

RANCANG BANGUN DAN IMPLEMENTASI ALAT UKUR DAN SISTEM INFORMASI PADA LISTRIK SATU FASA

DESIGN AND IMPLEMENTATION MEASURING INSTRUMENT AND INFORMATION SYSTEMS ON SINGLE-PHASE ELECTRICAL

Dadan Nur Ramadan¹, Agus Ganda Permana², Galuh Mardiansyah³, Dyah Puspaningrum⁴

^{1,2,3,4}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹dadan.nr@gmail.com

Abstrak

Sistem monitoring penggunaan listrik baik secara prabayar maupun pascabayar masih memiliki beberapa masalah, salah satu permasalahan yang terjadi adalah masih kurangnya pengawasan untuk mengetahui seberapa besar penggunaan listrik di suatu rumah atau suatu daerah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sebuah perangkat yang mampu mengukur parameter-parameter pada listrik arus AC (*Alternating Current*) satu fasa, dan menampilkannya hasilnya dalam suatu sistem informasi, sehingga penggunaan daya listrik dari setiap rumah atau daerah dapat diketahui jumlahnya.

Dengan menggunakan papan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengolah datanya, parameter yang dapat diukur oleh perangkat terdiri dari arus, tegangan dan daya, data pengukuran tersebut kemudian dikirim melalui jaringan *wireless* ke sebuah komputer *server*, komputer *server* berfungsi sebagai penyimpanan data hasil monitoring dan mengolah data tersebut menjadi sebuah informasi yang ditampilkan dalam sebuah website.

Berdasarkan hasil pengujian pada pengukuran arus didapatkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 3,28%, kesalahan rata-rata pengukuran tegangan sebesar 0,39%, pada pengukuran nilai daya didapatkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 8,82%. Sedangkan pada proses pengiriman data diperoleh nilai presentase *error* sebesar 0.1%, dan akurasi data mencapai 100%.

Kata kunci: Alat ukur listrik, Sistem monitoring, Listrik Satu Fasa.

Abstract

Electricity usage monitoring system both prepaid and postpaid still have some problems, one problem is still lack of supervision to determine how much electricity usage in a home or a region. To solve that problem, we need a device that is able to measuring electrical parameters in single phase AC (*Alternating Current*), and displays the results in an information system, so the power consumption of each home or area can be determined.

By using Arduino Uno microcontroller board to processing data, the parameters that can be measured by the device is the current, voltage and power. Then the measurement data sent via wireless network to a server computer, the function of a computer server is to store all monitoring data and processing the data become information and displayed in a website.

Based on the test results obtained average error 3.28% for current measurement, average error 0.39% for voltage measurement, average error 8.82% for power measurement. While in the process of sending data the percentage error is 0.1%, and the accuracy data reaches 100%.

Keywords: Electrical Measuring Devices, Monitoring System, Single Phase Electric.

1. PENDAHULUAN

Sistem pemantauan untuk konsumsi daya listrik masih memiliki kekurangan baik pada sistem listrik pascabayar maupun prabayar, sampai dengan saat ini sistem pemantauan hanya bisa dilakukan oleh pihak PT. PLN yang dilakukan secara manual, sehingga masih memungkinkan adanya kesalahan manusia dalam pemantauannya, untuk meningkatkan pemantauan penggunaan konsumsi listrik yang lebih baik dibutuhkan alat yang dapat menampilkan penggunaan daya listrik secara *realtime*.

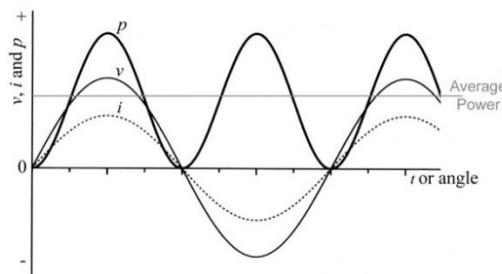
Berdasarkan data dari beberapa penelitian sebelumnya mengenai alat ukur pada listrik [1-2], analisa pengaruh harmonisa terhadap hasil penunjukan kwh meter digital 1 fasa [3], dan penelitian mengenai sistem pemantauan energi listrik pada bangunan secara waktu nyata berbasis web [4]. Maka penelitian ini difokuskan pada sebuah sistem yang terdiri dari alat pengukur parameter listrik satu fasa dan sistem informasi monitoring listrik, yang dapat memantau penggunaan listrik untuk skala rumah, data yang diukur oleh alat pengukuran adalah data tegangan, arus, serta daya, kemudian data tersebut akan dikirim ke sebuah komputer *server*, sehingga dapat dilihat secara *realtime* melalui sebuah sistem informasi berupa *website*.

Website ini mampu untuk menerima data dari beberapa alat ukur yang disimpan di beberapa rumah, serta dapat memonitoring sebuah area perumahan yang besar, sehingga memudahkan pemantauan penggunaan listrik oleh pemilik rumah ataupun PLN selaku penyedia energi listrik untuk memantau penggunaan daya pada area perumahan, dan sekaligus menjadi pembaruan dari beberapa penelitian pada pengukuran pemakaian listrik yang telah dilakukan sebelumnya.

2. DASAR TEORI

2.1 Tegangan, Daya dan Arus pada Listrik AC Satu Fasa

Pada sistem listrik DC (*Direct Current*), perhitungan daya dirumuskan sebagai perkalian arus listrik dengan tegangan. Sedangkan pada sistem listrik AC (*Alternating Current*). perhitungan daya menjadi sedikit berbeda karena melibatkan faktor daya ($\cos \phi$).



Gambar 1. Gelombang Arus, Tegangan, dan Daya Listrik AC[5]

Pada gambar diatas adalah grafik pada gelombang listrik AC dengan beban murni resistif. gelombang arus dan tegangan yang berada pada fase yang sama dan tidak ada yang saling mendahului, dengan kata lain nilai dari faktor daya ($\cos \phi$) adalah 1, dengan menggunakan rumus daya, nilai dari daya listrik memiliki nilai yang selalu positif, serta membentuk gelombang seperti pada Gambar 1.

$$P = I \times V \times \cos \phi \tag{1}$$

Daya reaktif (*Reactive Power*) adalah daya yang disuply oleh komponen reaktif. Daya reaktif (Q) ini tidak memiliki dampak apapun dalam kerja suatu beban listrik, dengan kata lain daya reaktif ini tidak berguna bagi konsumen listrik. Satuannya adalah VAR (*Volt Ampre Reactive*), dirumuskan sebagai berikut;

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \tag{2}$$

ϕ = Faktor Daya

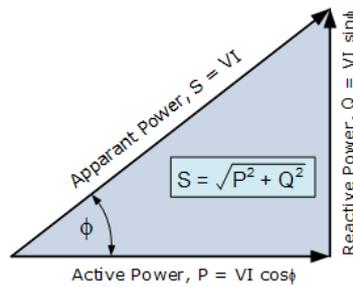
V = Tegangan

I = Arus

Daya semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan V dan arus I, satunya adalah VA, dirumuskan sebagai berikut:

$$S = V \cdot I \tag{3}$$

Hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda (*Apparent Power, Active Power dan Reactive Power*) dapat digambarkan dalam sebuah diagram segitiga daya.



Gambar 2. Segitiga Daya[6]

Dengan menggunakan prinsip trigonometri, maka diperoleh:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \tag{4}$$

2.2 Arduino

Arduino adalah sebuah mikrokontroler yang bersifat *open-source, hardware* mikrokontroler Arduino diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman *wiring-based* yang berbasiskan *syntax* dan *library*, untuk memudahkan dalam pengembangan aplikasinya, mikrokontroler Arduino juga menggunakan *Integerated Development Environment (IDE)* berbasis *processing* [7]. Dengan melengkapi Arduino dengan sensor, aktuator, lampu, speaker dan *add-on modul (Shield)* atau sirkuit terintegrasi lainnya, Arduino dapat di modifikasi menjadi sebuah inti proses kontrol dari sebuah sistem.

Sensor arus yang digunakan adalah tipe SCT013-000 yang memiliki spesifikasi pengukuran arus hingga 100 A[8], penggunaanya dengan cara salah satu kabel dari sumber listrik bisa diklipkan dengan sensor ini, sehingga aliran arus dapat terbaca oleh sensor karena menghasilkan medan magnet yang ditangkap inti ferit yang terdapat di sensor,



Gambar 3. Sensor Arus SCT 013-000[9]

Modul wireless yang digunakan adalah WizFi210, merupakan modul converter untuk antarmuka UART menjadi Wireless Ethernet ataupun sebaliknya, dengan fungsi tersebut, maka WIZFi210 mampu membantu peralatan elektronika yang hanya memiliki antarmuka UART agar

dapat terhubung ke jaringan LAN secara wireless. WizFi210 mempunyai standar IEEE802.11b/g/n[10].



Gambar 4. Arduino uno dengan Modul *Wireless* WizFi210[10]

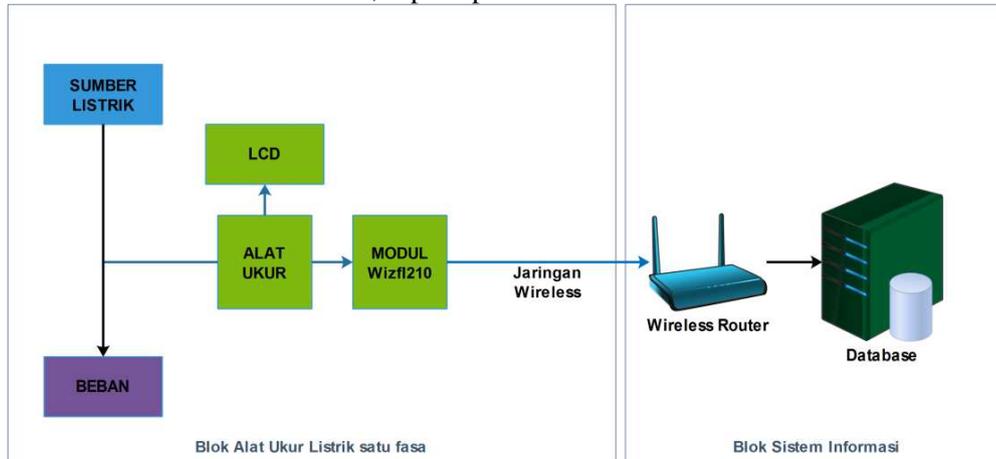
2.3 Sistem Informasi

Menurut Robert A. Leitch dan K. Roscoe Davis dalam buku Jogiyanto HM., (1999:11) [11], Sistem informasi adalah suatu sistem di dalam suatu organisasi yang mempertemukan kebutuhan pengolahan transaksi harian, mendukung operasi, bersifat manajerial dan kegiatan strategi dari suatu organisasi dan menyediakan pihak luar tertentu dengan laporan-laporan yang diperlukan.

3. PERANCANGAN dan IMPELEMENTASI

3.1 Alat Ukur Listrik Satu Fasa

Pada Pembuatan alat ukur listrik satu fasa ini, dibuat dua blok utama yaitu blok pengukuran dan blok sistem informasi, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Sistem Monitoring Arus Listrik

Pembuatan blok diagram pengukuran daya, terdiri dari beberapa subsistem, sebagai berikut:

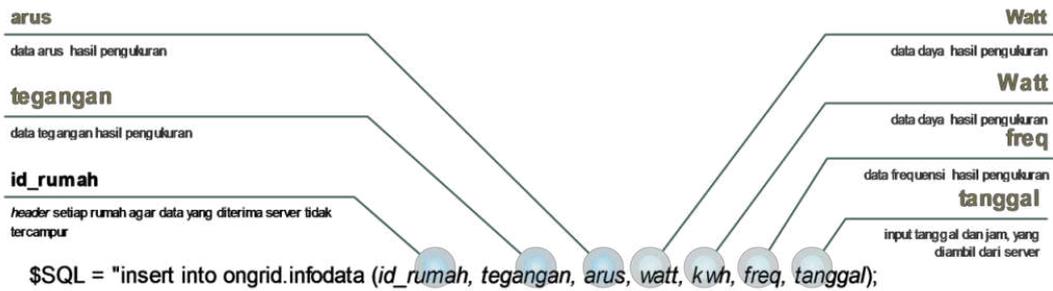
- 1) **Alat Ukur** mengukur tegangan, arus, dan faktor daya pada jala-jala listrik, setiap alat ukur memiliki id yang berbeda, sehingga data yang di kirim ke komputer *server* tidak tertukar.
- 2) **Database**; menerima data dari perangkat alat ukur yang terdiri nilai arus, tegangan, daya dan frekuensi, dan menampilkannya dalam bentuk grafik pada suatu sistem informasi berupa website, tampilan dibedakan berdasarkan *id_rumah*.
- 3) **Jaringan wireless** digunakan sebagai media untuk mengirim informasi dari alat ukur ke *database* sistem informasi.

3.2 Pengiriman, Validasi dan Penyimpanan Data

Modul *Shield* Wifi-wizfi210 digunakan sebagai *interface* untuk mengirim data hasil pengukuran dari setiap alat ukur ke database pada komputer *server*, data yang adalah *id_rumah*,

tegangan, arus, daya dan frekuensi. Kemudian data pengukuran tersebut diterima oleh sebuah *script* php, yang berfungsi untuk memvalidasi data apakah *id_rumah* yang dikirim sesuai dengan *id_rumah* yang terdapat pada *database*, apabila *id_rumah* sama maka data akan diberikan data tambahan, berupa **tanggal** kemudian data akan disimpan pada *database*. Penambahan **tanggal** berfungsi sebagai identitas waktu dan tanggal dari sebuah data, hal ini bertujuan untuk mempermudah penyajian data pada saat diolah nanti.

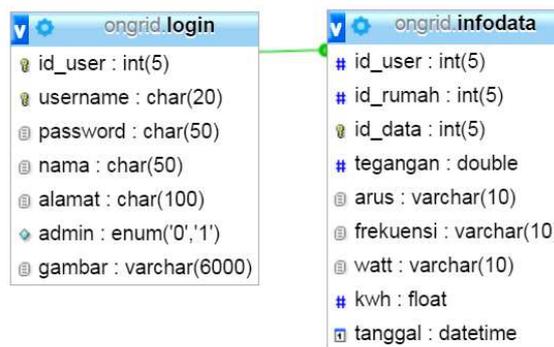
Berikut adalah konfigurasi *script* php yang tersimpan pada sistem informasi, berfungsi untuk menerima dan memvalidasi data, yang dikirim dari alat ukur dan menyimpannya pada *database* apabila proses validasi terlewati;



Gambar 6. *script* yang berfungsi untuk menyimpan data ke dalam *database*

3.3 Database

Database yang digunakan dalam pembuatan website ini mempunyai dua buah tabel yaitu tabel login, tabel infodata.



Gambar 7. Relasi Antar Tabel yang Terdapat dalam Database Ongrid

Tabel login terdiri dari *id_user*, *username*, *password*, *nama*, *alamat*, dan *status*, tabel ini digunakan untuk menyimpan data milik *user* maupun milik *admin*. Tabel berikutnya adalah tabel *infodata*. Tabel ini terdiri dari *id_user*, *id_data*, *id_rumah*, *tegangan*, *arus*, *frekuensi* dan *tanggal*.

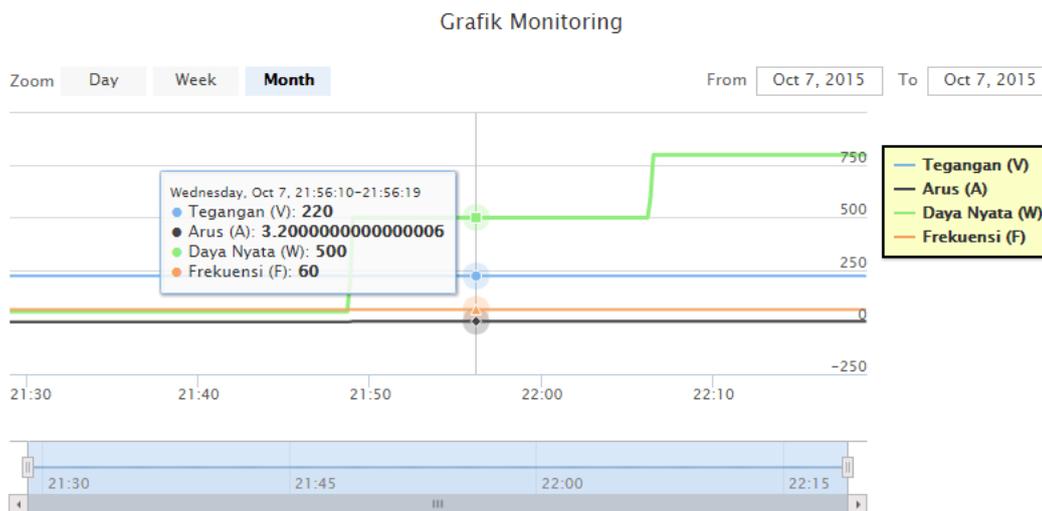
3.4 Sistem Informasi

Untuk mempermudah pembacaan data pada sistem informasi, maka dibuat sebuah *website*, menggunakan bahasa pemrograman PHP dan MySQL sebagai *database*. Pada *website* ini hak akses dibagi menjadi dua yaitu *admin* dan pemilik rumah (*user*). *User* hanya dapat melihat hasil pengukuran pada rumah masing-masing, sedangkan *admin* dapat melihat seluruh data hasil pengukuran dari setiap rumah atau seluruh rumah yang terpasang alat pengukuran, serta dapat menambah, merubah dan menghapus *user*, sehingga perubahan jumlah *user* dapat dilakukan.



Gambar 8. Tampilan halaman Admin

Data hasil pengukuran yang sudah tersimpan didalam database, kemudian diolah dan ditampilkan dalam sebuah grafik menggunakan *library highchart*[12], seperti pada gambar berikut;



Gambar 9. Grafik Monitoring pada Sistem Informasi

Hasil pengukuran yang dapat dilihat oleh *user* atau *admin* adalah hasil pengukuran tegangan, arus, daya dan frekuensi dari setiap rumah, dan data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik.

4. HASIL dan PENGUJIAN

Pengujian setiap blok rangkaian dilakukan untuk mengetahui performansi dan mengetes rangkaian yang telah dibuat, apakah sesuai dengan perancangan atau belum. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban yang berbeda-beda pada alat pengukuran, pengujian dilakukan pada pengukuran parameter listrik, pengiriman data, validasi dan tampilan pada grafik.



Gambar 10. Pengujian alat dengan beban Lampu

Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui kehandalan dari sistem itu sendiri. Pengujian ini sendiri dibagi menjadi 2 bagian, yakni pengujian perangkat pengukuran dan pengujian sistem informasi, pengujian perangkat pengukuran arus dan tegangan akan dilakukan dengan melakukan perbandingan antara hasil pengukuran menggunakan perangkat yang dibuat dan hasil pengukuran menggunakan multimeter, untuk pengujian nilai daya dilakukan dengan cara melihat hasil pengukuran daya menggunakan perangkat, daya yang diuji adalah daya nyata (Watt) dan daya semu (VA).

4.1 Pengujian Arus

Pengujian rangkaian rangkaian sensor arus bertujuan untuk mengetahui kestabilan keluaran nilai arus ketika diberi beban yang bervariasi, pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan, antara pengukuran arus dengan multimeter.

$$|Error Value| = \frac{\text{Hasil pengukuran perangkat} - \text{hasil pengukuran Multimeter}}{\text{hasil pengukuran multimeter}} \times 100\% \quad (6)$$

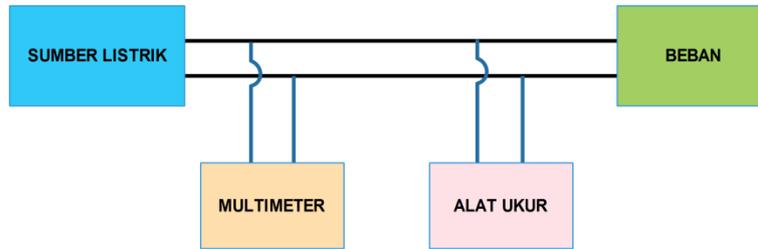
Tabel 1. Hasil Pengukuran Arus dengan menggunakan Beban

No	id_rumah	Beban yang diberikan (Watt)	Nilai pada perangkat (Ampere)	Nilai pada Multimeter (Ampere)	Nilai Kesalahan (error value)
1	001	50	0.37	0.37	0.00%
2	001	50	0.37	0.37	0.00%
3	001	50	0.38	0.37	0.37%
4	001	50	0.37	0.36	0.36%
5	001	50	0.38	0.36	0.72%
6	002	500	2.17	2.15	4.30%
7	002	500	2.19	2.16	6.48%
8	002	500	2.19	2.16	6.48%
9	002	500	2.18	2.16	4.32%
10	002	500	2.18	2.16	4.32%
11	003	800	3.62	3.63	3.63%
12	003	800	3.63	3.63	0.00%
13	003	800	3.65	3.63	7.26%
14	003	800	3.64	3.64	0.00%
15	003	800	3.66	3.63	10.89%

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai kesalahan pada pengujian pengukuran arus rata-rata secara keseluruhan sebesar 3,28%, nilai kesalahan pada pengujian pengukuran arus berasal dari nilai error yang dimiliki setiap komponen pada perangkat seperti resistor, kapasitor dan yang lainnya.

4.2 Pengujian Tegangan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pengukuran tegangan antara menggunakan alat yang dirancang dan pengukuran dengan menggunakan multimeter digital, pengujian pengukuran nilai tegangan dilakukan secara bersamaan.



Gambar 11. Skema Pengujian Pengukuran Tegangan

Untuk pengujian pengukuran tegangan dengan dan tanpa beban didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan

No	<i>id_rumah</i>	Beban yang diberikan (Watt)	Nilai pada perangkat (Volt)	Nilai pada Multimeter (Volt)	Nilai Kesalahan (error value)
1	001	0	220	220	0.00%
2	001	0	220	221	0.45%
3	001	0	220	221	0.45%
4	001	0	219	220	0.45%
5	001	0	219	220	0.45%
6	002	50	220	221	0.45%
7	002	50	219	221	0.90%
8	002	50	219	220	0.45%
9	002	50	220	221	0.45%
10	002	50	220	221	0.45%
11	003	500	220	220	0.00%
12	003	500	219	221	0.90%
13	003	500	219	221	0.90%
14	003	500	220	220	0.00%
15	003	500	220	220	0.00%

Dari tabel diatas dapat disimpulkan, untuk pengukuran tegangan menggunakan perangkat pada jaringan listrik tanpa beban memiliki nilai kesalahan rata-rata sebesar 0,39%.

4.3 Pengujian Daya

Pengujian pengukuran nilai daya dilakukan untuk mengetahui kestabilan perangkat dalam menghitung besarnya daya listrik yang digunakan pada suatu jaringan listrik, nilai daya yang diukur ada dua macam daya yang terdiri dari daya semu (VA) dan daya nyata (W).

Tabel 3. Hasil Pengukuran Daya Semu dan Nyata

No	<i>id_rumah</i>	Beban yang diberikan (Watt)	Daya Semu (VA)	Daya Nyata (W)	Nilai Kesalahan (error value)
1	001	50	70	67	4.48%
2	001	50	71	68	4.41%
3	001	50	69	67	2.99%
4	001	50	70	68	2.94%
5	001	50	70	67	4.48%
6	002	500	512	501	2.20%
7	002	500	513	503	1.99%
8	002	500	511	502	1.79%
9	002	500	512	502	1.99%
10	002	500	512	503	1.79%
11	003	800	808	801	0.87%
12	003	800	810	803	0.87%
13	003	800	808	803	0.62%
14	003	800	809	801	1.00%
15	003	800	810	801	1.12%

Dari tabel diatas didapatkan nilai daya nyata (W) terhadap dengan Beban, maka diperoleh nilai rata-rata sebesar 8,82 %.

4.4 Pengujian Sistem Informasi

Setelah dilakukan pengiriman data dari alat ukur ke *database*, dengan waktu interfal dari setiap pengiriman adalah 3 detik, dengan tujuan agar tidak terjadi penumpukan data. Dengan skenario pengiriman dari setiap perangkat adalah 1000 data, ternyata hanya 997 data yang masuk ke *database* sesuai dengan *id_rumah* dan *id_data*. 1000 data dari setiap masing-masing alat ukur terdapat 3 data yang hilang, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengiriman data mempunyai nilai presentase *error* sebesar 0.3%.



Gambar 12. Data yang dikirimkan dari alat ukur

4.5 Pengujian Akurasi Data

Tabel dibawah merupakan tabel perbandingan antara data yang dikirim oleh alat monitoring daya dengan data yang diterima di *database*, untuk proses validasi data pengujian dilakukan dengan mengirim data dari alat ukur dengan *id_rumah* yang diberi nilai **007**, dimana *id_rumah* **007** tidak terdapat pada *database*.

Tabel 4. Perbandingan data yang dikirim oleh Alat Monitoring dengan Data yang disimpan di *Database*

No	<i>id_rumah</i>	Data Yang dikirim (Arus, Tegangan, Daya nyata)	Data yang diterima (Arus, Tegangan, Daya nyata)	Nilai Kesalahan (<i>error value</i>)	Validasi data <i>id_rumah</i>
1	001	0.37 , 220 , 67	0.37 , 220 , 67	0.00%	sukses
2	001	0.38 , 220 , 68	0.38 , 220 , 68	0.00%	sukses
3	001	0.38 , 220 , 68	0.38 , 220 , 68	0.00%	sukses
4	001	0.37 , 220 , 69	0.37 , 220 , 69	0.00%	sukses
5	001	0.38 , 221 , 69	0.38 , 221 , 69	0.00%	sukses
6	001	0.38 , 221 , 68	0.38 , 221 , 68	0.00%	sukses
7	001	0.37 , 220 , 68	0.37 , 220 , 68	0.00%	sukses
8	001	0.37 , 220 , 68	0.37 , 220 , 68	0.00%	sukses
9	001	0.37 , 221 , 67	0.37 , 221 , 67	0.00%	sukses
10	001	0.38 , 221 , 67	-	-	ditolak
11	007	0.37 , 220 , 67	-	-	ditolak
12	007	0.37 , 220 , 67	-	-	ditolak
13	007	0.37 , 220 , 68	-	-	ditolak
14	007	0.37 , 221 , 67	-	-	ditolak
15	007	0.38 , 221 , 67	-	-	ditolak

Setelah dibandingkan antara data yang dikirim oleh alat monitoring daya dengan data yang diterima oleh *database* didapatkan hasil bahwa data yang diterima oleh *database* sesuai dengan data yang dikirim oleh alat monitoring daya. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa *database* dapat menerima dan menyimpan data sesuai dengan yang

dikirimkan oleh alat monitoring daya karena *database* mempunyai presentase *error* sebanyak 0%,

Pengujian validasi diperoleh presentase sukses 100%, karena pada proses validasi data yang dikirim dari alat ukur dengan *id_rumah* 007 ditolak, sehingga data dengan *id_rumah* 007 tidak terdapat pada *database*.

5. KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan analisa yang telah dilakukan pada perancangan alat pengukur parameter listrik satu fasa diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil pengukuran pada nilai arus didapatkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 3,28%, pada pengukuran tegangan didapatkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 0,39 %, sedangkan untuk pengujian daya didapatkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 8,82 %.
- 2) Pengiriman data dari masing-masing perangkat pengukuran menuju *web server* sudah dapat terhubung dengan interval yang telah diatur selama 3 detik, data yang dikirim dan tersimpan di *database*, mempunyai nilai presentase *error* sebesar 0.1%, dan akurasi data dari alat ukur ke *database* sebesar 100%.
- 3) Proses validasi data memiliki akurasi 100%, sesuai skenario pembuatan sistem dengan menolak data *id_rumah* apabila tidak sesuai dengan yang terdapat pada *database*.

5.2 Saran

- 1) Pada pengukuran tegangan sebaiknya menggunakan modul sensor tegangan yang lebih baik, karena pengukuran tegangan yang menggunakan trafo CT yang menimbulkan panas jika dilakukan pengukuran dalam waktu yang lama dan dapat menyebabkan perhitungan tegangan yang tidak valid.
- 2) Nilai kesalahan pada pengujian pengukuran arus berasal dari nilai toleransi yang dimiliki setiap komponen, seperti pada resistor, kapasitor dan yang lainnya, sebaiknya digunakan komponen-komponen yang memiliki nilai toleransi yang kecil, dan tetap stabil meskipun dalam kondisi panas.

Daftar Pustaka

- [1] Rohman, Yanuar. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Arus Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, <https://www.pens.ac.id/uploadta/downloadmk.php?id=1136>, diakses 9 November 2015, 20:18.
- [2] Itmi Hidayat Kurniawan, Latiful Hayat. 2014 .Perancangan dan Implementasi Alat Ukur Tegangan, Arus dan Frekuensi Listrik Arus Bolak-Balik Satu Fasa Berbasis Personal Computer. Techno, ISSN 1410 - 8607, Volume 15 No. 1.
- [3] Cahyani, A, Soeprpto, Ir. Soemarwanto. 2014 .Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga Terhadap Hasil Penunjukan kWh Meter Digital 1 Fasa. Malang. Universitas Brawijaya.
- [4] Ronald Ambato P. Gorat, Dr. Ir. Edi Leksomo M.Eng dan Ir FX Nugroho Soelami. 2013. Perancangan sistem pemantauan energi listrik pada bangunan secara waktu nyata berbasis web. Jurnal Tugas Akhir Sarjana Fakultas Teknologi Industri ITB Vol.II No. 1.
- [5] Basic Electrical Engineering, Part 11: Power in AC Circuits. <http://www.itacanet.org/basic-electrical-engineering/part-11-power-in-ac-circuits/>. diakses 21 Oktober 2015, 10:24.

- [6] Reactive Power. <http://www.electronics-tutorials.ws/accircuits/reactive-power.html>. diakses 21 Oktober 2015, 10:47.
- [7] Bloom J. 2013 .Exploring Arduino, tools and techniques for engineering wizardry. Wiley.
- [8] YHDC SCT-013-000 Current Transformer.
<http://openenergymonitor.org/emon/buildingblocks/report-yhdc-sct-013-000-current-transformer>. diakses 26 Oktober 2015, 21:13.
- [9] Problem with current transform SCT-013-000.
<http://openenergymonitor.org/emon/node/10044>. diakses 26 Oktober 2015, 21:15.
- [10] WiFi Shield V2.2 for Arduino from DFRobot – WizFi210.
<http://wiznetmuseum.com/portfolio-items/wifi-shield-v2-2-for-arduino-from-dfrobot-wizfi210/>. diakses 5 Oktober 2015, 13:16.
- [11] Jogianto2 HM. 2005 .Sistem Teknologi Informasi. Andi. Yogyakarta.
- [12] Highcharts. <http://www.highcharts.com/>. diakses 18 Agustus 2015, 18:47.