangan dengan sumbu x dan dianggap sebagai titik nol.



Gambar 16 Pencuplikan dilakukan setengah periode

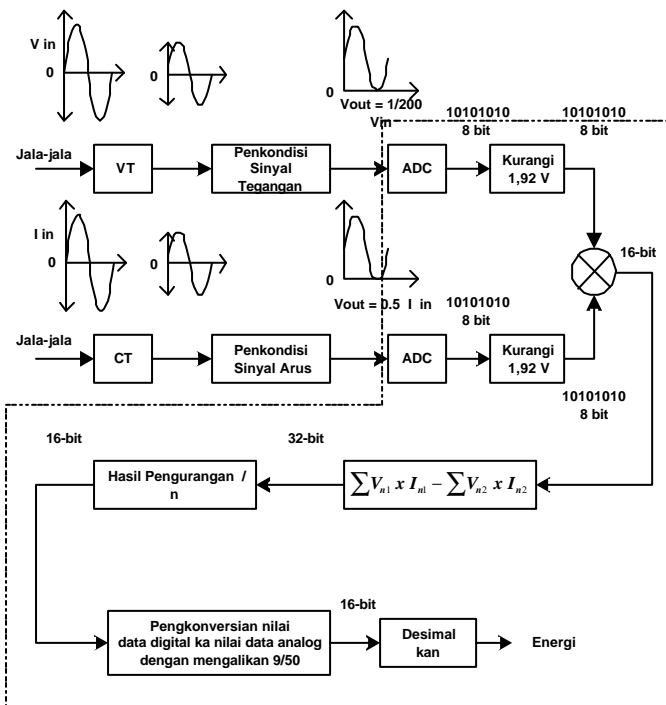
Seperti terlihat pada gambar 16, setelah pencuplikan tegangan memotong sumbu x, kemudian pencuplikan dilakukan terus-menerus selama setengah periode tegangan. Karena keterbatasan memori yang dimiliki HC11 dan untuk mempermudah pengolahan data, maka pencuplikan dilakukan

hanya setengah perioda tegangan dan yang bernomor ganjil saja yang akan disimpan dan diolah. Pencuplikan akan berhenti setelah batasan banyaknya pencuplikan terpenuhi.

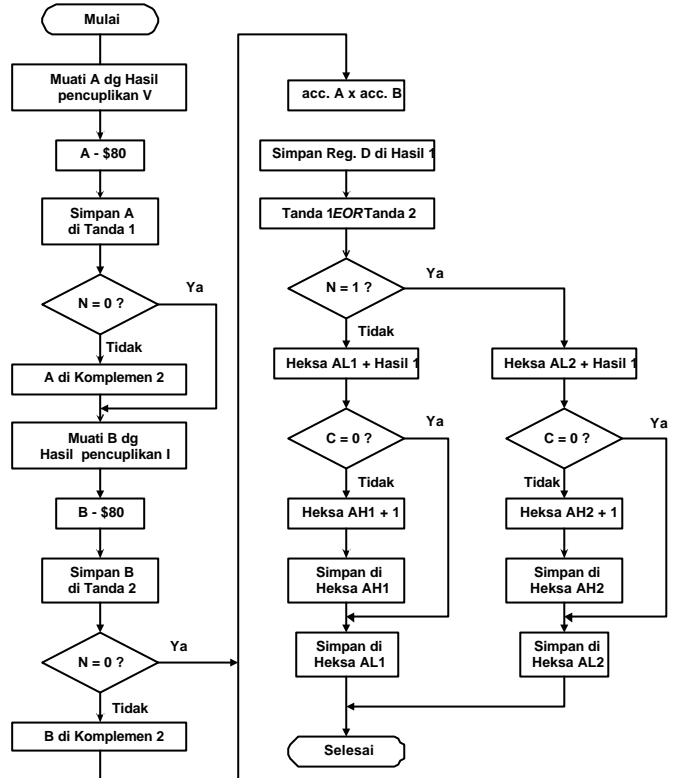


Gambar 17 Proses pencuplikan sinyal analog menjadi sinyal digital

Pengolahan sinyal dari tegangan jala-jala sampai didapatkan nilai energi seperti terlihat pada gambar 18. Pada bagian yang ada didalam blok yang terputus-putus terjadi di dalam mikrokontroler M68HC11. Keluaran dari energi selanjutnya dapat ditampilkan ke LCD.



Gambar 18. Penggambaran sinyal dan pengolahan data



Gambar 19 Pengolahan data hasil ADC

Pencuplikan sinyal analog menjadi sinyal digital menggunakan *sign bit*, dimana bit MSB-nya sebagai bit penanda. Hasil pencuplikan ini akan bernilai positif jika *range*-nya dari \$00 - \$7F atau MSB-nya sama dengan nol dan akan bernilai negatif jika hasil cuplikannya mempunyai *range* dari \$80 - \$FF atau MSB-nya satu.

Dalam perancangan pengolahan data digital ini, hasil perkalian antara tegangan dan arus akan dikelompokkan menjadi dua, yaitu penambahan hasil kali V dan I positif akan ditambahkan dengan hasil kali positif dan hasil perkalian V dan I negatif akan ditambahkan dengan hasil kali negatif (gambar 19).

### 3.9 Perhitungan Energi dan Biaya Pemakaian

Dalam perhitungan energi ini hasil penjumlahan  $V_n$  dan  $I_n$  dibagi dengan jumlah hasil pencuplikan ganjil. Kemudian hasilnya dikalikan dengan konstanta 9/50. Konstanta ini didapat dari :

- Pengkonversian data digital ke data analog

$$V_{anlg} = \frac{V_{dig} \times V_{refH}}{256} \quad (3-2)$$

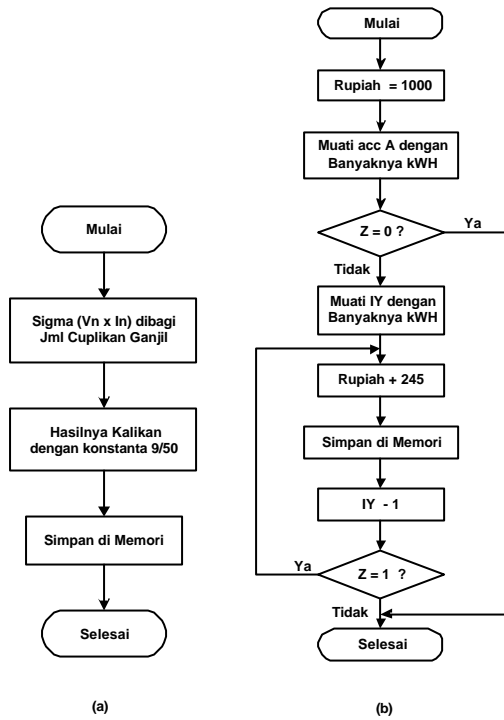
$$I_{anlg} = \frac{I_{dig} \times V_{refH}}{256} \quad (3-3)$$

- Untuk mengembalikan ke besaran sebenarnya tegangan dikalikan 200 dan arus dikalikan 2.
- Karena proses perhitungan dilakukan setiap 2 menit maka  $t$ -nya bernilai 2.

Maka nilai energi keseluruhan adalah

$$W = \frac{3,84 \times 3,84 \times 400 \times 2 (V \times I)}{256 \times 256} \quad (3-4)$$

$$= \left(\frac{9}{50}\right) (V \times I) \text{ WattMenit}$$



Gambar 20. (a) Perhitungan energi listrik (b) Perhitungan biaya pemakaian

Pada perhitungan biaya pemakaian listrik, ditentukan harga per-kWH-nya adalah Rp 245,- dan biaya bebannya Rp 1000,-.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Keluaran Pengkondisi Sinyal

Dalam pengujian keluaran pengkondisi sinyal, akan digunakan alat ukur *voltmeter* digital karena semua keluaran dari pengkondisi sinyal dalam bentuk tegangan. Dan untuk inputnya akan digunakan alat *AC Voltage Current Standard* buatan Yokogawa sebagai sumber arus untuk pengkondisi sinyal arus dan sumber tegangan untuk pengkondisi sinyal tegangan dimana sumber ini dapat diubah-ubah

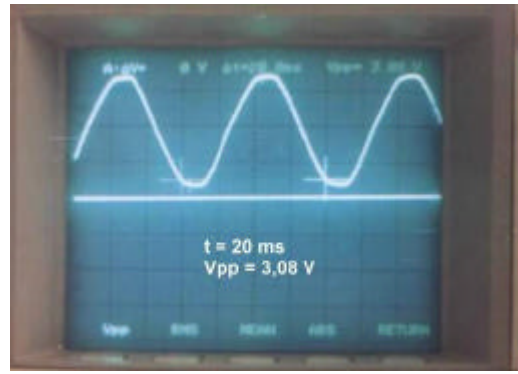
a. Pengkondisi Sinyal Tegangan

Hasil pengujian pengkondisi sinyal tegangan seperti terlihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Hasil pengujian pengkondisi sinyal tegangan

Vin <sub>AC</sub> (Volt)	Vout <sub>AC</sub> (Volt)	Vin <sub>AC</sub> (Volt)	Vout <sub>AC</sub> (Volt)
209	1,045	220	1,100
210	1,050	221	1,105
211	1,055	222	1,110
212	1,060	223	1,115
213	1,065	224	1,120
214	1,070	225	1,125
215	1,075	226	1,130
216	1,080	227	1,135
217	1,085	228	1,140
218	1,090	229	1,145
219	1,095	230	1,150

Dan setelah dilakukan pengujian ternyata sinyal yang dihasilkan sangat bagus. Hal ini terlihat pada gambar 21 berikut ini, dimana tegangan yang dihasilkan oleh pengkondisi sinyal tegangan seperduaratusnya tegangan masukan.



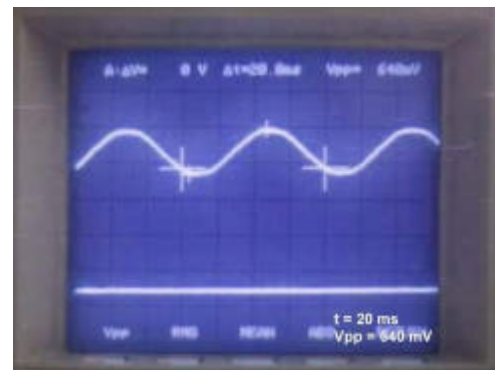
Gambar 21. Sinyal keluaran pengkondisi sinyal tegangan

b. Pengkondisi Sinyal Arus

Hasil pengujian pengkondisi sinyal arus seperti terlihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Hasil pengujian pengkondisi sinyal arus 1.

lin <sub>AC</sub> (Ampere)	Vout <sub>AC</sub> (V)	lin <sub>AC</sub> (Ampere)	Vout <sub>AC</sub> (V)
0	0	1,4	0,701
0,1	0,050	1,5	0,751
0,2	0,100	1,6	0,801
0,3	0,150	1,7	0,851
0,4	0,200	1,8	0,901
0,5	0,250	1,9	0,952
0,6	0,300	2,0	1,002
0,7	0,350	2,1	1,052
0,8	0,400	2,2	1,101
0,9	0,450	2,3	1,152
1,0	0,501	2,4	1,200
1,1	0,551	2,5	1,252
1,2	0,600	2,6	1,302
1,3	0,650	2,7	1,353



Gambar 22 Sinyal keluaran pengkondisi sinyal arus

Dari data hasil pengujian diatas terlihat bahwa tegangan keluaran pengkondisi sinyal arus, besarnya setengah kali arus masukannya, hal ini sesuai dengan perancangan. Bentuk sinyal keluaran pengkondisi sinyal arus seperti terlihat pada gambar 22. Tegangan keluaran yang dihasilkan juga linier. Arus input maksimal yang masih bisa diubah menjadi bentuk digital adalah 2,715 A, menghasilkan tegangan keluaran 1,357 Volt RMS. Sedangkan tegangan Vpp-nya adalah  $\hat{U} \times 2 \times 1,357 = 3,838 \gg 3,84 \text{ V}$ . Arus input yang melebihi 2,715 A dianggap sama dengan nilai tertinggi ADC.

4.2 Pengkonversian dari Sinyal Analog ke Sinyal Digital

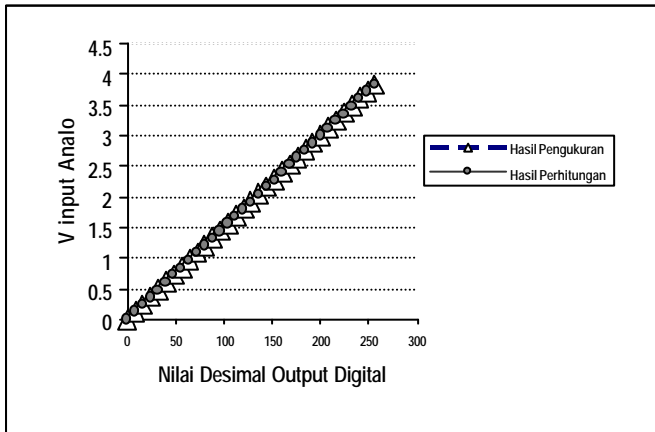
Pengujian pengkonversian dari sinyal analog ke sinyal digital dilakukan dengan cara membuat program

sederhana. Masukan sinyal analog dari 0 volt sampai 3,84 volt, keluaran dari port C dihubungkan ke 8 LED.

Tabel 3 Data hasil konversi analog ke digital

Nilai Des	V <sub>dig</sub>	V (volt)		Nilai Des	V <sub>dig</sub>	V (volt)	
		A	B			A	B
0	00	0,000	0,000	136	88	2,049	2,040
8	08	0,126	0,120	144	90	2,170	2,160
16	10	0,247	0,240	152	98	2,289	2,280
24	18	0,367	0,360	160	A0	2,411	2,400
32	20	0,488	0,480	168	A8	2,530	2,520
40	28	0,609	0,600	176	B0	2,653	2,640
48	30	0,730	0,720	184	B8	2,771	2,760
56	38	0,848	0,840	192	C0	2,894	2,880
64	40	0,969	0,960	200	C8	3,010	3,000
72	48	1,093	1,080	208	D0	3,134	3,120
80	50	1,211	1,200	216	D8	3,252	3,240
88	58	1,331	1,320	224	E0	3,377	3,360
96	60	1,454	1,440	232	E8	3,495	3,480
104	68	1,568	1,560	240	F0	3,615	3,600
112	70	1,693	1,680	248	F8	3,734	3,720
120	78	1,813	1,800	256	FF	3,840	3,840
128	80	1,928	1,920	>256	FF	-	-

A : tegangan analog hasil pengukuran  
B : tegangan analog hasil perhitungan



Gambar 23 Grafik konversi dari analog ke digital

Setelah dilakukan pengujian didapat hasil seperti pada tabel 3. Untuk membandingkan hasil pengukuran ini digunakan rumus pada persamaan (4-10), dan hasilnya seperti pada tabel 3. Terlihat pada tabel.3 terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan. Perbedaan ini bisa disebabkan pengkonversian dari analog ke digital menggunakan pendekatan. Atau bisa disebabkan adanya fluktuasi tegangan referensi. Hasil yang diperoleh dari pengkonversian ini adalah linier, hal ini seperti terlihat pada gambar 23.

$$V_{hitung} = \frac{Nilai\ desimal \times V_{refH}}{256} \quad (4-1)$$

### 4.3 Pengujian Beban Resistif, Resistif-induktif dan Komplek.

Proses pengujian ini dihentikan bila kwh meter digital telah mencapai lebih dari satu kWH. Hasil pengujiannya sebagai berikut :

#### 1. Pengujian Lampu Pijar 6 x 100 W

Setelah dilakukan pengujian didapat :

- KWH meter Analog = 1,11 kWH
- KWH meter Digital = 1,007 kWH
- W = (P\* x t)/60000 kWH = 1,002 kWH

P\* = 557 W, didapat dari hasil pengukuran dengan menggunakan Wattmeter Digital Yokogawa dan t = 108 menit.

#### 2. Pengujian Beban Lampu Pijar 4 x 100 W dan Lampu TL 2 x 40 W

Setelah dilakukan pengujian didapat :

- KWH meter Analog = 1,11 kWH
- KWH meter Digital = 1,008 kWH
- W = (P\* x t)/60000 kWH = 1,003 kWH

P\* = 456 W, didapat dari hasil pengukuran dengan menggunakan Wattmeter Digital Yokogawa dan t = 132 menit.

#### 3. Pengujian untuk Beban Komplek

Pengujian untuk beban komplek ini terdiri dari komputer, lampu pijar 2 x 100 W dan lampu TL 2 x 40 W. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil sebagai berikut ini :

- KWH meter Analog = 1,11 kWH
- KWH meter Digital = 1,009 kWH
- W = (P\* x t)/60000 kWH = 1,049 kWH

P\* = 362 W, nilai P pada wattmeter selalu berubah-ubah dari 354 – 370 W. Didapat dari hasil pengukuran dengan menggunakan Wattmeter Digital Yokogawa dan t = 174 menit.

### 4.4 Pengujian Dua Beban yang berbeda dalam jangka waktu 24 jam

Pengujian ini dilakukan dengan cara menggunakan 2 kWH meter analog yang dipasang setelah kWH meter digital. Beban yang diuji pemakaian energinya yaitu lampu pijar 6 x 100 W untuk beban A dan lampu pijar 4 x 100 W diparalel dengan Impu TL 2 x 40 W. Dari Hasil pengujian selama 24 jam didapatkan hasil sebagaimana berikut ini.

Tabel 4 Hasil pengujian selama 24 jam

Kamar A	Kamar B
W = 23622 Watt menit, W = 13 kWH	W = 51492 Watt menit, W = 10 kWH
Day : Clock : Minute = 01 : 00 : 00	Day : Clock : Minute = 01 : 00 : 00
Biaya (Rp) = 4185,-	Biaya (Rp) = 3450,-

Dari data kWH meter digital diatas, bila dijadikan ke kilo Watt Hour semua menjadi :

- KWH meter analog A = 13,95 kWH
- KWH meter Digital A = 13,39 kWH
- KWH meter analog B = 11,29 kWH
- KWH meter Digital B = 10,80 kWH

Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa pengujian pada beban yang berbeda menghasilkan pemakaian energi yang berbeda pula. Hal ini menunjukkan sistem pemakaian energi pada kamar dengan jumlah beban dua kamar yang berbeda dapat digunakan untuk membandingkan konsumsi arus yang terpakai dalam waktu yang bersamaan

Dari hasil beberapa pengujian kWH meter diatas terdapat perbedaan data yang diperoleh dari kWH meter analog, kWH meter Digital dan kWH yang diperoleh dari hasil perhitungan. Dari ketiga macam pengukuran ini, perbedaan itu bisa disebabkan.

#### 1. Untuk kWH meter Analog

Data yang diperoleh dari kWH meter analog pada pengujian beban resistif, resistif-induktif dan kompleks selalu lebih besar dari data hasil kWH meter digital. Hal ini disebabkan oleh efek pembebanan dari kWH meter digital, karena pada saat beban nol (tanpa beban) arus yang mengalir pada kWH meter digital sebesar 42,5 mA.



2. Untuk kWh meter Digital  
Ada beberapa macam kesalahan pengukuran yang bisa disebabkan oleh meter digital ini yaitu :
  - a. Transformator Arus dan Taransformator Tegangan  
Kesalahan yang diakibatkan oleh transformator ini yaitu karena transformator ini terdiri dari belitan sehingga bersifat induktif. Jika sinyal masuk suatu belitan maka sinyal keluarannya akan terjadi pergeseran fase. Pada saat pengujian CT dan VT, dengan beban lampu TL 40 W didapat nilai beda fase pada beban sebesar  $41,29^\circ$  lagging dan beda fase pada keluaran pengkondisi sinyal sebesar  $38,60^\circ$  lagging. Jadi terdapat pergeseran fase sebesar  $2,69^\circ$  sehingga pergeseran fase ini, bisa menyebabkan kesalahan pada hasil pengukuran.
  - b. Tegangan Referensi  
Dalam pengkonversian dari sinyal analog ke sinyal digital diperlukan suatu tegangan referensi tinggi dan tegangan referensi rendah. Tegangan referensi ini harus selalu konstan. Tegangan referensi tinggi ditentukan sebesar 3,84 volt sehingga step size-nya sebesar 15 mV. Bila tegangan referensi ini berubah menyebabkan proses ADC juga tidak sesuai, dan mengakibatkan proses DAC juga terjadi kesalahan. Selain itu terdapat tegangan referensi sebesar 1,92 volt, karena mikrokontroler tidak bisa mendeteksi tegangan negatif maka harus ditambah tegangan DC 1,92 volt. Jikalau tegangan ini berubah, maka pada proses konversi ke nilai semula dengan cara mengurangi sinyal hasil ADC dengan 1,92 akan terjadi kesalahan. Karena nilai hasil ADC tidak sama dengan nilai aslinya.
  - b. Noise Keluaran Pengkondisi Sinyal  
Noise pada keluaran pengkondisi sinyal bisa disebabkan oleh pembuatan transformator tegangan kurang sempurna, sehingga pada saat tanpa beban masih terdapat sinyal noise.
  - c. Proses Pengolahan data hasil ADC  
Kesalahan yang timbul adanya proses pembagian. Karena proses pembagian ini menghasilkan sisa. Nilai yang diambil adalah nilai yang bulat sedangkan sisanya tidak digunakan. Proses pembagian ini terjadi pada saat pembagian penjumlahan hasil kali arus dan tegangan dengan banyaknya jumlah cuplikan dan pada saat proses konversi dari digital ke analog.
3. Untuk kWh dari Hasil Perhitungan  
Kesalahan yang terjadi pada perhitungan energi yaitu daya hasil pengukuran dianggap konstan untuk kurun waktu tertentu, padahal kenyataannya daya ini berfluktuasi karena tegangan dari jala-jala juga berfluktuasi dari 216 volt sampai 224 volt.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, pembuatan, pengujian dan penganalisaan Sistem Informasi Pemakaian Energi Listrik pada Kamar Kost Berbasis Mikrokontroler M68HC11, maka dapat diambil kesimpulan sebagaimana berikut ini :

1. Proses konversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital dapat dilakukan menggunakan software dari mikrokontroler M68HC11 dan hasilnya linier.
2. Perubahan tegangan referensi menentukan akurasi konversi ADC, jika tegangan referensi ini tidak

konstan, maka akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran.

3. Dengan menggunakan *battery backup* maka data yang tersimpan di RAM tidak akan hilang pada saat catu PLN padam.
4. Informasi yang ditampilkan ke LCD berupa banyaknya energi yang terpakai (kWh), lamanya waktu pemakaian dan biaya pemakaian energi listrik.
5. Model sistem ini dapat digunakan untuk mengetahui banyaknya energi yang terpakai dengan beban resistif, resistif-induktif dan kompleks.
6. Dengan menggunakan mikrokontroler M68HC11 dapat digunakan untuk membandingkan banyaknya energi listrik yang terpakai pada dua beban secara bersamaan.

### 5.2 Saran-saran

Agar sistem ini dapat lebih sempurna dan bermanfaat, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut ini :

1. Agar dalam proses pengolahan data tidak terjadi kesalahan maka diperlukan input tegangan referensi tinggi dan rendah dan juga tegangan referensi 1,92 volt yang tepat dan tidak berubah-ubah walau sedikit saja.
2. Untuk menghilangkan noise dari konstruksi keluaran transformator arus pada saat tanpa beban maka perlu penyempurnaan dalam pembuatan transformator arus.
3. Agar tidak terjadi kesalahan pengukuran karena pergeseran fase yang diakibatkan oleh pembuatan CT dan VT yang kurang sempurna, maka perlu penyempurnaan dalam pembuatan CT dan VT.
4. Supaya data yang tersimpan di RAM dapat di cetak maka dapat ditambahkan antar muka dengan printer.
5. Pencatatan konsumsi daya dapat dilakukan langsung dengan *Personal Computer (PC)* melalui komunikasi serial RS-232.
6. Untuk pengembangan selanjutnya, data yang diperoleh dari alat ini dapat ditransmisikan ke suatu sentral pencatat melalui jala-jala (*PLC, Power Line Carrier*).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cooper, William David, "*Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*", Erlangga, Jakarta, 1991.
- [2] Coughlin, Robert F, "*Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*", Erlangga, Jakarta, 1994.
- [3] Larry D. Jones, A. Foster Chin, "*Electronic Instruments and Measurements*", Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1991.
- [4] John C. Skroder, "*Using the M68HC11 Microcontroller*", International Edition, Prentice-Hall International, Inc, U.S of America, 1997.
- [5] J. P. M Steeman, "*Data Sheet Book 2*", PT. Elex Media Komputindo, Gramedia, Jakarta 1996.
- [6] P. Hangenboom, "*Data Sheet Book 4*", PT. Elex Media Komputindo, Gramedia, Jakarta 1996.
- [7] M. E. Van Valkenburg Prof, Alih Bahasa, S. H Nasution, Ir. MSc, "*Analisis Jaringan Listrik*", Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, 1994.
- [8] Malvino, Albert Poul, "*Prinsip-prinsip Elektronik*", Erlangga, Jakarta, 1992.
- [9] Milman, Jacob, Elektronika Terpadu, "*Rangkaian dan Sistem Analog dan Digital*", Erlangga, Jakarta, 1993.

- [10] Rao, S, "Power Transformer and Special Transformer", Khanna Publishers, Newdelhi, 1996.
- [11] Rony Arles, "AC Multi Power Meter Satu Fasa", Tugas Akhir, Teknik Elektro Undip, 2000.
- [12] Sapiie, Sudjana & Nishimo Osamu, "Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik, Pradnya Paramita, Jakarta", 1975.
- [13] Tocci, Ronald J, "Digital System and Applications", Prantice Hall, Inc USA, 1991.
- [14] Roger L. Tokheim, MS, "Prinsip-prinsip Digital", Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [15] Rufkouski, George B, "Intregrated Circuits Operational Amplifiers", Prentice Hall, New Jersey, 1984.
- [16] Sulasno, Ir, "Teknik Tenaga Listrik", Satya Wacana, Semarang, 1991.
- [17] Zuhail, "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya", Gramedia, Jakarta 1993.
- [18] William H. Hayt, Jr, Jack E. Kemmerly, Pantur Silabun, "Rangkaian Listrik", Jilid 1, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta, 1996.
- [19] \_\_\_\_\_, LCD Module, CFAH2004A-YYB-JB, Crystalfontztz America, Inc, [WWW.Crystalfontz.com](http://WWW.Crystalfontz.com)
- [20] \_\_\_\_\_, "National Power Ics Databook", National Semikonduktor, 1995.
- [21] \_\_\_\_\_, "National Operational Amplifiers Databook", National Semiconductor, 1995.
- [22] \_\_\_\_\_, HC11, "Refference Manual", Motorola Inc, 1991.



**Saiful Bahri**, dilahirkan di Boyolali pada tanggal 7 Mei 1977. Pada tahun 1992 dan 1995 berturut-turut telah menamatkan pendidikannya di MTs dan SMA Assalaam Surakarta. Kemudian pada tahun 1996 telah resmi tercatat sebagai **Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang**. Telah

menempuh kerja praktek di **PT Telkom Distel Solo** pada bulan September – November 2000 Pernah aktif di *Electrical Workshop (EWS)*, Rohis, Asisten Praktikum Elektronika Dasar, Pengukuran Listrik, Rangkaian Listrik dan Praktikum Mikroprosesor dan terakhir sebagai aktifis Lab. Bingung. Bidang ilmu yang ditekuni yaitu mikrokontroller, design grafis, Elektronika Optik.

Mengetahui  
Pembimbing II

**Rachmat Arianto, ST**  
**NIP.132 163 758**