

Rancang Bangun Alat Perekam Penggunaan Daya Listrik untuk Beban Rumah Tangga

Zainma Wiraisy, Nanang S., Ahmad Zainuri
Teknik Elektro Universitas Brawijaya
Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia
Email : zainma.wiraisy@yahoo.com

Abstrak—Dalam kehidupan sehari-hari manusia tidak dapat terlepas dari penggunaan listrik. Untuk mempermudah konsumen listrik dalam memonitoring penggunaannya dibutuhkan sebuah alat perekam penggunaan daya listrik dalam rumah tangga. Metode yang digunakan dalam pengukuran daya listrik untuk rumah tangga menggunakan metode daya rata-rata. Dalam pengolahannya dibutuhkan nilai tegangan dan arus pada sistem kelistrikan sebagai masukan data arus dan tegangan sesaat yang akan diproses Mikrokontroler untuk mendapatkan nilai pengukuran Irms (A), Vrms (V), S (VA), dan P(W) dari beban rumah tangga. Dari hasil pengujian alat didapatkan sensitivitas dari sistem yang digunakan adalah $5V/1023 = 0,0048V/bit = 0,00683A/bit$. Dengan selisih rata-rata dari pengukuran dengan alat ukur pembanding power analyzer sebagai representasi nilai benar untuk pengukuran arus, tegangan, daya nya, dan daya semu sebesar 0,014 A, 0,852 V, 4,356 W, dan 3,35 VA.

Kata Kunci— Metode nilai rata-rata, Irms, Vrms, Daya Nyata, Daya Semu

I. PENDAHULUAN

Pada era perkembangan teknologi yang sangat pesat, peningkatan kebutuhan akan sumber energi listrik merupakan sebuah hal yang pasti. Pada tahun 2015 Indonesia akan memasuki zona pasar bebas ASEAN, dengan begitu konsumsi energi listrik diperkirakan akan meningkat pula dibandingkan waktu sebelumnya. Permasalahan yang muncul adalah kebutuhan akan beban listrik tidak mampu terlayani dengan pembangkit listrik yang ada, terlihat dari tidak meratanya pasokan listrik yang tersebar di beberapa daerah di Indonesia, hal ini harus disikapi secara serius bukan hanya sekedar wacana. Penghematan dalam penggunaan beban listrik merupakan langkah awal yang dapat dilakukan guna membantu pemerintah dalam mengurangi defisit pada sumber ketenagalistrikan kita.

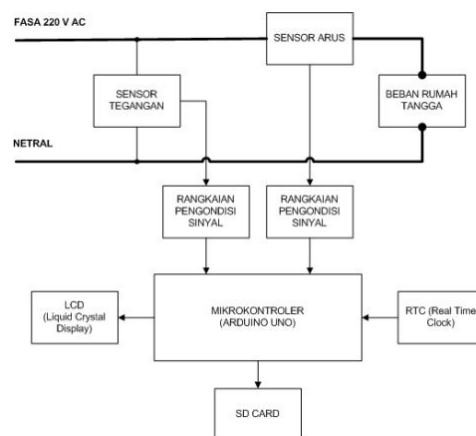
Penerapan efisiensi energi listrik menjadi hal yang sangat penting. Selain efisien energi, terdapat juga perilaku konservasi energi, konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Pengertian konservasi energi disini adalah mengurangi konsumsi energi dengan mematikan peralatan yang tidak sedang digunakan.

Untuk mendukung dilaksanakannya efisiensi dan konservasi energi listrik, dibutuhkan alat yang mampu me-monitoring penggunaan daya listrik yang dilakukan dan juga mencegah terjadinya pemborosan akibat kesalahan manusia. Selain itu dibutuhkan juga rekap penggunaannya agar pengguna mampu mengevaluasi penggunaan daya listrik yang berlebih. Dengan adanya alat perekam nilai arus, tegangan, dan daya diharapkan mampu mempermudah konsumen dalam me-monitoring konsumsi daya listrik dan juga menghindari terjadi penggunaan daya listrik secara berlebih untuk beban rumah tangga.

II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Perancangan Blok Diagram Sistem

Perancangan alat diawali dengan pembuatan diagram blok sistem secara keseluruhan. Diagram blok sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem

B. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan

Pada perancangan ini dibutuhkan rangkaian yang mampu mengambil sinyal tegangan pada sistem agar dapat diproses oleh mikrokontroler. Digunakan *transformator step-down* yang mampu menurunkan level tegangan AC 220 V menjadi tegangan AC 9 V, dengan puncak atas +12,7 V dan puncak bawah -12,7 V. Nilai tegangan sebesar ini masih perlu dicecilkan lagi untuk dapat diproses oleh mikrokontroler. Digunakan rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan level tegangan keluaran sensor. Rangkaian pembagi tegangan ini dirancang untuk menghasilkan keluaran tegangan yang sesuai dengan tegangan referensi pada arduino (0 – 5V), dengan penghitungan sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

Tegangan keluaran trafo: 9 V

$$V_{maks \text{ trafo}} = 9 \times \sqrt{2} = 12,7 \text{ V}$$

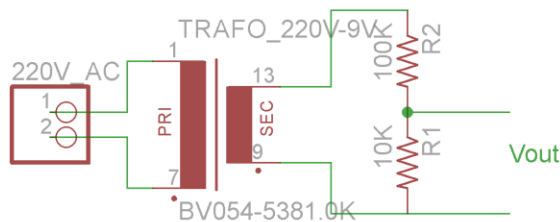
$$V_{peak - peak \text{ trafo}} = 25,4 \text{ V}$$

Resistor R1 dan R2 pada Gambar 2 membentuk sebuah rangkaian pembagi tegangan yang menurunkan nilai tegangan keluaran dari trafo *step-down*. Nilai hambatan R1 dan R2 dipilih untuk memberikan nilai tegangan keluaran puncak $\pm 1 \text{ V}$. Untuk trafo dengan tegangan keluaran 9 Vrms AC, kombinasi nilai resistor R1=10k Ω dan R2=100k Ω cocok untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang tepat dengan perancangan.

$$V_o \text{ puncak} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_i \text{ puncak}$$

$$V_o \text{ puncak} = \frac{100k\Omega}{10k\Omega + 100k\Omega} \times 12,7 \text{ V}$$

$$V_o \text{ puncak} = 1,15 \text{ V}$$



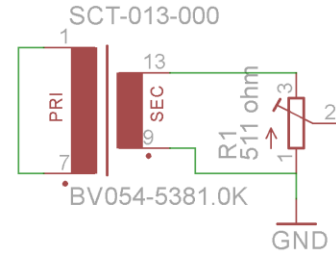
Gambar 2 Rangkaian sensor tegangan

Sinyal keluaran pada rangkaian ini masih berbentuk sinusoida murni dengan puncak +1,15 V dan -1,15 V.

C. Perancangan Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus SCT-013-000 memiliki keluaran arus dengan ratio 100A : 50mA untuk mendapatkan keluaran dengan nilai tegangan perlu ditambahkan

resistor yang dipasang secara paralel pada keluaran sensor seperti pada Gambar 4.



Gambar 3 Rangkaian Sensor Arus

Berikut ini akan dijelaskan mencari nilai resistor yang ideal untuk rangkaian ini:

1.) Menentukan rentang nilai ukur yang akan dibaca oleh sensor: (0 – 7A)

2.) Menentukan nilai maksimum arus yang mengalir pada kumparan primer sensor:

$$I_p = I_{rms} \times \sqrt{2} \text{ ampere}$$

$$I_p = 7 \times \sqrt{2} = 9,899 \text{ A}$$

3.) Menentukan arus maksimum yang mengalir pada kumparan sekunder sensor:

$$I_s = \frac{I_p}{\text{Jumlah lilitan sensor}} \text{ ampere}$$

$$I_s = \frac{9,899}{2000} = 0,0049 \text{ A}$$

4.) Untuk memaksimalkan resolusi pengukuran tegangan, nilai resistor yang dipasangkan harus menghasilkan nilai tegangan referensi pada Mikrokontroler (0V – 5V) maka:

$$\frac{A_{REF}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ V}$$

5.) Hitung nilai resistor ideal menggunakan Hk.Ohm:

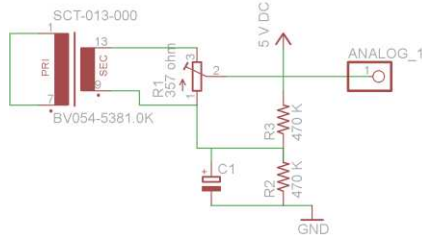
$$R = \frac{V}{I} \Omega$$

$$R_{burden} = \frac{V_{ref}}{I_s} \Omega$$

$$R = \frac{2,5}{0,0049} = 510,25 \Omega$$

D. Perancangan RPS untuk Sensor Arus dan Tegangan

Rangkaian Pengondisi Sinyal yang digunakan dalam perancangan ini adalah rangkaian *clamper*. hanya dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan resistor untuk mendapatkan seberapa besar level DC yang dinaikan. Dan juga digunakan komponen kapasitor untuk menghalangi sinyal DC masuk ke *input* dan sebaliknya sinyal input akan mampu melewati kapasitor, sehingga tujuan yang diharapkan akan tercapai.

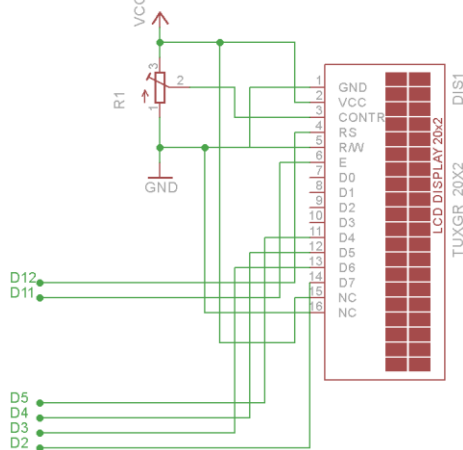


Gambar 4 Skematik Rangkaian Pengondisi Sinyal

E. Perancangan Rangkaian LCD

Pada perancangan sistem ini digunakan LCD modul QC1602A yang merupakan sebuah modul LCD *dot matrix* yang membutuhkan daya kecil. LCD modul QC16022A dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi. Rangkaian koneksi LCD karakter 2X16 ke mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 4.6. LCD modul QC1602A mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

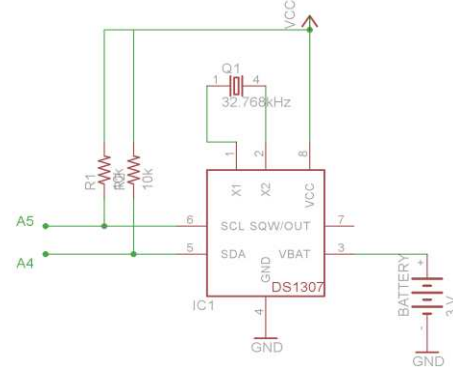
- Memiliki 20 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri atas 5X7 *dot matrix*.
- Memerlukan catu daya DC 5 V.
- Menggunakan 4-bit data dan 3-bit control.
- Kontras yang dapat diatur .



Gambar 5. Konfigurasi pin LCD 20X2

F. Perancangan Rangkaian Real Time Clock DS1307

Modul RTC pada penelitian ini menggunakan DS1307 untuk menampilkan waktu dan tanggal secara *real time*. RTC menggunakan komunikasi data I2C yang hanya membutuhkan dua jalur yaitu SDA dan SCL. SCL (*Serial Clock*) merupakan jalur clock, digunakan untuk mensinkronkan data transfer antara Mikrokontroler Arduino dan Modul RTC dalam I2C bus. SDA dan SCL dihubungkan keseluruhan komponen dalam bus I2C seperti pada Gambar 7.



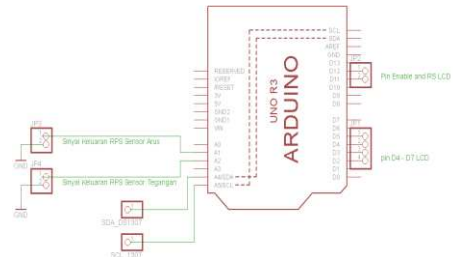
Gambar 6 konfigurasi pin Modul RTC

G. Perancangan Kontrol Sistem Keseluruhan

Pada perancangan Kontrol Sistem Perangkat Keras digunakan Mikrokontroler Arduino UNO. Mikrokontroler Arduino UNO menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Berikut ini merupakan alokasi pin yang digunakan:

- PORTA.1 difungsikan sebagai masukan dari sinyal keluaran rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus.
- PORTA.2 difungsikan sebagai masukan dari sinyal keluaran rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan.
- Dua pin pada (PORTA.4 – PORTA.5) difungsikan sebagai pengiriman data untuk Modul RTC.
- Enam pin pada (PORTD.11 – PORTD.12) difungsikan sebagai pin RS dan Enable pada rangkaian LCD dan (PORTD.2 – PORTD.5) difungsikan sebagai pin D4 – D7 pada rangkaian LCD.

dari total 20 pin yang disediakan pada Mikrokontroler ini hanya digunakan 10 pin seperti pada Gambar 9.

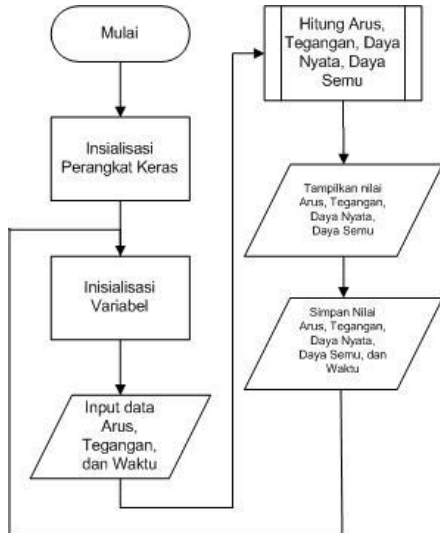


Gambar 7 Rangkaian Kontrol Sistem

H. Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Perancangan perangkat lunak untuk mengontrol sistem alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga menggunakan bahasa pemrograman C dan perangkat lunak IDE Arduino yang digunakan sebagai *compiler* program. Tujuan dari program utama adalah mengatur urutan kerja sistem sehingga sistem mampu menjalankan

fungsinya dengan baik. Secara umum tugas yang harus dikerjakan oleh program utama meliputi pembacaan data dari masukan kemudian memprosesnya lalu menampilkan hasilnya. Algoritma program utama ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 8 Diagram Alir Sistem APPDL

Pemrosesan nilai data masukan arus dan tegangan diolah pada Mikrokontroler dengan memasukan bentuk fungsi diskrit dari pengukuran daya rata-rata, I_{rms} , V_{rms} , dan daya semu. Sinyal masukan yang berupa arus dan tegangan sesaat akan disampling sebanyak 50 kali dalam 20ms (kemampuan sampling Mikrokontroler Arduino) untuk mendapat nilai daya sesaat, I_{rms} (A), V_{rms} (V), P (W), dan S (VA). Jumlah sampel dari daya sesaat akan dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai daya rata-rata (P).

Fungsi Diskrit Daya Nyata (P):

$$P \equiv \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} v(n) \times i(n) W$$

- N = Jumlah *sampling*
- $v(n)$ = Sampel dari input sinyal tegangan $v(t)$
- $i(n)$ = Sampel dari input sinyal arus $i(t)$

Fungsi Diskrit mendapatkan nilai Arus RMS (*Root Mean Square*):

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} i(n)^2}{N}} A$$

- N = Jumlah Sampling
- $v(n)$ = sampel dari input sinyal tegangan $v(t)$

Fungsi Diskrit mendapatkan nilai Tegangan RMS:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} v(n)^2}{N}} V$$

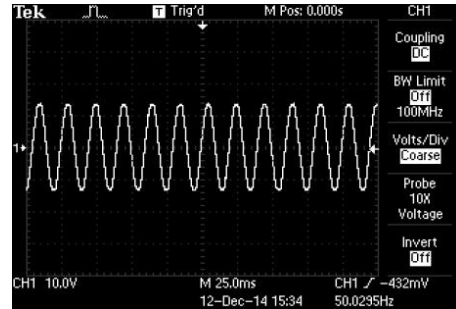
Fungsi mendapatkan nilai daya semu (S):

$$S = V_{rms} \times I_{rms} VA$$

III. Pengujian dan Analisis

A. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan yang keluar dari sensor beserta bentuk sinyalnya.

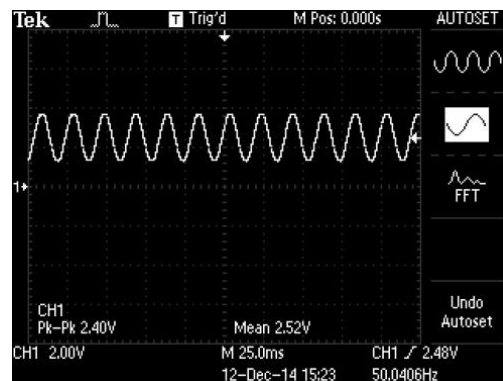


Gambar 9 Sinyal Keluaran Sensor Tegangan

Dari hasil pengujian sensor tegangan didapatkan bentuk sinyal tegangan yang bernilai 9,8V dengan tegangan puncak +14 V dan -14V. keluaran dari sensor ini memiliki nilai puncak atas yang lebih besar dari perancangan akibat nilai toleransi $\pm 1 V$ pada sensor.

B. Pengujian RPS Sensor Tegangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian pengondisi sinyal ini sudah bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan dengan melihat bentuk sinyal keluaran rangkaian.



Gambar 10 Sinyal Keluaran RPS Sensor Tegangan

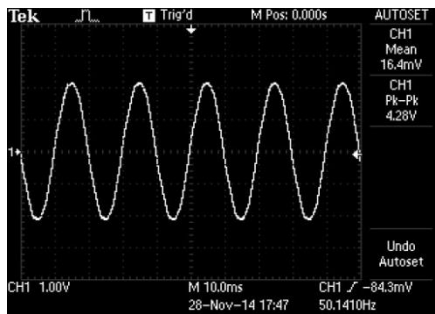
Dari hasil pengujian pada gambar 12. Didapatkan bentuk sinyal keluaran pada rangkaian pengondisi sinyal sensor tegangan memiliki tegangan *peak to peak* sebesar 2,40V dengan puncak atas +3,68V dan puncak bawah +1,28V dan titik tengah berada pada 2,48V. perbedaan nilai pada perancangan dengan hasil pengujian dikarekan toleransi $\pm 1V$ pada Trafo dan $\pm 1\%$ pada nilai resistor.

C. Pengujian Sensor Arus

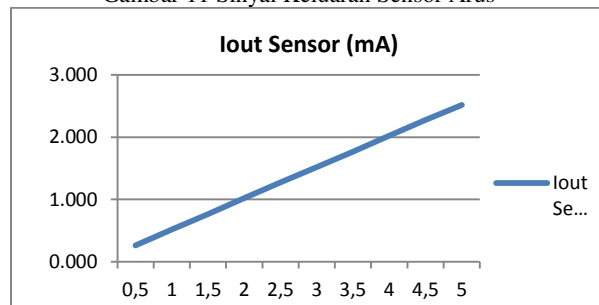
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor telah bekerja sesuai dengan perancangan dan spesifikasi alat. Pengujian akan dilakukan dengan melihat bentuk sinyal keluaran pada oscilloscope dan nilai arus pada Multimeter.

Tabel 2. Keluaran sensor arus SCT-013-000

Pengujian ke-	Input Sensor (A)	Output Sensor (mA)
1.	0.5	0.262
2.	1	0.515
3.	1.5	0.763
4.	2	1.021
5.	2.5	1.275
6.	3	1.518
7.	3.5	1.765
8.	4	2.025
9.	4.5	2.277
10.	5	2.516



Gambar 11 Sinyal Keluaran Sensor Arus

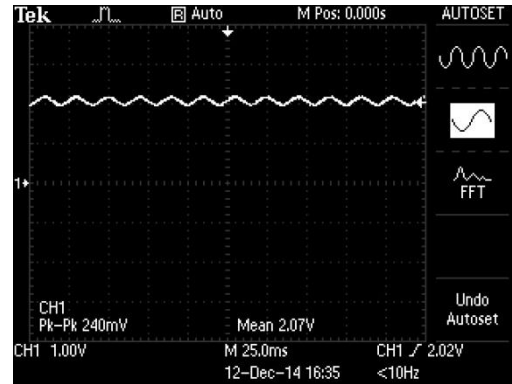


Gambar 12 Grafik Arus Keluaran Sensor Arus

Dari data hasil pengujian diatas didapatkan nilai tegangan keluaran pada sensor arus SCT-013-000 memiliki keluaran arus yang naik secara linear seiring dengan kenaikan dari nilai arus pada beban.

D. Pengujian RPS Sensor Arus

Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui apakah rangkaian sudah bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan dengan melihat nilai keluaran rangkaian dan bentuk sinyal.



Gambar 13 Sinyal Keluaran RPS Sensor Arus

Dari Gambar 13. Menunjukkan bentuk sinyal keluaran pada rangkaian pengondisi sinyal berupa sinyal sinusoida dengan puncak atas 2,12 V dan bawah bernilai 1,98 V positif dengan titik tengah sinyal bernilai 2V. rangkaian telah bekerja namun masih memiliki perbedaan nilai yang diharapkan pada perancangan akibat toleransi yang diberikan pada komponen pembentuk.

E. Pengujian Pengukuran Arus, Tegangan, dan Daya Alat

Pengujian ini dilakukan untuk melihat tingkat kestabilan dari hasil pengukuran AAPDL pada Tabel 3. Dan juga melihat selisih pengukuran terhadap alat ukur power analyzer sebagai representasi nilai benar pada Tabel 4 dan Tabel 5

Tabel 3. Hasil Pengukuran Menggunakan APPDL

Pengujian ke-	Beban	P (W)	S (VA)	V (V)	I (A)
1.	Solder 40 W	41,91	42,70	221,07	0,19
2.	Solder 40 W	41,88	42,64	221,18	0,19
3.	Solder 40 W	41,83	42,60	220,92	0,19
4.	Solder 40 W	41,96	42,72	221,28	0,19
5.	Solder 40 W	41,90	42,78	221,05	0,19

Tabel 4 hasil pengukuran APPDL dengan variasi beban

Pengujian ke-	Beban	P (W)	S (VA)	V (V)	I (A)
1.	Bohlam 60 W	51,08	52,85	220,23	0,24
2.	Solder 40 W	37,24	36,90	217,09	0,19
3.	Heater 300 W	290	297,9	217,47	1,37
4.	Setrika 40 W	284,8	319,8	219,16	1,46

5.	Dispenser 270 W	234	290,6	218,57	1,33
----	--------------------	-----	-------	--------	------

Tabel 5 Hasil pengukuran power analyzer dengan variasi beban

Pengujian ke-	Beban	P (W)	S (VA)	V (V)	I (A)
1.	Solder 40 W	55,86	57	220	0,26
2.	Solder 40 W	37,24	38	219	0,18
3.	Solder 40 W	290	300	218	1,38
4.	Solder 40 W	284,80	320	218	1,47
5.	Solder 40 W	234	300	219	1,35

Arduino sebagai tempat mengolah data analog dari sensor memiliki resolusi 10-bit (0 – 1023) dan tegangan referensi yang digunakan adalah 5V, sehingga tingkat sensitivitas dari sistem yang digunakan adalah $5V/1023 = 0,0048V/bit = 0,00683A/bit$.

III. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

1. Alat perekam penggunaan daya untuk beban rumah tangga melakukan pengukuran berdasarkan metode penghitungan nilai rata-rata, dalam perhitungan dibutuhkan nilai tegangan dan arus sesaat sebagai variabel masukan untuk mendapatkan nilai arus, tegangan, daya semu, dan daya nyata pada sistem. Nilai hasil pengukuran berpengaruh terhadap perubahan nilai cos phi namun dalam pengukuran tidak menggunakan variabel cos phi.
2. Alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga pengujian beban berupa solder listrik 40 W didapatkan nilai pengukuran arus yang konstan pada 0,19 A, pada pengukuran tegangan didapatkan hasil nilai pengukuran tegangan yang berubah dengan rentang 220,92 – 221,28 V, untuk pengukuran nilai daya semu memiliki rentang pengukuran 42,60 – 42,78 VA, dan untuk pengukuran nilai daya nyata memiliki

rentang pengukuran dari 41,83 – 41,96 W. Perbedaan hasil pengukuran pada alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga dikarenakan tidak stabilnya tegangan yang dihasilkan pada sistem kelistrikan rumah tangga. Dari hasil pengujian kedua didapatkan rata-rata selisih hasil pengukuran arus, tegangan, daya nyata dan daya semu sebesar 0,014 A, 0,852 V, 4,356 W, dan 3,35 VA selisih ini didapatkan karena penggunaan metode rata-rata pada pengolahan data mikrokontroler Arduino yang hanya memiliki satu buah ADC sehingga terjadi delay pada saat melakukan sampling data masukan yang mempengaruhi nilai hasil pengukuran pada alat perekam penggunaan daya listrik untuk beban rumah tangga.

3. Pengiriman data pengukuran dikirimkan oleh Mikrokontroler Arduino ke Modul SD Card menggunakan antarmuka SPI melalui pin D4, D11, D12, D13.

B. Saran

Diharapkan untuk penelitian kedepannya mampu mengukur penggunaan daya listrik untuk rumah tangga dengan menggunakan metode yang lebih akurat. Dan pengukuran untuk sistem kelistrikan 3 fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arduino, 2014. *Arduino Main Board*. Arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno (Diakses 10 Januari 2015)
- [2] Dallas. 2005. *DS1307 Serial Real-Time Clock Datasheet*. Dallas Integrated
- [3] Mismail, Budiono. 1995. *Rangkaian Listrik Jilid Pertama*. Bandung. ITB
- [4] Pabla, AS. 1986. *Sistem Distribusi Daya Elektrik*. Jakarta, Erlangga
- [5] Stevensen. 1993. *Power System Analysis*. Singapore: McGraw – Hill
- [6] Seedstudio, 2014. *SD Card Shield V.4.0. Spesification*. Seedstudio.com/wiki/File:SD_Card_Shield. (Diakses 20 Oktober 2014)