

PROTOTIPE KWH METER DIGITAL PRABAYAR TERKONEKSI PERSONAL COMPUTER (PC) UNTUK KAMAR KOS

^[1]Muhammad Juwono, ^[2]Dedi Triyanto, ^[3]Yulrio Brianorman
^[1]^[2]^[3]Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
Telp./Fax.: (0561) 577963
e-mail : ^[1]m.juwono@student.untan.ac.id, ^[2]deditriyanto@siskom.untan.ac.id,
^[3]yulrio.brianorman@siskom.untan.ac.id

ABSTRAK

Sistem tagihan listrik tiap bulan pada kamar kos umumnya disamaratakan oleh pemiliknya. Sistem penggunaan tagihan listrik seperti ini tidak sesuai dengan penggunaan pada setiap penghuni kos, untuk menjawab masalah tersebut maka dilakukan sebuah pengembangan perangkat keras yang digunakan untuk tagihan listrik dengan sistem prabayar pada setiap kamar kos. Sistem prabayar yang dibangun menggunakan IC ATmega16 dengan bahasa pemrograman C serta assembly dengan compiler code vision AVR . Sistem antarmuka dibuat dengan pemrograman visual basic dan dihubungkan dengan mikrokontroler menggunakan komunikasi serial yang terhubung pada port USART mikrokontroler. Antarmuka berfungsi untuk memasukkan pulsa, nilai TDC, memonitoring penggunaan KWH, dan menampilkan nilai tegangan dan arus. Perhitungan nilai KWH dimulai ketika pulsa dimasukkan, sensor arus dan tegangan akan mengukur nilai arus dan tegangan yang masuk kemudian dikirimkan ke mikrokontroler dan dilanjutkan ke antarmuka komputer. Nilai arus dan tegangan akan dikalikan untuk mendapat nilai daya, kemudian dikalikan dengan jam sehingga mendapatkan nilai KWH yang akan digunakan untuk mengurangi pulsa yang ada pada sistem setiap detiknya. Jika pulsa habis maka alarm akan berbunyi dan aliran listrik akan terputus. Dengan memasukkan nilai tegangan maksimal yang dapat masuk pada mikrokontroler ke persamaan sensor arus 1 dan sensor arus 2 maka arus maksimal yang dapat diukur oleh sensor arus adalah 13,98A untuk sensor arus 1 dan 13,31A untuk sensor arus 2.

Kata Kunci : Mikrokontroler, Sensor arus, Sensor tegangan, KWH , Antarmuka

1. PENDAHULUAN

KWH (Kilo Watt Hour) meter merupakan alat ukur yang biasa digunakan PT. PLN untuk menghitung penggunaan listrik konsumen tiap bulannya. Pada umumnya, masing-masing rumah menggunakan daya yang berbeda-beda, hal ini dikarenakan pemakaian listrik tiap rumah tidaklah sama. Begitu juga pada rumah kos-kosan setiap kamar menggunakan daya berbeda-beda sesuai dengan penggunaan alat elektronik masing-masing kamar. Biasanya, pada rumah kos-kosan pemilik menyamaratakan besaran tagihan listrik perbulannya. Hal ini dirasa kurang valid dan tidak terlalu objektif, karena setiap kamar pasti menggunakan daya yang berbeda-beda. Meskipun pada kamar kos satu dengan kamar kos lainnya masing-masing penghuninya sama-sama menggunakan peralatan listrik dan elektronik, seperti tv, *handphone*, laptop, *rice cooker*, dan lainnya, belum tentu pada tingkat dan durasi pemakaian listrik pada peralatan tersebut pun sama.

Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi maka diperlukan pembuatan sebuah alat yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan penghuni kos dalam membayar tagihan listrik. Alat yang akan dibuat ini merupakan KWH meter digital prabayar dimana penghuni kos menggunakan listrik sesuai dengan uang yang mereka bayarkan. Sehingga pada akhirnya nanti para penghuni kos akan merasa adil dalam melakukan pembayaran biaya listrik.

Pembuatan prototipe ini sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Lukman Subekti dan Akhmad Mukhlis Akhyari dalam judul jurnalnya "Prototipe Sistem Prabayar Energi Listrik Untuk Kamar Kos Berbasis Mikrokontroler".[1] Sistem alat yang dibuat Lukman Subekti menghitung nilai arus yang masuk setiap kamar dan mengalikannya dengan nilai tegangan standar dari PT.PLN 220V. nilai yang didapat akan mengurangi pulsa yang telah dimasukkan melalui *keypad* hingga pulsa habis.

Adapun penelitian ini akan di buat sistem alat yang dapat mengukur nilai tegangan dan nilai arus yang masuk. Nilai tegangan di ukur karena setiap daerah mempunyai nilai tegangan yang berbeda-beda tidak selalu 22V. Menambahkan *buzzer* sebagai alarm jika pulsa pada sistem akan habis serta dihilangkannya *keypad* dan digantikan oleh aplikasi pada kom-puter sebagai pengisi pulsa dan memonitoring penggunaan daya pada setiap kamar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KWH (Kilo Watt Hour)

Energi listrik adalah suatu energi yang dihasilkan dari perkalian antara besar beda potensial, kuat arus dan selisih waktu.

Rumus energi listrik adalah :

$$w = V.I.t \quad (1)$$

Keterangan :

w = energi listrik (joule)

V = beda potensial (volt)

I = kuat arus (ampere)

t = selisih waktu (detik)

Satuan energi listrik adalah *joule* atau *watt* detik

Satuan yang digunakan untuk PLN untuk menentukan jumlah energi listrik yang dipakai adalah kilowatt jam (*kilowatt hour/KWH*). Satu KWH adalah besar energi yang digunakan selama 1 jam dengan daya listrik sebesar 1.000 watt. Rumus lain untuk menghitung energi listrik adalah :

$$W = P.t \quad (2)$$

Keterangan

W = Energi listrik (KWH)

P = Daya listrik (KW)

t = Waktu penggunaan (jam)

Kesetaraan satuan KWH dengan satuan joule adalah sebagai berikut :

1 watt = 1 joule/detik

1 watt detik = 1 joule

1 KWH = (1.000 watt) 3.600 detik

= 3.600.000 watt detik

Dengan demikian 1 KWH = 3.600.000 joule. Untuk mengukur jumlah pemakaian energi listrik diperumahan atau perusahaan menggunakan KWH meter atau meteran listrik.[2]

2.2 Mikrokontroler

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 ATmega16 adalah Mikrokontroler yang 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.[3]

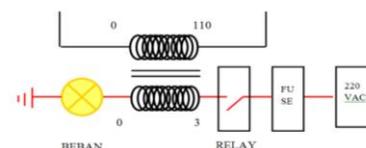
2.3 Sensor Tegangan

Sensor tegangan berupa sebuah *transformer step-down* pada umumnya besar *transformer* ialah 1A. Keluaran dari sensor ini berupa tegangan berbentuk gelombang *sinusoidal*.

Transformator tegangan dikonversi dari tegangan 220V menjadi 4,5V kemudian sinyal disearahkan dengan penyearah gelombang. Kalibrasi tegangan dilakukan dengan menempatkan resistor *variable* 50k sehingga tegangan yang dihasilkan dapat diatur, pada ujung rangkaian dipasang sebuah filter kapasitor untuk menghasilkan tegangan DC murni yang kompatibel terhadap tegangan yang dibutuhkan oleh ADC. [4]

2.4 Sensor Arus

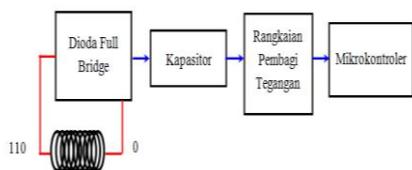
Sensor arus merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur arus AC. Arus AC akan mengalir jika tegangan AC diberi beban daya. Beban daya yang bervariasi akan menimbulkan arus yang bervariasi juga. Dalam penelitian ini pengukuran arus dilakukan dengan memanfaatkan sebuah *transformator*. *Transformator* ini dipasang dengan memutus jalur diantara beban daya. Lilitan sekunder dipasang diantara jalur yang terputus tersebut kemudian lilitan primer ini akan diolah sinyalnya. Gambar 1 menunjukkan pemasangan teransformator untuk sensor arus.



Gambar 1 Pemasangan *Transformator*

Pengolahan sinyal ini juga ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Karena mikrokontroler hanya menerima tegangan DC dan yang diukur adalah tegangan AC maka harus disearahkan dulu dengan diode dengan konfigurasi full bridge. Lalu sinyal yang terbentuk akan diluruskan dengan kapasitor. Setelah dari kapasitor, tegangan DC yang dihasilkan masih sangat tinggi. Oleh karena itu, tegangan ini harus dimasukkan ke rangkaian pembagi tegangan. Hasil tegangan yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan ini akan berupa tegangan yang lebih kecil, sehingga mikrokontroler akan dapat

membaca tegangan tersebut.[5] Jika digambarkan dengan blok diagram maka dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.



Gambar 2 Blok Diagram Sensor Arus

2.5 Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Berdasarkan pada prinsip dasar cara kerjanya, relay dapat bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Saat kumparan diberikan tegangan sebesar tegangan kerja relay maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan yang bersifat sebagai elektromagnet ini kemudian akan menarik saklar dari kontak NC ke kontak NO. Jika tegangan pada kumparan dimatikan maka medan magnet pada kumparan akan hilang sehingga pegas akan menarik saklar ke kontak NC.[6]

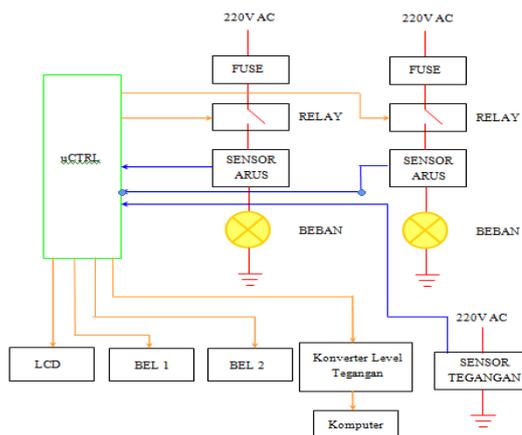
3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini memakai dua metode, yaitu metode studi literatur dan metode eksperimen. Metode studi literatur pada penelitian ini adalah mencari data, bahan dan penelitian sebelumnya mengenai KWH meter prabayar. Metode eksperimen yang dimaksud adalah merancang, merakit dan menguji alat.

4. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

4.1 Perancangan Sistem

Sistem KWH meter prabayar untuk kamar kos ini dirancang sedemikian rupa agar alat tersebut dapat mengukur energi yang digunakan setiap kamar kos. Sistem ini terdiri dari beberapa bagian pendukung yakni, bagian display LCD, bagian mikrokontroler, bagian sensor, bagian buzeer, dan bagian relay. Langkah pertama dalam membangun sistem KWH meter ini adalah dengan mendesain blok diagram perangkat-perangkat tersebut. Melalui desain blok diagram ini dapat diidentifikasi komponen-komponen yang akan digunakan pada sistem. Gambar 3 adalah diagram blok rancang bangun sistem KWH meter prabayar ini.



Gambar 3 Diagram Blok Sistem

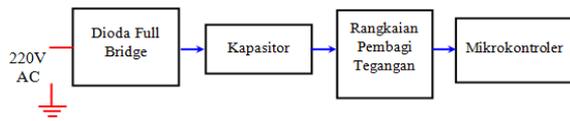
Perancangan sistem ini menggunakan mikrokontroler dari jenis AVR yaitu ATmega16. ATmega16 digunakan sebagai pengolah data dari sensor untuk disampaikan ke komputer. Konfigurasi pin yang digunakan pada port A, port B, port C dan port D dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Alokasi Port Yang Digunakan

Port	Alokasi Port
Port A.0	Sensor Tegangan
Port A.1	Sensor Arus 1
Port A.2	Sensor Arus 2
Port B	Tampilan LCD
Port C.0	Relay 1
Port C.1	Relay 2
Port C.2	Buzzer 1
Port C.3	Buzzer 2
Port D.0	Tx serial RS232
Port D.1	Rx serial RS232

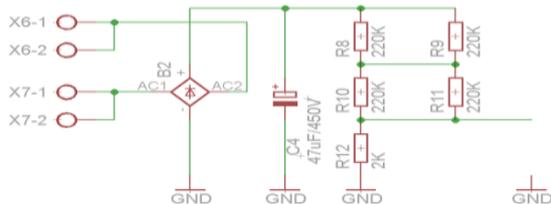
4.2 Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan

Karena mikrokontroler hanya menerima tegangan DC dan yang diukur adalah tegangan AC maka harus disearahkan dulu dengan diode dengan konfigurasi full bridge. Lalu sinyal yang terbentuk akan diluruskan dengan kapasitor. Setelah dari kapasitor, tegangan DC yang dihasilkan masih sangat tinggi. Oleh karena itu, tegangan ini harus dimasukkan ke rangkaian pembagi tegangan. Hasil tegangan yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan ini akan berupa tegangan yang lebih kecil, sehingga mikrokontroler akan dapat membaca tegangan tersebut. Jika digambarkan dengan blok diagram maka dapat ditunjukkan seperti Gambar 4.



Gambar 4 Blok Diagram Sensor Tegangan

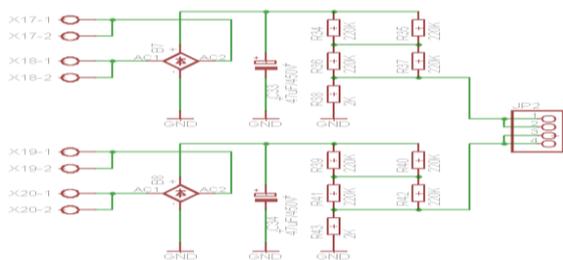
Jika blok diagram Gambar 4 direalisasikan menjadi sebuah rangkaian, maka didapat rangkaian skematik seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian Skematik Sensor Tegangan

Terminal X6-1 dan terminal X6-2 nanti akan dihubungkan dengan fase dari tegangan 220V sedangkan terminal X7-1 dan terminal X7-2 nanti akan dihubungkan dengan netral. Tegangan AC ini akan disearahkan dengan *diode bridge* B2. Sinyal hasil penyearahan ini akan diluruskan dengan kapasitor yang bernilai 47uF/450V. Tegangan DC yang keluar dari kapasitor ini akan diturunkan sampai ke level tegangan dengan maksimal 5V. Hal ini dikarenakan mikrokontroler hanya menerima tegangan maksimal 5V. Jika tegangan yang masuk di atas 5V ke mikrokontroler maka mikrokontroler akan rusak.

4.3 Perancangan Rangkaian Sensor Arus



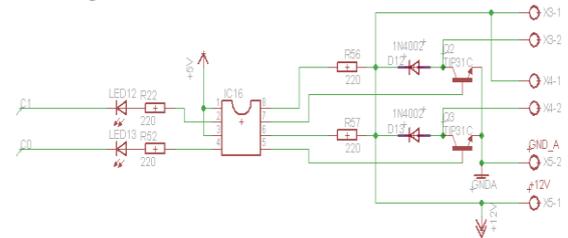
Gambar 6 Rangkaian Skematik Sensor Arus

Pada Gambar 6, terdapat dua rangkaian sensor arus yang digabung menjadi satu. Satu sensor digunakan untuk beban 1 sedangkan sensor arus yang lain digunakan untuk beban 2. Terminal X-17 dan X-19 nanti akan dihubungkan ke terminal 220 pada lilitan primer pada *transformator*. Sedangkan terminal X-18 dan X-20 nanti akan dihubungkan ke terminal 0 pada lilitan primer pada *transformator*. Keluaran dari *transformator* ini akan dihasilkan sinyal AC. Sinyal AC ini akan disearahkan dengan *diode bridge* B2. Sinyal hasil penyearahan ini akan diluruskan dengan kapasitor yang bernilai 47uF/450V.

Tegangan DC yang keluar dari kapasitor ini akan diturunkan sampai ke level tegangan dengan maksimal 5V.

4.4 Perancangan Rangkaian Relay

Dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa *relay* terhubung dengan *port C.0* dan *port C.1*. *Relay* yang digunakan dalam perancangan adalah *relay* omeron MY2N-J, *relay* tipe ini termasuk jenis 12V yang dapat mengukur beban tegangan 240V. Untuk menggunakan *relay* 12V dalam rangkaian harus menyediakan tegangan 12V selain tegangan 5V untuk mikrokontroler. Rangkaian *relay* dapat dilihat pada Gambar 7.

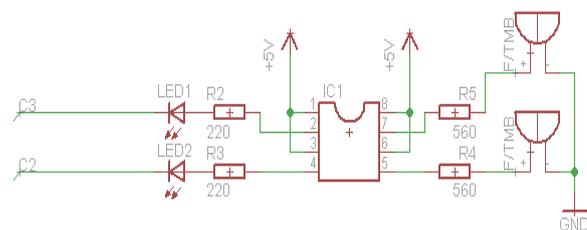


Gambar 7 Rangkaian relay

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa *relay* terhubung pada IC TLP250 sebelum terhubung pada *port C.2* dan *port C.3* pada mikrokontroler. IC TLP250 berfungsi *optoisolator* yaitu pemisah antara tegangan *power* dengan tegangan *control* sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mikrokontroler karena tegangan AC pada *relay* tidak masuk kedalam mikrokontroler. IC TLP250 ini bekerja dengan memanfaatkan cahaya dari LED sebagai pemicu *on/off* nya, jika LED menyala IC TLP250 akan menghubungkan tegangannya sehingga *relay* akan memutuskan aliran listrik dan begitu juga sebaliknya.

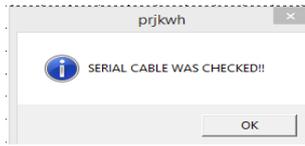
4.5 Perancangan rangkaian Buzzer

Buzzer yang digunakan adalah *buzzer* aktif dengan tegangan kerja sebesar 5V. Agar mikrokontroler dapat membunyikan *buzzer* tersebut maka diperlukan *driver* sebagai penghubung antara *buzzer* ke mikrokontroler. Solusi dari permasalahan tersebut, maka digunakan IC TLP250 sebagai *driver buzzer*. IC TLP250 ini berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan *buzzer*. Rangkaian *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 8.



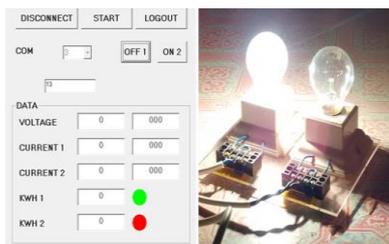
Gambar 8 Rangkaian Buzzer

Pada Gambar 13 LCD menampilkan kata “WELCOME KWH METER” ketika alat dihubungkan ke listrik PLN itu menunjukkan bahwa program yang dibuat sudah berjalan pada mikrokontroler. Selanjutnya alat akan dihubungkan pada komputer dengan menggunakan kabel serial RS232 to USB kemudian menjalankan aplikasi KWH pada komputer.



Gambar 14 Tanda Aplikasi Terhubung Dengan Alat

Pada Gambar 14 menunjukkan aplikasi KWH pada komputer dapat terhubung dengan alat, berarti program untuk rangkaian serial RS232 pada alat dapat berjalan dengan baik. Sebelum menjalankan program, perlu di coba apakah alat dapat menyalakan dan mematikan *relay* dan *buzzer* pada setiap kamar. Untuk menyalakan dan mematikan *relay* dan *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Menyalakan *Relay* 1 Dan *Buzzer*

Dapat dilihat pada Gambar 15 ketika di tekan *on1* maka lampu kamar 1 akan menyala dan *buzzer* 1 berbunyi dan ketika ditekan *off1* lampu kamar 1 padam dan *buzzer* mati. ini menunjukkan bahwa program dapat berjalan dengan baik dalam perintah menyalakan dan mematikan *buzzer1* dan *relay* 1.

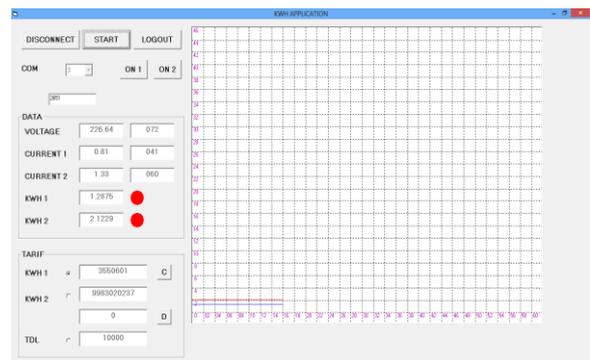


Gambar 16 Menyalakan *Relay* 2 Dan *Buzzer* 2

Dapat dilihat pada Gambar 16 ketika di tekan *on2* maka lampu kamar 2 akan menyala dan *buzzer* 2 berbunyi dan ketika ditekan *off2* lampu kamar 2 padam dan *buzzer* mati. ini menunjukkan bahwa program dapat berjalan dengan

baik dalam perintah menyalakan dan mematikan *buzzer2* dan *relay* 2.

Setelah berhasil mencoba menyalakan dan mematikan *relay* dan *buzzer* pada setiap kamar maka akan dilanjutkan untuk menjalankan program utama untuk mengukur arus dan tegangan, setelah di tekan tombol *start* maka program akan mendapat nilai arus dan tegangan yang dikirim oleh mikrokontroler melalui kabel serial RS232 to USB untuk diproses menjadi nilai KWH dan di tampilkan ke dalam grafik pada aplikasi KWH. Tampilan aplikasi KWH setelah di tekan tombol *start* dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Penampilan Aplikasi KWH Berjalan

Dilihat dari Gambar 17 bahwa aplikasi KWH pada komputer menampilkan nilai tegangan 226V dan menampilkan nilai arus 1 0,81A dan arus 2 1,33A. Ini menunjukkan jika program untuk membaca rangkaian arus dan tegangan pada mikrokontroler berjalan dengan baik karena dapat membaca nilai arus dan tegangan yang masuk dan mengirim data tegangan ke aplikasi KWH pada komputer. Nilai arus dan tegangan dapat diukur untuk ditampilkan dalam KWH. Nilai KWH dari perhitungan dapat mengurangi pulsa yang tersimpan pada sistem. Setelah pulsa bernilai 0 program dapat mematikan *relay* dan membunyikan *buzzer*. Dari semua pengujian dapat ditentukan bahwa perangkat keras seperti masukan pada *port A* serta keluran pada *port B*, *port C* dan *port D* dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler sesuai dengan perancangan sebelumnya.

5.2 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan tegangan AC yang divariasi. Tegangan AC yang bervariasi didapatkan dari tegangan listrik PT.PLN 220V yang diturunkan dengan menggunakan alat penurun tegangan *auto travo*. Tegangan AC yang bervariasi akan dimasukkan ke dalam rangkaian tersebut. Kemudian diukur tegangan akhir rangkaian. Tegangan AC yang dimasukkan akan bervariasi mulai 0 V AC sampai 240 V AC. Se-

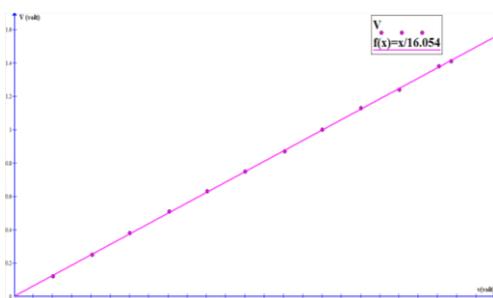
tiap kali percobaan akan dicatat pada sebuah tabel dimana terdapat 2 kolom yaitu kolom pertama adalah tegangan DC yang dihasilkan dari rangkaian dan kolom kedua yaitu tegangan AC yang masuk ke rangkaian. Tabel hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Sensor Tegangan

Tegangan Input AC (x10 Volt)	Tegangan Output DC (Volt)
0	0
2,025	0,12
4,06	0,25
6,02	0,38
8,08	0,51
10,04	0,63
12,02	0,75
14,07	0,87
16,01	1,00
18,03	1,13
20,03	1,24
22,08	1,38
22,71	1,41

Dapat dilihat pada Tabel 3 maka semakin tinggi *input* tegangan AC yang masuk akan semakin tinggi nilai tegangan *output* DC. Tetapi dapat dilihat pula pada tegangan AC yang paling tinggi yaitu 227,1V, tegangan *output* rangkaian adalah 1,41V. Nilai ini sangat kecil jika dibandingkan dengan tegangan maksimal mikrokontroler yang apat diperbolehkan yaitu 5V. Jadi dapat dikatakan bahwa rangkaian ini akan aman jika dihubungkan dengan mikrokontroler.

Selanjutnya, akan dicari hubungan antara tegangan *input* AC dengan tegangan *output* DC dari rangkaian sensor tegangan. Dengan memasukkan tegangan *output* DC sebagai sumbu y dan tegangan *input* AC sebagai sumbu x, maka pemetaan titik terhadap sumbu x dan y dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Grafik Hubungan Tegangan Masuk Dan Tegangan Keluar

Dari Gambar 18 didapatkan titik-titik pada grafik maka dapat didekati oleh suatu persamaan.

Dengan menggunakan *regresi*, maka dapat dihasilkan persamaan :

$$v = \frac{V}{16,054} \quad (3)$$

Dimana:

v : Tegangan *output* DC (V)

V : Tegangan *input* AC (V)

5.3 Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus dilakukan dengan menggunakan beban yang bervariasi. Ketika beban dibuat bervariasi maka arus akan berubah. Jadi jika ditambahkan beban daya maka arus akan semakin besar. Pada percobaan ini beban yang digunakan adalah beban berupa lampu sebesar 100 W. Dengan menggunakan 10 buah lampu maka akan didapatkan 10 data mengenai arus yang mengalir melalui beban. Arus ini akan diukur menggunakan Amp meter. Data dari Amp meter ini akan didapat 10 data arus AC yang dimana akan ditulis pada sebuah tabel. Data lain yang harus diukur adalah data mengenai tegangan keluaran DC pada rangkaian sensor arus. Tegangan ini akan diukur menggunakan multimeter. Tabel yang dibuat terdapat dua kolom yaitu kolom pertama adalah tegangan DC *output* dari rangkaian sensor arus dan kolom kedua adalah arus AC yang terukur oleh amperemeter. Tabel hasil percobaan sensor arus beban 1 dapat dilihat pada Tabel 4

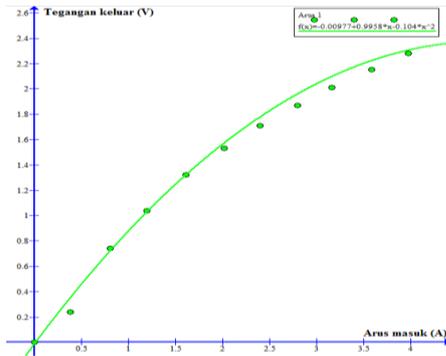
Tabel 4 Data Sensor Arus Beban 1

Arus Input AC (A)	Tegangan Output DC (Volt)
0	0
0,382	0,24
0,806	0,74
1,191	1,04
1,611	1,32
2,017	1,53
2,396	1,71
2,795	1,87
3,16	2,01
3,579	2,15
3,973	2,28

Berdasarkan data Tabel 4 maka semakin tinggi arus AC yang terukur akan semakin tinggi nilai tegangan *output* DC. Tetapi dapat dilihat bahwa nilai arus AC yang paling tinggi yaitu 3,973A, tegangan *output* rangkaian adalah 2,28V. Nilai ini sangat kecil jika dibandingkan dengan tegangan maksimal mikrokontroler yang dapat diperbolehkan yaitu 5V. Jadi dapat dikata-

kan bahwa rangkaian ini akan aman jika dihubungkan dengan mikrokontroler.

Selanjutnya, akan dicari hubungan antara arus AC yang timbul dengan tegangan *output* DC dari rangkaian sensor tegangan. Dengan memasukkan tegangan *output* DC sebagai sumbu y dan arus AC sebagai sumbu x, maka pemetaan titik terhadap sumbu x dan y dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19 Grafik Hubungan Arus Masuk Dan Tegangan Keluar Pada Sensor Arus 1

Dari titik-titik Gambar 19 maka dapat didekati oleh suatu persamaan. Dengan menggunakan *regresi polynomial* tingkat dua, maka dapat dihasilkan persamaan :

$$v = 0,9546 I - 0,0977 I^2 \quad (4)$$

Dimana:

I : Arus AC (A)

v : Tegangan *input* (V)

Percobaan yang sama diulang kembali untuk sensor arus beban 2. Pada sensor arus beban 2 memiliki *transformator* yang berbeda sehingga harus mengulangi percobaan dengan 10 bohlam 100 W. Setelah melakukan percobaan, maka didapat hasil percobaan yang dapat dilihat pada Tabel 5.

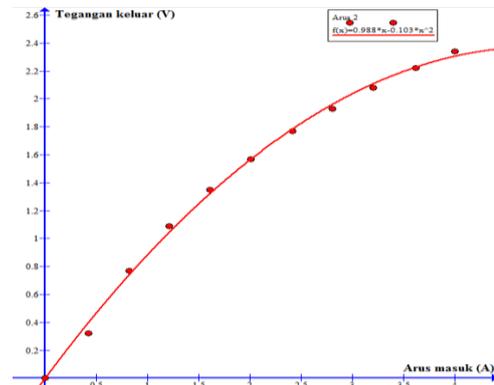
Tabel 5 Data Sensor Arus Beban 2

Arus <i>Input</i> AC (A)	Tegangan <i>Output</i> DC (Volt)
0	0
0,417	0,32
0,815	0,77
1,209	1,09
1,605	1,35
2,007	1,57
2,416	1,77
2,800	1,93
3,203	2,08
3,616	2,22
4,00	2,34

Dapat dilihat pada Tabel 5 maka semakin tinggi arus AC yang terukur akan semakin tinggi

nilai tegangan *output* DC. Tetapi dapat dilihat bahwa nilai arus AC yang paling tinggi yaitu 4,00A, tegangan *output* rangkaian adalah 2,34V. Nilai ini kecil jika dibandingkan dengan tegangan maksimal mikrokontroler yang dapat diperbolehkan yaitu 5V. Jadi dapat dikatakan bahwa rangkaian ini akan aman jika dihubungkan dengan mikrokontroler.

Selanjutnya, akan dicari hubungan antara arus AC yang timbul dengan tegangan *output* DC dari rangkaian sensor tegangan. Dengan memasukkan tegangan *output* DC sebagai sumbu y dan arus AC sebagai sumbu x, maka pemetaan titik terhadap sumbu x dan y dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20 Grafik Hubungan Arus Masuk Dan Tegangan Keluar Pada Sensor Arus 2

Dari titik-titik Gambar 20 maka dapat didekati oleh suatu persamaan. Dengan menggunakan *regresi polynomial* tingkat dua, maka dapat dihasilkan persamaan :

$$v = 0,988 I - 0,103 I^2 \quad (5)$$

Dimana:

I : Arus AC (A)

v : Tegangan *input* (V)

5.4 Pengujian Relay

Pengujian terhadap *relay* dilakukan untuk mengetahui apakah *relay* dapat merespon sinyal keluaran dari mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. *Relay* dihubungkan pada mikrokontroler di port D.0.
2. Memberikan logika *high* (1) dan *low* (0) pada mikrokontroler melalui program yg dibuat untuk pengujian *relay*.
3. Mengamati kondisi *relay* saat mendapat logika *high* dan *low*.

Pengamatan terhadap *relay* dilakukan dengan mendengarkan suara saklar pada *relay* yang berubah posisi dari NO ke NC maupun sebaliknya dan juga melihat kondisi hidup dan mati *led* berwarna hijau yang terdapat pada *relay*. Saat *relay* tidak diberikan tegangan maka saklar

pada *relay* selalu berada pada *normaly close* dimana kondisi ini dalam pemrograman adalah 1 (*high*) karena saklar telah berada di tempat semestinya, sehingga untuk merubah posisi saklar ke *normaly open* maka pada pemrograman dituliskan logika 0 (*low*). Oleh karena itu, program yang dituliskan dan dimasukkan ke dalam mikrokontroler seperti terbalik, dimana untuk menyambungkan listrik pada perangkat elektronik menggunakan logika 0. Kondisi *relay* yang seperti ini disebut *active low*. Pengujian terhadap *relay* dapat dilihat pada Gambar 21.

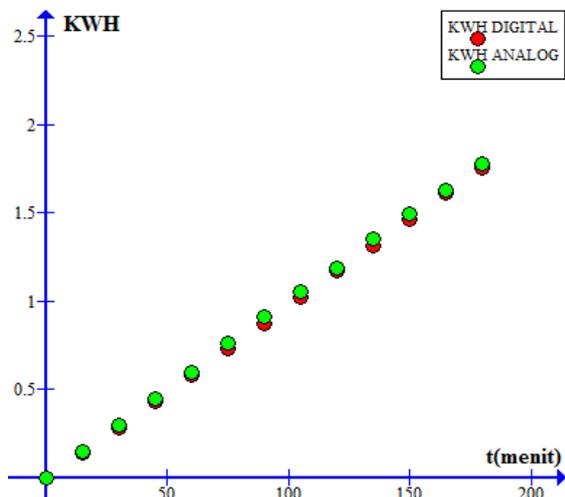


Gambar 21 Pengujian *Relay*

Dari pengujian yang telah dilakukan, *relay* dapat merespon sinyal keluaran dari mikrokontroler ditandai dengan perubahan saklar dan LED yang terdapat pada rangkaian *relay*, dengan ini *relay* dianggap dapat bekerja dengan baik.

5.5 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan yaitu menguji keberhasilan sistem kerja KWH meter pada alat dengan membandingkan KWH meter analog milik PT.PLN. Pada mengujian ini digunakan bola lampu 100w sebanyak 8 buah, lampu akan dipasang pada rumah yang teraliri listrik PLN dan tidak ada perangkat elektronik lain yang terhubung di dalam rumah. Kemudian nilai KWH yang didapat akan ditulis pada Table 6 setiap 15 menit selama 3 jam selanjutnya akan dihitung penggunaan KWH selama 3 jam. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Table 6.



Gambar 22 Grafik Penggunaan KWH

Tabel 6 Hasil Pengukuran KWH

No.	Waktu Pengukuran (menit)	Penggunaan KWH Digital	Penggunaan KWH Analog
1	0	0	7,16
2	15	0,139	7,31
3	30	0,286	7,46
4	45	0,433	7,61
5	60	0,58	7,76
6	75	0,728	7,92
7	90	0,875	8,07
8	105	1,022	8,21
9	120	1,169	8,35
10	135	1,316	8,51
11	150	1,462	8,65
12	165	1,609	8,79
13	180	1,757	8,94
Rata-rata setiap 15 menit		0,1464	0,1483

Dari Gambar 22 dapat dilihat bahwa nilai pengukuran kedua alat didapat membentuk garis linier meskipun nilai KWH yang di dapat sedikit berbeda. Nilai *%error* pengukuran KWH meter dapat dihitung sebagai berikut:

$$\%error = (A - B) / A * 100\% \quad (5)$$

Dimana :

- %error* = Nilai persentase kesalahan pengukuran
- A = Rata-rata KWH selama 15 menit dengan KWH meter analog PT.PLN
- B = Rata-rata KWH selama 15 menit dengan KWH meter digital yang telah dibuat

Berdasarkan Persamaan 5 nilai persentase perbedaan pengukuran dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \%error &= (0,1483 - 0,1464) / 0,1483 * 100\% \\ &= 1,28 \% \end{aligned}$$

Nilai persentasi *error* yang di dapat kecil yaitu 1,28% terjadinya perbedaan pengukuran ini disebabkan adanya jaringan kabel panjang antara beban daya dengan KWH meter milik PT.PLN sehingga mempengaruhi hasil pengukuran karena kabel memiliki hambatan yang membuat penggunaan arus bertambah.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisa pada perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan Prototipe KWH meter digital prabayar terkoneksi *personal computer* (PC) untuk kamar kos dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat ukur arus dan tegangan listrik PLN telah berhasil direalisasikan
2. Komunikasi antara antarmuka pada komputer dengan alat pengukur arus dan tegangan telah berhasil direalisasikan.
3. antarmuka pada komputer yang dapat menampilkan nilai KWH dan dapat memasukkan pulsa untuk sistem prabayar telah berhasil direalisasikan.
4. Dari hasil penelitian, nilai pengukuran yang didapat memiliki persentasi error sebesar 1,28% yang disebabkan jaringan kabel yang panjang.

6.2 Saran

Adapun saran untuk perbaikan dan pengembangan dari penelitian ini adalah:

1. Mudahnya akses internet di masa sekarang membuat perlu perubahan antarmuka pada komputer ke antarmuka berbasis WEB agar bisa di akses dimana saja.
2. Agar alat ini lebih bermanfaat untuk masyarakat yang lebih besar, sebaiknya bekerjasama dengan pihak-pihak terkait, seperti PT. PLN dan pemilik kos agar alat KWH METER ini dapat berkembang sesuai dengan kebutuhan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subekti, Lukman dan Akhyari, A.M. 2013. Simposium Nasional RAPI XII, Program Diploma Teknik Elektro: Prototipe Sistem Prabayar Energi Listrik Untuk Kamar Kost Berbasis Mikrokontroler. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- [2] Rangkuti, Ahmad. A.S. 2008. Skripsi: Studi Simulasi Penjadwalan Penggunaan Peralatan Listrik Pelanggan Kota Medan (Untuk Mereduksi Konsumsi Energi Listrik). Medan: Universitas Sumatra Utara
- [3] Bejo, Agus, 2008, C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535, Graha Ilmu, Yogyakarta.

- [4] Kuswanto, Hery. 2010. Skripsi: Alat Ukur Listrik AC (Arus, Tegangan, Daya) Dengan Port Pararel. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- [5] Sulisty, Agus. 2012. Kwh Meter Digital Terkoneksi *Personal Computer* (Pc) Berbasis Mikrokontroler Atmega16. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [6] Wicaksono, Handy. 2012. Relay-Prinsip dan Aplikasi. Surabaya: Universitas Kristen Petra.