

**SISTEM ONLINE MONITORING BESARAN LISTRIK LISTRIK 3 FASA  
BERBASIS SINGLE BOARD COMPUTER BCM 2835**

( Skripsi )

Oleh

**YUSUF YOEKIE PERMADI**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

## ABSTRAK

### SISTEM ONLINE MONITORING BESARAN LISTRIK 3 FASA BERBASIS SINGLE BOARD COMPUTER BCM 2835

Oleh

**YUSUF YOEKIE PERMADI**

Besaran listrik 3 fasa perlu dimonitor untuk mengetahui nilai besaran listriknya tegangan (V), arus (A), faktor daya ( $\cos \theta$ ), daya (W) dan konsumsi energi (kWh). Sehingga dapat diketahui untuk mengetahui kualitas pasokan energi listriknya.

Sistem monitoring yang dimaksud pada tugas akhir ini adalah pengukuran tegangan dan arus sedangkan nilai daya dan faktor daya didapat dari hasil perhitungan menggunakan program bahasa C yang di arduino sedangkan untuk perhitungan konsumsi energi/kWh dibuat pemograman python pada *Single Board Computer* BCM 2835.

Sebuah *prototype* sistem monitoring telah diujikan pada gedung Laboratorium Jurusan Teknik Elektro dan gedung UPT - TIK Universitas Lampung. Dari data yang diperoleh pada tanggal 30 juni 2016 didapat hasil nilai besaran listrik antar fasa: tegangan, arus dan daya pada ke dua gedung cenderung tidak seimbang, hal ini disebabkan karena pola pembebanan masing-masing fasa pada gedung yang dianalisa tidak merata. Sedangkan untuk nilai faktor daya pada setiap gedungnya bergantung pada beban.

Kata kunci : listrik 3 fasa, sensor tegangan, sensor arus, Arduino, *Single board Computer* BCM 2835.

## **ABSTRACT**

### **ONLINE MONITORING SYSTEM OF ELECTRIC 3-PHASE MAGNITUDE BASED ON SINGLE BOARD COMPUTER BCM 2835**

**By**

**YUSUF YOEKIE PERMADI**

Three phase electrical quantities need to be monitored for determine the value of the electrical voltage (V), current (A), power factor ( $\cos \theta$ ), power (W) and energy consumption (kWh). So that can be inform the quality of the electrical energy supply.

Monitoring system in this final project describe the measurement of voltage and current while the power and power factor value obtained from the calculation using the C language program at arduino where as for the calculation of energy consumption / kWh made by python programming at BCM 2835.

The prototype for monitoring system that has been done at the laboratory and Department of Electrical Engineering Unit – ICT buildings, University of Lampung. From the data obtained on 30 June 2016 the results of the inter-phase electrical quantities: voltage, current and power on to the two buildings tend to be unbalanced, because the loading pattern of each phase in the building which analyzed was unbalance. For the value of the power factor at every building is depends on the load.

**Keywords:** 3 phase electrical, voltage sensors, flow sensors, Arduino, Single board Computers BCM 8235.

**SISTEM ONLINE MONITORING BESARAN LISTRIK LISTRIK 3 FASA  
BERBASIS SINGLE BOARD COMPUTER BCM 2835**

**Oleh  
YUSUF YOEKIE PERMADI**

**Skripsi  
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK  
Pada  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

Judul Skripsi : **SISTEM ONLINE MONITORING BESARAN LISTRIK LISTRIK 3 FASA BERBASIS SINGLE BOARD COMPUTER BCM 8235**

Nama Mahasiswa : **Yusuf Yoeke Permadi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 0745031043

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

au. Sekretaris Jurusan  
**TEKNIK ELEKTRO**

*Herhal*

**Dr. Herman H Buaga**  
**Dr. Eng., Dikpride Despa, S.T., M.T**  
NIP 19720428 199803 2 001

*[Signature]*  
**M. Komarudin, S.T., M.T.**  
NIP 19681207 199603 1 003

2. **Ketua Jurusan Teknik Elektro**

*[Signature]*

**Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc**  
NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

44. Sekretaris Jurusan  
TEKNIK ELEKTRA

Dr. Herman H Siaga

Ketua : Dr. Eng., Dikpride Despa, S.T., M.T.

*Herhal*

Sekretaris : M. Komarudin, S.T., M.T.

Penguji Bukan  
Pembimbing

: Dr. Eng., Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc.

2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., PhD,  
NIP: 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 Agustus 2016

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Adapun karya orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dicantumkan sumbernya pada daftar pustaka.

Apabila saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 2016



**Yusuf Yoekie Permadi**

0745031043

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 05 April 1988, sebagai anak ke-dua dari lima bersaudara dari Bapak Achmad biworo dan Ibu Siti Aminah. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 5 Rajabasa pada tahun 2000, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama di SLTPN 28 Bandar Lampung pada tahun 2003, Sekolah Menengah Kejuruan di SMKN 2 Bandar Lampung pada tahun 2006 dan penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2007.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (UKMF FOSSI FT) sebagai Kepala Badan Khusus BBQ (Bina Baca Qur'an) pada tahun 2009 – 2010, dan dilanjutkan di Unit Kegiatan Mahasiswa Universitas Bina Rohani Islam Mahasiswa (UKMU BIROHMAH) juga sebagai Anggota BK BBQ pada tahun 2010-2011.

Pada bulan Januari 2011 penulis melaksanakan kerja praktek PERTAMINA RU III, Plaju Sungai Gerong Sumatra Selatan, laporan yang dibuat tentang “Sistem Uninterutable Powor Supply di PERTAMINA RU III, Plaju Sungai Gerong”



*MOTTO*

**“go ahead”**

## *Persembahan*

*Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas nikmat sehat, nikmat kesempatan untuk menuntut ilmu yang kudapatkan hingga detik ini.*

*Kupersembahkan sebuah karya sederhana ini untuk:*

*Kedua orang tuaku, adik-adikku dan keluarga besar. Terima kasih atas dukungan, do'a dan pengorbanan yang tiada habisnya yang telah kalian curahkan kepadaku selama ini.*

*Guru-guruku dan dosen-dosenku yang telah dengan sabar mengajarkan kepadaku tentang ilmu-ilmu yang bermanfaat.*

*Sahabat-sahabatku yang telah banyak membantuku selama ini dalam segala hal dan banyak meninggalkan kenangan indah.*

*Kalian adalah yang terbaik dalam hidupku.*

## SANWACANA

Segala puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi / tugas akhir ini dengan judul “Sistem Online Monitoring Besaran Listrik 3 Fasa *Berbasis Single Board Computer BCM 2835*”.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat bantuan baik ilmu, materil, petunjuk, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan rasa syukur yang sebesar – besarnya, baik langsung maupun tidak langsung kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T.,M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Eng Dikpride Despa, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing utama atas bimbingannya dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Muhamad Komarudin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping atas bimbingannya pembuatan alat dan penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Dr. Eng. Lukmannul Hakim, S.T., M.Sc., yang telah bersedia menjadi penguji dalam tugas akhir ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro atas didikan, bimbingan, serta ilmu pengetahuan yang telah diberikan.
7. Kedua orang tua dan Devi Wahyuni Chaniago yang udah sabar menunggu, mendoakan dan meberi semangat dimasa penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-temanku Adi Kurniawan, bro Ginting, bro Martin, Septian riwanto, Belwanto, David, Danu, Dedi Gomiz, Gery, Jemi, Insan, ipan dan Indra terima kasih atas dukungannya.
9. Rekan-rekan mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung angkatan 2005,2006 dan 2007, seluruh teman-teman semua mahasiswa jurusan teknik elektro dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan laporan kerja praktik ini.

Penulis menyadari masih adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini, sehingga kritik dan saran sangat diharapkan demi kebaikan dan kemajuan di masa yang akan datang. Harapan penulis semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dan semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat serta menambah ilmu pengetahuan bagi yang membacanya.

Bandar Lampung,                    2016  
Penulis

**Yusuf Yoekie Permadi**

## DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>ABSTRAK</b> .....                                   | i       |
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                             | iii     |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....                       | iv      |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                        | v       |
| <b>SURAT PERNYATAAN</b> .....                          | vi      |
| <b>RIWAYAT HIDUP</b> .....                             | vii     |
| <b>HALAMAN MOTTO</b> .....                             | viii    |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                       | ix      |
| <b>SANWACANA</b> .....                                 | x       |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                | xii     |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                              | xiv     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                             | xv      |
| <br>   |         |
| <b>I. PENDAHULUAN</b>                                  |         |
| 1.1. Latar Belakang .....                              | 1       |
| 1.2. Tujuan Penelitian .....                           | 2       |
| 1.3. Manfaat Penelitian .....                          | 3       |
| 1.4. Rumusan Masalah .....                             | 3       |
| 1.5. Batasan Masalah .....                             | 3       |
| 1.6. Hipotesis .....                                   | 4       |
| <br>   |         |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>                            |         |
| 2.1. Besaran Listrik .....                             | 5       |
| 2.2. Pengukuran Tegangan Tinggi AC .....               | 9       |
| 2.3. Pengukuran Arus AC .....                          | 11      |
| 2.4. Arduino .....                                     | 13      |
| 2.5. Single Board Computer BCM2835 (Raspberry Pi)..... | 14      |
| 2.6. Kesalahan Dalam Pengukuran ( <i>Error</i> ) ..... | 16      |
| 2.7. Penelitian Terdahulu .....                        | 17      |

**III. METODE PENELITIAN**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian ..... | 20 |
| 3.2. Alat dan Bahan .....              | 20 |
| 3.3. Langkah Kerja Penelitian .....    | 21 |
| 3.4. Blok Diagram Sistem .....         | 24 |
| 3.5. Perancangan Sistem .....          | 25 |
| 3.6. Kalibrasi .....                   | 27 |
| 3.7. Pengujian .....                   | 29 |

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

|  |    |
|--|----|
| 4.1. Pembuatan Perangkat Keras .....               | 30 |
| 4.2. Pengujian Alat dan Data Hasil Pengujian ..... | 32 |
| 4.3. <i>Back up</i> daya .....                     | 34 |
| 4.4. Pengujian Sistem .....                        | 35 |
| 4.5. Data Hasil Pengujian .....                    | 42 |
| 4.6. Pembahasan .....                              | 49 |

**V. SIMPULAN DAN SARAN**

|                    |    |
|--------------------|----|
| 5.1. Kesimpulan .. | 50 |
| 5.2. Saran .....   | 51 |

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Klasifikasi Koefisien Korelasi ..... | 11      |
| Tabel 3.1 Daftar Bahan .....                   | 21      |
| Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Alat .....      | 32      |

## DAFTAR GAMBAR

|             | Halaman  |
|-------------|--|
| Gambar 2.1  | Segitiga Daya ..... 8  |
| Gambar 2.2  | Skema Transformator ..... 10   |
| Gambar 2.3  | Sensor Arus CT 100A ..... 12   |
| Gambar 2.4  | Arduino..... 13  |
| Gambar 2.5  | GPIO <i>Single Board Computer</i> BCM 2835 ..... 14                          |
| Gambar 3.1  | Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir..... 23                                  |
| Gambar 3.2  | Blok Digram Sistem ..... 24  |
| Gambar 3.3  | Rangkaian Sensor Tegangan ..... 25   |
| Gambar 3.4  | Rangkaian Sensor Arus ..... 26   |
| Gambar 3.5  | Digital Power Clamp Meter ..... 28   |
| Gambar 4.1  | Rangkaian pengkondisian sinyal ..... 30                                      |
| Gambar 4.2  | <i>Hardware</i> Sistem Monitoring Besaran Listrik ..... 31                   |
| Gambar 4.3  | Rangkaian <i>Back Up Power Single Board Computer</i> BCM 2835.. 34           |
| Gambar 4.4  | Hasil monitoring Arus Lab Terpadu tanggal 30 Mei 2016 ..... 37               |
| Gambar 4.5  | Hasil monitoring Daya Lab Terpadu tanggal 30 Mei 2016..... 38                |
| Gambar 4.6  | Hasil monitoring Faktor Daya Lab Terpadu tanggal 30 Mei 2016<br>..... 39     |
| Gambar 4.7  | Hasil monitoring Konsumsi Energi Lab Terpadu tanggal 30 Mei<br>2016 ..... 40 |
| Gambar 4.8  | Hasil monitoring tegangan Lab Terpadu tanggal 30 Mei 2016 .... 41            |
| Gambar 4.9  | Hasil Monitoring Tegangan gedung UPT-TIK Tanggal 30 Mei<br>2016 ..... 43     |
| Gambar 4.10 | Hasil Monitoring Faktor Daya gedung UPT-TIK Tanggal 30 Mei<br>2016 ..... 44  |
| Gambar 4.11 | Hasil Monitoring kWh gedung UPT-TIK Tanggal 30 Mei 2016.. 46                 |
| Gambar 4.12 | Hasil Monitoring Arus gedung UPT-TIK Tanggal 30 Mei 2016.. 47                |
| Gambar 4.13 | Hasil monitoring daya gedung UPT-TIK Tanggal 30 Mei 2016 .. 48               |



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi listrik sangat berperan penting dalam memajukan perekonomian masyarakat, banyak peralatan-peralatan yang membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikannya, baik dalam skala rumah tangga maupun skala industri. Untuk itu, kualitas pasokan energi listrik sangat penting untuk diketahui karena energi listrik dapat mempengaruhi kinerja dan usia pakai dari beban atau peralatan yang digunakan. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi energi listrik tersebut diantaranya adalah tegangan, arus, dan faktor daya pada sistem jaringan listrik 3 fasa..

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan bantuan berbagai sumber, seperti air, minyak, batubara, angin, panas bumi, nuklir dan lainnya. Beberapa sumber tersebut, persediaannya di bumi ini terbatas, apabila digunakan terus-menerus maka lama-kelamaan akan habis. Untuk itu perlu dilakukan usaha agar persediaan energi listrik terus ada, usaha tersebut diantaranya dengan melakukan penghematan dalam mengkonsumsi energi listrik. Dengan demikian, selain tegangan, arus, faktor daya dan daya perlu juga diketahui besarnya konsumsi energi listrik setiap hari, setiap minggu atau setiap bulan guna untuk menentukan langkah-langkah untuk melakukan penghematan dalam mengkonsumsi energi

listrik sehingga dapat menekan biaya tagihan listrik dan untuk menjaga ketersediaan energi listrik.

Untuk memenuhi kebutuhan di atas, perlu dibuat sebuah *prototype* monitoring besaran listrik yang meliputi tegangan, arus, faktor daya, dan daya listrik. Saat ini monitoring besaran listrik banyak dilakukan dengan cara memasang alat-alat ukur listrik pada panel listrik sebelum masuk ke beban, cara ini memiliki kekurangan diantaranya adalah yang pertama untuk mengetahui status kelistrikan harus langsung melihat di lokasi tempat alat ukur dipasang sehingga akan sangat merepotkan dan yang kedua adalah dengan cara ini hanya dapat dilihat besaran listrik pada saat itu saja, tidak ada rekaman monitoring yang dapat digunakan sebagai bahan analisa.

Pada tugas akhir ini akan membuat *hardware* yang mampu memonitoring sistem kelistrikan tiga fasa pada dua gedung yang berbeda yakni pada panel gedung Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro dan pada panel listrik Unit Pelayanan Terpadu Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Lampung, alat ini dapat memonitoring besaran besaran listrik yang aman bagi sistem kelistrikan dan menampilkannya dalam bentuk grafik dengan sebuah sistem *online monitoring*.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat sebuah *prototype* sistem yang dapat memonitor besaran listrik pada jaringan listrik tiga fasa dan mampu merekam hasil monitoring pada dua lokasi yang berbeda ke dalam sebuah database yang ditampilkan dalam bentuk grafik.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Manfaat sistem monitoring besaran listrik ini adalah :

1. Untuk memonitor besaran listrik pada dua tempat yang berbeda.
2. Dapat mengetahui *trend* besaran listrik dan konsumsi energi.

### **1.4. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat rangkaian pengkondisian sinyal untuk menghubungkan sensor arus dan sensor tegangan ke arduino.
2. Menghubungkan arduino ke single board computer BCM 8235
3. Membuat program untuk membaca arus, tegangan, faktor daya, daya dan besarnya konsumsi energi listrik melalui sensor yang terpasang, kemudian mencatat hasil pengukuran ke database dan menampilkan dalam bentuk grafik.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Besaran listrik yang dapat dimonitor adalah arus, tegangan, faktor daya, daya dan konsumsi energi listrik.
2. Pengujian alat dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Pengukuran Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

## 1.6. Hipotesis

1. Dengan menggunakan arduino, sensor arus dan sensor tegangan dapat diperoleh hasil pengukuran arus, tegangan, daya, faktor dan daya. Data hasil pengukuran dari arduino dapat dikirim melalui ke single board computer BCM 2835.
2. Karena Raspberry pi merupakan sebuah komputer maka hasil monitoring dapat direkam pada sebuah *database*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Besaran Listrik.

Didalam ilmu kelistrikan, dikenal beberapa besaran listrik yang penting untuk diketahui, diantaranya arus, tegangan dan daya. Arus listrik adalah banyaknya muatan yang mengalir pada sebuah penghantar dalam waktu satu detik (*coulombs per second*) yang diukur dalam satuan ampere (A). Arus listrik dapat dirumuskan dengan persamaan 2.1 berikut<sup>[2]</sup> :

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :     I       = Arus listrik (Ampere)  
              Q       = Muatan listrik (Coulomb)  
              t       = Waktu (Second)

Tegangan listrik adalah besarnya beda potensial antara dua buah titik yang diukur dalam satuan volt (V). Tegangan dapat juga diartikan sebagai *joule per coulomb*<sup>[2]</sup>, misalkan sebuah baterai memiliki tegangan sebesar 12,6 V, itu berarti setiap muatan 1 coulomb menyediakan energi sebanyak 12,6 joule. Dengan demikian rumus tegangan terlihat pada persamaan 2.2 dibawah ini<sup>[2]</sup>:

$$V = \frac{E}{Q} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :     V     = Tegangan (Volt)  
               E     = Energi (Joule)  
               Q     = Muatan (Coulomb)

Daya listrik adalah banyaknya energi listrik yang mengalir setiap detik atau *joule per second* <sup>[2]</sup> yang diukur dalam satuan watt (W). Daya listrik dirumuskan dengan persamaan 2.3 di bawah ini :<sup>[2]</sup>

$$E = P \cdot t \dots\dots\dots (2.3)$$

$$P = \frac{E}{t} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :     P     = Daya dalam satuan watt (W)  
               E     = Energi dalam satuan joule (J)  
               t     = Waktu dalam satuan detik (s)

Energi listrik didefinisikan sebagai laju penggunaan daya listrik dikalikan dengan selama waktu tersebut<sup>[3]</sup>. Satuan SI untuk energi listrik adalah Joule (J), namun dikenal juga dengan *kilo watt hour* (kWh).

Selanjutnya hubungan arus, tegangan dan daya dijelaskan dengan persamaan 2.5 di bawah ini :<sup>[3]</sup>

$$\mathbf{P = I V} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\mathbf{P = I^2 R} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

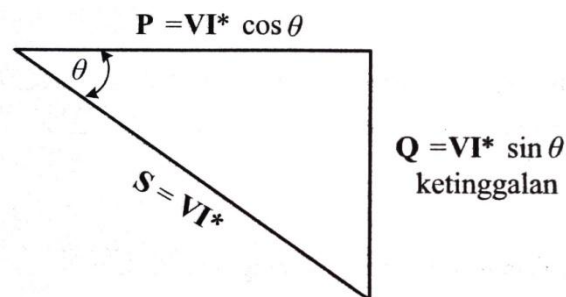
$$\mathbf{I = \frac{P}{V}} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\mathbf{V = \frac{P}{I}} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

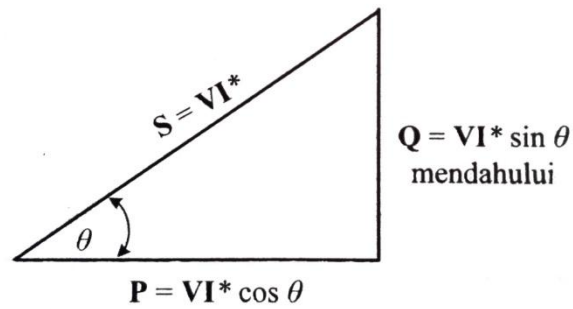
Pada jaringan listrik AC dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal beberapa jenis bentuk daya, diantaranya adalah daya kompleks, daya aktif dan daya reaktif.

Perkalian tegangan  $V$  dengan arus  $I^*$  pada kedua besaran ini dalam bentuk kompleks adalah  $VI^*$  yang dinamakan daya kompleks dengan simbol  $S$ , dalam satuan Volt Ampere (VA). Daya aktif atau daya nyata dirumuskan dengan  $S \cos \theta$  atau  $VI^* \cos \theta$  dengan simbol  $P$ , dalam satuan Watt (W). Sedangkan daya reaktif atau daya khayal dirumuskan dengan  $S \sin \theta$  atau  $VI^* \sin \theta$  dengan simbol  $Q$ , dalam satuan Volt Ampere Reaktif (VAR).<sup>[3]</sup>

Hubungan antara ketiga jenis daya diatas dapat dijelaskan dengan sketsa segitiga daya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut:<sup>[3]</sup>



(a) Bersifat induktif.



(b) Bersifat kapasitif.

Gambar 2.1 Segitiga Daya

Komponen-komponen segitiga daya dapat dituliskan sebagai berikut:<sup>[3]</sup>

|               |                          |       |
|---------------|--------------------------|-------|
| Daya aktif    | : $P = VI^* \cos \theta$ | (W)   |
| Daya reaktif  | : $Q = VI^* \sin \theta$ | (VAR) |
| Daya kompleks | : $S = VI^*$             | (VA)  |
| Faktor daya   | : $p.f = \cos \theta$    |       |

Sudut fasa  $\theta$  muncul diakibatkan adanya selisih antara fasa tegangan dan fasa arus, jika rangkaian bersifat induktif maka fasa arus akan tertinggal dari fasa tegangan, jika rangkaian bersifat kapasitif maka fasa arus akan selalu mendahului fasa tegangan, sedangkan jika rangkaian bersifat resistif maka arus akan selalu sefasa dengan tegangan sehingga sudut fasa  $\theta = 0$ . Dengan adanya sudut fasa  $\theta$  maka akan diketahui besaran yang disebut Faktor daya atau *power factor* (p.f) yang merupakan nilai cosinus dari besar sudut fasa  $\theta$ . Faktor daya pf sering digunakan sebagai indikator baik atau buruknya pasokan daya pada sebuah sistem. Nilai pf tidak akan lebih besar dari satu (1), jika nilai pf semakin mendekati 1 maka akan semakin baik bagi sistem.

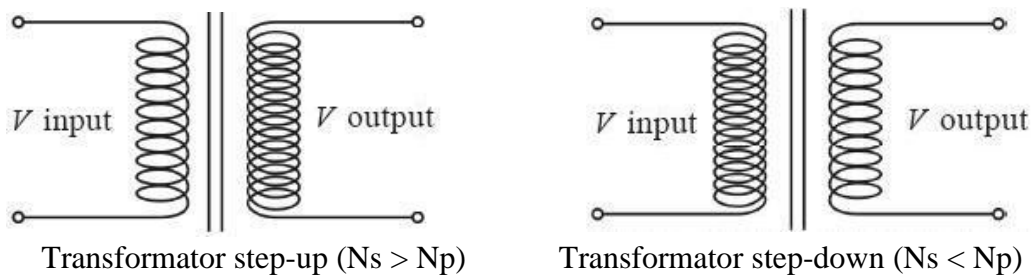


## 2.2. Pengukuran Tegangan Tinggi AC

Untuk melakukan pengukuran tegangan tinggi AC, metode yang digunakan adalah dengan cara menurunkan tegangan tinggi ke tegangan rendah. Metode ini yang digunakan dalam pembuatan alat ukur tegangan atau Voltmeter. Untuk menurunkan tegangan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan atau yang kedua dengan menggunakan transformator step down.

Transformator merupakan suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui suatu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya.

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektris namun berhubungan secara magnetis. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani<sup>[3]</sup>. Seperti yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema Transformator

Secara umum, Transformator dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Transformator step-up dan Transformator *step-down*.

Transformator *step-up* adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh. Sedangkan transformator *step-down* memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan.

Rumus tegangan pada transformator adalah sebagai berikut :

$$V_o = \frac{V_i \cdot N_o}{N_i} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :  $V_o$  = Tegangan Output (V)

$V_i$  = Tegangan Input (V)

$N_o$  = Jumlah lilitan output (lilitan skunder)

$N_i$  = Jumlah lilitan input (lilitan primer)

Transformator yang baik untuk digunakan sebagai sensor tegangan adalah transformator yang memiliki sifat linieritas yang baik, artinya tegangan output dari transformator akan naik ataupun turun sesuai dengan naik atau turunnya tegangan input dari transformator tersebut. Untuk menentukan tingkat linieritas trafo dapat dilakukan dengan mencari koefisien korelasi antara tegangan output dan tegangan input transformator. Koefisien korelasi merupakan angka yang menunjukkan tinggi atau rendahnya hubungan antara dua buah variabel atau lebih.

Menurut Goilford, klasifikasi koefisien korelasi tanpa memperhatikan tanda positif dan negatif ditunjukkan pada table 2.1 berikut:<sup>[19]</sup>

Tabel 2.1: Klasifikasi koefisien korelasi.

| Koefisien Korelasi | Tingkat Hubungan         |
|--------------------|--------------------------|
| 0,00 sd 0,20       | Tidak ada korelasi       |
| 0,21 sd 0,40       | Rendah atau kurang       |
| 0,41 sd 0,70       | Cukup                    |
| 0,71 sd 0,90       | Tinggi                   |
| 0,91 sd 1,00       | Sangat tinggi (sempurna) |

### 2.3. Pengukuran Arus AC.<sup>[20]</sup>

Pengukuran arus biasanya membutuhkan resistor shunt yaitu resistor yang dihubungkan secara seri pada beban dan mengubah arus menjadi tegangan. Tegangan tersebut biasanya di umpankan ke *current transformer* terlebih dahulu sebelum masuk kerangkaian pengkondisi sinyal.

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa

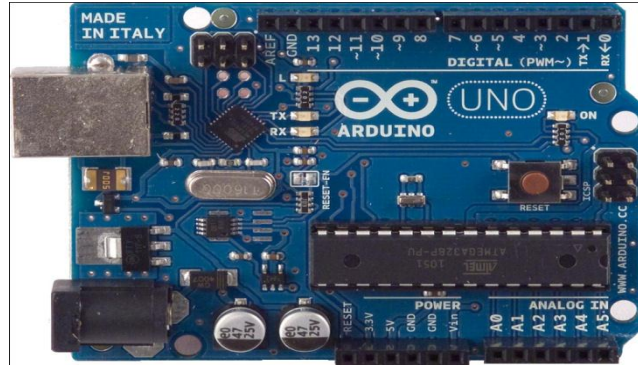
tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam ammeter atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sensor Arus CT 100A  
(Gambar diambil dari data sheet CT 100A)

Sensor arus digunakan untuk menyensor arus yang menuju beban kapasitas sensing dari sensor arus ini maksimal adalah 100 Ampere. Karena sensor arus ini digunakan untuk menyensor arus yang menuju beban, maka lilitannya dirancang untuk dihubungkan secara seri dengan saluran seperti dalam Gambar 2.3. Oleh sebab itu impedansi lilitan primer perlu dibuat serendah mungkin dengan menggunakan beberapa lilitan kawat bertahanan rendah yang mampu membawa arus saluran yang nilainya tertentu. Perbandingan arus primer dan sekunder adalah berbanding terbalik dengan perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder atau dapat dituliskan pada persamaan

## 2.4. Arduino



Gambar 2.4 Arduino.  
(Gambar ini diambil dari data sheet Arduino)

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset seperti yang terlihat pada gambar 2.4 diatas. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulaing.

Arduino Uno berbeda dari semua board Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan chip driver FTDIUSB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega 16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari board Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke

dalam DFU mode. Revisi 3 dari board Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

- *Pinout* 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin *reset*, IOREF yang memungkinkan *shield-shield* untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari board. Untuk ke depannya, shield akan dijadikan kompatibel/cocok dengan board yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan arduino uno yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang ke-dua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya
- Sirkuit RESET yang lebih kuat
- Atmega 16U2 menggantikan 8U2

## 2.5. Single Board Computer BCM2835 (Raspberry Pi)<sup>[21]</sup>



Gambar 2.5 GPIO Single board computer BCM 2835.  
(Gambar ini diambil dari data sheet Single Board Computer BCM 2835)

Single Board Computer BCM2835 (Gambar 2.10) atau biasa disebut dengan raspberry pi adalah komputer berukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh single board computer BCM 8235 *foundation*, yang memiliki fungsi yang hampir sama dengan PC kebanyakan. Model PC ini dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe A dan tipe B. Perbedaan keduanya hanya terletak pada *memory*, jumlah *port USB*, dan network adaptor. Untuk menggunakan single board computer BCM 8235, kita membutuhkan beberapa peralatan seperti dibawah ini :

- Keyboard
- Mouse
- Monitor
- Kabel *power* untuk single board computer BCM 8235
- Kabel HDMI untuk monitor atau RCA
- SDHC card untuk penyimpanan sistem operasi Single board computer BCM 8235 (minimal 4 GB)
- Kabel UTP untuk menghubungkan LAN

Pada Single board computer BCM 2835 dilengkapi dengan *General Purpose Input/Output* (GPIO), setiap pin dari GPIO ini dapat diatur sebagai masukan atau keluaran. Melalui GPIO, Single board computer BCM 2835 dapat menerima berbagai macam masukan untuk dilakukan pemrograman, masukan dapat berupa berbagai macam sensor seperti sensor suhu, sensor cahaya, sensor tegangan dan lain sebagainya.

## 2.6. Kesalahan Dalam Pengukuran (*Error*)

Dalam melakukan pengukuran hal yang cukup sulit adalah mengetahui apakah nilai hasil pengukuran merupakan nilai yang benar, karena setiap pengukuran yang menggunakan alat ukur hanya dapat menghasilkan nilai perkiraan. Dengan demikian dalam merancang sebuah alat ukur harus ada nilai pembanding yang bisa didapat dari hasil perhitungan atau dari hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang telah diakui kemampuannya. Nilai pembanding tersebut digunakan untuk mengetahui besar kesalahan dalam pengukuran (*Error*), sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian alat ukur yang dibuat yang selanjutnya akan menentukan kualitas dari alat ukur tersebut. Klasifikasi alat ukur listrik menurut Standar IEC No. 13B-23 menspesifikasikan bahwa ketelitian alat ukur dibagi menjadi 8 kelas yaitu : 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; dan 5.<sup>[18]</sup> Kelas-kelas tersebut artinya bahwa besarnya kesalahan alat ukur masing-masing adalah  $\pm 0,05\%$ ,  $\pm 0,1\%$ ,  $\pm 0,2\%$ ,  $\pm 0,5$ ,  $\pm 1,0\%$ ,  $\pm 1,5\%$ ,  $\pm 2,5\%$ , dan  $\pm 5\%$ . Dari 8 kelas alat ukur tersebut digolongkan menjadi 4 golongan sesuai dengan daerah pemakaiannya, yaitu :

- 1) Golongan dari kelas 0,05, 0,1 dan 0,2 termasuk alat ukur presisi yang tertinggi, biasa digunakan pada laboratorium yang standar.
- 2) Golongan dari kelas 0,5 memiliki ketelitian dan tingkat presisi berikutnya dari 0,2. Alat ukur ini biasa digunakan pada pengukuran-pengukuran presisi. Alat ukur ini biasanya portabel.
- 3) Golongan dari kelas 1,0 memiliki ketelitian dan tingkat presisi yang lebih rendah dari alat ukur kelas 0,5. Alat ini biasa digunakan pada alat-alat ukur portabel yang kecil atau alat ukur yang digunakan pada panel.



- 4) Golongan dari kelas 1,5, 2,5 dan 5. Alat ukur ini biasa digunakan pada panel-panel yang tidak begitu memperhatikan presisi dan ketelitian.

Ada beberapa cara dalam menentukan kesalahan, namun yang umum digunakan adalah dengan menentukan persentasi kesalahan (*percent of error*)<sup>[22]</sup> menggunakan persamaan berikut :

$$\text{persen error} = \frac{|\text{nilai pengukuran} - \text{nilai pembanding}|}{\text{nilai pembanding}} \times 100\%$$

## 2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi rujukan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

- a. **Rancang Bangun Alat Pemutus Aliran Daya Listrikn Melalui Fasilitas SMS Berbasis Mikrokontroler**, (Besma, Dikpride Despa, et.al, 2013)<sup>[1]</sup>. Penelitian ini menghasilkan *prototype* alat pemutus aliran daya skala rumah tangga. Alat ini mampu memutus, menghubungkan, serta mengirimkan status aktif atau tidak aktifnya aliran daya listrik dengan beban terpasang hingga 2,2 Kw.<sup>[1]</sup>
- b. **Smart Monitoring Of Elektrical Quantities Based On Single Board Computer BCM 2835**, (Dikpride Despa at.al, 2015)<sup>[6]</sup> penelitian ini membuat sebuah *prototype* monitoring besaran listrik tegangan, arus, daya, konsumsi energi, cos phi dihitung dengan menggunakan persamaan. Hasil monitoring dapat dimonitor pada sebuah layar monitor yang teroneksi dengan menggunakan jaringan kabel internet.

- c. **Rancang Bangun Sistem Monitoring Bandwidth, Koneksi Listrik dan Temperatur Ruang Berbasis Raspberry Pi pada Gedung Pusat Data Universitas Lampung** (Hanang Priambodo, 2014).<sup>[25]</sup> Penelitian ini menghasilkan alat untuk memonitor bandwidth pada koneksi internet, untuk memonitor koneksi listrik dan suhu ruang. Data hasil monitoring disimpan pada database MySQL dan dapat dilihat dari WEB dalam bentuk grafik.
- d. **Monitoring Besaran Listrik Dari Jarak Jauh Pada Jaringan Listrik 3 Fasa Berbasis Single Board Computer BCM-2835.** (Adi kurniawan, 2015)<sup>[24]</sup> penelitian ini menghasilkan sebuah alat yang dapat memonitoring konsumsi energy. Alat ini dibuat dengan menggunakan bantuan single board computer BCM 2835, kWh meter dan sensor ACS-712 untuk mendeteksi beban yang dipakai Secara online dan seberapa besar konsumsi energi yang terpakai.
- e. **Rancang Bangun Sistem Monitoring Tegangan, Arus dan Temperatur pada Sistem Pencatu Daya Listrik di Teknik Elektro Berbasis Mikrokontroller Atmega128** (Suryawan Dwi Wahyu, 2012)<sup>[21]</sup>. Penelitian ini menghasilkan alat untuk memonitor tegangan, arus dan suhu pada sistem pencatu daya 3 fasa. Sensor tegangan menggunakan trafo *step-down* dan sensor arus menggunakan *current transformer*. Data pengukuran diolah pada mikrokontroler untuk ditampilkan pada LCD.
- f. **Perancangan kWh Meter Digital Menggunakan Sensor Arus ACS712ELC-30A** (Ihsan Thamrin, 2010).<sup>[22]</sup> Penelitian ini menghasilkan sebuah kWh meter digital dengan menggunakan sensor arus ACS712-30A,

rangkaian pembaca tegangan dan mikrokontroler. Data hasil pengukuran dapat dilihat dari sebuah LCD.

g. **Energy Monitoring System Berbasis WEB** (Novan Zulkarnain, 2013)<sup>[23]</sup>

Penelitian ini menghasilkan alat untuk memonitor pemakaian energi listrik pada sebuah gedung. Data monitoring disimpan pada database dengan aplikasi MySQL, kemudian dibuat grafik dengan pemograman PHP sehingga monitoring dapat dilakukan melalui WEB.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat**

Tugas akhir ini dilaksanakan mulai bulan September 2015 sampai dengan bulan Agustus 2016, bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung.

#### **3.2. Alat dan Bahan**

Untuk pembuatan dan pengujian selama tugas akhir ini dibutuhkan alat bantu yang tersedia di laboratorium Terpadu JTE diantaranya adalah:

- Komputer PC
- Voltmeter
- *Digital power clam meter*
- Tang potong
- Tang lancip
- Obeng plus
- Obeng minus
- Solder
- timah

Sedangkan bahan-bahan yang dibutuhkan untuk melakukan tugas akhir terlampir pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Daftar Bahan.

| NO. | NAMA BAHAN                     | JUMLAH |
|-----|--------------------------------|--------|
| 1   | Single board computer BCM 2835 | 2      |
| 2   | Converter                      | 2      |
| 3   | SD Card 8GB                    | 1      |
| 4   | Arduino                        | 2      |
| 5   | Trafo 1 A                      | 6      |
| 6   | Sensor arus CT 100A            | 6      |
| 7   | Rangkaian Elektronika          | 2      |
| 8   | Penjepit Buaya                 | 6      |
| 9   | Bok MCB                        | 2      |
| 10  | Accumulator                    | 2      |

### 3.3. Langkah Kerja Tugas Akhir

Dalam tugas akhir ini, langkah-langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori yang berkaitan dengan monitoring besaran listrik menggunakan Arduino dan *Single board computer* BCM 2835.

b. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada tugas akhir ini meliputi pembuatan sensor tegangan dan sensor arus serta pembuatan program.

c. Pengujian Sistem

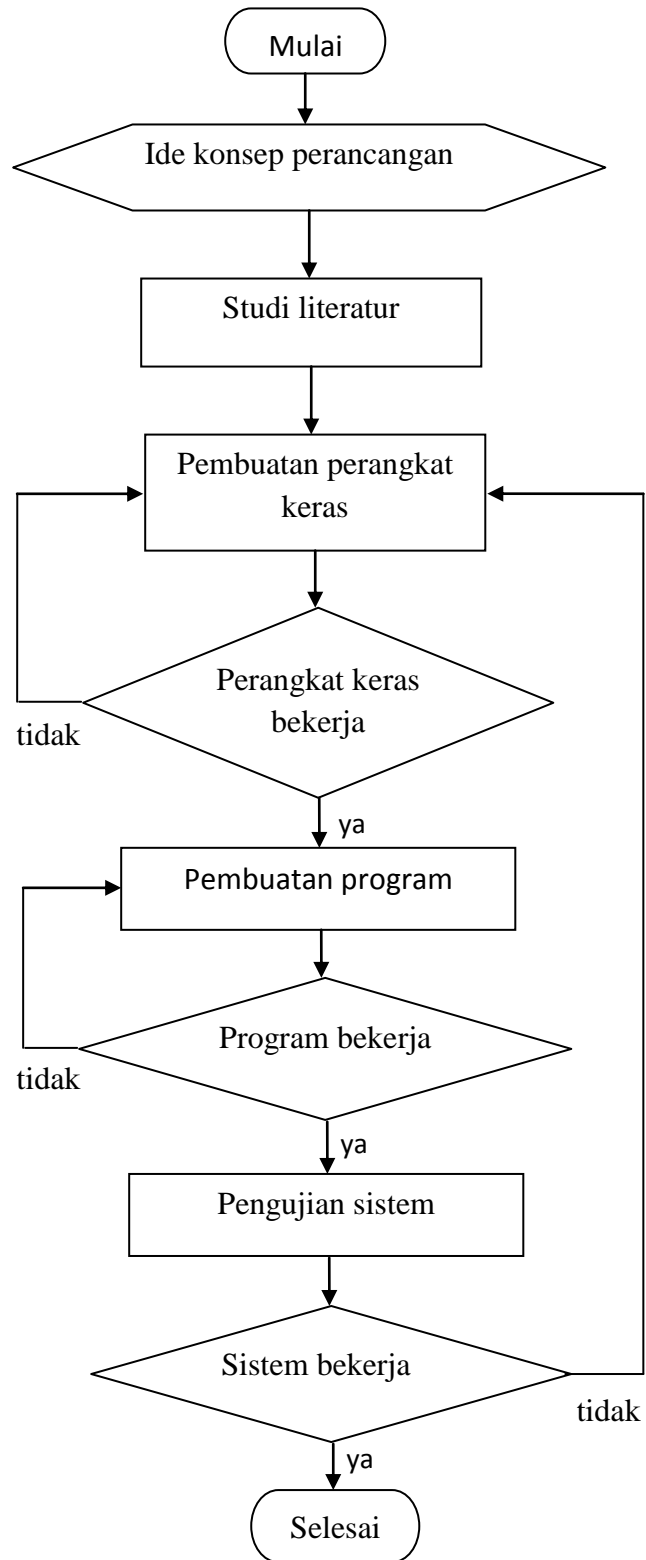
Tugas akhir ini dilakukan untuk mengetahui apakah *prototype* yang dibuat dapat bekerja sesuai yang diinginkan. Dalam pengujian ini dilakukan secara bertahap, yaitu menguji setiap sensor-sensor yang digunakan menggunakan alat ukur yang sudah tersedia, kemudian dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan untuk mengetahui seberapa handalnya sistem ini.

d. Pengambilan data

Tahap ini adalah pengambilan data yang dilakukan pada panel gedung Laboratorium jurusan teknik Elektro dan pada panel gedung UPT-TIK Universitas Lampung dari bulan Desember 2015 sampai dengan juli 2016, namun pada tugas akhir ini data yang diolah hanya tanggal 30 mei 2016.

e. Analisa

Tahap akhir dari tugas akhir ini adalah melakukan analisis terhadap hasil pengukuran atau pengambilan data yang dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan-kesimpulan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Jika hasil pengukuran menggunakan sistem yang dibuat sama atau mendekati dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur, maka sistem yang dibuat cukup baik dan efisien untuk digunakan. Untuk lebih jelasnya langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir pelaksanaan tugas akhir seperti pada gambar 3.1.

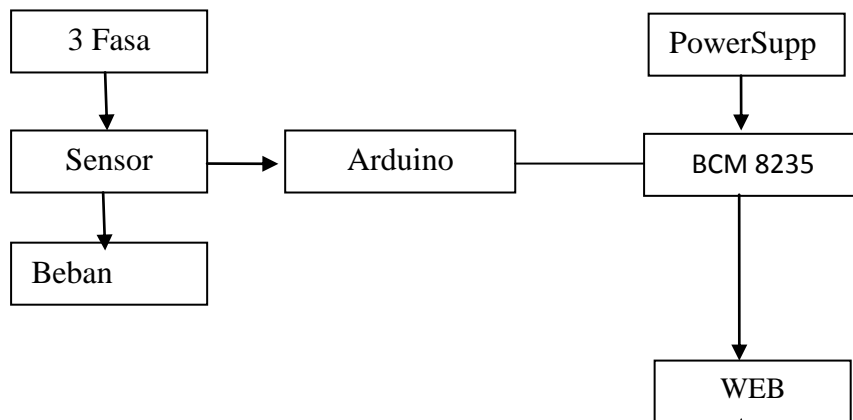


Gambar 3.1 Diagram alir pelaksanaan tugas akhir.

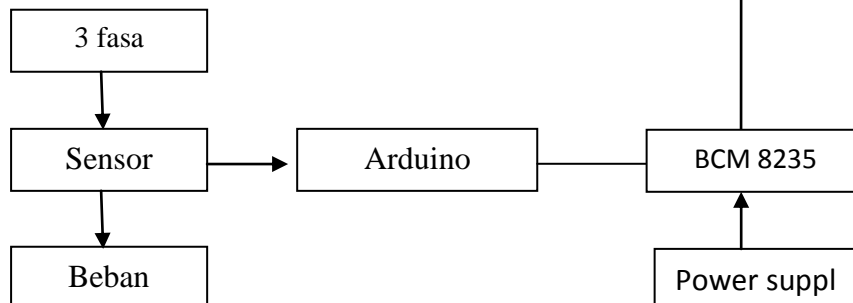
### 3.4. Blok Diagram Sistem

Untuk mempermudah dalam memahami sistem maka dibuat blok diagram sistem yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut :

Lokasi 1



Lokasi 2



Gambar 3.2 Blok Digram Sistem

Untuk membuat *prototype* sistem monitoring besaran listrik ini, alurnya adalah yang pertama dari sumber listrik 3 fasa masuk ke sensor arus dan sensor tegangan, selanjutnya dihubungkan ke beban listrik yang digunakan. Hasil pembacaan sensor arus dan sensor tegangan akan diolah oleh arduino untuk mendapatkan semua besaran listrik yang diinginkan. Selanjutnya data yang di



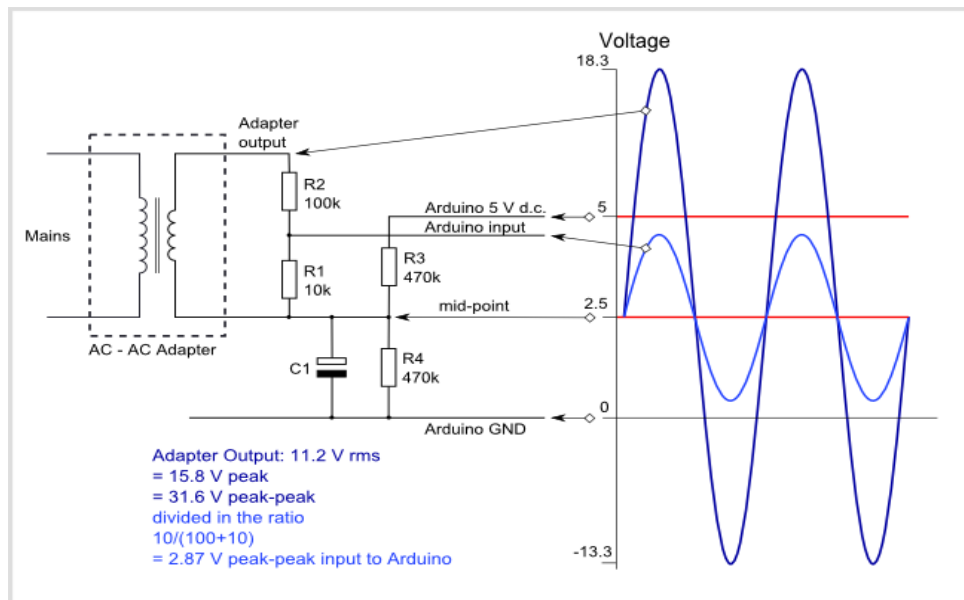
dapat dari arduino dikirim ke Single board computer BCM 2835 menggunakan jalur LAN. *Single board computer* BCM 2835 merupakan tempat membuat program untuk menyimpan hasil monitoring kedalam *database*.

### 3.5. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dari tugas akhir ini meliputi :

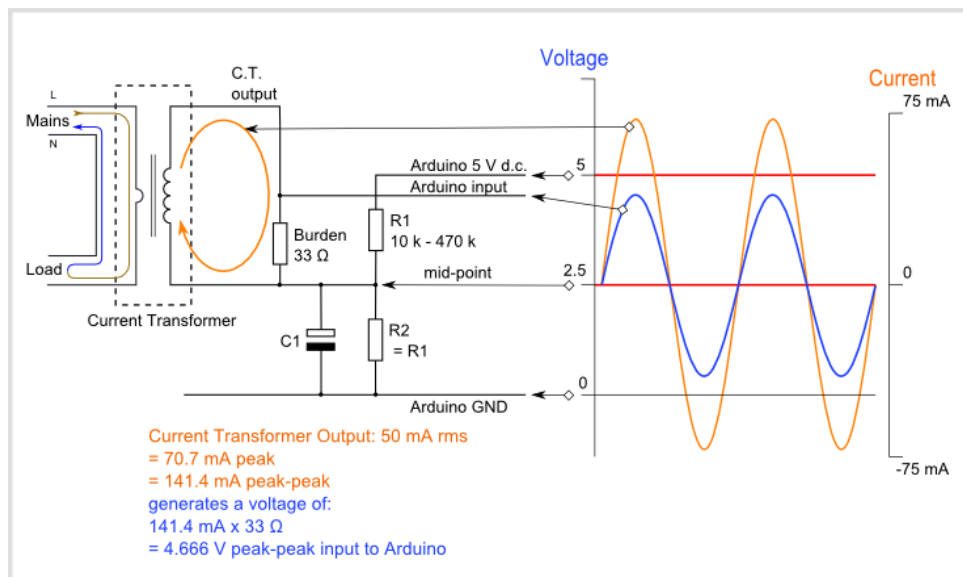
- a. Perancangan sensor tegangan dan sensor arus

Dalam perancangan sensor tegangan digunakan transformator step-down untuk menurunkan tegangan dari level tegangan tinggi ke level tegangan rendah. Keluaran trafo masih berupa tegangan AC sehingga dibutuhkan rangkaian pengkondisian sinyal agar di dapat tegangan yang aman bagi Arduino rangkaian sensor tegangan yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian Sensor Tegangan.

Sensor arus menggunakan seri SCT - 013 100 A, sensor ini akan memberikan tegangan output yang linier. Sinyal keluaran SCT - 013 100 A tergantung sinyal masukan, jika arus yang diukur adalah arus AC maka sinyal keluaran merupakan sinyal AC dan jika arus yang diukur adalah arus DC maka sinyal keluaran merupakan sinyal DC. Pada penelitian ini arus yang akan diukur adalah arus AC sehingga perlu ditambahkan rangkaian pengkondisian sinyal agar aman bagi arduino. Rangkaian sensor yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Arus.

b. Pembuatan program

Pemograman yang di buat dibedakan menjadi dua bagian, yang pertama pemograman dengan menggunakan bahasa C yang di buat pada arduino untuk membaca sensor tegangan dan sensor arus yang terpasang untuk mendapatkan nilai dari semua besaran listrik dan menggunakan bahasa pemograman phyton pada BCM 2835 untuk menampilkan dan menyimpan *database*.

### 3.6. Kalibrasi.

Untuk menggunakan sebuah alat ukur digital persentase kesalahan haruslah kecil dan sensor-sensor yang digunakan harus sangat mendukung dalam tugas akhir ini, pemograman menggunakan pemograman python yang di buat pada *single board computer* BCM 2835 untuk membaca data dari Arduino kemudian mengirimkan data tersebut kedalam sebuah *database* untuk dan ditampilkan dalam bentuk grafik. keluarannya masih berupa nilai tegangan yang relative kecil, sehingga nilai tersebut belum dapat menunjukkan nilai besaran yang diukur. Suatu contoh dalam tugas akhir ini menggunakan Trafo *step-down* sebagai sensor tegangan, saat tegangan *input* trafo sebesar 220 V tegangan *output* nya hanyasebesar 3 V, maka diperlukan proses kalibrasi agar nilai 3 V tersebut dapat menunjukan angka 220 V pada hasil pengukuran alat ukur yang dibuat. Dalam tugas akhir ini, yang perlu dikalibrasi adalah sensor tegangan dan sensor arus. Untuk kWh meter tidak perlu kalibrasi karena alat tersebut buatan pabrikan yang memang dirancang untuk dapat mengukur konsumsi energi, sehingga *output* nya sudah menunjukkan nilai yang diukur. Untuk sensor arus SCT 013 sebenarnya pada *datasheet* telah disebutkan nilai kalibrasinya, yaitu saat tegangan *output* sensor bernilai 0V sampai 2,5 V maka arus yang diukur adalah 100 A sampai 0 A, dan saat tegangan *output* sensor sebesar 2,5 V sampai 5 V maka arus yang diukur adalah 0 A sampai 100 A. Dari nilai kalibrasi sensor arus tersebut terlihat bahwa nilai output maksimal sensor adalah 5 V, sedangkan pada GPIO *Single board computer* BCM 2835 tegangan yang diizinkan maksimal hanya sebesar 3,3 V, dengan demikian sebelum masuk ke GPIO perlu dilakukan pengkondisian sinyal agar tegangan

*output* sensor tidak melebihi 3,3 V, sehingga nilai kalibrasi pada *datasheet* sensor arus tersebut tidak relevan lagi untuk digunakan.



Gambar 3.5 Digital Power Clamp Meter  
(Foto diambil di LAB JTE / alat tersedia)

Untuk melakukan kalibrasi, menggunakan alat ukur digital yang sudah ada. Pada tugas akhir ini menggunakan *Digital Power Clamp Meter* (Gambar 3.5) yang tersedia di Laboratorium Teknik Pengukuran jurusan Teknik elektro Unila. *Digital Power Clamp Meter* adalah sebuah alat ukur digital yang dapat mengukur arus (A), tegangan (V), factor daya ( $\cos \theta$ ), daya (W), dan konsumsi energi (kWh). Suatu contoh dalam melakukan kalibrasi misalkan *output* sensor tegangan sebesar 3 V, kemudian dilakukan pengukuran pada sisi *input* sensor menggunakan alat ukur yang sudah ada dan hasil pengukurannya adalah 220V. Agar alat ukur yang dibuat juga menunjukkan angka 220 V maka dibutuhkan nilai pengali, nilai pengali tersebut didapat dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 3V \cdot x &= 220V \\
 x &= 220V / 3V \\
 x &= 73,33
 \end{aligned}$$

Dimana        3V        : Nilai tegangan output sensor.  
                  220V    : Nilai tegangan hasil pengukuran.  
                  x         : Nilai pengali.

Nilai pengali yang didapat dari metode diatas selanjutnya digunakan pada pemograman yang dibuat pada *Single board computer* BCM 2835 untuk membaca sensor dan menampilkan hasil pengukurannya.

### 3.7. Pengujian

Untuk mengetahui apakah sistem bekerja sesuai yang diinginkan atau tidak

Maka perlu dilakukan pengujian yang meliputi:

- Pengujian linieritas trafo *step-down*.

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan masukan tegangan yang berubah-ubah pada trafo kemudian mengukur tegangan keluaran trafo. Setelah data pengujian didapat selanjutnya membandingkan antara tegangan masukan dan keluaran trafo, jika hubungannya linier berarti trafo tersebut baik digunakan untuk sensor tegangan.

- Pengujian sensor tegangan.

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang berubah-ubah menggunakan tiga buah alat ukur yang berbeda, yaitu sensor tegangan yang dibuat dan Voltmeter digital. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor tegangan yang dibuat dapat melakukan pengukuran yang baik

dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran Volt meter digital.

- Pengujian sensor arus

Pengujian sensor arus dilakukan dengan mengukur arus yang mengalir kebeban. Pengukuran arus menggunakan sensor arus yang digunakan Ampere meter digital. Sama halnya dengan pengujian sensor tegangan, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor arus dapat bekerja dengan baik dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran alat ukur digital.

- Pengujian sistem.

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan semua sensor untuk mengetahui apakah nilai dari semua besaran listrik yang diinginkan berhasil di dapatkan, kemudian membandingkan nilai besaran listrik hasil pengukuran menggunakan *hardware* yang dibuat dengan nilai besaran listrik hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan.

Setelah dilakukan analisa data hasil tugas akhir dari *prototype* yang dibuat, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. *Prototype* sistem monitoring ini dapat memonitoring besaran listrik langsung pada panel distribusi dari dua lokasi yang berbeda.
2. *Prototype* sistem monitoring ini membutuhkan *back-up* daya sehingga pada saat terjadi pemadaman listrik dari PLN alat ini akan mampu tetap bekerja.
3. *Prototype* ini dapat memonitoring besaran listrik seperti tegangan, arus, daya, faktor daya dan konsumsi energi listrik.
4. Dari data hasil pengujian sensor diketahui rata-rata *error* untuk pengukuran tegangan mencapai 0,78%, pengukuran arus 12,03%, pengukuran daya 4,84% dan pengukuran faktor daya 1,87%. Jika dilihat dari persentase nilai arus terlihat lebih besar hal ini disebabkan karena arus sangat sensitif dengan beban yang terpakai.
5. Dari data yang didapat pada gedung laboratorim terpadu JTE pembagian beban – beban yang dipakai tidak seimbang antar fasanya, maka dari itu untuk pembagian beban perfasanya harus dibagi dengan seimbang. Dan pada panel gedung UPT-TIK bahwa sistem kelistrikanya sangatlah baik, dari pembagian beban antar fasanya seimbang. Terlihat dari grafik – grafik

besaran listrik pada bab IV. Dan dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengukuran besaran listrik pada gedung UPT-TIK lebih baik pembagian beban antar fasa dibandingkan dengan gedung Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro.

## 5.2. Saran

Agar sistem monitoring besaran listrik ini dapat dikembangkan, terdapat saran sebagai berikut:

1. Sistem yang dibuat masih menggunakan LAN sebagai koneksi ke server. Selanjutnya agar memudahkan dan lebih efisien disarankan untuk menggunakan *Modul Ethernet Shield* dan *Modul wifi ESP 625*.
2. Berdasarkan hasil monitoring pengukuran besaran listrik pada gedung Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro pembagian beban sangatlah tidak setimbang disarankan untuk usaha membuat beban menjadi stabil antar fasanya.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Besma, Dikpride Despa, Noer. S, “*Rancang Bangun Alat Pemutus Aliran Daya Listrik Melalui Fasilitas SMS Berbasis Mikrokontroler*’, JITET, 2013.
2. Fowler, Richard J. 2008. *Electricity Principles & Applications*, Penerbit McGraw-Hill, New York.
3. Cekdin, Cekmas & Taufik Barlian 2013 *Rangkaian listrik*, Penerbit ANDI, Jakarta.
4. Cisco, “*Data Centre Power and Cooling*”, White Paper, p, 3, 2011.
5. D.A. Rusti, A. R. Nansur and M. Safrodin, “*Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler Secara Wireless*,” EEPIS Repository, 2011.
6. Dikpride Despa, Ady Kurniawan, M. Komarudin, Mardiana, Gigih F N, *Smart Monitoring of Electrical Quantities Based on Single Board Computer BCM2835*”, The 2nd International Conference on Information Technology, Computer, And Electrical Engineering (ICITACEE-2015), Semarang, Indonesia.
7. Dikpride Despa, Mardiana, Gigih F. N.,”*Smart Monitoring Data Centre Base on Mini Single Board BCM 2835*”, The 1st International Conference on Science, Technology, and Interdisciplinary Research (IC-STAR), September 21 – 23, 2015, Bandar Lampung, Indonesia.
8. Dikpride Despa at.al, “*PMU Based Monitoring and Estimation Power System Dynamic Stability Developed on 50-Hz Power System*”, Proceeding of Power and Energy System (AsiaPES 2012), 2012.

9. Dikpride Despa et.al, “*PMU Based Monitoring and Estimation of Inter-area Power Oscillation for Singapore-Malaysia Interconnection Power System*”, Journal of Energy and Power Engineering, USA, 2012.
10. Korteum G., Kawsar F., Fitton D., Sundramoorthy V., “*Smart Objects as Building Blocks For the Internet of Things*”, Internet Computing, IEEF, vol.14, no.1, 44-51 (2010).
11. Mardiana, Wahyu Eko S., et.al, “*System Monitoring Server Berbasis SMS (Studi Kasus : Server Siakad Unila)*”, Electrician, Jurnal Rekayasa dan Teknologi FT Unila Vol.2, No.3, 2008.
12. Muhamad Arif, Dikpride Despa et.al, “*Rancang Bangun Pengatur Suhu Ruangan Tanaman Jamur Tiram Menggunakan Mikrokontroler Atmega16*”, Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian (TekTan), Vol.4, 2012.
13. Reza Pradikia, Achmad Affandi, Eko Setijadi, “*Rancang Bangun Aplikasi Monitoring Jaringan dengan Menggunakan Simple Network Management Protocol*”, TEKNIK POMITS, Vol.2, No.1, pp. A 154 – A 15R, 2013.
14. Riyanto and R. O. Wayagi, “*Sistem Monitoring Suhu Ruang Server Berbasis web dengan Menggunakan EZ430*”, Jurnal Ilmiah, Vol.2, No.1, pp. 50-54, 2011.
15. Rusfita Rahayu, Idris Winarno, “*Aplikasi Management Bandwith Berbasis Web Menggunakan Pengalamatan Ipv6*”, Jurnal Ilmiah, Vol.2, No.1, 2011.
16. Pei Zhang, Fangxing Li, and Navin Bhatt, “*Next-Generation Monitoring, Analysis, and Control for the Future Smart Control Centre*”, IEEE.
17. Susetyo, Budi. 2012. *Statistika Untuk Analisis Data Penelitian*, Penerbit PT Refika Aditama, Bandung.
18. Thamrin, Ihsan. 2010. *Perancangan kWh Meter Digital Menggunakan Sensor Arus ACS712ELC-30A*. Universitas Komputer Indonesia: Bandung.

19. *Raspberry Pi*. 2014. [http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi). diakses: 25 maret 2014 jam 20.15.
20. Roberts, Donna. 2012. <http://www.regentsprep.org/regents/math/algebra/am3/lorror.htm>. diakses : 22 desember 2014 jam 09:02.
21. Suryawan, Dwi Wahyu. 2012. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Tegangan, Arus dan Temperatur Pada Sistem Pencatu Daya Listrik Di Teknik Elektro Berbasis mikrokontroler Atmega 128*. Universitas Diponegoro: Semarang.
22. Thamrin, Ihsan. 2010. *Perancangan kWh Meter Digital Menggunakan Sensor Arus ACS712ELC-30A*. Universitas Komputer Indonesia: Bandung.
23. Zulkarnain, Novan. 2013. *Energy Monitoring System Berbasis Web*. Universitas Bina Nusantara, Jakarta.
24. *Monitoring Besaran Listrik Dari Jarak Jauh Pada Jaringan Listrik 3 Fasa Berbasis Single Board Computer BCM-2835*. (Adi kurniawan, 2015).
25. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Bandwidth, Koneksi Listrik dan Temperatur Ruang Berbasis Raspberry Pi pada Gedung Pusat Data Universitas Lampung* (Hanang Priambodo, 2014).