

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMANTAUAN BIAYA TAGIHAN LISTRIK
BERBASIS ARDUINO MEGA**

Muhammad Adam Pratama

*Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231,
Indonesia*

e-mail: muhammadpratama2@mhs.unesa.ac.id

Mahendra Widyartono

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

e-mail: mahendrawidyartono@unesa.ac.id

Abstrak

Untuk menghindari kesalahan penggunaan peralatan listrik dibutuhkan alat yang mampu menampilkan nilai arus dan nilai tegangan secara real time. Selain itu dibutuhkan juga penampil daya dan biaya tagihan listrik dalam rupiah yang dikonsumsi oleh konsumen untuk memudahkan monitoring. Tujuan penelitian ini adalah dengan adanya alat monitoring nilai arus, tegangan, daya dan biaya tagihan listrik diharapkan dapat mempermudah konsumen dalam monitoring peralatan. Alat ini juga berguna untuk peningkatan nilai ekonomis dalam penggunaan peralatan listrik sehingga tidak banyak mengeluarkan biaya. Hasil dari penelitian ini berupa penggunaan beban lampu philip 32 watt selama 30 menit dengan mengacu pada harga per-Kwh sebesar Rp.1352 yang ditetapkan oleh pln berupa nilai arus sebesar 0.12 Ampere, nilai tegangan sebesar 223 volt, nilai Kwh sebesar 0.02 dan jumlah biaya penggunaan sebesar Rp 27 yang ditampilkan melalui LCD 4x20. Untuk sensor yang digunakan yaitu sensor arus ACS712 5a dan sensor tegangan ZMPT101B. Sensor ACS 712 5a memiliki kekurangan yaitu nilai error yang besar. Untuk pengamanan sistem digunakan relay 10a sebagai pemutus beban jika terjadi arus beban berlebih.

Kata Kunci: ACS712 5a, ZMPT101B, Relay, Mikrokontroler Arduino Mega, Harga, Kwh, Arus, Tegangan.

Abstract

To avoid mistakes in using electrical equipment, a device that is able to display current and voltage values in real time is needed. In addition, there is also a need for a view of the power and cost of electricity bills in rupiah consumed by consumers to easier monitoring. The purpose of this study is to have a means of monitoring the value of current, voltage, power and cost of electricity bills is expected to facilitate consumers in monitoring equipment. This prototype is also useful for increasing the economic value in the use of electrical equipment so that it does not cost much. The results of this study include the use of a 32 watt Philips lamp load for 30 minutes with reference to the price per Kwh of Rp.1352 determined by PLN in the form of a current value of 0.12 Amperes, a voltage value of 223 volts, a Kwh value of 0.02 and a total usage charge Rp. 27 which is displayed via a 4x20 LCD. The sensors used are ACS712 5a current sensor and ZMPT101B voltage sensor. ACS 712 5a sensor has a disadvantage that is a large error value. To secure the system 10a relays are used as load breakers in case of overload current.

Keywords: ACS712 5a, ZMPT101B, Relay, Arduino Mega Microcontroller, Price, Kwh, Current, Voltage.

PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan teknologi begitu cepat, diiringi dengan semakin bertambahnya kebutuhan manusia di bidang kelistrikan untuk membantu kehidupan sehari-hari. Teknologi mampu mengubah sesuatu pekerjaan yang dilakukan secara manual menjadi otomatis dan juga sesuatu yang analog menjadi digital, sehingga mendorong manusia untuk lebih meningkatkan lagi kemampuan di bidang teknologi.

Peralatan listrik rumah tangga merupakan salah satu produk kelistrikan yang umum digunakan oleh para konsumen energi listrik. Peralatan listrik perumahan, perkantoran maupun industri memiliki spesifikasi arus dan tegangan yang dianjurkan oleh para produsen masing-masing, sehingga dikhawatirkan apabila arus dan tegangan yang dipakai tidak sesuai dengan spesifikasi produsen maka peralatan listrik perumahan, perkantoran

maupun industri tidak bekerja dengan optimal bahkan akan cepat mengalami kerusakan.

Untuk menghindari kesalahan penggunaan peralatan listrik dibutuhkan alat yang mampu menampilkan nilai arus dan nilai tegangan secara real time. Selain itu dibutuhkan juga penampil daya dan biaya tagihan listrik dalam rupiah yang dikonsumsi oleh konsumen untuk memudahkan monitoring. Dengan adanya alat monitoring nilai arus, tegangan, beda fasa, daya dan biaya tagihan listrik diharapkan dapat mempermudah konsumen dalam monitoring peralatan. Alat ini juga berguna untuk peningkatan nilai ekonomis dalam penggunaan peralatan listrik sehingga tidak banyak mengeluarkan biaya.

Alat ini dibuat berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh saudara Ivan Safril hudan dengan judul penelitian "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik pada Kamar Kos Berbasis *Internet of Things*". Alat ini memiliki keunggulan dari penelitian sebelumnya karena dapat menampilkan biaya tagihan listrik secara real time dan dapat mengingatkan pengguna alat ini dalam batas penggunaan konsumsi daya listrik.

KAJIAN TEORI

Daya Listrik

Daya listrik adalah kecepatan energi listrik berpindah melalui rangkaian listrik. Daya listrik adalah besarnya laju hantaran energi listrik yang terjadi pada suatu rangkaian listrik. Dalam satuan internasional daya listrik adalah W (Watt) yang menyatakan besarnya usaha yang dilakukan oleh sumber tegangan untuk mengalirkan arus listrik tiap satuan waktu J/s (Boylestad, 2002). Tenaga listrik, seperti tenaga mekanik, adalah seberapa cepatnya melakukan kerja, terukur dalam watt dan dilambangkan dengan huruf (P) Dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{Q.v}{t} = V.I \quad (1)$$

Keterangan

P = Daya Listrik

Q = Muatan Listrik

V = Tegangan yang mencatu beban (*Volt*)

I = Arus yang mengalir pada beban (*Ampere*)

t = Waktu (*second*)

Disini penulis akan membahas tentang karakteristik daya dalam arus listrik AC

1. Daya Aktif (P)

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif

adalah Watt. Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

$$P = V.I \cos \varphi \quad (2)$$

2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

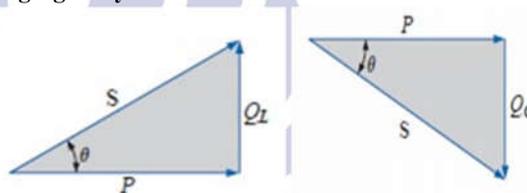
$$Q = V.I \sin \varphi \quad (3)$$

3. Daya Semu (S)

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah VA.

$$S = V.I \quad (4)$$

Segitiga Daya



Gambar 1 Segitiga Daya Beban Induktif dan Kapasitif
(Sumber: Boylestad, Robert L. 2002)

Dalam yang telah dijelaskan dari Gambar 1 diatas, segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe - tipe daya yang berbeda antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri.

Pemantauan

Pemantauan adalah sebuah mekanisme yang sudah menyatu untuk memeriksa sebuah sistem apakah sistem sudah berjalan sesuai rencana dan penyesuaian dapat dilakukan dengan metodologis. Tujuan pemantauan pada sistem ini untuk mendapatkan berapa jumlah biaya tagihan pemakaian listrik dalam satuan waktu tertentu.

Tujuan pemantauan pada sistem ini untuk mendapatkan akurasi jumlah arus yang timbul akibat adanya pemakaian beban energi listrik dan memberikan informasi tentang jumlah tegangan yang mensuplai beban yang terhubung pada sistem yang dibuat oleh penulis.

Energi (Kwh)

Energi listrik merupakan suatu energi utama yang sangat dibutuhkan peranannya untuk peralatan listrik atau pun energi yang disimpan di dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan juga tegangan listrik yang

Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Biaya Tagihan Listrik Berbasis Arduino Mega

diukur dengan satuan volt (V), sementara itu ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik disebut dengan satuan watt (W). (Boylestad, 2002).

$$\text{Energy (Wh)} = P \cdot t \quad (5)$$

$$\text{Energy (KWh)} = \frac{P \cdot t}{1000} \quad (6)$$

Sensor Arus ACS712 5A

Sensor arus ACS712 5A merupakan modul sensor untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal menggunakan current sensor chip ACS712-5 yang memanfaatkan efek Hall. Efek Hall merupakan suatu peristiwa berbeloknya aliran listrik (elektron) dalam pelat konduktor karena pengaruh medan magnet. Cara kerja sensor ini adalah arus yang mengalir melalui kabel tembaga yang ada di dalam sensor tersebut menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Untuk penjelasan tentang sensor arus ACS7125A dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Perwujudan Sensor Arus ACS712
(Sumber: www.sparkfun.com/datasheets)

Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 5A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linear mulai dari 2,5V ($\frac{1}{2} \times VCC$, tegangan catu daya $VCC = 5V$) untuk kondisi tidak ada arus hingga 3,5V pada arus sebesar +5A atau 1,5V pada arus sebesar -5A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 1,5V atau di atas 3,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkat tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar 185 mV / Ampere untuk jenis ACS712 5A. (datasheet Allegro, 2017).

Sensor Tegangan

Modul sensor ZMPT101B adalah sensor tegangan yang dapat mengukur tegangan dari 0-1000V. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan menurunkan tegangan masukan menggunakan step down transformator, kemudian dengan masuk ke op-amp dan akan didapat nilai keluaran yang stabil tergantung dari nilai masukannya. (Tanjung, 2017)

Beberapa hal yang dapat dilakukan dari sensor tegangan ZMPT 101B:

1. A01B aktif fase tunggal modul tegangan output AC transformer

2. Presisi sirkuit op amp, sinyal untuk pengambilan sample yang tepat dan fungsi kompensasi yang tepat
 3. Dapat diukur dalam tegangan 250 volt AC sesuai dengan output analog yang dapat disesuaikan
- Gambar Untuk sensor ZMPT 101B dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Sensor ZMPT101B
(Sumber: Abubakar dkk, 2017)

Arduino Mega

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 (datasheet ATmega2560). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler.

Menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.. Gambar arduino ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Mikrokontroler Arduino Mega
(Sumber: arduino.cc)

Relay

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi

Pada dasarnya, *Relay* terdiri dari 4 komponen dasar yaitu:

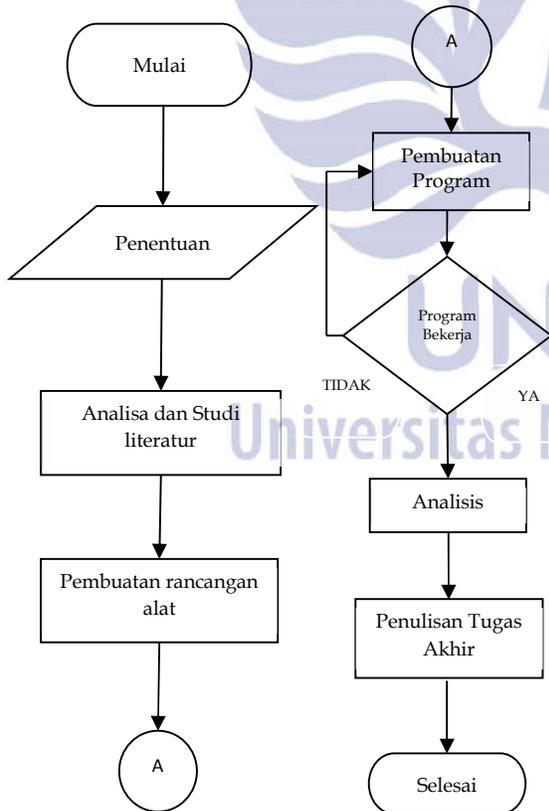
1. Electromagnet (*Coil*)
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point* (Saklar)
4. *Spring*



Gambar 5 Gambar Relay
(Sumber: *Single Relay Datasheet*, 2017)

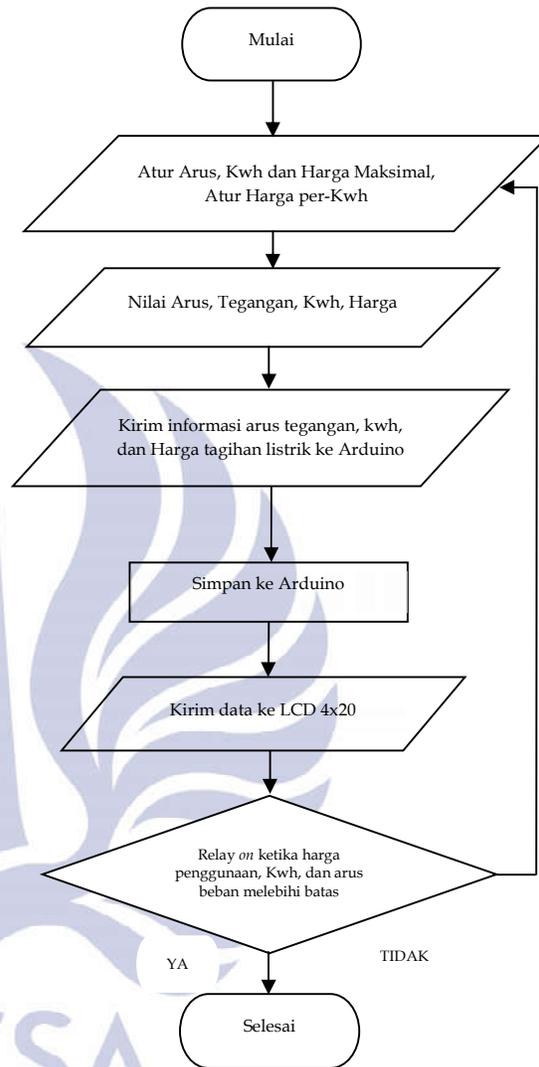
METODE PENELITIAN

Tahapan untuk pembuatan skripsi “Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Biaya Tagihan Listrik Berbasis Arduino Mega” ini akan di perjelas pada *flowchart* yang ada pada sistem dan akan disajikan pada Gambar 6, dimana adanya *flowchart* ini dimaksudkan akan mempermudah pembaca dalam memahami alur pengerjaan skripsi ini.



Gambar 6 Diagram Alir Penelitian

Selanjutnya *flowchart* sistem prototipe pemantauan biaya tagihan listrik akan ditampilkan pada Gambar 7:



Gambar 7. Flowchart Sistem Prototipe Pemantauan Biaya Tagihan Listrik Berbasis Arduino Mega

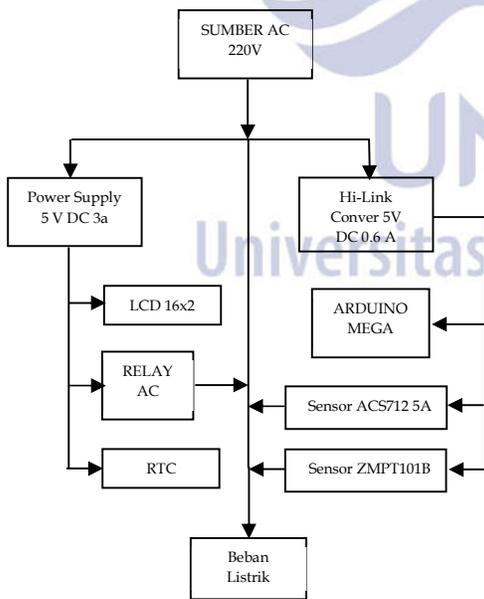
Pada penjelasan Gambar 6 sekilas akan sama dengan Gambar 7 dan memiliki satu kesatuan pada sistem pemberitahuan ke penggunanya, namun perancangan *flowchart* arduino pada sistem rancang bangun prototipe pemantauan biaya tagihan listrik berbasis arduino mega diperlukan memasukan batas arus, batas Kwh, dan Batas harga penggunaan beban maksimal yang diinginkan menggunakan keypad. Relay akan berfungsi ketika terdapat arus beban, Kwh penggunaan beban, dan harga pemakaian beban telah mencapai bats maksimal yang telah ditentukan.

Secara garis besar sistem pada penelitian ini akan digambar dalam diagram blok yang tersusun dari

Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Biaya Tagihan Listrik Berbasis Arduino Mega

beberapa komponen, pada diagram blok ini akan tergambar susunan alur kerja dari setiap komponen yang dirancang agar menjadi sistem secara keseluruhan seperti pada Gambar 8. Pertama ketika alat dihubungkan dengan stop kontak 220 volt sebagai sumber tegangan yang dibutuhkan semua komponen. *Power supply* akan merubah tegangan 220 volt ac menjadi 5 volt dc dengan bantuan lilitan kumparan. Tegangan 5 volt dc menyebar keseluruh komponen untuk mencatu daya. Tegangan 220 volt dilewati oleh sensor arus ACS 712 5a dan tegangan ZMPT 101B yang telah diberi beban untuk nilai arus dan tegangannya dibaca oleh Arduino dan ditampilkan melalui lcd 4x20. Akan ditampilkan nilai arus dan tegangan setelah dihubungkan ke beban. Arduino berfungsi memproses data tersebut dan dikalkulasi yang telah di program oleh *software* Arduino IDE untuk menampilkan nilai daya, Kwh dan jumlah biaya yang dibutuhkan. Ketiga variabel tersebut lalu akan ditampilkan oleh lcd 4x20 agar bisa diamati.

Jika arus beban yang digunakan melebihi batas maksimal yang ditentukan maka *relay* akan aktif, sedangkan jika batas Kwh atau harga penggunaan sudah mencapai 90 persen dari batas maksimal *buzzer* akan menyala sebagai pertanda jika penggunaan beban hampir mencapai batas maksimal. Jika sudah kwh atau harga penggunaan beban sudah mencapai batas maksimal, *relay* akan aktif sebagai pemutus beban.. Untuk lebih jelas gambar diagram blok sistem akan ditampilkan pada Gambar 8



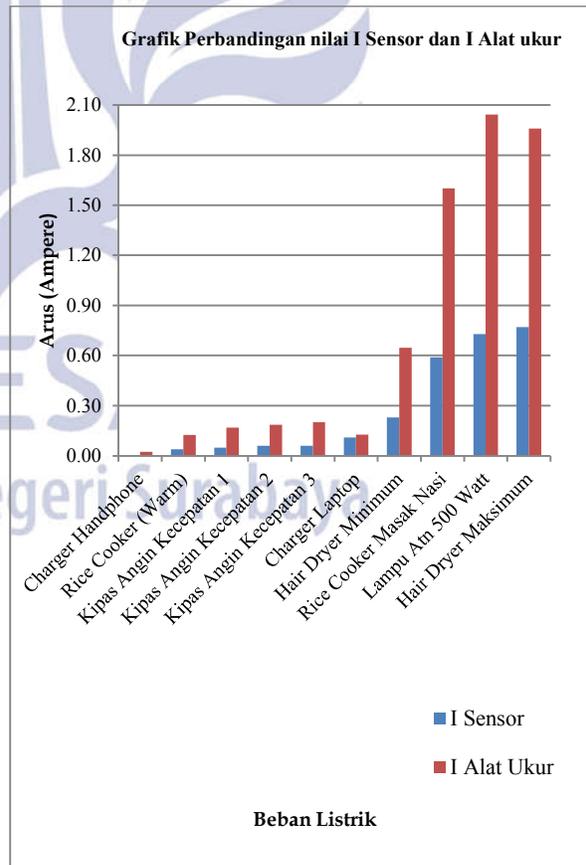
Gambar 8 Diagram Blok Sistem

Hasil Pengujian Alat

Dari seluruh pengujian blok sistem yang sudah dilakukan, maka akan dilakukan beberapa pengujian antara lain pengujian sensor arus ACS 7125a, pengujian sensor tegangan ZMPT101B dan pengambilan data beban yang akan ditampilkan melalui Tabel 1,2, dan 3 serta Gambar 9, 10, dan 11.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Arus ACS 712 5A

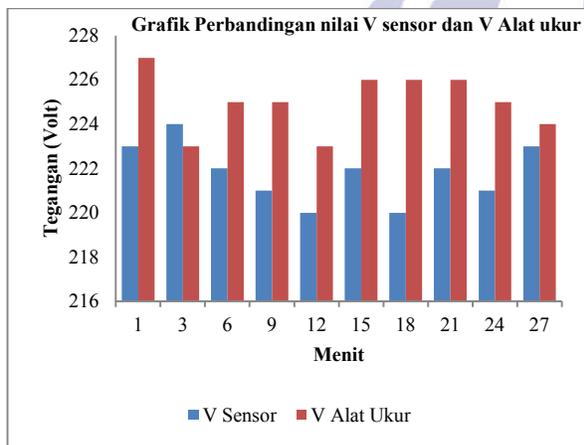
| No | Beban Listrik | I _{Sensor} (A) | I _{Alat Ukur} (A) | Error (%) |
|------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|
| 1 | Charger handphone | 0 | 0.024 | 100% |
| 2 | Rice Cooker (warm) | 0.04 | 0.125 | 68.00% |
| 3 | Kipas angin (kecepatan 1) | 0.05 | 0.169 | 70.41% |
| 4 | Kipas angin (kecepatan 2) | 0.06 | 0.185 | 67.57% |
| 5 | Kipas angin (kecepatan 3) | 0.06 | 0.202 | 70.30% |
| 6 | Charger laptop | 0.11 | 0.127 | 13.39% |
| 7 | Hairdryer (min) | 0.23 | 0.648 | 64.51% |
| 8 | Rice Cooker (cook) | 0.59 | 1.602 | 63.17% |
| 9 | Lampu atm 500 w | 0.73 | 2.044 | 64.29% |
| 10 | Hairdryer (max) | 0.77 | 1.96 | 60.71% |
| Rata-Rata | | | | 60.28% |



Gambar 9 Grafik Perbandingan Nilai Arus Pembacaan Sensor ACS712 5a dan Alat Ukur

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Tegangan ZMPT 101B

| No | Menit | V _{Sensor} (V) | V _{Alat Ukur} (V) | Error (%) |
|------------------|-------|----------------------------|-------------------------------|--------------|
| 1 | 1 | 223 | 227 | 1.7% |
| 2 | 3 | 224 | 223 | 0.44% |
| 3 | 6 | 222 | 225 | 1.3% |
| 4 | 9 | 221 | 225 | 1.7% |
| 5 | 12 | 220 | 223 | 1.3% |
| 6 | 15 | 222 | 226 | 1.7% |
| 7 | 18 | 220 | 226 | 2.6% |
| 8 | 21 | 222 | 226 | 1.7% |
| 9 | 24 | 221 | 225 | 1.7% |
| 10 | 27 | 223 | 224 | 0.44% |
| Rata-Rata | | 221.8 | 225 | 1.4% |



Gambar 10 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan Pembacaan Sensor ZMPT101B dan Alat Ukur

Dari hasil percobaan pada Tabel 1 dimana akan dilakukan pengambilan beban listrik sebagai *sample* pengujian nilai arus. Terdapat dua cara pembacaan arus yaitu dengan menggunakan sensor ACS 712 5a dan menggunakan alat ukur Avo Meter merk Sanwa. Setelah dilakukan pembacaan pada masing-masing sensor maupun alat ukur akan dihitung nilai *error* dari sensor ACS 712 5a dengan mengacu nilai pembacaan alat ukur Avo Meter merk Sanwa. Pada Gambar 9 akan ditampilkan sebagai perbandingan nilai pembacaan arus dengan menggunakan sensor ACS 712 5a dan alat ukur Avo Meter merk Sanwa.

Error pengukuran perbandingan pada sensor arus ACS 712 5a yang ada dalam sistem dan perhitungan dapat dihitung melalui rumus berikut:

$$\%Error = \left| \frac{(I_{Sensor} - I_{Alat\ Ukur})}{I_{Alat\ Ukur}} \right| \times 100\% \quad (7)$$

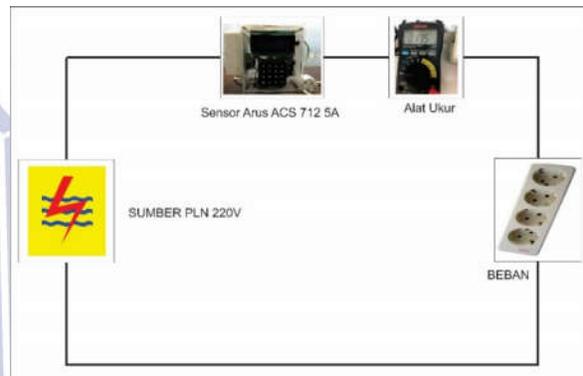
(Sumber: U.A Bakshi, A.V Bakshi, 2008:1-11)

Keterangan :

I_{Sensor} : Nilai Arus Pembacaan Sensor ACS712 5a

I_{Alat Ukur} : Nilai Arus Pembacaan Alat Ukur Avo Meter

Dari perhitungan dengan persamaan 7 didapatkan nilai *error* rata-rata pembacaan arus dari sensor arus ACS 712 5a sebesar 60.28%. Untuk pengujian sensor Arus ACS 712 dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 11 Pengujian Sensor Arus ACS712 5a



Gambar 12 Contoh *Sample* Beban Rice Cooker (*warm*) Hasil Pembacaan Alat Ukur dan Sensor Arus ACS 712 5a

Dari hasil percobaan pada Tabel 2 dimana akan dilakukan pengambilan *sample* pengujian nilai tegangan yang bersumber dari PLN dengan menggunakan *range* waktu setiap 3 menit. Terdapat dua cara pembacaan tegangan yaitu dengan menggunakan sensor ZMPT 101B dan menggunakan alat ukur Avo Meter merk Sanwa. Setelah dilakukan pembacaan pada masing-masing sensor maupun alat ukur akan dihitung nilai *error* dari sensor ZMPT 101B dengan mengacu nilai pembacaan alat ukur Avo Meter merk Sanwa. Pada Gambar 10 akan ditampilkan sebagai perbandingan nilai pembacaan arus dengan menggunakan sensor ZMPT101B dan alat ukur Avo Meter merk Sanwa.

Error pengukuran perbandingan pada sensor tegangan ZMPT 101B yang ada dalam sistem dan perhitungan dapat dihitung melalui rumus berikut:

Rancang Bangun Prototipe Pemantauan Biaya Tagihan Listrik Berbasis Arduino Mega

$$\%Error = \left| \frac{(V_{Sensor} - V_{Alat Ukur})}{V_{Alat Ukur}} \right| \times 100\% \quad (8)$$

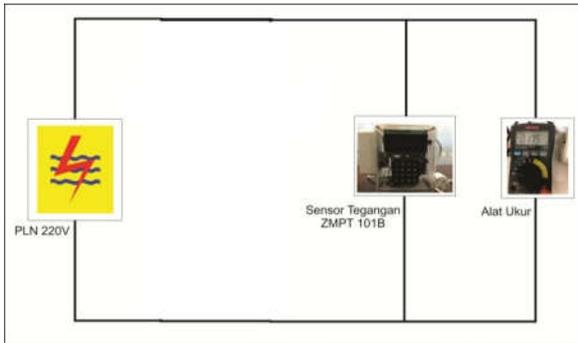
(Sumber: U.A Bakshi, A.V Bakshi, 2008:1-11)

Keterangan :

V_{Sensor} : Nilai Tegangan Pembacaan Sensor ZMPT101B

$V_{Alat Ukur}$: Nilai Tegangan Pembacaan Alat Ukur

Dari perhitungan dengan Persaman 8 didapatkan nilai *error* rata-rata pembacaan arus dari sensor tegangan ZMPT 101B sebesar 1.4%. Untuk pengujian sensor tegangan ZMPT 101B dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14 dibawah ini.



Gambar 13 Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B



Gambar 14 Contoh *Sample* Tegangan pada Menit Pertama Hasil Pembacaan Alat Ukur dan Sensor Arus ACS 712 5a

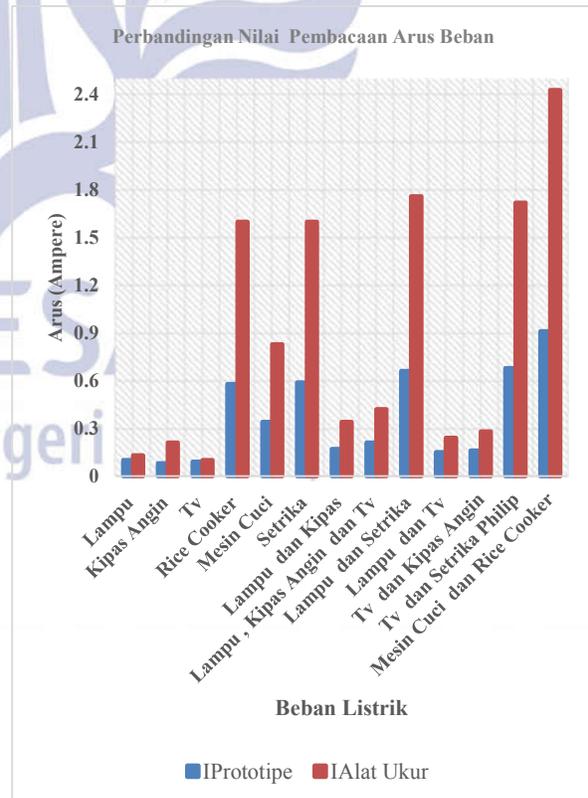
Dalam pengambilan data beban digunakan berbagai macam alat listrik rumah tangga. Pengambilan data beban ini bertujuan agar mengetahui berapa jumlah kwh yang dipakai dan harga penggunaan suatu alat listrik dalam waktu tertentu. Penggunaan beban listrik akan ditampilkan pada tabel 3 dibawah ini. Untuk harga per-Kwh menggunakan Rp. 1352 yang telah ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan tarif dasar listrik (TDL).

Pada tabel 3 dapat diketahui nilai pembacaan arus melalui prototipe menggunakan sensor arus ACS 712 5a dan nilai pembacaan arus melalui alat ukur Avo Meter, Waktu selama penggunaan beban listrik dan nilai Kwh serta biaya tagihan listrik.

Tabel 3 Pengambilan Data Menggunakan Beban Listrik

| | Beban Sampel | | | | | I_{Alat} | | Error (%) | Waktu (Mnt) | Harga (Rp) |
|--|-------------------|---------|----|-------------|------------|------------------|----------|-----------|-------------|------------|
| | Lampu Kipas Angin | Setrika | Tv | Rice Cooker | Mesin Cuci | I_{Sensor} (A) | Ukur (A) | | | |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.10 | 0.13 | 23% | 30 | Rp.13 |
| | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.08 | 0.21 | 61% | 30 | Rp.13 |
| | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.09 | 0.10 | 10% | 30 | Rp.13 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.58 | 1.6 | 63% | 30 | Rp.81 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.34 | 0.83 | 59% | 30 | Rp.40 |
| | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.59 | 1.6 | 63% | 30 | Rp.27 |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.17 | 0.34 | 50% | 30 | Rp.27 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0.21 | 0.42 | 50% | 30 | Rp.27 |
| | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.66 | 1.76 | 62% | 30 | Rp.40 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.15 | 0.24 | 37% | 30 | Rp.27 |
| | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0.16 | 0.28 | 42% | 30 | Rp.27 |
| | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.68 | 1.72 | 60% | 30 | Rp.40 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.91 | 2.43 | 62% | 30 | Rp.121 |

Pada Tabel 3 diatas dapat diketahui jika penggunaan beban Lampu Philip 32 Watt selama 30 menit memakan biaya tagihan sebesar Rp.13 dengan pembacaan nilai arus sebesar 0.10 Ampere. Dalam penelitian ini terdapat dua variabel berupa nilai pembacaan arus dengan menggunakan alat prototipe pemantauan biaya tagihan listrik berbasis Arduino Mega dan nilai pembacaan arus dengan menggunakan alat ukur Avo meter merk Sanwa. Dalam analisis korelasi nilai margin *error* dikatakan baik jika memiliki nilai kurang lebih 5% (Febri Endra, 2017:106).



Gambar 15 Grafik Perbandingan Nilai Pembacaan Arus Beban

PENUTUP

Simpulan

Cara merancang bangun alat prototipe pemantauan biaya tagihan listrik berbasis Arduino Mega dimulai dengan mendesain hardware berupa *cutting box* acrylic dilanjutkan dengan pemasangan komponen-komponen berupa sensor arus ACS 712 5a, sensor tegangan ZMPT 101B, relay, keypad, lcd 4x20, *buzzer*, *led*, *hi-link converter*, *power supply* 5v pada pin arduino. Setelah perancangan *hardware* selesai kemudian memasuki perancangan *software* yaitu dengan mengkalibrasi sensor arus ACS 712 5a dan sensor tegangan ZMPT 101B agar memiliki margin error kurang dari 5%.

Alat akan dihubungkan dengan sumber pln 220 volt dan dipasang beban listrik sehingga akan menampilkan nilai arus, Kwh, dan harga selama beban digunakan. Alat juga bisa membatasi nilai Kwh, harga dan arus beban yang akan digunakan. Jika ada beban yang arusnya melebihi batas maksimal yang ditentukan, maka beban akan diputus atau *cut off* dengan sendirinya. Sebelum penggunaan beban menyentuh batas kwh maksimal yang ditentukan, *buzzer* akan menyala atau *on* ketika penggunaan beban sudah mencapai 90% dari batas maksimal yang ditentukan sebagai pengingat jika penggunaan beban sudah mendekati batas Kwh maksimal. Jika ada beban yang sudah melebihi batas Kwh maksimal yang ditentukan, maka beban akan diputus atau *cut off* dengan sendirinya. Sebelum penggunaan beban menyentuh batas harga maksimal yang ditentukan, *buzzer* dan *led* akan menyala atau *on* ketika penggunaan beban sudah mencapai 90% dari batas harga maksimal yang ditentukan sebagai pengingat jika penggunaan beban sudah mendekati batas harga maksimal. Jika ada beban yang sudah melebihi batas harga maksimal yang ditentukan, maka beban akan diputus atau *cut off* dengan sendirinya

Saran

Untuk mendesain koneksi antar pin-pin komponen disarankan menggunakan *software eagle*, sedangkan untuk mendesain *cutting box* acrylic disarankan menggunakan *software corel draw*.

Dalam kalibrasi sensor arus ACS 712 5a dan sensor tegangan ZMPT 101B diusahakan menggunakan 1 alat ukur yang sama. Untuk pengembangan alat bisa ditampilkan melalui IoT (*Internet of Things*). Agar pembacaan arus lebih maksimal disarankan menggunakan sensor yang memiliki akurasi *error* yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Bakshi, A.V, Bakshi, U.A (2008). *Measurments and Instrumentation*. Technical Publications Pune: hlm 1-11. ISBN 978-81-8431-323-9.

Boylestad, Robert L. 2002. *Introductory Circuit Analysis. Tenth Edition*. New Jersey:Prelice Hall.

Dr. Endra, Febri B.S, M.Kes. 2017. *Pedoman Metodologi Penelitian (Statistika Praktis)*. Zifatama Jawara Sidoarjo: hal 106

[https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega/](https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega) (diakses tanggal 29 Desember 2019)

<https://www.plc.co.id> (diakses tanggal 29 Desember 2019)

https://www.researchgate.net/figure/figure-1-ZMPT-101B-voltage-sensor-module_fig1_316636029 (diakses tanggal 29 Desember 2019)

<https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf> (diakses tanggal 29 Desember 2019)

Nur Isnianto, Hidayat, Puspitaningrum, Esti. 2018. "Monitoring Tegangan, Arus, dan Daya Secara Real Time Untuk Perbaikan Faktor Daya Secara Otomatis Pada Jaringan Listrik Satu Fase Berbasis Arduino" *Jurnal Nasioal Teknologi Terapan*, Vol. 2 No 1

Safiril Hudan, Ivan. Tri Rijanto. 2019. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis *Internet Of Things* (IoT)". *Jurnal Volume 08 No 1*

Zakaria, Mochammad Rif'an, ST., MT., Ir. Nurussa'adah, MT. 2014. "Perancangan dan Pembuatan Alat Monitroing Biaya Tagihan Listrik Portable Pada Peralatan Listrik" *Jurnal Volume 08 No 1*