

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN PRODUK TERAPAN**



**RANCANG BANGUN SMART METER BERBASIS NILM UNTUK  
MEMANTAU PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR RUMAH  
TANGGA MENGGUNAKAN HYBRID PARTICLE SWARM  
OPTIMIZATION - NEURAL NETWORK (PSO-NN)**

**Dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian, Direktorat Jenderal  
Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan  
Pendidikan Tinggi sesuai dengan Surat Perjanjian kontrak penelitian Tahun  
Anggaran 2017**

**Nomor : 052/SP2H/LT/DRPM/IV/2017, Tanggal 3 April 2017**

**Muhammad Yusuf Yunus, S.ST., M. T. / 0020088004  
Marhatang, S.ST., M.T. / 0017117409**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
OKTOBER 2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**


Judul : RANCANG BANGUN SMART METER BERBASIS NILM UNTUK MEMANTAU PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN HYBRID PARTICLE SWARM OPTIMIZATION - NEURAL NETWORK (PSO-NN)

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : MUHAMMAD YUSUF YUNUS,  
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang  
NIDN : 0020088004  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Konversi Energi  
Nomor HP : 082346999002  
Alamat surel (e-mail) : yunus\_it@yahoo.com

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : MARHATANG  
NIDN : 0017117409  
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Ujung Pandang

**Institusi Mitra (jika ada)**  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 58,750,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 0

Mengetahui,  
Direktur PNUP  
  
(Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.S)  
NIP/NIK 195811011988031001

Kota Makassar, 25 - 10 - 2017  
Ketua,  
  
( MUHAMMAD YUSUF YUNUS, )  
NIP/NIK 198008202005011001

Menyetujui,  
Ketua UPPM PNUP  
  
(Ir. Suryanto, M.Sc.,Ph.D)  
NIP/NIK 195908261988031002

## RINGKASAN

Konservasi energi merupakan isu yang menantang karena secara eksponensial meningkatkan kebutuhan energi. Sumber daya energi fosil yang terbatas dan diperkirakan kebutuhan energi global akan meningkat dua kali lipat pada akhir tahun 2030. Hal ini akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, serta perekonomian, perubahan iklim dan krisis energi pada suatu negara secara langsung dipengaruhi oleh pertumbuhan konsumsi energi. Salah satu contoh langkah untuk menurunkan pemborosan energi listrik dapat dicapai melalui pemantauan konsumsi energi listrik dan menyampaikan informasi ini kembali (umpan balik) kepada konsumen. Beberapa studi menunjukkan bahwa penghematan energi listrik maksimum dapat dicapai dengan menggunakan mekanisme umpan balik langsung yaitu memberikan informasi penggunaan energi listrik secara real time.

Penelitian ini mengusulkan perancangan *Smart Meter* sebagai pengganti KWH meter. Smart meter yang dirancang memiliki fitur yang dapat memantau, mengidentifikasi dan mencatat pemakaian energi listrik yang meliputi waktu penggunaan dari peralatan-peralatan elektronika secara *real time*. Fitur-fitur tersebut tidak dimiliki oleh KWH meter analog maupun digital. Smart Meter menggunakan sensor arus untuk memantau, mengukur dan identifikasi karakteristik arus dari setiap beban peralatan elektronika menggunakan *backpropagation neural network-PSO*. Sensor arus ACS712 digunakan sebagai pengganti transformator arus. Alasan pemilihan sensor arus ACS712 adalah untuk meminimalkan fenomena distorsi dalam pengukuran arus dari transformator arus. Dari metode yang diusulkan, diharapkan mendapatkan hasil yang signifikan yang meliputi komputasi yang efisien dan akurasi pengenalan pola (*pattern recognition*).

**Kata Kunci** : *Smart Meter, Neural Network, Particle Swarm Optimization, Neural Network, Monitoring beban*

## PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayat-Nya sehingga laporan kemajuan penelitian produk terapan dengan judul **“RANCANG BANGUN SMART METER BERBASIS NILM UNTUK MEMANTAU PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN HYBRID PARTICLE SWARM OPTIMIZATION - NEURAL NETWORK (PSO-NN)”** dapat terselesaikan.

Laporan tahunan penelitian ini dapat terselesaikan atas bantuan berbagai pihak, untuk itu tim penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Direktorat Riset dan Pengabdian, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
2. yang telah memberikan dana penelitian produk terapan Melalui DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan nomor kontrak Nomor : 052/SP2H/LT/DRPM/IV/2017, Tanggal 3 April 2017.
3. Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.S. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibrahim Abduh, S.ST., M.T. selaku Pembantu Direktur Bidang Akademik.
5. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.
6. Masyarakat.
7. Dr. Jamal, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
8. Apollo, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Konversi Energi.
9. Seluruh tim pemantau dan penguji pelaksanaan penelitian hibah bersaing.
10. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin.
11. Para Staf Pegawai dan Teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
12. Orang-orang yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu sehingga kegiatan ini dapat terlaksana.

Namun disadari bahwa tulisan ini masih belum sempurna. Untuk itu dengan kerendahan hati diharapkan saran dan kritikan yang membangun untuk perbaikan.

Akhir kata semoga penelitian ini memberi manfaat yang sebesar-besarnya bagi ilmu pengetahuan dan bernilai ibadah di sisi Allah SWT. Amin.

Makassar, Oktober 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>HALAMAN SAMPUL</b>  | <b>i</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b>  | <b>ii</b>  |
| <b>RINGKASAN</b>   | <b>iii</b> |
| <b>PRAKATA</b>   | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b>  | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b>  | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>   | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>   | <b>ix</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |            |
| 1.1 Latar Belakang   | 1          |
| 1.2 Permasalahan   | 2          |
| 1.3 Rencana Target Capaian Tahunan   | 2          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>   |            |
| 2.1 Struktur Umum dan Metode Identifikasi Beban                            | 4          |
| 2.2 Neural Network dan Particle Swarm Optimization                         | 6          |
| 2.3 Rancangan Desain Smart Meter   | 8          |
| 2.4 Studi Pendahuluan yang Telah dilaksanakan dan Hasil yang Sudah Dicapai | 8          |
| 2.5 Peta Jalan Penelitian  | 9          |
| <b>BAB III TUJUAN &amp; MANFAAT PENELITIAN</b>                             |            |
| 3.1 Tujuan Penelitian  | 10         |
| 3.2 Manfaat Penelitian   | 10         |
| <b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>  |            |
| 4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian  | 12         |
| 4.2 Desain Smart Meter   | 12         |
| 4.3 Pengumpulan Data   | 13         |
| 4.4 Target/Indikator Keberhasilan  | 14         |
| 4.5 Bagan Alir Penelitian/Fishbone Diagram                                 | 15         |
| <b>BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI</b>                                 |            |
| 5.1 Desain Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> )                             | 16         |
| 5.2 Pengujian <i>Sampling</i> Arus Masing-Masing Beban                     | 20         |
| 5.3 Pengujian Fitur Pemantauan Beban Listrik Menggunakan LabVIEW           | 30         |
| <b>BAB VI RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA</b>                                   |            |
| 6.1 Desain Hardware  | 43         |
| 6.2 Desain Software  | 43         |
| <b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>  | 44         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>  | 45         |
| <b>LAMPIRAN</b>  | 46         |

## DAFTAR TABEL

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabel 1.1 | Rencana Target Capaian Tahunan  | 2  |
| Tabel 5.1 | Spesifikasi Peralatan Listrik Rumah Tangga yang digunakan pada Proses Pengujian | 18 |

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Struktur umum sistem identifikasi beban                       | 4  |
| Gambar 2.2  | Gelombang arus peralatan elektronika                          | 5  |
| Gambar 2.3  | Struktur backpropagation neural network                       | 6  |
| Gambar 2.4  | Peta Jalan Penelitian   | 9  |
| Gambar 4.1  | Desain Smart Meter  | 12 |
| Gambar 4.2  | Skematik Sensor Arus ACS712 & Rangkaian Penkondisian Sinyal   | 13 |
| Gambar 4.3  | Bagan Alir Penelitian/Fishbone Diagram                        | 15 |
| Gambar 5.1  | Rangkaian Catu Daya 5 V                                       | 16 |
| Gambar 5.2  | Sensor Arus ACS712-20A  | 17 |
| Gambar 5.3  | Mikrokontroler Arduino Mega 2560                              | 17 |
| Gambar 5.4  | Desain <i>Cover</i> Modul. (a) Tampak Atas, (b) Tampak Depan  | 19 |
| Gambar 5.5  | <i>Cover</i> Modul  | 20 |
| Gambar 5.6  | Karakteristik Pengujian Beban Dispenser                       | 20 |
| Gambar 5.7  | Pengujian Beban Dispenser                                     | 21 |
| Gambar 5.8  | Karakteristik Pengujian Beban Heater                          | 21 |
| Gambar 5.9  | Pengujian Beban Heater  | 22 |
| Gambar 5.10 | Karakteristik Pengujian Beban Setrika                         | 23 |
| Gambar 5.11 | Pengujian Beban Setrika                                       | 23 |
| Gambar 5.12 | Karakteristik Pengujian Beban Lampu                           | 24 |
| Gambar 5.13 | Pengujian Beban Lampu   | 24 |
| Gambar 5.14 | Karakteristik Pengujian Beban Dispenser dan Heater            | 25 |
| Gambar 5.15 | Pengujian Beban Dispenser dan Heater                          | 25 |
| Gambar 5.16 | Karakteristik Pengujian Beban Heater dan Lampu                | 26 |
| Gambar 5.17 | Pengujian Beban Heater dan Lampu                              | 26 |
| Gambar 5.18 | Karakteristik Pengujian Beban Setrika dan Lampu               | 27 |
| Gambar 5.19 | Pengujian Beban Setrika dan Lampu                             | 27 |
| Gambar 5.20 | Karakteristik Pengujian Beban Dispenser, Setrika, dan Lampu   | 28 |
| Gambar 5.21 | Pengujian Beban Dispenser, Setrika dan Lampu                  | 28 |
| Gambar 5.22 | Karakteristik Pengujian Beban Dispenser, Heater, Setrika, dan |    |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
|             | Lampu   | 29 |
| Gambar 5.23 | Pengujian Beban Dispenser, Heater, Setrika, dan Lampu   | 29 |
| Gambar 5.24 | Tampilan <i>front panel</i> Menu Home pada Fitur LabVIEW  | 31 |
| Gambar 5.25 | Tampilan Menu Monitoring pada Fitur LabVIEW   | 31 |
| Gambar 5.26 | Tampilan Blok Diagram pada LabVIEW  | 32 |
| Gambar 5.27 | Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Dispenser   | 33 |
| Gambar 5.28 | Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Dispenser   | 34 |
| Gambar 5.29 | Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Setrika   | 34 |
| Gambar 5.30 | Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Setrika   | 35 |
| Gambar 5.31 | Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Lampu   | 36 |
| Gambar 5.32 | Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Lampu   | 37 |
| Gambar 5.33 | Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kipas Angin   | 37 |
| Gambar 5.34 | Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kipas Angin   | 38 |
| Gambar 5.35 | Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Setrika dan Lampu                               | 38 |
| Gambar 5.36 | Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Setrika dan Lampu                         | 39 |
| Gambar 5.37 | Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Setrika dan Lampu                    | 40 |
| Gambar 5.38 | Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Setrika dan Lampu              | 41 |
| Gambar 5.39 | Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Kipas Angin, Setrika dan Lampu       | 41 |
| Gambar 5.40 | Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Kipas Angin, Setrika dan Lampu | 42 |



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Draft Artikel Ilmiah

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sering kali terdengar para konsumen energi listrik khususnya konsumen rumah tangga mengeluh dikarenakan tagihan rekening listriknya yang terlalu mahal, tetapi tidak sedikit pula konsumen yang kebingungan karena angka-angka yang tercetak dilembar tagihan rekening listriknya terlalu murah. Hal ini sangat mungkin terjadi apabila sistem penghitungan pemakaian energi listrik masih dilakukan secara manual oleh petugas PLN. Karena dilakukan secara manual, cara ini memiliki kekurangan yaitu kemungkinan terjadinya kekeliruan (Hutoro, 2015).

KWH meter analog maupun digital yang masih digunakan oleh konsumen rumah tangga hanya bisa mencatat pemakaian energi listrik pada setiap jamnya dan besarnya pemakaian energi listrik dikalikan dengan tarif dasar listrik (TDL) yang disesuaikan dengan daya yang terpasang diperumahan tersebut. Pada lembar tagihan rekening listrik hanya tertera jumlah nominal tagihan yang harus dibayar oleh konsumen saja tanpa ada perincian yang mencakup penggunaan peralatan-peralatan elektronika selama satu bulan.

Pada penelitian ini, Smart Meter dirancang untuk memantau dan mengidentifikasi pemakaian energi listrik dari penggunaan peralatan-peralatan elektronika di rumah konsumen secara *real time*. Konsumen dapat dengan mudah memperoleh informasi mengenai seberapa banyak pemakaian energi listrik yang telah digunakan. Dengan cara tersebut, konsumen dapat mengetahui dan membedakan peralatan-peralatan elektronika yang boros energi dan hemat energi sehingga konsumen bisa melakukan penghematan efektif. Sistem pemantauan beban berbasis *Non Intrusive Load Monitoring (NILM)* (Hart, 1992), di mana hanya memerlukan sensor tegangan dan arus (Roos,1994).

Smart Meter dirancang menggunakan *hybrid Backpropagation Neural Network* dan *Particle Swarm Optimization*. *Backpropagation Neural Network* merupakan salah satu teknik komputasi berbasis kecerdasan buatan yang dapat mengenali pola, klasifikasi/identifikasi, prediksi, optimisasi, dan pendekatan

fungsi. Kemampuan *backpropagation neural network* dalam mengenali pola dan identifikasi dapat menyelesaikan permasalahan dalam memantau dan mengidentifikasi pemakaian energi listrik dengan hasil akurat.

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang masalah, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah, bagaimana membuat *Smart Meter* berbasis *NILM* untuk memantau dan mengidentifikasi pemakaian energi listrik di sektor rumah tangga.

Beberapa pertanyaan penelitian untuk menjawab permasalahan di atas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain *Smart Meter* berbasis *NILM* yang mampu memantau pemakaian energi listrik secara *real time*?
2. Bagaimana mengintegrasikan Metode Cerdas *PSO-NN* dengan *Smart Meter* yang dibuat?
3. Bagaimana mengintegrasikan antara *Software* dan *Hardware* dari *Smart Meter* berbasis *NILM* yang didesain?
4. Bagaimana mengimplementasikan *Smart Meter* berbasis *NILM* pada sektor rumah tangga?
5. Bagaimana merancang *Smart Meter* yang mampu menampilkan perincian tagihan dari penggunaan peralatan-peralatan elektronika?
6. Bagaimana mengidentifikasi peralatan-peralatan elektronika yang sedang dalam kondisi on atau off?
7. Bagaimana melakukan manajemen energi yang optimal dari *Smart Meter* berbasis *NILM* yang dibuat?

## 1.3 Rencana Target Capaian Tahunan

Berikut ditampilkan rencana capaian tahunan pada Tabel 1.1, sesuai luaran yang ditargetkan dan lama penelitian yang dilakukan.

**Tabel 1.1 Rencana Target Capaian Tahunan**

| No | Jenis Luaran           | Indikator Capaian |          |           |
|----|------------------------|-------------------|----------|-----------|
|    |                        | TS                | TS+1     | TS+2      |
| 1  | Internasional          | Submitted         | Reviewed | Published |
|    | Nasional Terakreditasi | Submitted         | Reviewed | Published |

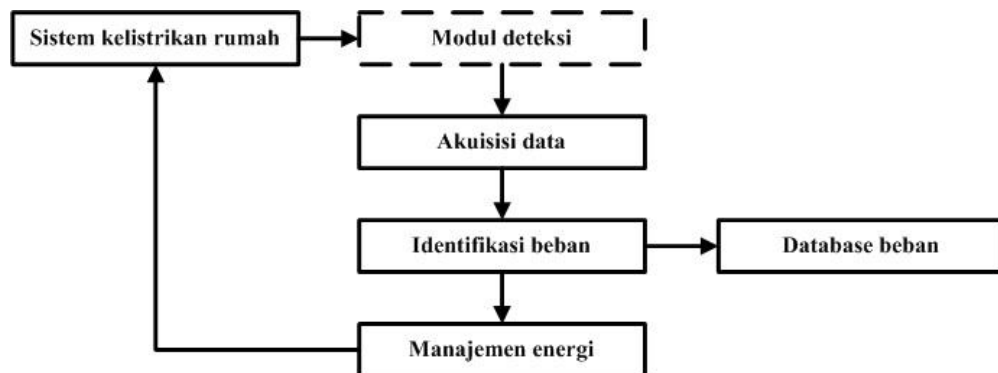
|   |  |  |           |                    |                    |
|---|--|--|-----------|--------------------|--------------------|
| 2 | Pemakalah dalam pertemuan ilmiah                   | Internasional                          | Terdaftar | Sudah Dilaksanakan | Sudah Dilaksanakan |
|   |  | Nasional Terakreditasi                 | Terdaftar | Sudah Dilaksanakan | Sudah Dilaksanakan |
| 3 | <i>Keynote Speaker</i> dalam pertemuan ilmiah      | Internasional                          | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Nasional Terakreditasi                 | Belum     | Belum              | Belum              |
| 4 | <i>Visiting Lecturer</i>                           | Internasional                          | Belum     | Belum              | Belum              |
| 5 | Hak Atas Kekayaan Intelektual (HKI)                | Paten                                  | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Paten Sederhana                        | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Hak Cipta                              | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Merek Dagang                           | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Rahasia Dagang                         | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Desain Produk Industri                 | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Indikasi Geografis                     | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Perlindungan Varietas Tanaman          | Belum     | Belum              | Belum              |
|   |  | Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu | Belum     | Belum              | Belum              |
| 6 | Teknologi Tepat Guna                               |  | Produk    | Penerapan          | Penerapan          |
| 7 | Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/ Rekayasa Sosial |  | Belum     | Belum              | Belum              |
| 8 | Buku Ajar (ISBN)                                   |  | Belum     | Belum              | Belum              |
| 9 | Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)                   |  | 3         | 7                  | 8                  |

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Struktur Umum dan Metode Identifikasi Beban

Struktur umum dari sistem identifikasi beban ditunjukkan pada Gambar 2.1. Parameter utama yang digunakan pada sistem identifikasi beban adalah sampel gelombang tegangan dan arus (Hutoro, 2015). Pengukuran arus pada sistem identifikasi beban dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Mengukur arus pada masing-masing beban tunggal secara terpisah. Cara ini membutuhkan biaya yang relatif tinggi karena sensor arus dipasang pada setiap beban.
2. Mengukur arus semua beban pada satu titik sumber listrik.



**Gambar 2.1 Struktur umum sistem identifikasi beban**

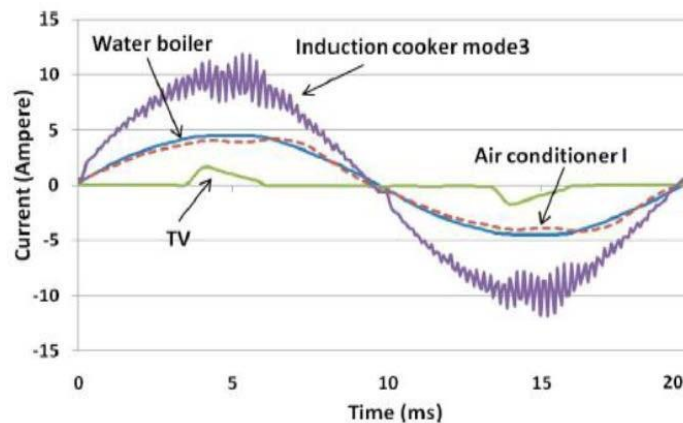
Modul akuisisi data berfungsi untuk mendapatkan sinyal pengukuran pada kondisi steady state dan transien. Frekuensi sampling untuk mendapatkan sinyal pada kondisi steady state dan transien diatur melalui modul akuisisi data. Modul event detection akan mendeteksi apabila ada beban yang sedang aktif atau tidak aktif. Selain itu, modul ini juga diterapkan untuk memutuskan apakah beban disambungkan ke sistem atau dilepaskan dari sistem. Jika beban terhubung, bentuk sampel gelombang tegangan dan arus akan dianalisis dengan modul identifikasi beban. Pada proses selanjutnya, informasi beban yang telah diidentifikasi dikirim ke manajemen energi untuk evaluasi tingkat pemborosan penggunaan energi.

## Metode Identifikasi Beban

Metode untuk memantau dan mengidentifikasi beban terbagi menjadi dua kategori yaitu metode pada kondisi steady state dan metode pada kondisi transien. Metode pada kondisi steady state menggunakan parameter sinyal konstan ketika beban listrik beroperasi pada keadaan stabil. Sedangkan metode pada kondisi transien mengandalkan parameter sinyal transisi pensaklaran dari beban. Salah satu metode yang diterapkan untuk mengidentifikasi beban yakni metode berdasarkan karakteristik gelombang arus (Liang, 2010).

### 1. Metode Berdasarkan Karakteristik Gelombang Arus

Bentuk gelombang arus dalam domain waktu yang ditunjukkan pada gambar 2.2 merupakan informasi yang sangat lengkap untuk menggambarkan suatu beban. Selain itu, karakteristik arus puncak, arus rata-rata dan arus rms (root mean square) dapat digunakan sebagai parameter identifikasi beban.

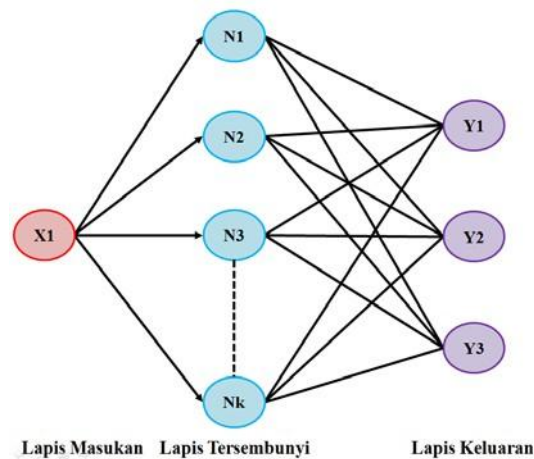


**Gambar 2.2 Gelombang arus peralatan elektronika**

Gambar menunjukkan gelombang arus dari beberapa jenis peralatan elektronika. Bahwa beberapa peralatan memiliki karakteristik bentuk gelombang arus yang berbeda. Sebagai contoh : boiler air (elemen resistif) memiliki bentuk gelombang sinusoidal, AC (air conditioner) memiliki bentuk sinusoidal sedikit melengkung, televisi memiliki bentuk gelombang non-sinusoidal, dan kompor induksi memiliki harmonik yang tinggi.

## 2.2 Neural Network dan Particle Swarm Optimization Backpropagation Neural Network (BPNN)

Backpropagation merupakan algoritma pembelajaran yang terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi (Kusumadewi, 2004). Algoritma backpropagation menggunakan error keluaran untuk mengubah nilai bobot-bobot dalam arah mundur (backward). Untuk mendapatkan error ini, tahap perambatan maju (forward propagation) harus dikerjakan terlebih dahulu. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan fungsi aktivasi yang dapat dideferensiasikan. Beberapa fungsi aktivasi diantaranya : Persamaan fungsi aktivasi logsig, Persamaan fungsi aktivasi tansig dan Persamaan fungsi aktivasi purelin.



**Gambar 2.3 Struktur backpropagation neural network**

Arsitektur algoritma backpropagation neural network terdiri dari lapis masukan, lapis tersembunyi, dan lapis keluaran. Berikut ini adalah algoritma pemrograman backpropagation neural network (Purnomo, 2006). Algoritma pelatihan backpropagation terdiri dari dua tahapan yaitu feedforward dan backpropagation dari galatnya.

### Particle Swarm Optimization

Particle swarm optimization, disingkat sebagai PSO, didasarkan pada perilaku sebuah kawanan serangga, seperti semut, rayap, lebah atau burung. Algoritma

PSO meniru perilaku sosial organisme ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu-individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku secara terdistribusi dengan cara menggunakan kecerdasannya (intelligence) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya. Dengan demikian, jika satu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju ke sumber makanan, sisa kelompok yang lain juga akan dapat segera mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh di kelompok tersebut.

Setiap partikel bergerak dalam ruang/space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi bagusnya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut. Sebagai contoh, misalnya perilaku burung-burung dalam dalam kawanan burung. Meskipun setiap burung mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (rule) seperti berikut :

- ✓ Seekor burung tidak berada terlalu dekat dengan burung yang lain
- ✓ Burung tersebut akan mengarahkan terbangnya ke arah rata-rata keseluruhan burung
- ✓ Akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi burung yang lain dengan menjaga sehingga jarak antar burung dalam kawanan itu tidak terlalu jauh

Dengan demikian perilaku kawanan burung akan didasarkan pada kombinasi dari 3 faktor simpel berikut, Kohesi - terbang bersama, separasi - jangan terlalu dekat, dan penyesuaian (alignment) mengikuti arah bersama. Jadi PSO dikembangkan dengan berdasarkan pada model berikut:

- ✓ Ketika seekor burung mendekati target atau makanan (atau bisa minimum atau maximum suatu fungsi tujuan) secara cepat mengirim informasi kepada burung-burung yang lain dalam kawanan tertentu.
- ✓ Burung yang lain akan mengikuti arah menuju ke makanan tetapi tidak secara langsung



- ✓ Ada komponen yang tergantung pada pikiran setiap burung, yaitu memorinya tentang apa yang sudah dilewati pada waktu sebelumnya.

Model ini akan disimulasikan dalam ruang dengan dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi sehingga di setiap iterasi, posisi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju (minimasi atau maksimasi fungsi). Ini dilakukan hingga maksimum iterasi dicapai atau bisa juga digunakan kriteria penghentian yang lain

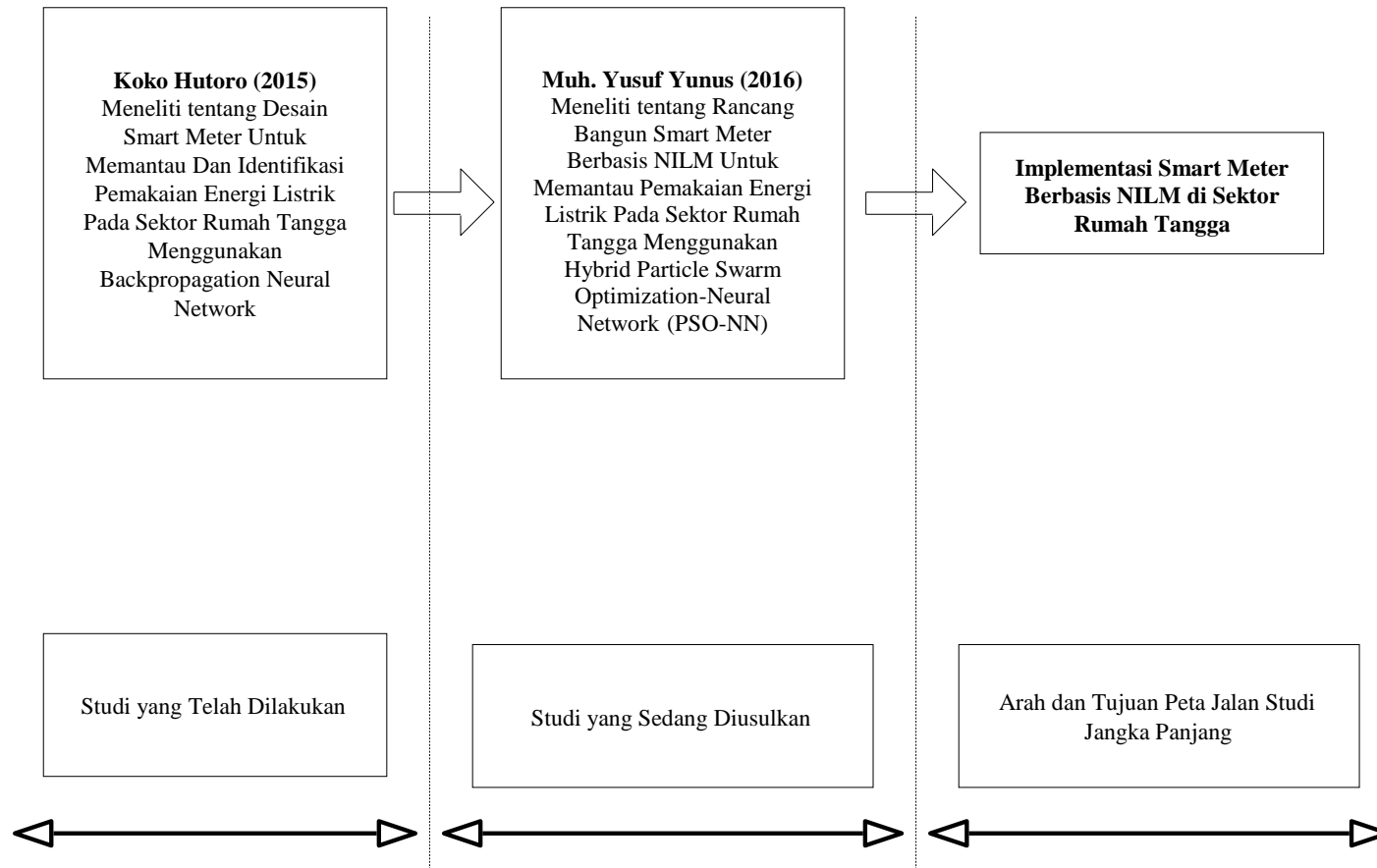
### **2.3 Rancangan Desain Smart Meter**

Rancangan desain smart meter berbasis NILM di sini adalah mencakup desain hardware dan software. Di mana untuk desain hardwarenya mencakup beberapa komponen penunjang diantaranya mulai dari pembacaan data atau pengukuran arus pada masing-masing peralatan listrik rumah tangga dengan menggunakan sensor arus, kemudian hasil pengukuran digunakan untuk pengkondisian sinyal dan hasil tersebut dikonversi menjadi besaran digital menggunakan komponen arduino uno. Serta untuk desain software pada penelitian ini menggunakan hybrid kombinasi antara BPNN dan PSO sehingga pemantauan ini akan diamati secara real time.

### **2.4 Studi Pendahuluan Yang Telah Dilaksanakan dan Hasil Yang Sudah Dicapai**

Kajian tentang penelitian tentang smart meter ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan satu algoritma saja, yaitu menggunakan BPNN, sementara bobot bias hasil BPNN tidak dioptimasi, sehingga masih terdapat beberapa kekurangan dalam mengamati penggunaan beban. Melalui penelitian ini dilakukan beberapa pengembangan yang terbaru diantaranya dengan menggunakan kombinasi dua metode BPNN dan PSO secara bersamaan. Di mana PSO di sini akan mengoptimasi bobot BPNN sehingga akan didapatkan hasil yang lebih optimal dari penelitian sebelumnya.

## 2.5 Peta Jalan Penelitian



Gambar 2.4 Peta Jalan Penelitian

## **BAB 3**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Penelitian**

Secara umum penelitian bertujuan untuk membuat *Smart Meter* berbasis *NILM* untuk keperluan identifikasi dan pemantauan energi pada sektor rumah tangga. Secara rinci tujuan tersebut diurutkan sebagai berikut :

1. Mendesain *Smart Meter* berbasis *NILM* yang mampu memantau pemakaian energi listrik secara *real time*?
2. Mengintegrasikan Metode Cerdas *PSO-NN* dengan *Smart Meter* yang dibuat?
3. Mengintegrasikan antara *Software* dan *Hardware* dari *Smart Meter* berbasis *NILM* yang didesain?
4. Mengimplementasikan *Smart Meter* berbasis *NILM* pada sektor rumah tangga?
5. Merancang *Smart Meter* yang mampu menampilkan perincian tagihan dari penggunaan peralatan-peralatan elektronika?
6. Mengidentifikasi peralatan-peralatan elektronika yang sedang dalam kondisi *on* atau *off*?
7. Melakukan manajemen energy yang optimal dari *Smart Meter* yang dibuat?

#### **3.2 Manfaat Penelitian**

Konservasi energi merupakan isu yang menantang karena secara eksponensial meningkatkan kebutuhan energi. Sumber daya energi fosil yang terbatas dan diperkirakan kebutuhan energi global akan meningkat dua kali lipat pada akhir tahun 2030 (Uteley, 2008). Hal ini akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yakni menghasilkan emisi karbon dioksida, nitrogen oksida, dan sulfur dioksida. Perekonomian, perubahan iklim dan krisis energi pada suatu negara secara langsung dipengaruhi oleh pertumbuhan konsumsi energi. Salah satu contoh langkah untuk menurunkan pemborosan energi listrik dapat dicapai melalui pemantauan konsumsi energi listrik dan menyampaikan informasi ini kembali (umpan balik) kepada konsumen (Martinez, 2010). Beberapa studi menunjukkan bahwa penghematan energi listrik maksimum dapat

dicapai dengan menggunakan mekanisme umpan balik langsung yaitu memberikan informasi penggunaan energi listrik secara real time (Hutoro, 2015).

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap perkembangan sistem *Non Intrusive Load Monitoring (NILM)* pada sektor rumah tangga (Laughman & Yong, 2012), khusus pada permasalahan yang berkaitan dengan memantau dan identifikasi pemakaian energi listrik pada sektor rumah tangga secara *real time*. Melalui penerapan metode yang diusulkan, diharapkan akan dapat mempercepat proses perancangan dan komputasi dengan hasil yang optimal, sehingga dapat menjadi manajemen energi yang handal.

Sebagai wujud kepedulian dalam implementasi penghematan energi listrik, maka Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai perpanjangan tangan Pemerintah melalui Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, dengan adanya penelitian ini memberikan peluang bagi penghematan energi disektor konsumen.

Berdasarkan hal tersebut, maka sangat dianggap penting untuk melakukan suatu kajian dalam bentuk penelitian tentang implementasi Smart Meter berbasis NILM untuk pemantauan dan identifikasi beban di sektor rumah tangga menggunakan metode cerdas *PSO-NN*.

## BAB 4

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian akan dilaksanakan di sektor rumah tangga dalam hal ini rumah penulis untuk mendapatkan karakteristik beban yang sesuai serta waktu penelitian akan dilaksanakan selama Maret - Oktober 2017.

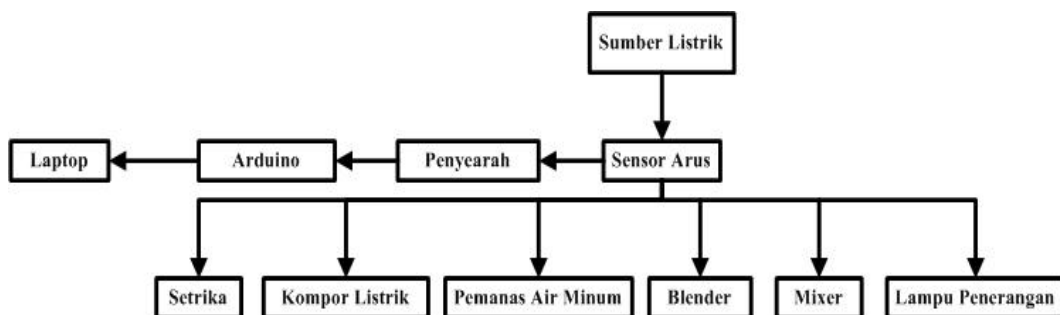
#### 4.2 Desain Smart Meter

##### 4.2.1 Survei Hardware

Mencakup pengumpulan hardware yang dibutuhkan untuk perancangan Smart Meter yang akan dirancang.

##### 4.2.2 Desain Hardware

Smart Meter ini terdiri dari satu sumber listrik satu fasa ( $1\phi$ ), 1 buah sensor arus, rangkaian penkondisian sinyal (penyearah), perangkat *interface* arduino uno, sebuah laptop dan enam buah peralatan elektronika sebagai beban yang terdiri dari setrika, kompor listrik, pemanas air minum (dispenser), blender, mixer dan lampu penerangan. Gambar 4.1 menunjukkan desain smart meter yang digunakan untuk memantau bentuk gelombang arus.



**Gambar 4.1 Desain Smart Meter**

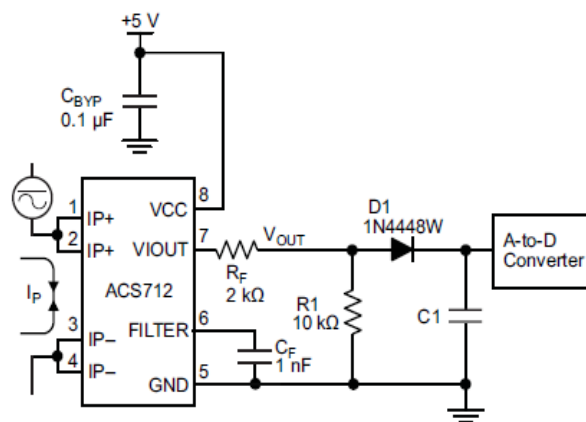
##### 4.2.3 Desain Software

Smart Meter dirancang menggunakan *Backpropagation Neural Network* (BPNN) dan bobot BPNN akan dioptimasi oleh *Particle Swarm Optimization* (PSO). BNN merupakan salah satu teknik komputasi berbasis kecerdasan buatan yang dapat mengenali pola, klasifikasi/identifikasi, prediksi, optimisasi, dan

pendekatan fungsi. Kemampuan *backpropagation neural network* dalam mengenali pola dan identifikasi dapat menyelesaikan permasalahan dalam memantau dan mengidentifikasi pemakaian energi listrik dengan hasil akurat.

#### 4.2.4 Pengkondisian Sinyal

Sinyal arus yang terukur oleh sensor arus ACS712 pada penelitian ini adalah sinyal arus AC. Sinyal arus harus dikonversikan menjadi sinyal arus DC terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar sinyal arus yang diterima oleh arduino uno stabil atau tidak mengandung banyak noise.



**Gambar 4.2 Skematik Sensor Arus ACS712 & Rangkaian Penkondisian Sinyal**

#### 4.3 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi data pengukuran arus dari peralatan-peralatan elektronika rumah tangga. Peralatan-peralatan elektronika yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Setrika.
- b. Kompor Listrik.
- c. Pemanas Air Minum (dispenser).
- d. Blender.
- e. Mixer.
- f. Lampu penerangan.

#### **4.4 Target/Indikator Keberhasilan**

Penelitian ini merupakan penelitian yang berorientasi pada pengembangan keilmuan sekaligus sebagai peran peneliti dalam upaya penghematan energi listrik, yang dalam perkembangannya semakin mengkhawatirkan. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki target yang dihasilkan yaitu Perancangan Smart Meter Berbasis NILM untuk pemantauan pemakaian energi listrik pada sektor rumah tangga.

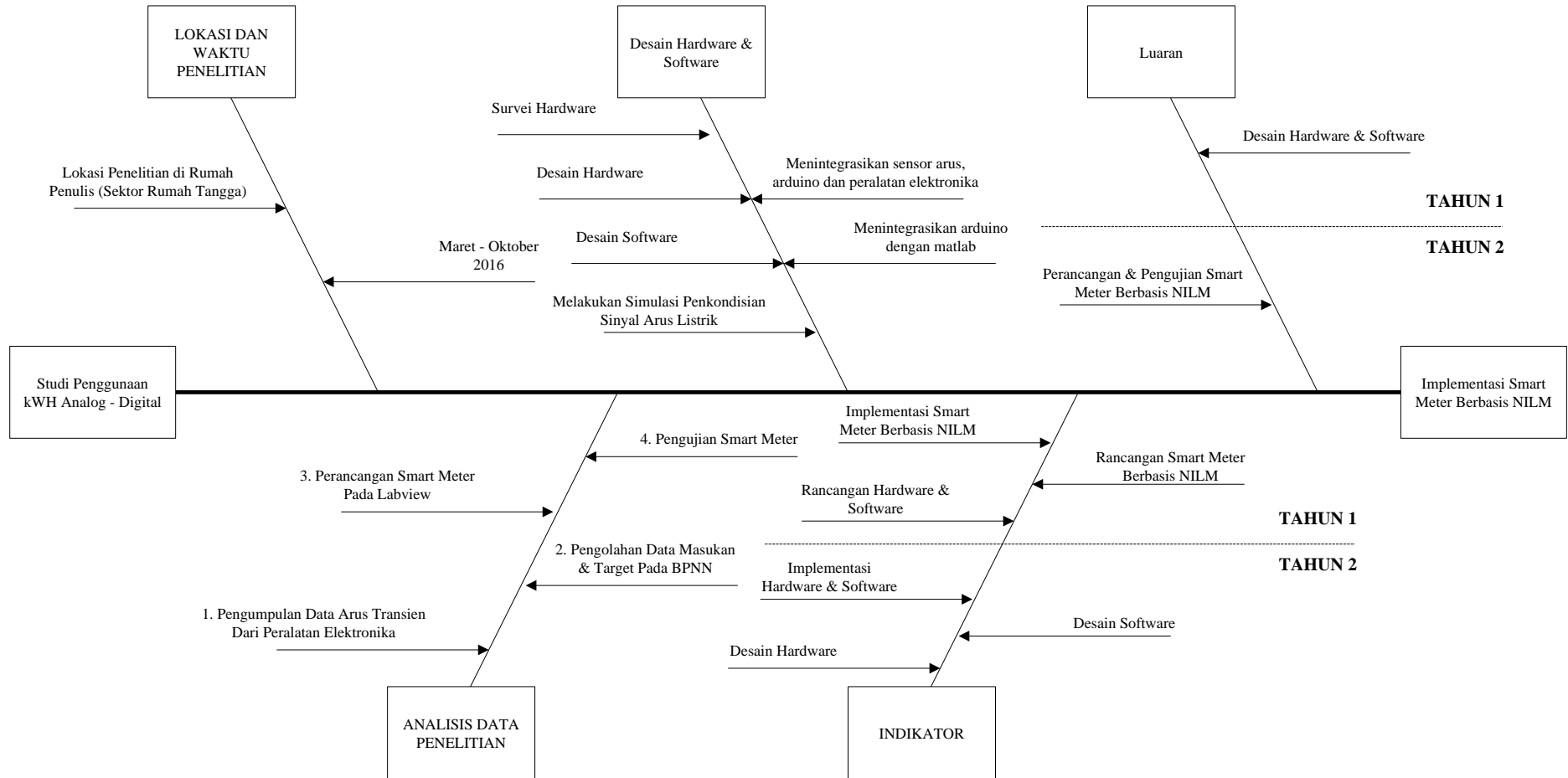
##### **4.4.1 Indikator Penelitian Tahun Pertama**

Pada tahun pertama penelitian ini dilakukan desain hardware yang mencakup beberapa komponen penunjang Smart Meter di antaranya : Sensor Arus, Rangkaian Pengkondisian Sinyal, dan konversi pengukuran arus dengan memanfaatkan komponen arduino uno. Serta desain software yang diperlukan untuk pemantauan secara real time dengan menggunakan BPNN dan PSO. Selanjutnya setelah kedua desain ini selesai dilakukan pengintegrasian antara desain hardware dan software untuk melihat respon yang dihasilkan dari hasil desain.

##### **4.4.2 Indikator Penelitian Tahun Kedua**

Pada tahun kedua penelitian ini dilakukan melalui analisis data lapangan atau implementasi hasil desain dengan kondisi real untuk pemantauan beban di sektor rumah tangga. Pada tahun kedua ini juga akan dilihat seberapa optimal hasil perancangan yang sudah didesain dalam hal penghematan energi listrik.

### 4.5 Bagan Alir Penelitian/Fishbone Diagram



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian/Fishbone Diagram



## **BAB 5**

### **HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI**

Beberapa hasil yang sudah dicapai pada penelitian ini, dibagi menjadi 2 yaitu desain *hardware* dan *software*. Untuk desain *hardware* akan dijelaskan kembali prosedur kerja diantaranya : survei alat dan bahan, pembuatan *hardware*, desain *software*.

#### **5.1 Desain Perangkat Keras (*Hardware*)**

Perangkat keras pada alat ini terdiri dari catu daya 5 V, sensor arus ACS712, mikrokontroler arduino mega 2560, peralatan listrik rumah tangga, dan *cover* modul.

##### **5.1.1 Catu Daya 5 V**

Catu daya merupakan sumber daya untuk menghidupkan sistem yang dirancang, dalam keperluannya sistem ini memerlukan suplai tegangan sebesar 5 V DC untuk sensor. Rangkaian catu daya terdiri dari beberapa komponen seperti dioda, kapasitor, dan sebuah IC Regulator 7805. Pada sisi input diberi tegangan 12 V dan di turunkan menjadi 5 V sesuai dengan kebutuhan sensor yang membutuhkan tegangan sebesar 5 Vdc. Rangkaian catu daya dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 5.1 Rangkaian Catu Daya 5 V**

##### **5.1.2 Sensor Arus ACS712**

Sensor arus sangat berperan penting pada kinerja alat ini, karena sensor arus ACS712 digunakan untuk mengukur arus beban dan hasil pembacaan sensor inilah yang akan digunakan untuk menentukan nilai daya. Sensor arus yang

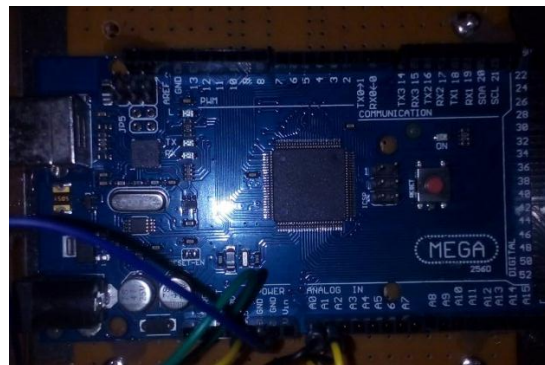
dipakai adalah ACS 712 yang batas maksimalnya 20 A. Sebelum digunakan sensor ini telah melalui proses kalibrasi dengan cara membandingkan dengan Amparemeter yang dianggap standar, kemudian mengambil nilai pengali agar nilai sensor arus sesuai dengan alat ukur standar.



**Gambar 5.2 Sensor Arus ACS712-20A**

### 5.1.3 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler arduino mega 2560 dalam perancangan alat ini berfungsi untuk pengendalian sensor dan untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem digital serta mengirimkan data tersebut ke PC atau Laptop melalui komunikasi *serial*.








**Gambar 5.3 Mikrokontroler Arduino Mega 2560**

#### 5.1.4 Beban

Beban yang digunakan pada proses pengujian yaitu peralatan listrik rumah tangga.

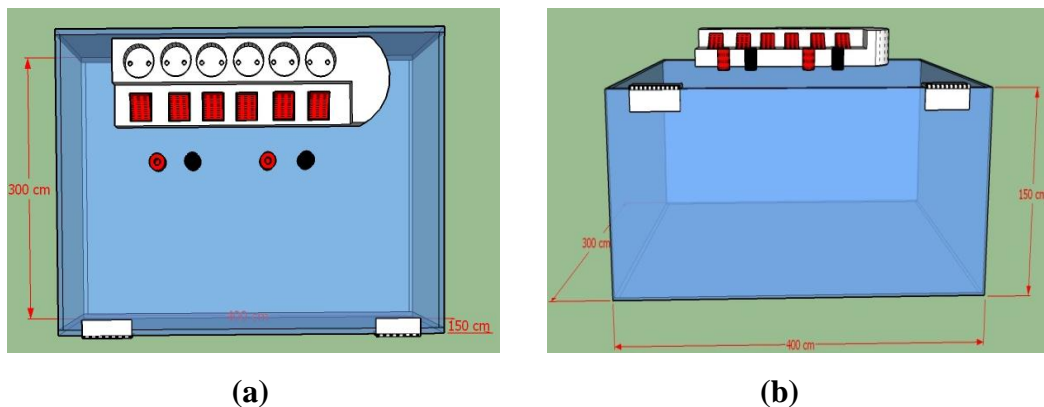
**Tabel 5.1 Spesifikasi Peralatan Listrik Rumah Tangga yang digunakan pada Proses Pengujian**

| No. | Jenis Beban  | Spesifikasi  |
|-----|--|--|
| 1.  | Dispenser<br> | Miyako 350 W/ 220 V  |
| 2.  | Lampu<br>   | Visalux 11 W/ 220 – 240 V/ 50 - 60 Hz<br>Omi 20 W/ 170 – 240 V/ 50 – 60 Hz<br>Visalux 14 W/ 220 – 240 V/ 50- 60 Hz |
| 3.  | Setrika<br> | Philips 350 W/ 220 V   |

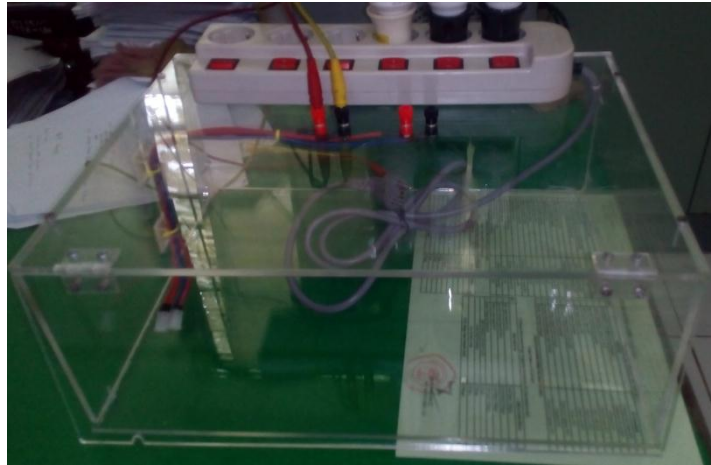
|    |   |                          |
|----|---|--------------------------|
| 4. | Heater<br>       | Gold Star 1000 W/ 220 V  |
| 5. | Kipas Angin<br> | Cosmos 37 W/220 V/ 50 Hz |

### 5.1.5 Cover Modul

Cover modul yang digunakan terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran 40 cm x 30 cm x 15 cm dengan tebal 5 mm.



**Gambar 5.4 Desain Cover Modul. (a) Tampak Atas, (b) Tampak Depan**



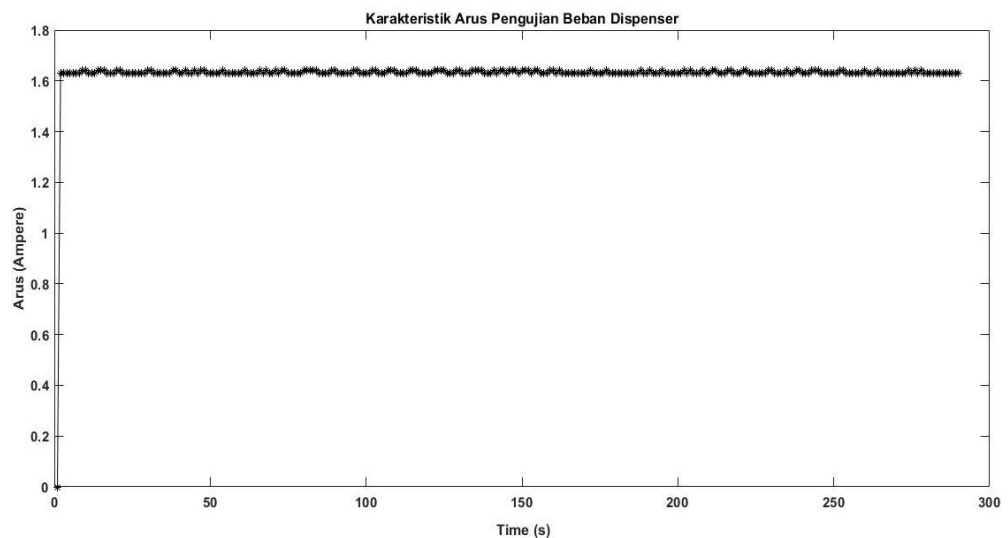
**Gambar 5.5 Cover Modul**

## **5.2 Pengujian *Sampling* Arus Masing-Masing Beban**

### **5.2.1 Pengujian Beban Tunggal**

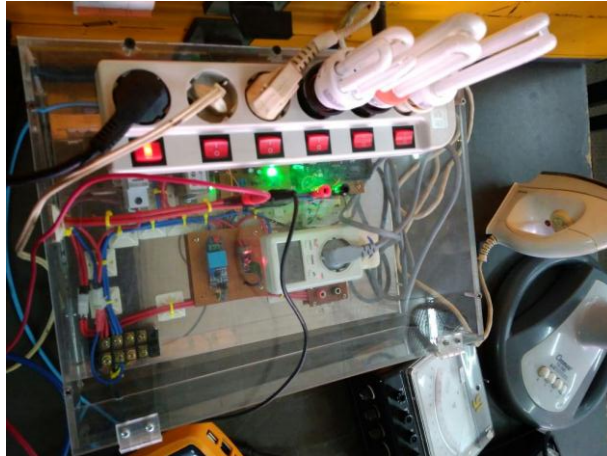
#### **1. Beban Dispenser 350 W**

Pada gambar 5.6 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban dispenser. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 1,7 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 1,64 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,06 A.



**Gambar 5.6 Karakteristik Pengujian Beban Dispenser**

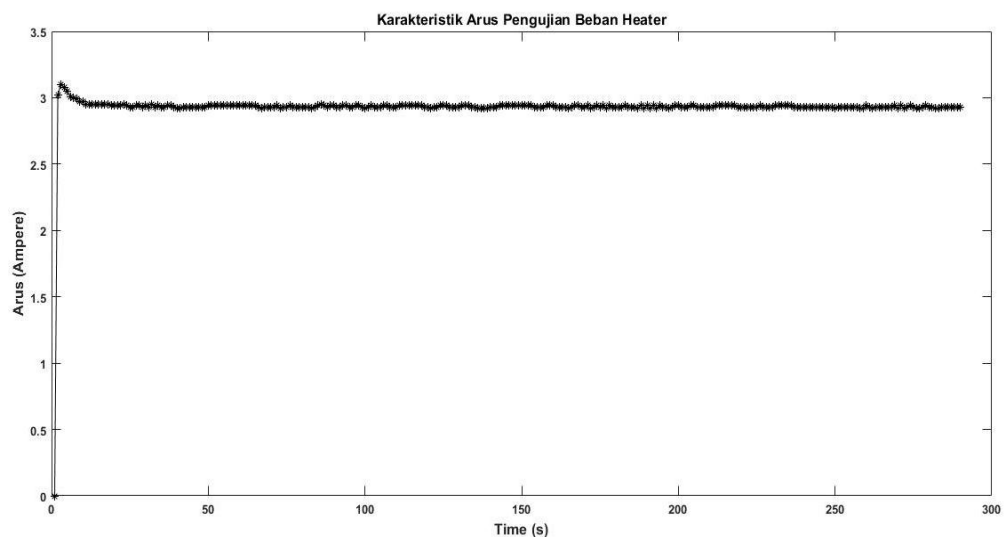
Berikut merupakan dokumentasi pada saat pengujian:



**Gambar 5.7 Pengujian Beban Dispenser**

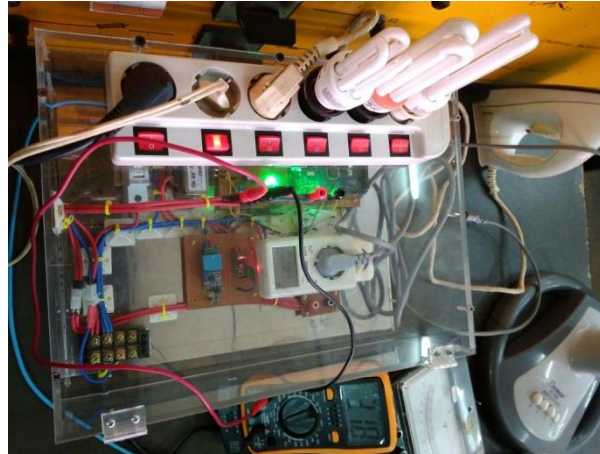
## 2. Beban Heater 1000 W

Pada gambar 5.8 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban heater. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 3,09 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 2,95 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,14 A.



**Gambar 5.8 Karakteristik Pengujian Beban Heater**

Berikut merupakan dokumentasi pengujian :

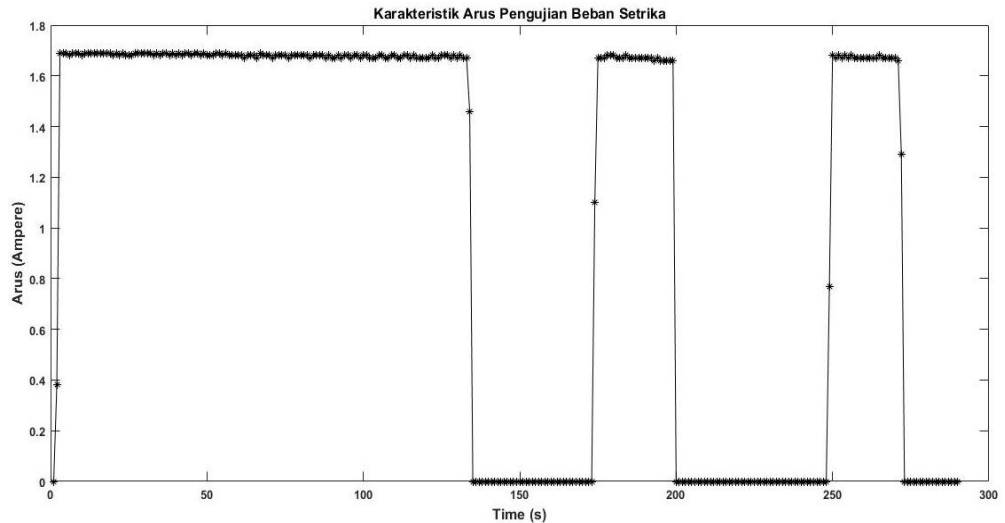


**Gambar 5.9 Pengujian Beban Heater**

### 3. Beban Setrika 350 W

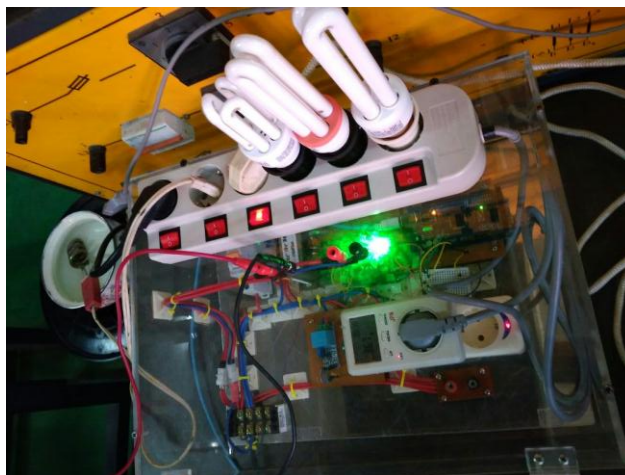
Pada gambar 5.10 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban setrika. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus fluktuatif hal ini disebabkan karena pada beban setrika terdapat elemen thermostat yang ketika temperatur telah mencapai klimaks (sesuai dengan pengaturan pada *selector switch*) otomatis akan memutuskan hubung pada elemen pemanas sehingga setrika pada kondisi “OFF” (arus nol) dan akan kembali “ON” ketika suhu termostat menurun. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 1,75 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 1,69 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,06 A.





**Gambar 5.10 Karakteristik Pengujian Beban Setrika**

Berikut merupakan dokumentasi pada saat pengujian :

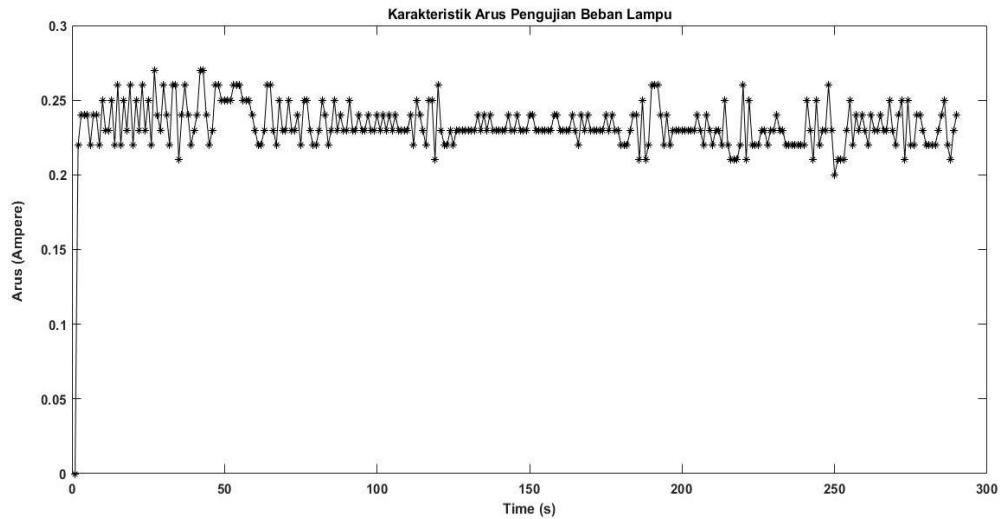


**Gambar 5.11 Pengujian Beban Setrika**

#### 4. Beban Lampu 45 W

Pada gambar 5.12 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban lampu. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 0,18 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 0,23 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,05 A.





**Gambar 5.12 Karakteristik Pengujian Beban Lampu**

Berikut merupakan dokumentasi pada saat pengujian:

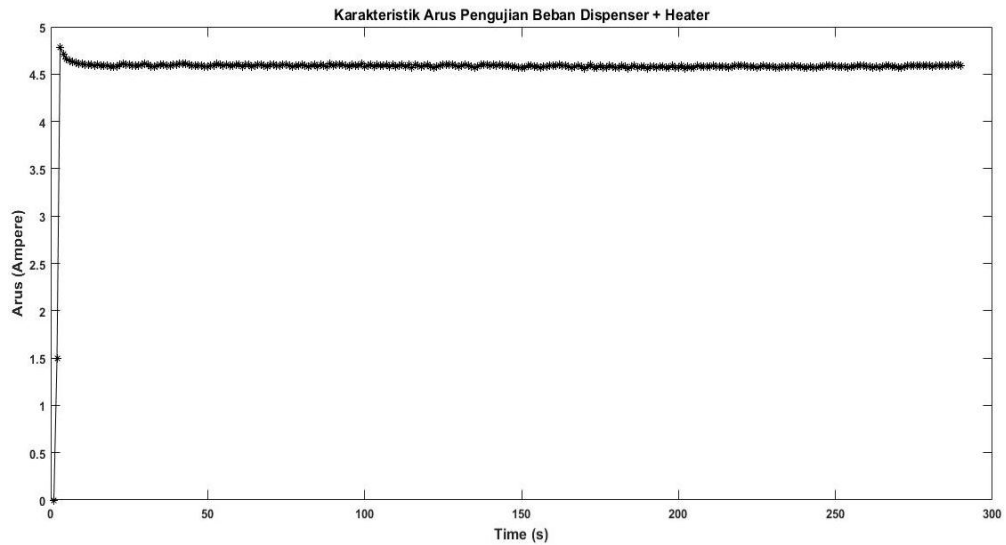


**Gambar 5.13 Pengujian Beban Lampu**

### 5.2.2 Pengujian Kombinasi Beban

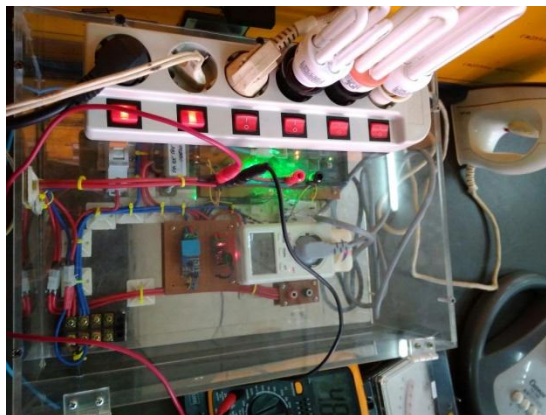
#### 1. Dispenser 350 W dan Heater 1000 W

Pada gambar 5.14 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban kombinasi dispenser dan heater. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 4,86 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 4,6 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,26 A.



**Gambar 5.14 Karakteristik Pengujian Beban Dispenser dan Heater**

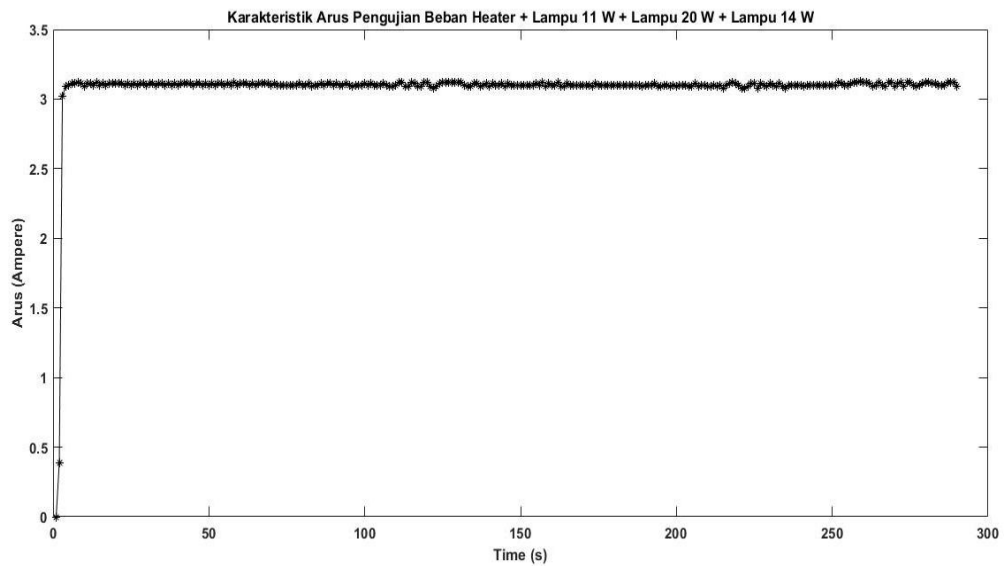
Berikut merupakan dokumentasi pada saat pengujian :



**Gambar 5.15 Pengujian Beban Dispenser dan Heater**

## 2. Beban Heater 1000 W dan Lampu 45 W

Pada gambar 5.16 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban kombinasi heater dan lampu. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 3,26 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 3,11 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,15 A.



**Gambar 5.16 Karakteristik Pengujian Beban Heater dan Lampu**

Berikut merupakan dokumentasi pada saat pengujian :

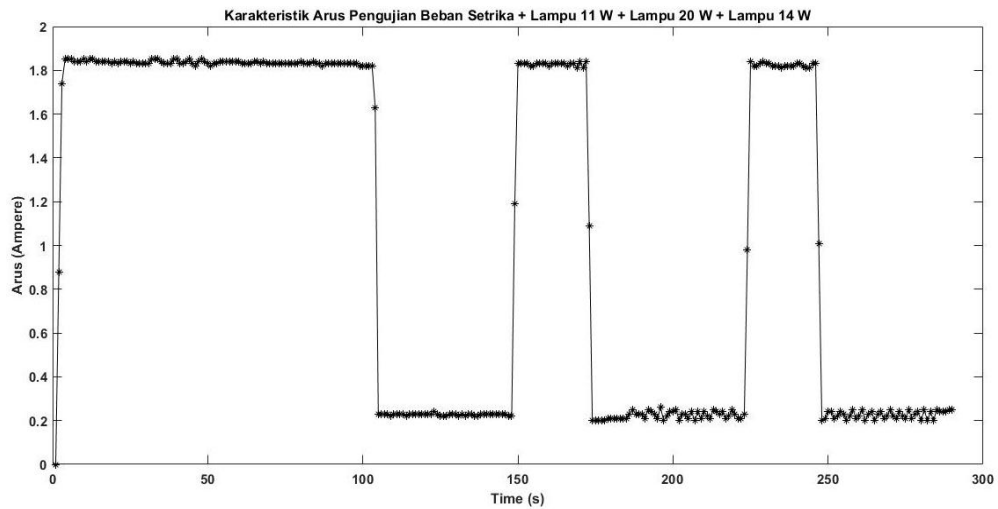


**Gambar 5.17 Pengujian Beban Heater dan Lampu**

3. Beban Setrika 350 W dan Lampu 45 W

Pada gambar 5.18 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban setrika dan lampu. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus berfluktuatif hal ini disebabkan karena terdapat beban setrika yang akan otomatis OFF apabila mencapai titik panas maksimum. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 1,9 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 1,83 A. Dari hasil

tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,07 A.



**Gambar 5.18 Karakteristik Pengujian Beban Setrika dan Lampu**

Berikut merupakan dokumentasi pada saat pengujian :

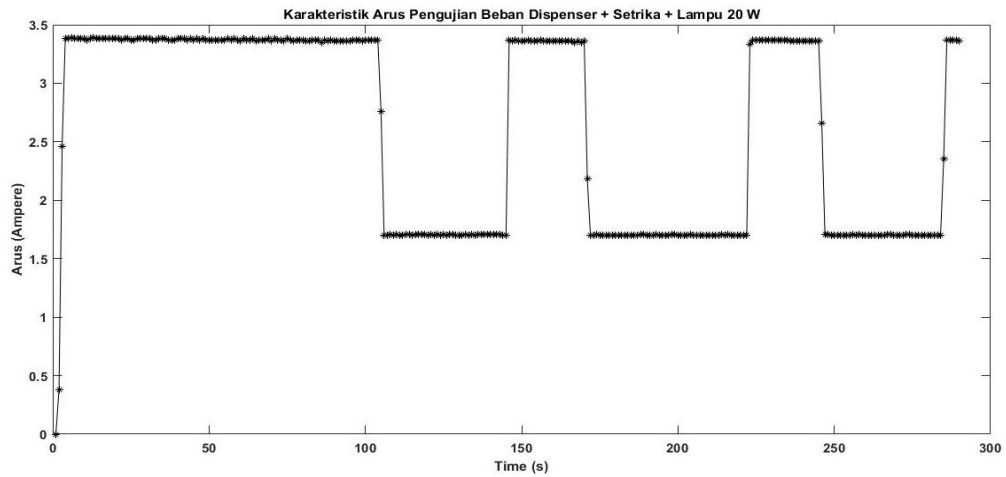


**Gambar 5.19 Pengujian Beban Setrika dan Lampu**

#### 4. Beban Dispenser 350 W, Setrika 350 W, dan Lampu 20 W

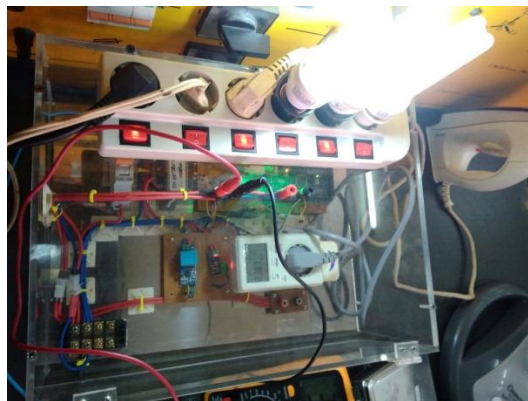
Pada gambar 5.20 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban dispenser, setrika, dan lampu. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus berfluktuatif hal ini disebabkan karena terdapat beban setrika yang akan otomatis "OFF" apabila mencapai titik panas maksimum. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 3,52 A, sedangkan pada pengujian dengan

menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 3,38 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,14 A.



**Gambar 5.20 Karakteristik Pengujian Beban Dispenser, Setrika, dan Lampu**

Berikut dokumentasi pada saat pengujian :

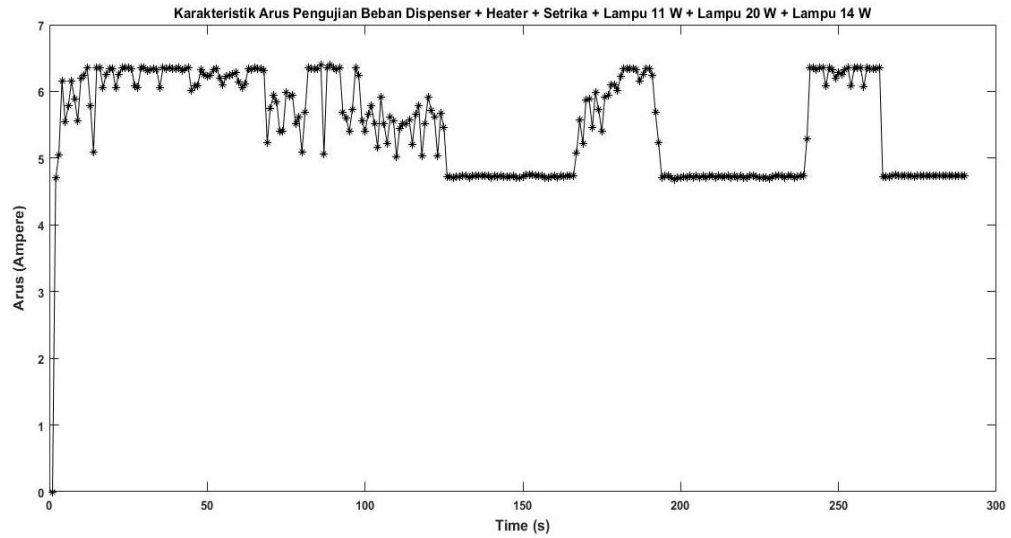


**Gambar 5.21 Pengujian Beban Dispenser, Setrika dan Lampu**

5. Beban Dispenser 350 W, Heater 1000 W, Setrika 350 W dan Lampu 45 W

Pada gambar 5.22 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban dispenser, heater, setrika, dan lampu. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus berfluktuatif hal ini disebabkan karena terdapat beban setrika yang akan otomatis “OFF” apabila mencapai titik panas maksimum. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 6,76 A, sedangkan

pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 6,34 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,42 A.



**Gambar 5.22 Karakteristik Pengujian Beban Dispenser, Heater, Setrika, dan Lampu**

Berikut dokumentasi pada saat pengujian :



**Gambar 5.23 Pengujian Beban Dispenser, Heater, Setrika, dan Lampu**

### 5.3 Pengujian Fitur Pemantauan Beban Listrik Menggunakan LabVIEW

Tampilan pemantauan energi listrik pada LabVIEW terdiri dari beberapa menu, meliputi menu Home dan Monitoring. Selanjutnya akan dibahas fungsi dari masing-masing menu tersebut.

#### 1. Menu Home

Tampilan menu Home dapat dilihat pada Gambar 5.24 dimana menu ini berisi beberapa perintah yang digunakan dalam mengatur sistem pemantauan energi listrik. Terdapat beberapa fungsi dalam menu ini diantaranya:

- Fungsi blok *VISA resource name* digunakan sebagai saluran untuk komunikasi *serial port*, pada komponen tersebut *Visa Serial* akan men-*scan* COM Serial mana yang sedang aktif dengan cara melihat input COM Arduino pada panel *divice manager* pada komputer atau laptop.
- Fungsi *baud rate* (kecepatan komunikasi) mengindikasikan seberapa cepat data dikirim melalui komunikasi serial dengan satuan bps (*bit per second*) ini mengartikan bahwa berapa bit data dapat ditransfer setiap detiknya. “Untuk mengurangi *error* maka digunakan kecepatan standar yaitu 9.600 bps. Karena Semakin besar nilai *baud rate*, semakin tinggi kecepatan transfer. Namun demikian, karena komunikasi yang melibatkan sinyal elektrik dan proses sinkronisasi data sangat rentan dengan *error* dan derau, maka disarankan untuk tidak melebihi kecepatan 115.200 bps untuk komunikasi pada Arduino (Wardana, 2015)”. Kecepatan komunikasi (*baud rate*) dari sisi arduino maupun LabVIEW haruslah sama yaitu sebesar 9.600 bps (*bit per second*).
- Fungsi data *bits* merupakan kapasitas data (*digit biner*), jumlah informasi yang bisa dikirim oleh arduino ke LabVIEW.
- Fungsi Port digunakan sebagai sinyal pembacaan ADC dengan nilai 511, namun nilai ini akan berubah-ubah ketika diberi beban.
- Fungsi Arus digunakan untuk pembacaan nilai arus.

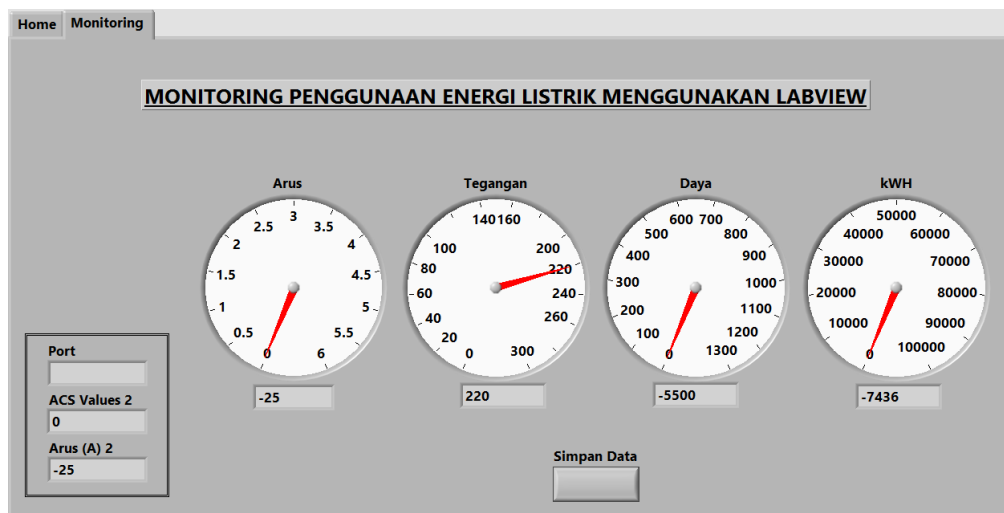




**Gambar 5.24** Tampilan *front panel* Menu Home pada Fitur LabVIEW

## 2. Menu Monitoring

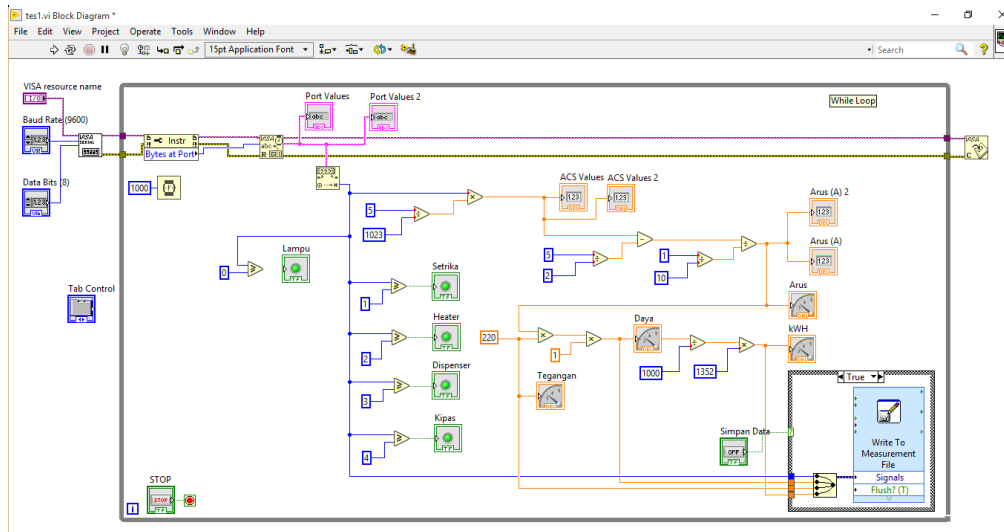
Menu ini berisi beberapa fitur yang berfungsi untuk memantau penggunaan energi listrik. Sistem pemantauan terdiri dari beberapa alat ukur yang ditampilkan dalam bentuk analog maupun digital. Alat ukur tersebut diantaranya, alat ukur arus, tegangan, daya, dan kWh. Tampilan dari menu monitoring dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 5.25** Tampilan Menu Monitoring pada Fitur LabVIEW

Adapun tampilan *Block diagram* dari LabVIEW dapat dilihat pada Gambar 5.26. *Block diagram* adalah jendela tempat menuliskan perintah dan fungsi, berisikan *source code* berupa simbol-simbol, *node* dan garis sebagai *dataflow* untuk mengeksekusi program, termasuk kode dari *front panel*.





**Gambar 5.26 Tampilan Blok Diagram pada LabVIEW**

Untuk membaca input data serial melalui *port* USB maka digunakan fungsi atau komponen *Visa Serial*. Dimana pada komponen tersebut *Visa Serial* akan men-*scan* COM serial mana yang sedang aktif dengan cara melihat input COM Arduino pada panel *device manager* pada komputer atau laptop. Untuk konfigurasi komunikasi serial antara arduino dengan LabVIEW maka digunakan *source code* sebagai berikut:

- *VISA Configure Serial Port*
- *VISA Flush I/O Buffer*
- *VISA Bytes at Serial Port*
- *VISA Read*
- *VISA Close*

Jika pada saat proses *connecting* data dari Arduino dengan *User Interface* pada LabView tidak terjadi *error* maka data selanjutnya akan dibaca dan diubah ke dalam bilangan decimal biasa dari bilangan decimal string agar data tersebut bisa dimasukkan ke dalam *buffer* data. Pada proses *buffer* data akan diperoleh nilai arus, karena nilai data arus adalah nilai ADC 8 bit, maka untuk menghasilkan nilai arus dalam satuan ampere, disisipkan perhitungan :

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

kemudian hasil perhitungan arus akan ditampilkan dengan menggunakan *icon decimal string to number*. Nilai arus

tersebut akan dikalikan dengan nilai tegangan konstan sebesar 220 V sehingga akan diperoleh nilai daya dan biaya pemakaian energi listrik akan diperoleh dengan mengalikan nilai daya dengan nilai tarif 1 kWh pada golongan 1300 VA. Sedangkan, untuk menampilkan beban yang sedang aktif maka digunakan *icon boolean*. *Case Structure* digunakan untuk membuat program hanya akan membaca bila ada data di *Serial Port*. Hasil pembacaan data akan disimpan dalam format *excel* menggunakan *icon write to measurement file*. Untuk membuat program terus menerus membaca instruksi yang diterima maka digunakan *icon While Loop*.

### 5.3.1 Pengujian Beban Tunggal

#### 1. Beban Dispenser 350 W



**Gambar 5.27 Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Dispenser**

Pada Gambar diatas terdapat 3 penununjukan yakni nilai *port*, *ACS value*, dan *Arus*. Untuk membuktikan nilai arus yang mengalir pada sistem pemantauan menggunakan LabVIEW sesuai dengan persamaan (15), maka dapat dihitung :

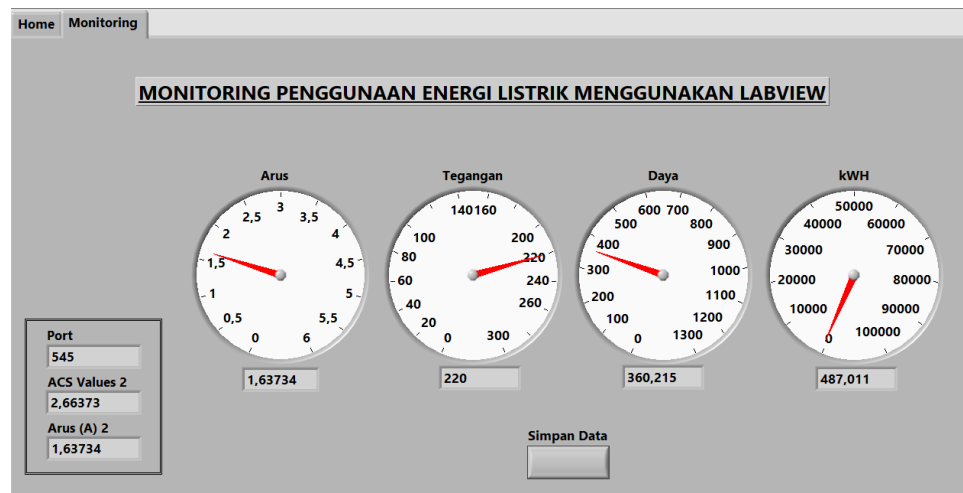
$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 546 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

Arus = 1,68622 A

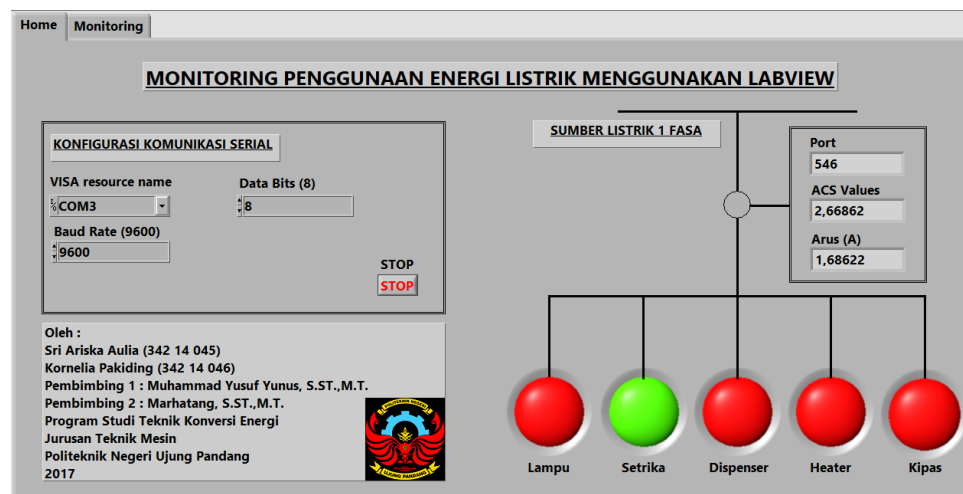
Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pemantauan pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban dispenser.



**Gambar 5.28 Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Dispenser**

## 2. Beban Setrika 350 W



**Gambar 5.29 Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Setrika**

Untuk membuktikan nilai arus yang mengalir pada sistem pemantauan menggunakan LabVIEW sesuai dengan persamaan (15), maka dapat dihitung:

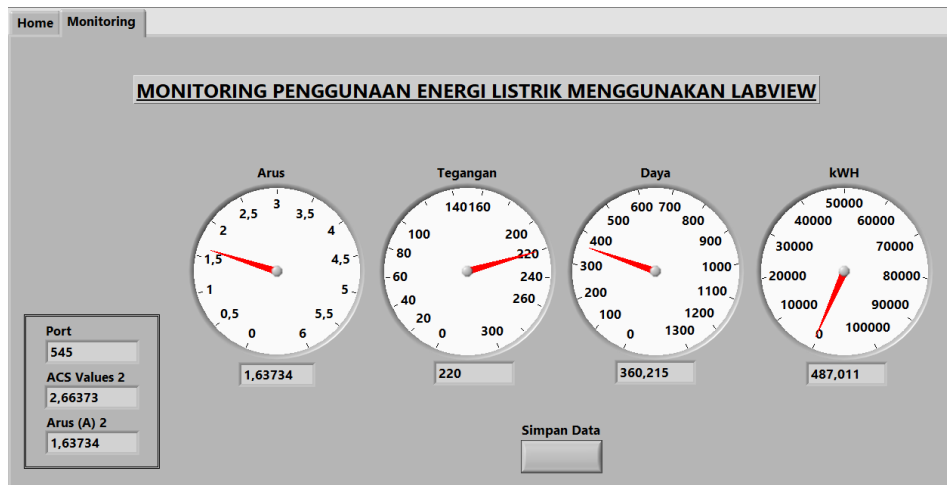
$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 546 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 1,68622 \text{ A}$$

Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pemantauan pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban setrika.



**Gambar 5.30 Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Setrika**

### 3. Beban Lampu



**Gambar 5.31 Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Lampu**

Untuk membuktikan nilai arus yang mengalir pada sistem pemantauan menggunakan LabVIEW sesuai dengan persamaan (15), maka dapat dihitung:

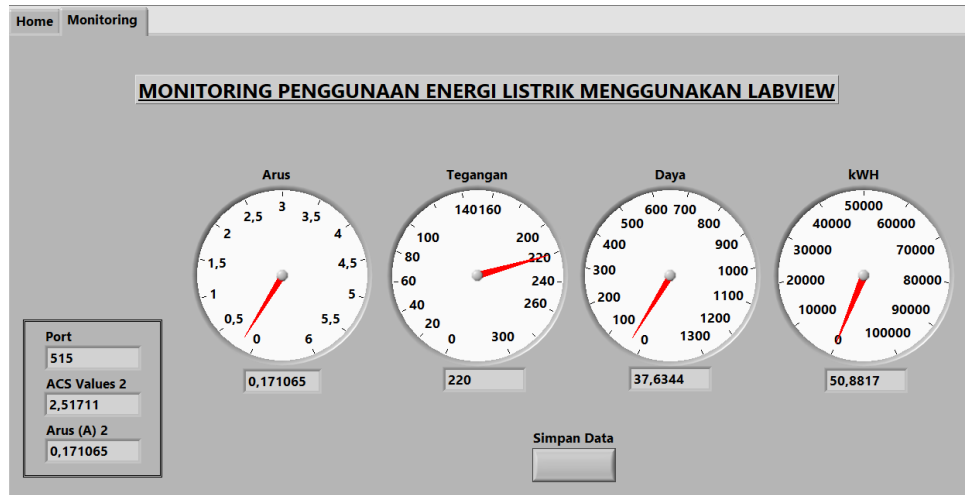
$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 515 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 0,171065 \text{ A}$$

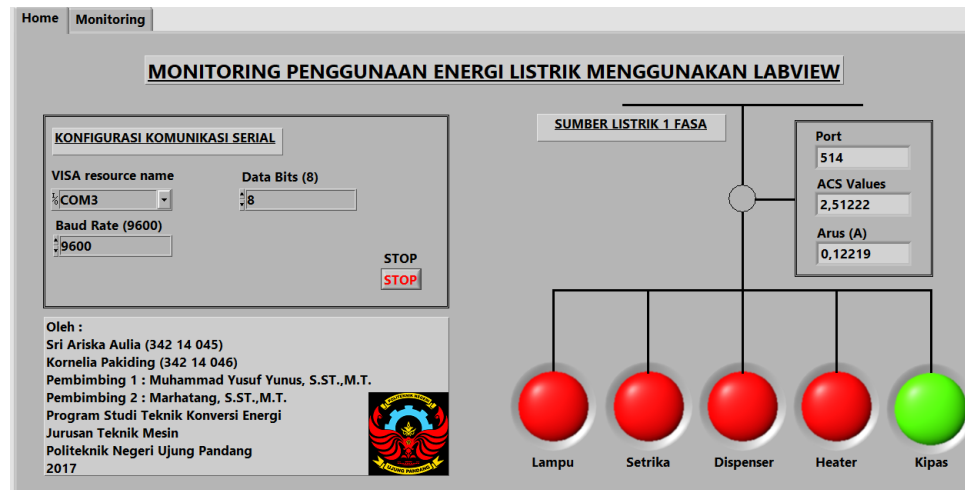
Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pemantauan pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban lampu.



Gambar 5.32 Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Lampu

4. Beban Kipas Angin



Gambar 5.33 Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kipas Angin

Untuk membuktikan nilai arus yang mengalir pada sistem pemantauan menggunakan LabVIEW sesuai dengan persamaan (15), maka dapat dihitung:

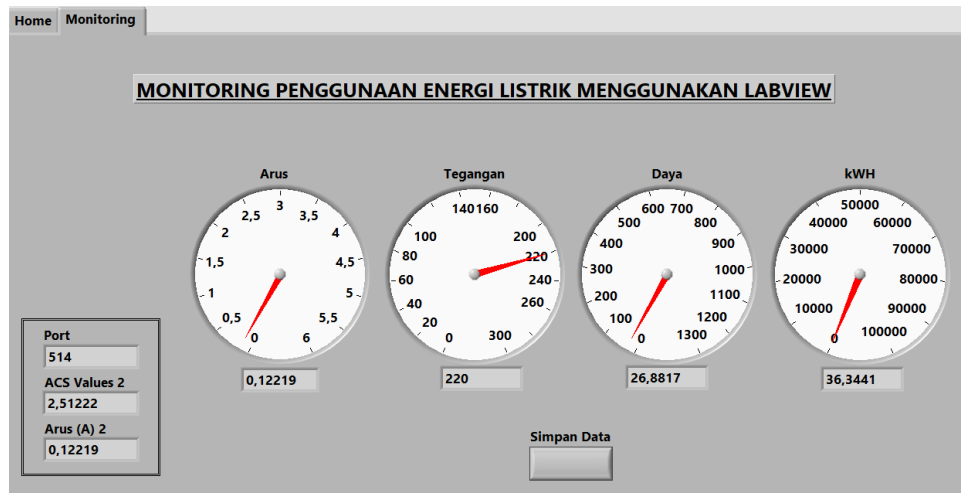
$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 514 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 0,12219 \text{ A}$$

Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pemantauan pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban kipas angin.



**Gambar 5.34 Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kipas Angin**

### 5.3.2 Pengujian Beban Kombinasi

1. Beban Setrika 350 W dan Lampu 45 W



**Gambar 5.35 Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Setrika dan Lampu**

Untuk membuktikan nilai arus yang mengalir pada sistem pemantauan menggunakan LabVIEW sesuai dengan persamaan (15), maka dapat dihitung:

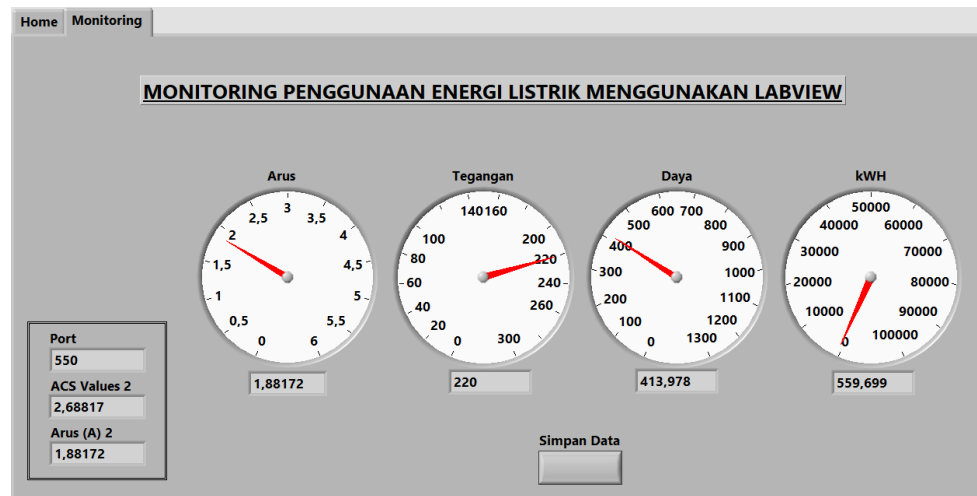
$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( 549 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

$$\text{Arus} = 1,83284 \text{ A}$$

Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pemantauan pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban setrika dan lampu.



**Gambar 5.36 Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Setrika dan Lampu**



2. Beban Dispenser 350 W, Setrika 350 W, dan Lampu 20 W



**Gambar 5.37 Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Setrika dan Lampu**

Untuk membuktikan nilai arus yang mengalir pada sistem pemantauan menggunakan LabVIEW sesuai dengan persamaan (15), maka dapat dihitung:

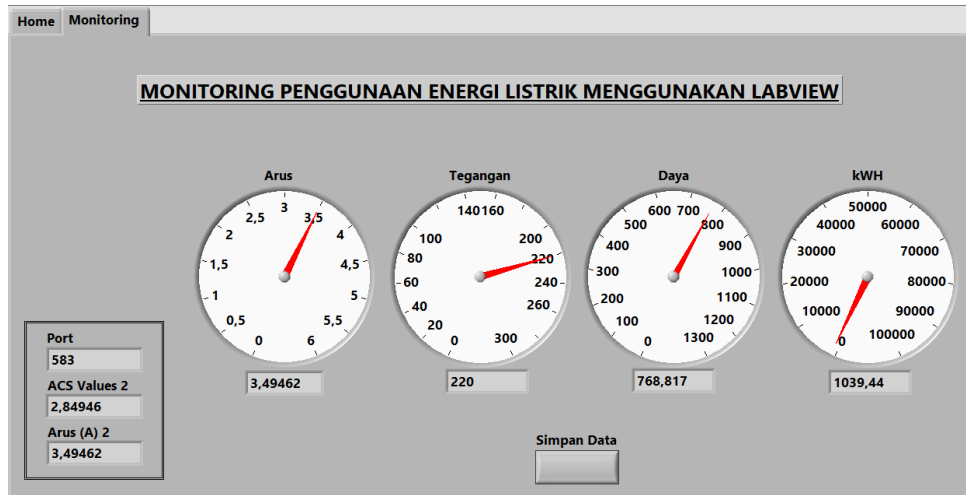
$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 584 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 3,5435 \text{ A}$$

Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pemantauan pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban kombinasi dispenser, setrika, dan lampu.



**Gambar 5.38** Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Setrika dan Lampu

3. Beban Dispenser 350 W, Kipas Angin 35 W, Setrika 350 W, dan Lampu 45 W



**Gambar 5.39** Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Kipas Angin, Setrika dan Lampu

Untuk membuktikan nilai arus yang mengalir pada sistem pemantauan menggunakan LabVIEW sesuai dengan persamaan (15), maka dapat dihitung:

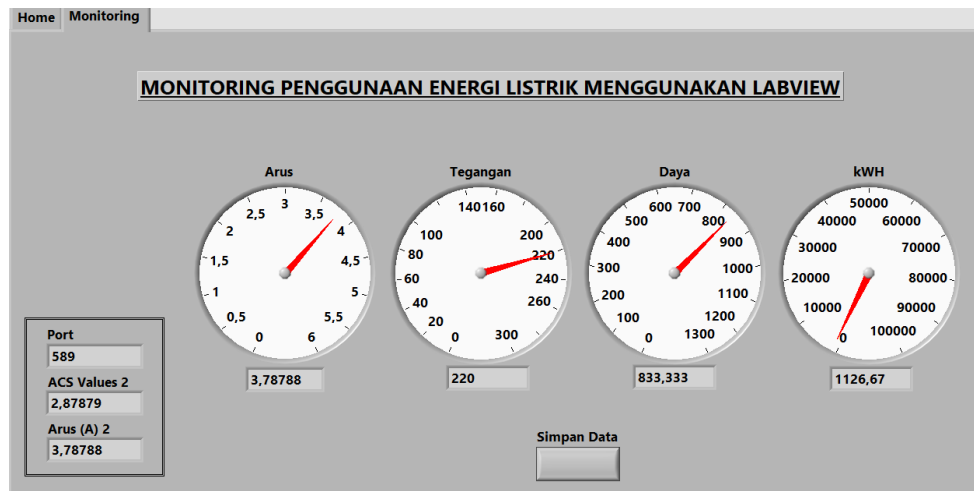
$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 588 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 3,739 \text{ A}$$

Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pemantauan pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban kombinasi dispenser, kipas angin, setrika, dan lampu.



**Gambar 5.40 Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Kipas Angin, Setrika dan Lampu**

## **BAB 6**

### **RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

Rencana tahapan berikutnya dari penelitian ini adalah pengembangan hardware dan software.

#### **6.1. Desain Hardware**

Untuk saat ini ada beberapa hal yang belum disempurnakan dari desain hardware, diantaranya pengembangan prototype untuk penutup / rumah panel smart meter dengan beban luar.

#### **6.2. Desain Software**

Rencana tahapan berikutnya dari penelitian ini adalah pengembangan software untuk identifikasi pemakaian beban dengan menggunakan metode neural network-particle swarm optimization yang di mana dalam penelitian ini akan digunakan Simulink matlab.

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN & SARAN**

Dari hasil yang sudah dicapai, monitoring pemakaian beban listrik telah dengan baik dilakukan, berikutnya adalah bagaimana mengidentifikasi pemakaian beban listrik dengan menggunakan metode neural network – particle swarm optimization.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Laughman, K. Lee, R. Cox, S. Shaw, S. B. Leeb, L. Norford, and P. Armstrong (2003), "Power Signature Analysis". IEEE Power & Energy Magazine.
- Energy Consumption in United Kingdom, Technical Report for Department of Energy & Climate Change (2010), London.
- G. W. Hart (1992), "Nonintrusive Appliance Load Monitoring", Proceedings IEEE, Vol. 80, No. 12.
- Hutoro Koko (2015), "Desain Smart Meter Untuk Memantau Dan Identifikasi Pemakaian Energi Listrik Pada Sektor Rumah Tangga Menggunakan Backpropagation Neural Network". ITS Surabaya.
- J. G. Roos, I. E. Lane, E. C. Lane, and G. P. Hanché (1994), "Using neural networks for non-intrusive monitoring of industrial electrical loads," in Proceedings of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference.
- J. Uteley, and L. Shorrock (2008), "Domestic Energy Fact File 2008", Technical Report for Building Research Establishment : Garston, UK.
- Jian Liang, Simon K. K. Ng, Gail Kendall, and John W. M. Cheng (2010)," Load Signature Study—Part I: Basic Concept, Structure, and Methodology," IEEE Transactions On Power Delivery, Vol 25.
- K.E Martinez, K.A Donnelly, and J.A Laitner (2010), "Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Households Electricity-Saving Opportunities", Technical Report E105 for American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEE), USA.
- Kusumadewi, S (2004), "Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK", Graha Ilmu.
- Purnomo, M.H, dan Kurniawan, A (2006), "Supervised Neural Networks dan Aplikasinya", Graha Ilmu.
- Wardana, Kusuma. 2015. Dasar Komunikasi Serial, (*Online*) ([https://DasarKomunikasiSerial\\_NarinLaboratory.htm](https://DasarKomunikasiSerial_NarinLaboratory.htm)), diakses 06 September 2017.
- Y.Y Hong, and J.H Chou (2012), "Nonintrusive Energy Monitoring for Microgrids Using Hybrid Self-Organizing Feature-Mapping Networks," Energies, 2012.

# LAMPIRAN

Draft Artikel Ilmiah

## RANCANG BANGUN PEMANTAUAN PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK MENGUNAKAN LABVIEW

**Muhammad Yusuf Yunus & Marhatang**

Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jln. Perintis Kemerdekaan  
km 10 Tamalanrea, Makassar  
e-mail: yusuf\_yunus@poliupg.ac.id

**Abstrak** : Pada alat pengukuran listrik konvensional, pengukuran dilakukan terhadap penggunaan energi listrik secara keseluruhan dimana konsumen hanya dapat melihat informasi hasil dari penggunaan energi listrik dengan melihat jumlah pemakaian daya total yang tertera pada alat ukur kWh meter. Dengan pemantauan secara terperinci, konsumen dapat membuat pola penghematan penggunaan energi listrik dan dengan demikian konsumen bisa memantau penggunaan listrik dan mengurangi pemborosan serta dapat menekan biaya yang dikeluarkan akibat penggunaan energi listrik tersebut. Sistem pemantauan energi listrik adalah sistem yang digunakan untuk mengukur penggunaan energi listrik yang dipakai oleh beban. Pemantauan terhadap pemakaian energi listrik diperlukan untuk mengurangi penggunaan daya energi listrik berlebihan, untuk itu perlu adanya instrumen pengukur yang dapat memantau penggunaan daya listrik dan batasan penggunaan daya. Berdasarkan permasalahan diatas, penulis bertujuan mengangkat judul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Pemakaian Energi Listrik menggunakan LabVIEW”. Program LabVIEW mempunyai kemampuan mengukur, memonitor dan menyimpan data dengan cepat dan akurat. Dengan alat ini akan direalisasikan suatu desain sistem monitoring pemakaian energi listrik secara real time melalui komputer sebagai pengganti kWh meter analog maupun digital. Konsep ini merupakan salah satu solusi manajemen energi yang memungkinkan konsumen untuk memperoleh data statistik konsumsi energi listrik secara terperinci. Dari hasil penerapan monitoring pemakaian beban, didapatkan hasil yang sangat baik dalam memantau pemakaian energy, yang dalam hal ini menggunakan beban rumah tangga.

**Kata Kunci** : *LabView, ACS712, Arus, Monitoring*

### PENDAHULUAN

Energi listrik memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat karena energi listrik merupakan parameter penting bagi pembangunan dan pertumbuhan ekonomi. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan tingkat populasi penduduk di Indonesia yang semakin tinggi maka permintaan akan energi listrik juga meningkat. Namun, ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik tersebut. Terjadinya pemadaman listrik dan pembagian energi listrik secara bergilir merupakan dampak dari terbatasnya energi listrik yang dapat di *supply* oleh PLN. Hal ini terjadi karena laju pertumbuhan sumber energi baru dan pengadaan pembangkit tenaga listrik tidak sebanding dengan peningkatan konsumsi energi listrik (Hargiardana, 2015).

Kebutuhan energi listrik yang melonjak diakibatkan oleh para konsumen yang tidak efektif dalam penggunaan atau terjadi pemborosan. Menurut Suryaningsih dkk. (2016) “Konsumen disini terdiri dari beberapa sektor dengan didominasi pada sektor rumah tangga dengan pangsa lebih dari 41% . Selain itu sektor industri dengan pangsa 34% dan sektor komersil 24%”. Pada sektor rumah tangga, energi listrik berfungsi untuk penerangan, memasak, pemanas, dan pendingin. Dalam pemanfaatan energi listrik ini terkadang tidak diketahui berapa banyak energi yang telah terpakai sehingga cenderung terjadi pemborosan. Oleh karena itu, untuk mengetahui besarnya energi listrik yang sedang terpakai, perlu dilakukan pengukuran penggunaan energi listrik secara terus-menerus (*real time*).

Pada alat pengukuran listrik konvensional, pengukuran dilakukan terhadap penggunaan energi listrik secara keseluruhan dimana konsumen hanya dapat melihat informasi hasil dari penggunaan energi listrik dengan melihat jumlah pemakaian daya total yang tertera pada alat ukur kWh meter. Dengan pemantauan secara terperinci, konsumen dapat membuat pola penghematan penggunaan energi listrik dan dengan demikian konsumen bisa memantau penggunaan listrik dan mengurangi pemborosan serta dapat menekan biaya yang dikeluarkan akibat penggunaan energi listrik tersebut.

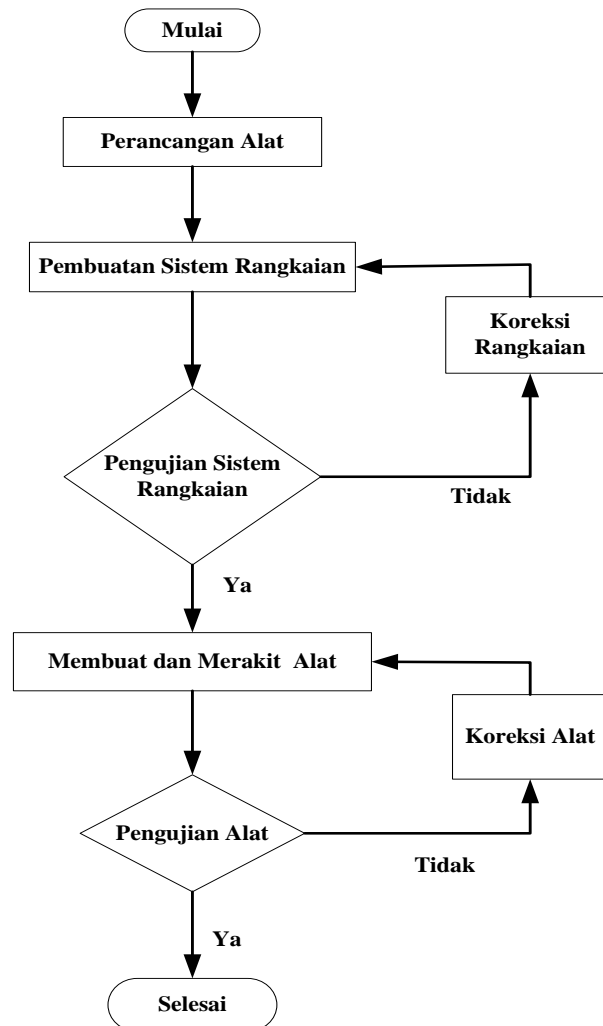
Sistem pemantauan energi listrik adalah sistem yang digunakan untuk mengukur penggunaan energi listrik yang dipakai oleh beban. Pemantauan terhadap pemakaian energi listrik diperlukan untuk mengurangi penggunaan daya energi listrik berlebihan, untuk itu perlu adanya instrumen pengukur yang dapat memantau penggunaan daya listrik dan batasan penggunaan daya.

Saat ini, berbagai peralatan pemantauan dan pengukuran energi listrik juga semakin canggih mulai dari pemakaian meter transaksi oleh PT. PLN pada setiap distribusi dan transmisi, *Power Quality Analyzer* (PQA) yang umum dipakai para laboran atau auditor energi, dan kWh meter elektronik yang dipakai masyarakat di setiap rumah (Utomo dkk., 2012). Dalam literatur beberapa kasus monitoring energi listrik, telah banyak metode inovatif yang digunakan seperti dalam Rancang Bangun Alat Pemantau Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet (Suryaningsih dkk., 2016), dimana alat ini menggunakan system pemantau dan penghitung jarak jauh penggunaan daya listrik pada suatu alat elektronik maupun keseluruhan penggunaan daya listrik pada rumah tangga dengan menggunakan transmisi data media internet, dimana daya listrik yang terpakai bisa ditampilkan pada halaman web.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis bertujuan mengangkat judul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Pemakaian Energi Listrik menggunakan LabVIEW”. Program LabVIEW mempunyai kemampuan mengukur, memonitor dan menyimpan data dengan cepat dan akurat (Ismujianto dan Isdawimah, 2015). Dengan alat ini akan direalisasikan suatu desain sistem monitoring pemakaian energi listrik secara *real time* melalui komputer sebagai pengganti kWh meter analog maupun digital. Konsep ini merupakan salah satu solusi manajemen energi yang memungkinkan konsumen untuk memperoleh data statistik konsumsi energi listrik secara terperinci.



## METODE PENELITIAN



**Gambar 1. Flowchart Langkah Kerja**

Pada bagian ini prosedur atau langkah kerja terdiri atas :

### Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan proses mendesain rangkaian dengan kata lain menganalisis dan membuat pola rancangan rangkaian yang merupakan langkah awal sebelum digunakan untuk menunjang kinerja sistem.

Adapun desain dari alat pemantauan energi listrik menggunakan LabVIEW yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar berikut.

Perancangan sistem yang akan dibangun dibagi menjadi 2 bagian, yaitu perancangan perangkat keras (*Hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*Software*).

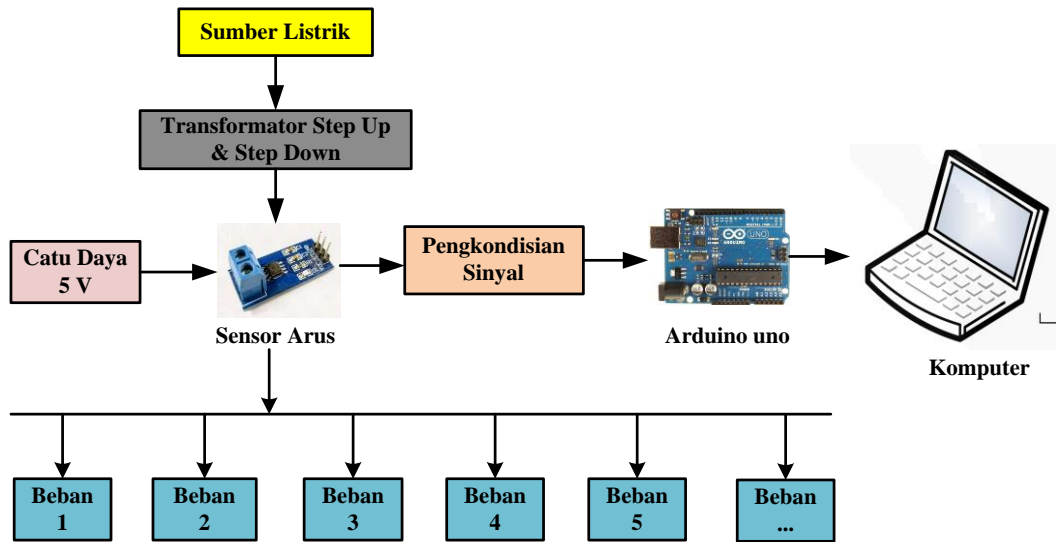
#### 1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Rancangan sistem perangkat keras merupakan rangkaian dari beberapa komponen, yaitu sumber listrik satu fasa (1 $\emptyset$ ), transformator CT, catu daya 5 V, sensor arus ACS712, arduino uno, sebuah laptop dan beberapa peralatan listrik rumah tangga sebagai beban. Sumber satu fasa sebagai perangkat atau sistem yang memasok energi listrik ke peralatan listrik. Sensor arus akan mendeteksi arus listrik yang masuk ke beban peralatan listrik, kemudian hasil pembacaan sensor arus tersebut akan diteruskan ke mikrokontroler arduino mega 2560 untuk proses akuisisi data. Hasil olahan dari arduino

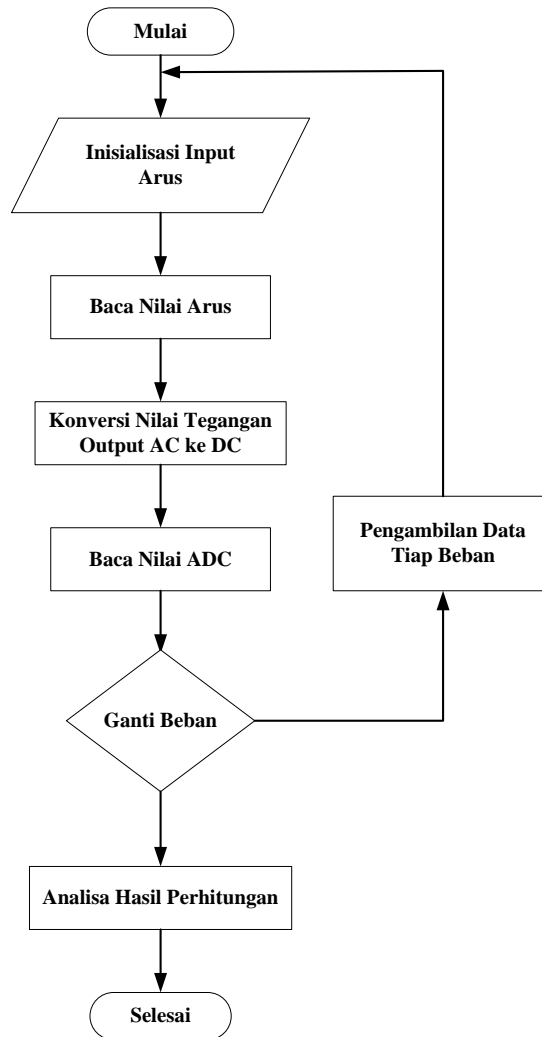
akan ditampilkan pada laptop/komputer.

## 2. Perancangan Perangkat Lunak (*software*)

Pembuatan perangkat keras modul pendeteksi dilanjutkan dengan pembuatan *software* aplikasi menggunakan bahasa pemrograman grafis National Instrument LabVIEW. Sistem monitoring yang dibuat menggunakan *software LabVIEW*, dimana program dibuat dalam bentuk diagram rangkaian (dalam menu *block diagram*) dan data ditampilkan dalam menu *front panel*. Untuk menampilkan dan mengakuisisi semua data maka akan dibuat diagram rangkaian.



**Gambar 2. Perancangan Sistem Pemantauan Pemakaian Energi Listrik**



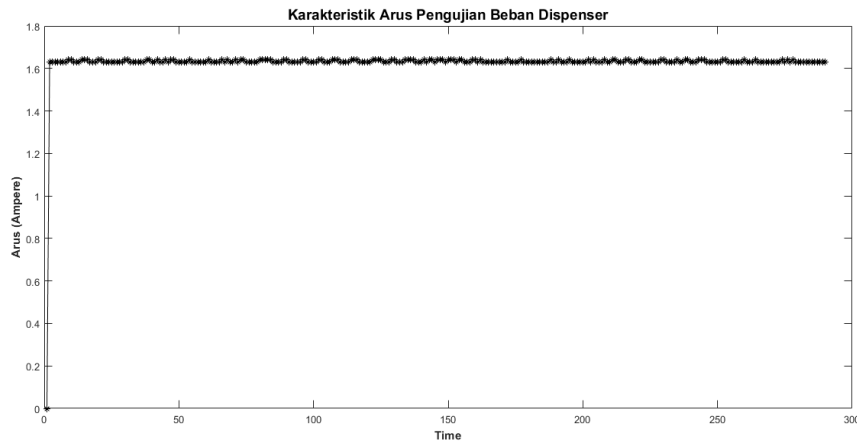
**Gambar 3. Flowchart Pengujian Sistem Pemantauan Energi Listrik**

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengujian Beban Tunggal**

#### **Beban Dispenser 350 W**

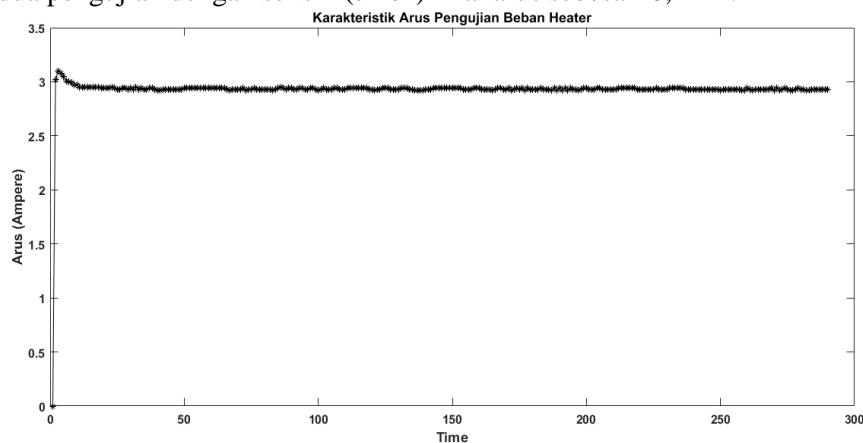
Pada gambar 4 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban dispenser. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 1,7 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 1,64 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,06 A.



**Gambar 4. Karakteristik Pengujian Beban Dispenser**

### Beban Heater 1000 W

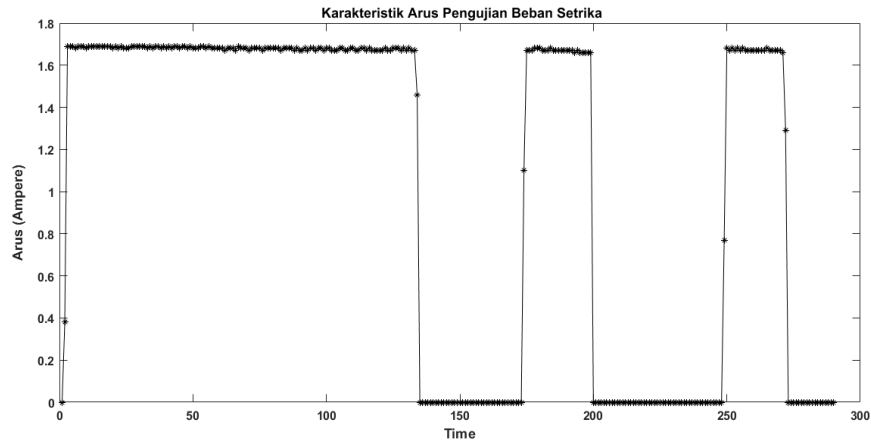
Pada gambar 5 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban heater. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 3,09 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 2,95 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,14 A.



**Gambar 5. Karakteristik Pengujian Beban Heater**

### Beban Setrika 350 W

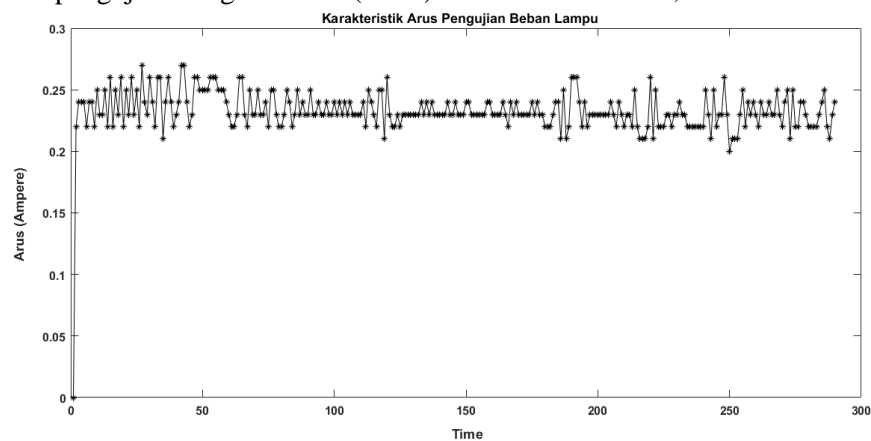
Pada gambar 6 merupakan bentuk karakteristik gelombang arus pada pengujian beban setrika. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus fluktuatif hal ini disebabkan karena pada beban setrika terdapat elemen thermostat yang ketika temperatur telah mencapai klimaks (sesuai dengan pengaturan pada *selector switch*) otomatis akan memutuskan hubung pada elemen pemanas sehingga setrika pada kondisi “OFF” (arus nol) dan akan kembali “ON” ketika suhu termostat menurun. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 1,75 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 1,69 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,06 A.



**Gambar 6. Karakteristik Pengujian Beban Setrika**

### Beban Lampu 45 W

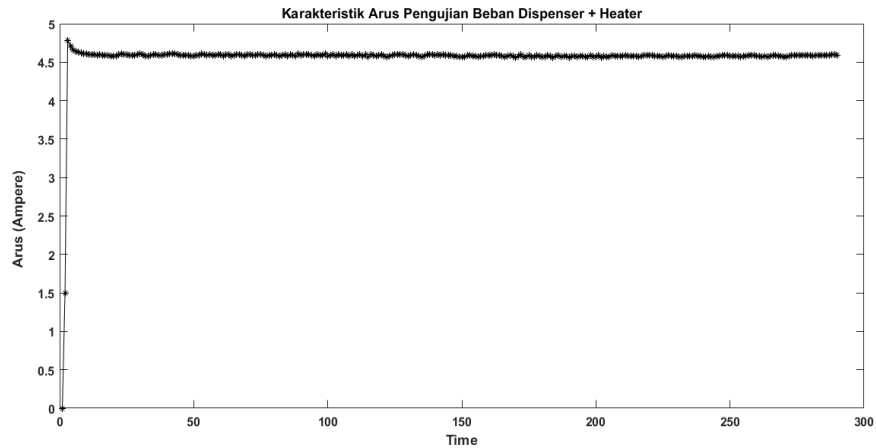
Pada gambar 7 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban lampu. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukan nilai sebesar 0,18 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukan nilai arus sebesar 0,23 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,05 A.



**Gambar 7. Karakteristik Pengujian Beban Lampu**

### Pengujian Kombinasi Beban Dispenser 350 W + Heater 1000 W

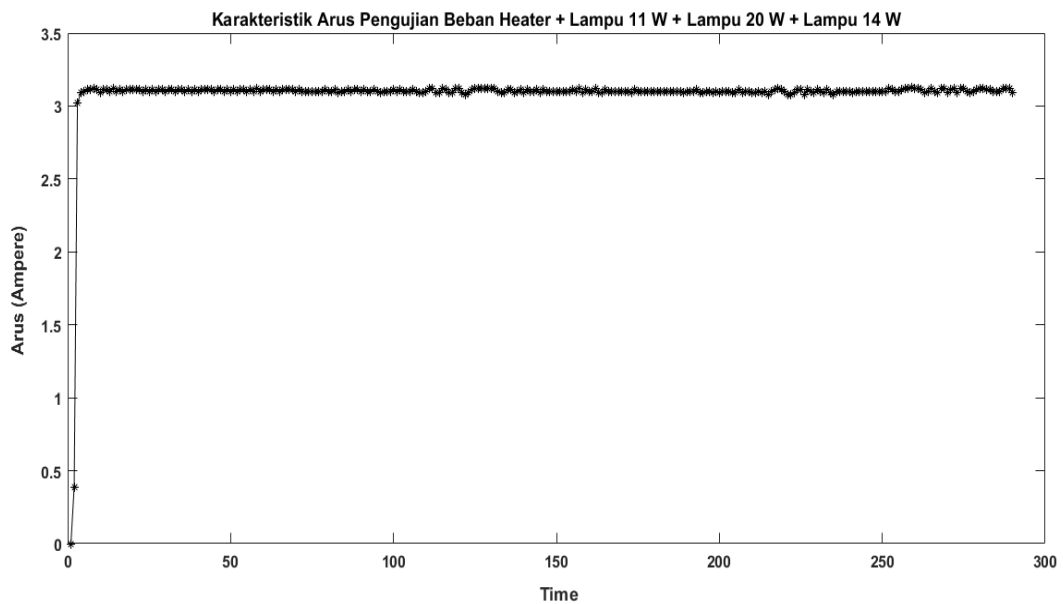
Pada gambar 8 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban kombinasi dispenser dan heater. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukan nilai sebesar 4,86 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukan nilai arus sebesar 4,6 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,26 A.



**Gambar 8. Karakteristik Pengujian Beban Dispenser + Heater**

**Beban Heater 1000 W dan Lampu 45 W**

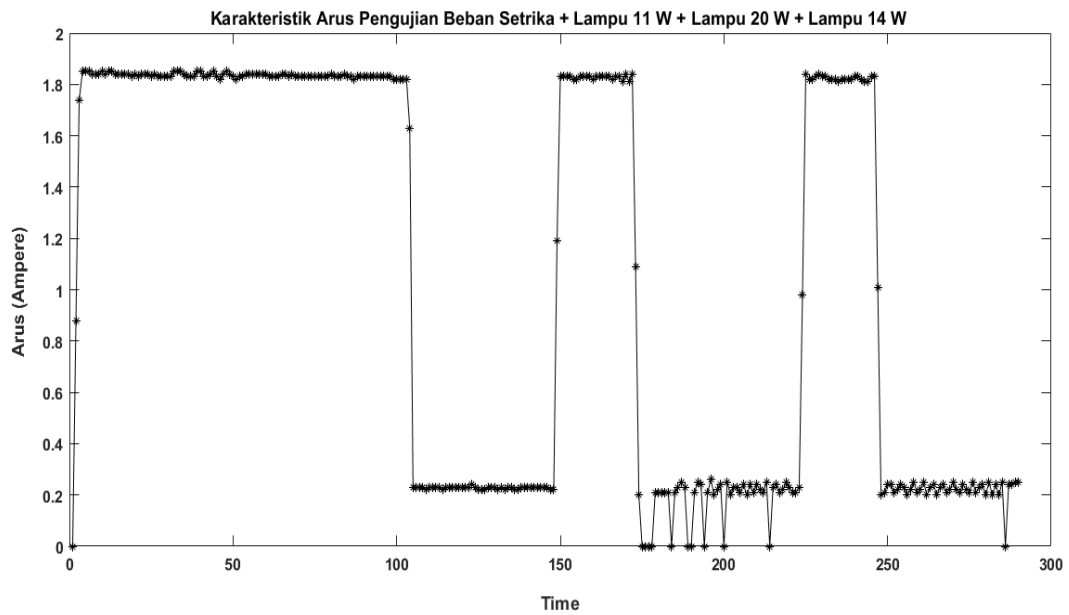
Pada gambar 9 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban kombinasi heater dan lampu. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 3,26 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 3,11 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,15 A.



**Gambar 9. Karakteristik Pengujian Beban Heater 1000 W dan Lampu 45 W**

**Beban Setrika 350 W dan Lampu 45 W**

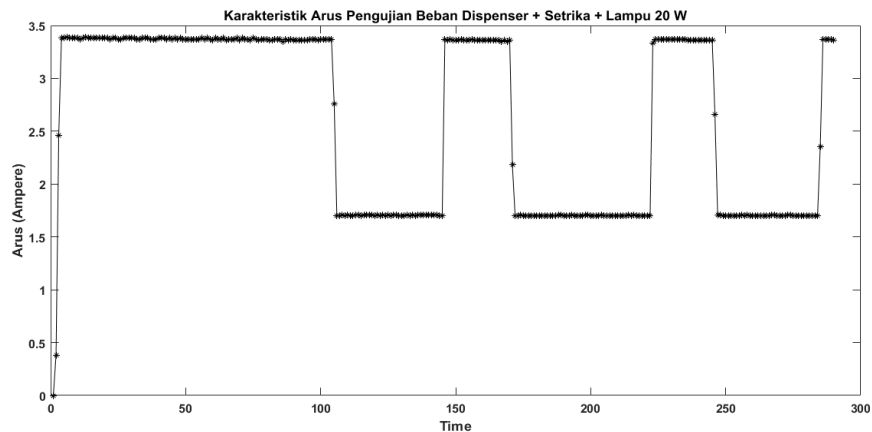
Pada gambar 10 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban setrika dan lampu. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus berfluktuatif hal ini disebabkan karena terdapat beban setrika yang akan otomatis OFF apabila mencapai titik panas maksimum. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 1,9 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 1,83 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,07 A.



**Gambar 10. Karakteristik Pengujian Beban Setrika 350 W dan Lampu 45 W**

**Beban Dispenser 350 W , Setrika 350 W dan Lampu 20 W**

Pada gambar 11 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban setrika dan lampu. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus berfluktuatif hal ini disebabkan karena terdapat beban setrika yang akan otomatis "OFF" apabila mencapai titik panas maksimum. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 3,52 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 3,38 A. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,14 A.

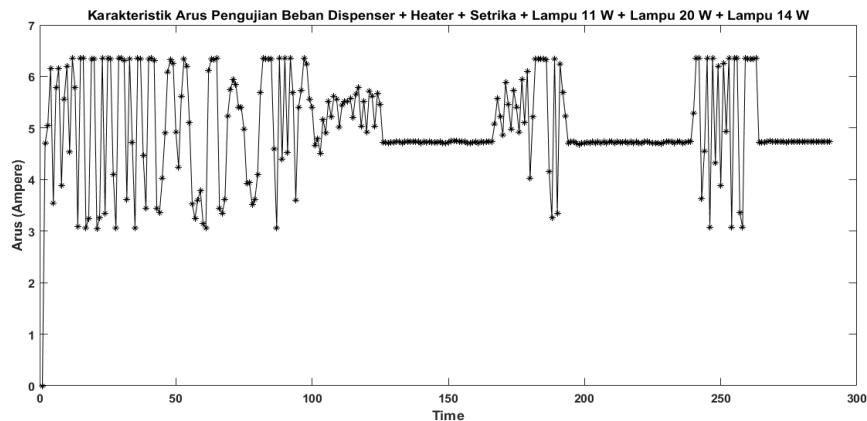


**Gambar 11. Karakteristik Pengujian Beban Dispenser 350 W, Setrika 350 W, dan Lampu 20 W**

**Beban Dispenser 350 W, Heater 1000 W, Setrika 350 W, Lampu 45 W**

Pada gambar 12 merupakan bentuk karekteristik gelombang arus pada pengujian beban dispenser, heater, setrika, dan lampu. Dari grafik tersebut terlihat bahwa bentuk gelombang arus berfluktuatif hal ini disebabkan karena terdapat beban setrika yang akan otomatis "OFF" apabila mencapai titik panas maksimum. Pada pengujian arus menggunakan multimeter menunjukkan nilai sebesar 6,76 A, sedangkan pada pengujian dengan menggunakan LabVIEW menunjukkan nilai arus sebesar 6,34 A. Dari hasil

tersebut dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai arus pada kedua pengujian dengan selisih (*error*) nilai arus sebesar 0,42 A.



**Gambar 12. Karakteristik Pengujian Beban Dispenser 350 W, Heater 1000 W Setrika 350 W, dan Lampu 45 W**

### Pengujian Fitur Pemantauan Beban Listrik Menggunakan Labview

Tampilan pemantauan energi listrik pada LabVIEW terdiri dari beberapa menu, meliputi menu Home dan Monitoring. Selanjutnya akan dibahas fungsi dari masing-masing menu tersebut.

#### Menu Home

Tampilan menu Home dapat dilihat pada Gambar 4.30 dimana menu ini berisi beberapa perintah yang digunakan dalam mengatur sistem pemantauan energi listrik. Terdapat beberapa fungsi dalam menu ini diantaranya:

- Fungsi blok *VISA resource name* digunakan sebagai saluran untuk komunikasi *serial port*, Pada komponen tersebut Visa Serial akan men-scan COM Serial mana yang sedang aktif dengan cara melihat inputan COM Arduino pada panel *device manager* pada computer atau laptop.
  - Fungsi *baud rate* (kecepatan komunikasi) mengindikasikan seberapa cepat data dikirim melalui komunikasi serial dengan satuan bps (*bit per second*) ini mengartikan bahwa **berapa bit data dapat ditransfer setiap detiknya**. “Untuk **mengurangi error maka digunakan** kecepatan standar yaitu **9.600 bps**. Karena Semakin besar nilai baud rate, semakin tinggi kecepatan transfer. Namun demikian, karena komunikasi yang melibatkan sinyal elektrik dan proses sinkronisasi data sangat rentan dengan *error* dan derau, maka disarankan untuk tidak melebihi kecepatan 115.200 bps untuk komunikasi pada Arduino (**Wardana, 2015**)”.
- Kecepatan komunikasi (*baud rate*) dari sisi arduino maupun LabVIEW haruslah sama yaitu sebesar 9.600 bps (*bit per second*).
- Fungsi data *bits* merupakan kapasitas data (digit biner), jumlah informasi yang bisa dikirim oleh arduino ke LabVIEW.
  - Fungsi Port digunakan sebagai sinyal pembacaan ADC dengan nilai 511, namun nilai ini akan berubah-ubah ketika diberi beban.
  - Fungsi Arus digunakan untuk pembacaan nilai arus.

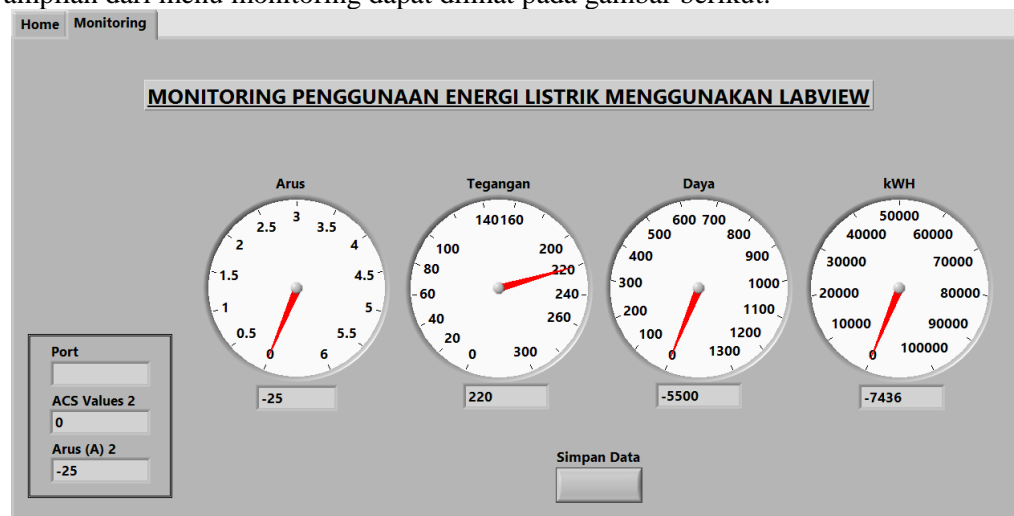




**Gambar 13. Tampilan front panel Menu Home pada Fitur LabVIEW**

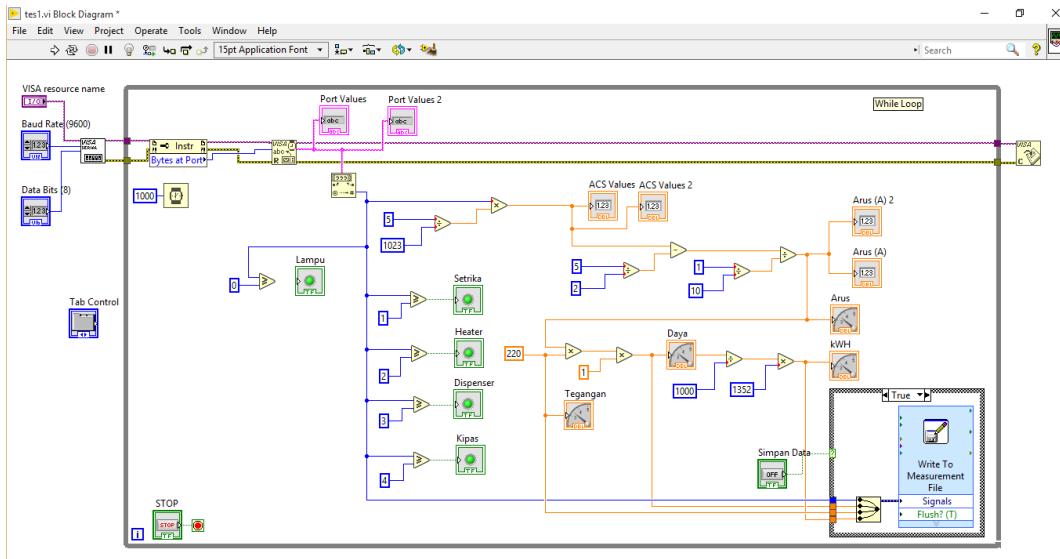
### Menu Monitoring

Menu ini berisi beberapa fitur yang berfungsi untuk memantau penggunaan energi listrik. Sistem pemantauan terdiri dari beberapa alat ukur yang ditampilkan dalam bentuk analog maupun digital. Alat ukur tersebut diantaranya, alat ukur arus, tegangan, daya, dan kWh. Tampilan dari menu monitoring dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 14. Tampilan Menu Monitoring pada Fitur LabVIEW**

Adapun tampilan *Block diagram* dari LabVIEW dapat dilihat pada Gambar 4.32. *Block diagram* adalah jendela tempat menuliskan perintah dan fungsi, berisikan *source code* berupa simbol-simbol, *node* dan garis sebagai *dataflow* untuk mengeksekusi program, termasuk kode dari *front panel*.



**Gambar 15. Tampilan Blok Diagram**

Untuk membaca input data serial melalui Port USB maka digunakan fungsi atau komponen Visa Serial. Dimana pada komponen tersebut Visa Serial akan men-scan COM Serial mana yang sedang aktif dengan cara melihat inputan COM Arduino pada panel device manager pada computer atau laptop. Untuk konfigurasi komunikasi serial antara arduino dengan LabVIEW maka digunakan *source code* sebagai berikut:

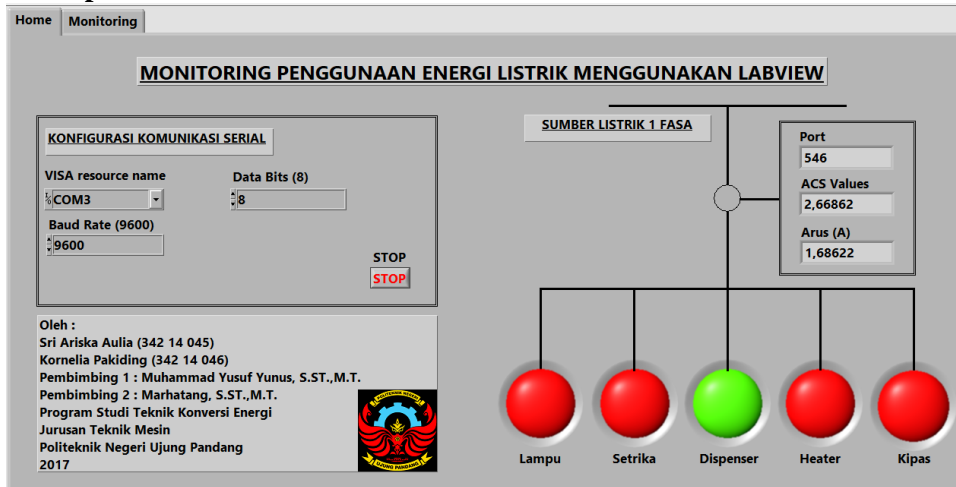
- VISA Configure Serial Port
- VISA Flush I/O Buffer
- VISA Bytes at Serial Port
- VISA Read
- VISA Close

Jika pada saat proses *connecting* data dari Arduino dengan *User Interface* pada Lab View tidak terjadi *error* maka data selanjutnya akan dibaca dan diubah ke dalam bilangan decimal biasa dari bilangan decimal string agar data tersebut bisa dimasukkan ke dalam buffer data. Pada proses buffer data akan diperoleh nilai arus, karena nilai data arus adalah nilai ADC 8 bit, maka untuk menghasilkan nilai arus dalam satuan ampere, disisipkan perhitungan :

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

menggunakan *icon decimal string to number*. Nilai arus tersebut akan dikalikan dengan nilai tegangan konstan sebesar 220 V sehingga akan diperoleh nilai daya dan biaya pemakaian energi listrik akan diperoleh dengan mengalikan nilai daya dengan nilai tarif 1 kWh pada golongan 1300 VA. Sedangkan, untuk menampilkan beban yang sedang aktif maka digunakan *icon boolean*. *Case Structure* digunakan untuk membuat program hanya akan membaca bila ada data di *Serial Port*. Hasil pembacaan data akan disimpan dalam format *excel* menggunakan *icon write to measurement file*. Untuk membuat program terus menerus membaca instruksi yang diterima maka digunakan *icon While Loop*

## Pengujian Beban Tunggal Beban Dispenser 350 Watt



**Gambar 16. Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Dispenser**

Pada Gambar diatas terdapat 3 penununjukan yakni nilai port, ACS value, dan Arus. Untuk mengetahui arus yang mengalir pada sistem maka digunakan persamaan (15), maka diperoleh:

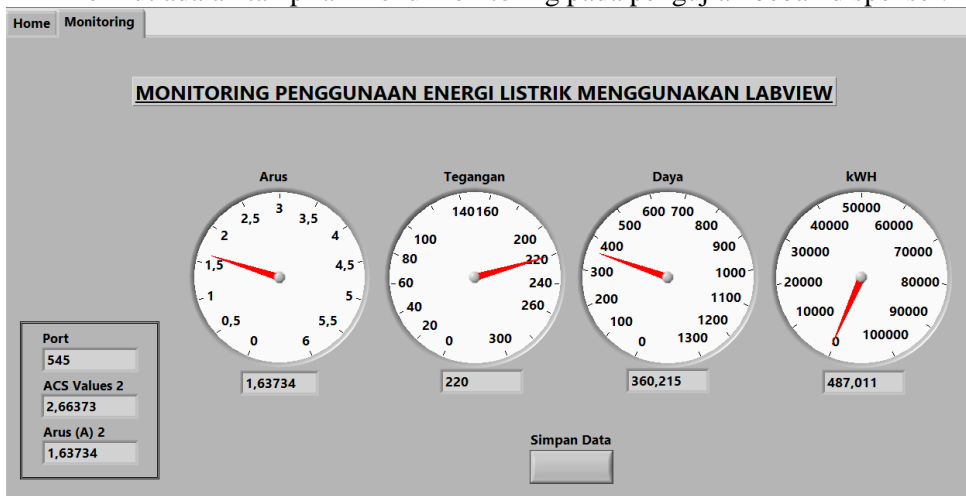
$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( 546 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

$$\text{Arus} = 1,68622$$

Hasil perhitungan diatas sama dengan hasil pengukuran pada LabVIEW.

Berikut adalah tampilan menu monitoring pada pengujian beban dispenser.



**Gambar 17. Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Dispenser**

## Beban Setrika 350 Watt

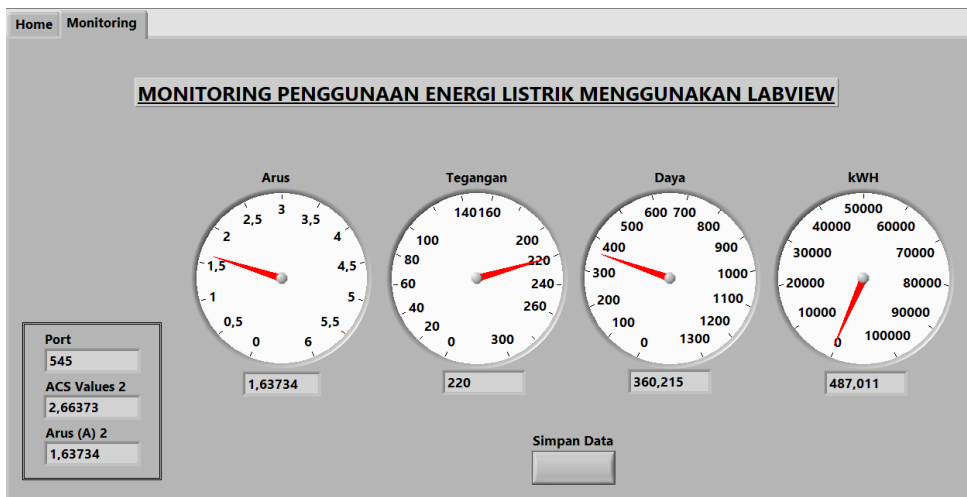


Gambar 18. Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Setrika

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 546 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 1,68622$$



Gambar 19. Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Setrika

## Beban Lampu

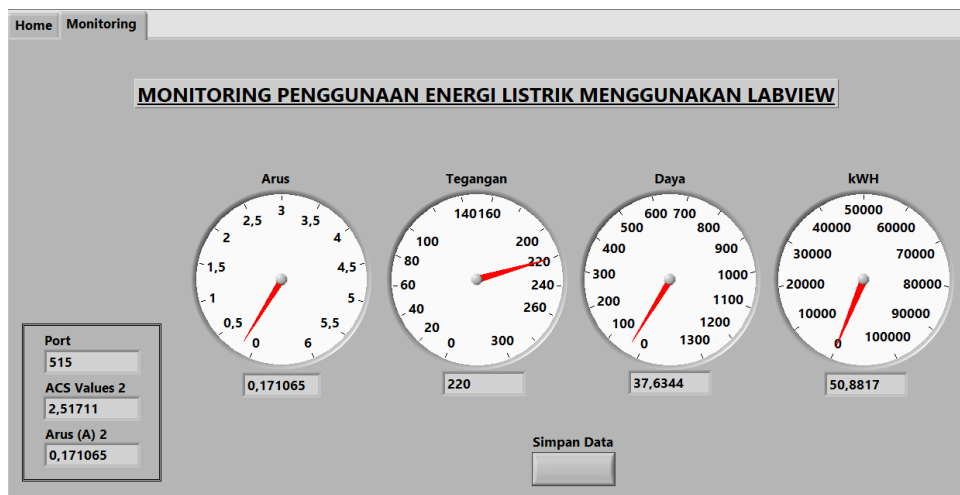


Gambar 20. Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Lampu

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

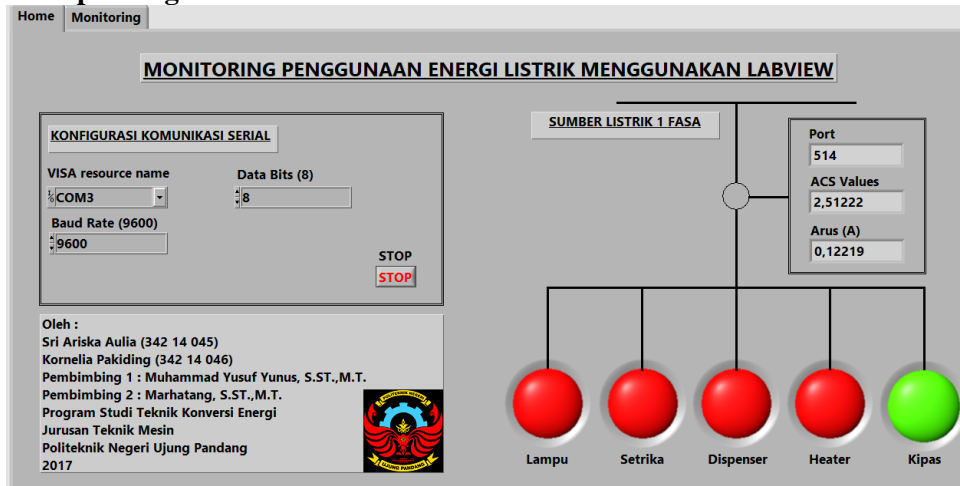
$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 515 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 0,171065 \text{ A}$$



Gambar 21. Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Lampu

## Beban Kipas Angin

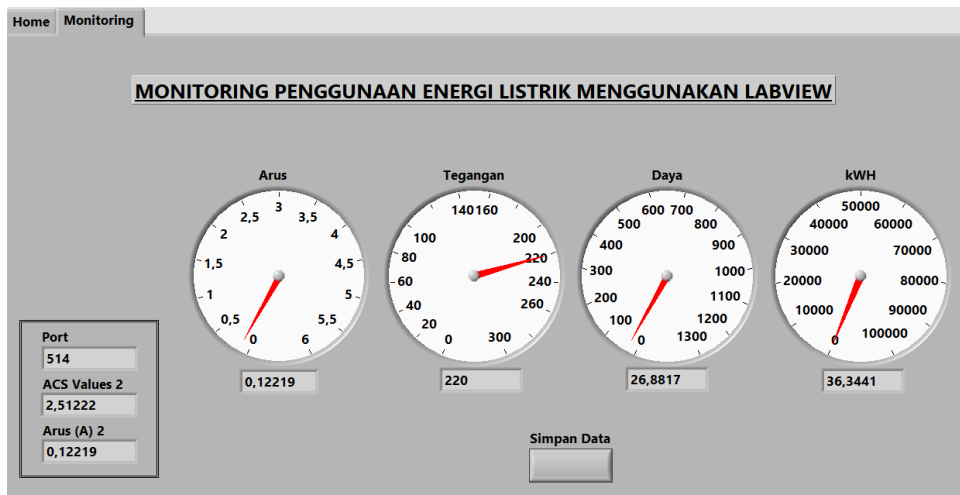


Gambar 22. Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kipas Angin

$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

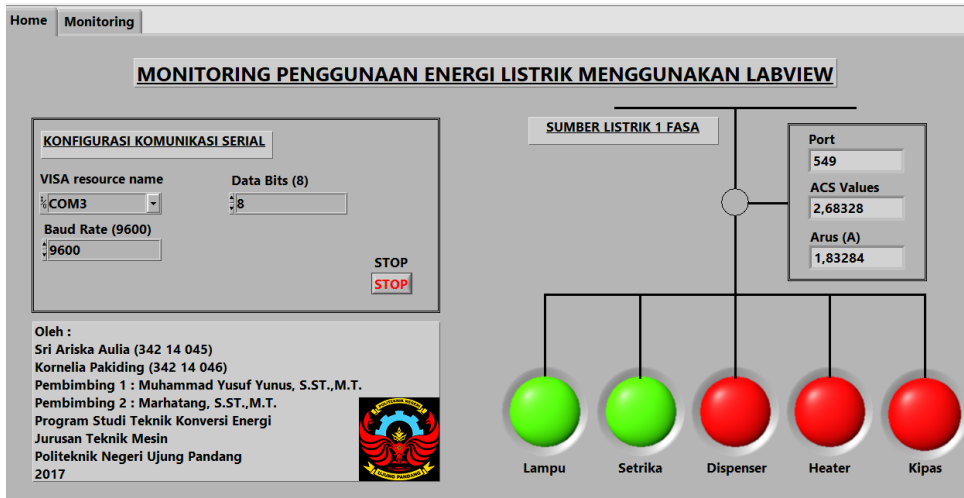
$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( 514 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

$$\text{Arus} = 0,12219 \text{ A}$$



Gambar 23. Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kipas Angin

**Pengujian Beban Kombinasi  
Beban Setrika 350 W dan Lampu 45 W**

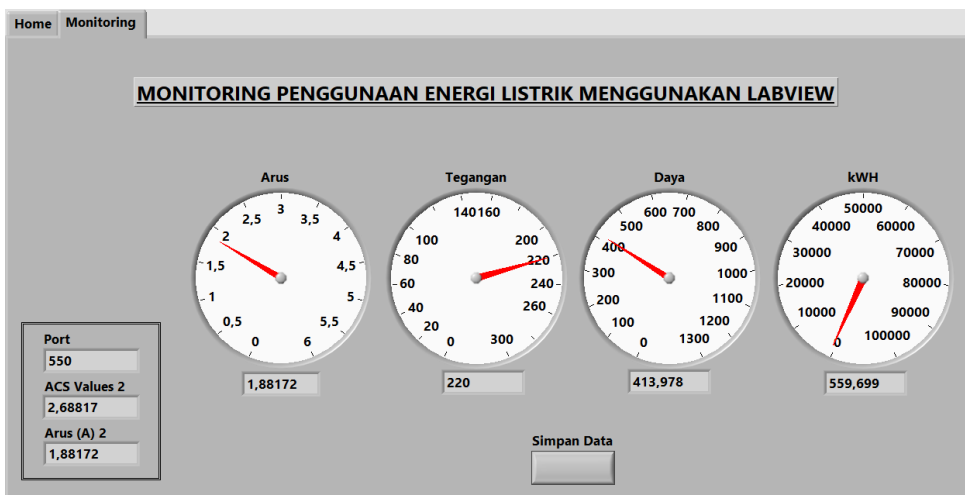


**Gambar 24. Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Setrika dan Lampu**

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 549 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

Arus = 1,83284 A



**Gambar 25. Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Setrika dan Lampu**

**Beban Dispenser 350 W , Setrika 350 W, dan Lampu 20 W**

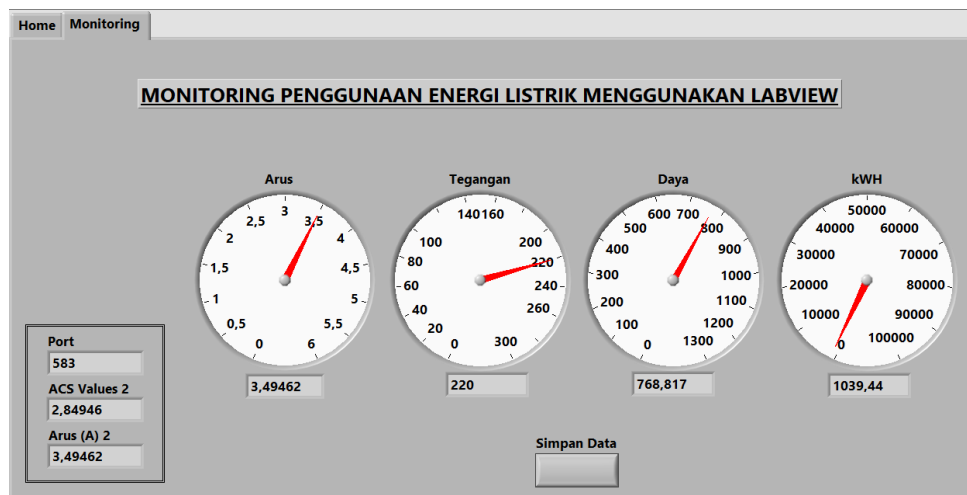


**Gambar 26. Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Setrika dan Lampu**

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = \left( \frac{\left( 584 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5}{0,1} \right)$$

$$\text{Arus} = 3,5435 \text{ A}$$



**Gambar 27. Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Setrika dan Lampu**



## Beban Dispenser 350 W, Kipas Angin 35 W, Setrika 350 W, dan Lampu 45 W

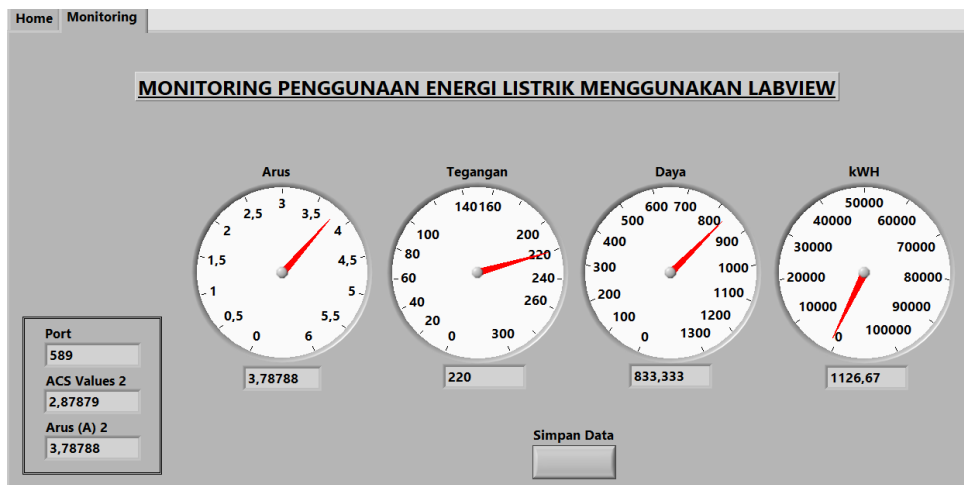


Gambar 28. Tampilan Menu Home pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Kipas Angin, Setrika dan Lampu

$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( \text{port A0} \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

$$\text{Arus} = \frac{\left( \left( 588 \times \left( \frac{5}{1023} \right) \right) - 2,5 \right)}{0,1}$$

$$\text{Arus} = 3,739 \text{ A}$$



Gambar 29. Tampilan Menu Monitoring pada Pengujian Beban Kombinasi Dispenser, Kipas Angin, Setrika dan Lampu

### KESIMPULAN

1. Output dari penelitian ini adalah rancang bangun monitoring pemakaian energi listrik menggunakan LabVIEW.
2. Pengujian dilakukan dengan metode pengukuran langsung sebagai pembandingan
3. Dari hasil penerapan, monitoring dapat dengan baik dilakukan, yang ditunjukkan dengan selisih *error* hasil pengukuran dengan pengukuran dari LabView.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Laughman, K. Lee, R. Cox, S. Shaw, S. B. Leeb, L. Norford, and P. Armstrong (2003), "Power Signature Analysis". IEEE Power & Energy Magazine.
- Energy Consumption in United Kingdom, Technical Report for Department of Energy & Climate Change (2010), London.
- G. W. Hart (1992), "Nonintrusive Appliance Load Monitoring", Proceedings IEEE, Vol. 80, No. 12.
- Hutoro Koko (2015), "Desain Smart Meter Untuk Memantau Dan Identifikasi Pemakaian Energi Listrik Pada Sektor Rumah Tangga Menggunakan Backpropagation Neural Network". ITS Surabaya.
- Jian Liang, Simon K. K. Ng, Gail Kendall, and John W. M. Cheng (2010)," Load Signature Study—Part I: Basic Concept, Structure, and Methodology," IEEE Transactions On Power Delivery, Vol 25.
- J. Uteley, and L. Shorrocks (2008), "Domestic Energy Fact File 2008", Technical Report for Building Research Establishment : Garston, UK.
- J. G. Roos, I. E. Lane, E. C. Lane, and G. P. Hanche (1994), "Using neural networks for non-intrusive monitoring of industrial electrical loads," in Proceedings of IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference.
- K.E Martinez, K.A Donnelly, and J.A Laitner (2010), "Advanced Metering Initiatives and Residential Feedback Programs: A Meta-Review for Households Electricity-Saving Opportunities", Technical Report E105 for American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEE), USA.
- Kusumadewi, S (2004), "Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK", Graha Ilmu.
- Purnomo, M.H, dan Kurniawan, A (2006), "Supervised Neural Networks dan Aplikasinya", Graha Ilmu
- Y.Y Hong, and J.H Chou (2012), "Nonintrusive Energy Monitoring for Microgrids Using Hybrid Self-Organizing Feature-Mapping Networks," Energies, 2012.