

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE NEW TYPE MULTI USER KWH  
METER BERBASIS ARDUINO PADA LABORATORIUM SISTEM  
DAYA ELEKTRIK**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**REVO CHANAVI MARA**

**NIM. 145060301111084**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Segitiga daya.....                                                                                | 5  |
| Gambar 2.2 kWh meter analog.....                                                                             | 7  |
| Gambar 2.3 Prinsip suatu meter penunjuk energi listrik arus B-B jenis induksi. ....                          | 8  |
| Gambar 2.4 Diagram vektor dari wattmeter jenis induksi.....                                                  | 8  |
| Gambar 2.5 Arduino Mega 2560.....                                                                            | 10 |
| Gambar 2.6 Konfigurasi pin sensor arus ACS712. ....                                                          | 11 |
| Gambar 2.7 Modul sensor tegangan ZMPT101B.....                                                               | 13 |
| Gambar 2.8 skematik diagram modul sensor tegangan ZMPT101B.....                                              | 13 |
| Gambar 2.9 Rangkaian <i>Interface</i> ke LCD karakter 2X16. ....                                             | 14 |
| Gambar 2.10 Rangkaian LCD Arduino.....                                                                       | 15 |
| Gambar 2.11 Modul adapter reader micro SD. ....                                                              | 16 |
| Gambar 2.12 pin Micro SD. ....                                                                               | 16 |
| Gambar 2.13 Skematik new type multi user kWh meter.....                                                      | 17 |
| Gambar 2.14 Grafik penunjukan $\Delta t$ .....                                                               | 18 |
| Gambar 2.15 Gelombang masukan dan gelombang keluaran komparator.....                                         | 18 |
| Gambar 2.16 Pin out LM745.....                                                                               | 19 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian. ....                                                                     | 22 |
| Gambar 3.2 Skematik keseluruhan sistem.....                                                                  | 23 |
| Gambar 3.3 Diagram alir pemrograman sensor arus ACS712. ....                                                 | 24 |
| Gambar 3.4 Diagram alir pemrograman sensor tegangan ZMPT101B.....                                            | 25 |
| Gambar 3.5 Diagram alir pemrograman cos phi meter. ....                                                      | 25 |
| Gambar 3.6 Diagram alir pemrograman menghitung energi, menyimpan data ke memori dan ditampilkan di LCD. .... | 26 |
| Gambar 3.7 Rangkaian pengujian sensor arus ACS712.....                                                       | 27 |
| Gambar 3.8 Rangkaian pengujian sensor tegangan ZMPT101B. ....                                                | 29 |
| Gambar 3.9 Rangkaian pengujian penghitungan faktor daya.....                                                 | 31 |
| Gambar 3.10 Rangkaian pengujian keseluruhan sistem.....                                                      | 32 |
| Gambar 4.1 Rangkaian pengujian sensor arus. ....                                                             | 36 |
| Gambar 4.2 Grafik hasil regresi linier sensor arus 1. ....                                                   | 38 |
| Gambar 4.3 Grafik hasil regresi linier sensor arus 2. ....                                                   | 38 |
| Gambar 4.4 Grafik hasil regresi linier sensor arus 3. ....                                                   | 38 |
| Gambar 4.5 Rangkaian pengujian sensor tegangan.....                                                          | 41 |
| Gambar 4.6 Grafik hasil regresi linier sensor tegangan. ....                                                 | 43 |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.7 Rangkaian komparator dengan histerisis.....                                                   | 45 |
| Gambar 4.8 Menunjukkan nilai $\Delta V$ dengan osiloskop .....                                           | 46 |
| Gambar 4.9 Output sensor arus dan sensor tegangan.....                                                   | 46 |
| Gambar 4.10 Output komparator. ....                                                                      | 47 |
| Gambar 4.11 Rangkaian pengujian cos phi meter.....                                                       | 48 |
| Gambar 4.12 Grafik hasil regresi polinomial orde 2 cos phi meter 1. ....                                 | 49 |
| Gambar 4.13 Grafik hasil regresi polinomial orde 2 cos phi meter 2. ....                                 | 50 |
| Gambar 4.14 Grafik hasil regresi polinomial orde 2 cos phi meter 3. ....                                 | 50 |
| Gambar 4.15 Rangkaian pengujian keseluruhan sistem.....                                                  | 53 |
| Gambar 4.16 Data pada alat sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan                        | 54 |
| Gambar 4.17 Data pada kWh meter analog 1 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan.....     | 54 |
| Gambar 4.18 Data pada kWh meter analog 2 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan.....     | 54 |
| Gambar 4.19 Data pada kWh meter analog 3 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan.....     | 55 |
| Gambar 4.20 Data pada alat sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif .....               | 55 |
| Gambar 4.21 Data pada kWh meter analog 1 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif ..... | 55 |
| Gambar 4.22 Data pada kWh meter analog 2 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif ..... | 56 |
| Gambar 4.23 Data pada kWh meter analog 3 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif ..... | 56 |
| Gambar 4.24 Data pembacaan yang tersimpan dalam memori pengujian beban konstan                           | 56 |
| Gambar 4.25 Data pembacaan yang tersimpan dalam memori pengujian beban fluktuatif .....                  | 57 |
| Gambar 4.26 Grafik pemakaian energi kWh 1 beban konstan .....                                            | 58 |
| Gambar 4.27 Grafik pemakaian energi kWh 1 beban fluktuatif .....                                         | 58 |
| Gambar 4.28 Grafik pemakaian energi kWh 2 beban konstan .....                                            | 58 |
| Gambar 4.29 Grafik pemakaian energi kWh 2 beban fluktuatif .....                                         | 59 |
| Gambar 4.30 Grafik pemakaian energi kWh 3 beban konstan .....                                            | 59 |
| Gambar 4.31 Grafik pemakaian energi kWh 3 beban fluktuatif .....                                         | 59 |

## DAFTAR ISI

|                                                         | Halaman    |
|---------------------------------------------------------|------------|
| <b>PENGANTAR.....</b>                                   | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                 | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                               | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                              | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                            | <b>xi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                          | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang .....                                | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                | 2          |
| 1.3 Batasan Masalah .....                               | 2          |
| 1.4 Tujuan .....                                        | 3          |
| 1.5 Manfaat .....                                       | 3          |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                         | 3          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                     | <b>5</b>   |
| 2.1 Daya Listrik.....                                   | 5          |
| 2.1.1 Daya Nyata.....                                   | 5          |
| 2.1.2 Daya Reaktif .....                                | 5          |
| 2.1.3 Daya Semu .....                                   | 5          |
| 2.2 Daya Dan Energi Listrik Pada Rangkaian 1 Fasa ..... | 6          |
| 2.3 KWh Meter Analog.....                               | 6          |
| 2.4 Mikrokontroler Arduino Mega 2560.....               | 10         |
| 2.5 Sensor Arus ACS712 .....                            | 11         |
| 2.6 Sensor Tegangan ZMPT101B.....                       | 12         |
| 2.7 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....           | 14         |
| 2.8 Modul Adapter Reader Micro SD.....                  | 15         |
| 2.9 Micro SD Card.....                                  | 16         |
| 2.10 New Type Multi User Kwh Meter .....                | 17         |
| 2.11 Pengukuran Faktor Daya.....                        | 17         |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>               | <b>20</b>  |
| 3.1 Studi Literatur .....                               | 21         |
| 3.2 Alat dan Bahan.....                                 | 21         |
| 3.3 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....                  | 21         |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4 Diagram Alir Penelitian .....                        | 22        |
| 3.5 Perancangan Alat .....                               | 22        |
| 3.5.1 Perancangan Sistem .....                           | 22        |
| 3.5.2 Penentuan Spesifikasi Alat .....                   | 23        |
| 3.5.3 Perancangan Perangkat Lunak .....                  | 24        |
| 3.6 Pembuatan Alat .....                                 | 27        |
| 3.7 Pengujian dan Analisis Alat .....                    | 27        |
| 3.7.1 Pengujian Sensor Arus ACS712 .....                 | 27        |
| 3.7.2 Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B .....           | 29        |
| 3.7.3 Pengujian Cos Phi Meter .....                      | 31        |
| 3.7.4 Pengujian Keseluruhan Sistem .....                 | 32        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                 | <b>35</b> |
| 4.1 Prototipe <i>New Type Multi User</i> KWh meter ..... | 35        |
| 4.2 Pengujian Sensor Arus ACS712 .....                   | 35        |
| 4.2.1 Peralatan .....                                    | 35        |
| 4.2.2 Prosedur Pengujian .....                           | 35        |
| 4.2.3 Hasil Pengujian .....                              | 36        |
| 4.2.4 Analisis Hasil Pengujian .....                     | 40        |
| 4.3 Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B .....             | 40        |
| 4.3.1 Peralatan .....                                    | 40        |
| 4.3.2 Prosedur Pengujian .....                           | 41        |
| 4.3.3 Hasil Pengujian .....                              | 42        |
| 4.3.4 Analisis Hasil Pengujian .....                     | 44        |
| 4.4 Perancangan Cos Phi Meter .....                      | 44        |
| 4.4.1 Pembuatan Rangkaian Cos Phi Meter .....            | 44        |
| 4.4.2 Pengujian Rangkaian Cos Phi Meter .....            | 47        |
| 4.4.2.1 Peralatan .....                                  | 47        |
| 4.4.2.2 Prosedur Pengujian .....                         | 47        |
| 4.4.2.3 Hasil Pengujian .....                            | 48        |
| 4.4.2.4 Analisis Hasil Pengujian .....                   | 52        |
| 4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem .....                   | 52        |
| 4.5.1 Peralatan .....                                    | 52        |
| 4.5.2 Prosedur Pengujian .....                           | 53        |
| 4.5.3 Hasil Pengujian .....                              | 54        |



|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 4.5.4 Analisis Hasil Pengujian ..... | 60        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>           | <b>61</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                 | 61        |
| 5.2 Saran.....                       | 62        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>          | <b>63</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                | <b>65</b> |





## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1: Listing Program .....                           | 66 |
| Lampiran 2: Dokumentasi .....                               | 71 |
| Lampiran 3: Gelombang keluaran rangkaian cos phi meter..... | 74 |
| Lampiran 4: Data Sheet .....                                | 75 |







## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Fungsi Pin Sensor Arus ACS712.....                                                                              | 12 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi Modul Sensor Tegangan ZMPT101B.....                                                                 | 13 |
| Tabel 2.3 Menunjukkan I/O LCD. ....                                                                                       | 14 |
| Tabel 2.4 Tabel Alamat I2C LCD.....                                                                                       | 15 |
| Tabel 2.5 Menunjukkan Fungsi Pin Ketika Mode Bus.....                                                                     | 16 |
| Tabel 2.6 Menunjukkan Fungsi Pin Ketika Mode SPI.....                                                                     | 17 |
| Tabel 2.7 Fungsi Pin Out Pada LM745 .....                                                                                 | 19 |
| Tabel 3.1 Tabel Kalibrasi Sensor Arus ACS712 .....                                                                        | 28 |
| Tabel 3.2 Tabel Pengujian Pembacaan Sensor Arus ACS712 .....                                                              | 29 |
| Tabel 3.3 Tabel Kalibrasi Sensor Tegangan ZMPT101B.....                                                                   | 30 |
| Tabel 3.4 Tabel Pengujian Pembacaan Sensor Tegangan ZMPT101B.....                                                         | 31 |
| Tabel 3.5 Tabel Kalibrasi Cos Phi Meter .....                                                                             | 32 |
| Tabel 3.6 Tabel Pengujian Cos Phi Meter .....                                                                             | 32 |
| Tabel 3.7 Tabel Pengujian Keseluruhan Sistem.....                                                                         | 33 |
| Tabel 4.1 Hasil Pembacaan ADC Sensor Arus 1 .....                                                                         | 36 |
| Tabel 4.2 Hasil Pembacaan ADC Sensor Arus 2 .....                                                                         | 37 |
| Tabel 4.3 Hasil Pembacaan ADC Sensor Arus 3 .....                                                                         | 37 |
| Tabel 4.4 Hasil Pembacaan Sensor Arus 1 .....                                                                             | 39 |
| Tabel 4.5 Hasil Pembacaan Sensor Arus 2 .....                                                                             | 39 |
| Tabel 4.6 Hasil Pembacaan Sensor Arus 3 .....                                                                             | 39 |
| Tabel 4.7 Hasil Pembacaan ADC Sensor Tegangan ZMPT101B.....                                                               | 42 |
| Tabel 4.8 Hasil Pembacaan Sensor Tegangan ZMPT101B.....                                                                   | 43 |
| Tabel 4.9 Hasil Pembacaan Nilai Perbedaan Waktu Pergeseran Gelombang Antara Arus dan Tegangan Pada Cos Phi Meter 1 .....  | 48 |
| Tabel 4.10 Hasil Pembacaan Nilai Perbedaan Waktu Pergeseran Gelombang Antara Arus dan Tegangan Pada Cos Phi Meter 2 ..... | 49 |
| Tabel 4.11 Hasil Pembacaan Nilai Perbedaan Waktu Pergeseran Gelombang Antara Arus dan Tegangan Pada Cos Phi Meter 3 ..... | 49 |
| Tabel 4.12 Hasil Pembacaan cos phi meter 1 .....                                                                          | 51 |
| Tabel 4.13 Hasil Pembacaan cos phi meter 2 .....                                                                          | 51 |
| Tabel 4.14 Hasil Pembacaan cos phi meter 3 .....                                                                          | 51 |
| Tabel 4.15 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Beban Konstan .....                                                         | 57 |
| Tabel 4.16 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Beban Fluktuatif.....                                                       | 57 |



JUDUL SKRIPSI:

RANCANG BANGUN PROTOTIPE NEW TYPE MULTI USER KWH METER  
BERBASIS ARDUINO PADA LABORATORIUM SISTEM DAYA ELEKTRIK

Nama Mahasiswa : Revo Chanavi Mara  
NIM : 145060300111017  
Program Studi : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

Komisi Pembimbing :

Ketua : Ir. Teguh Utomo, M.T.. .....

Tim Dosen Penguji :

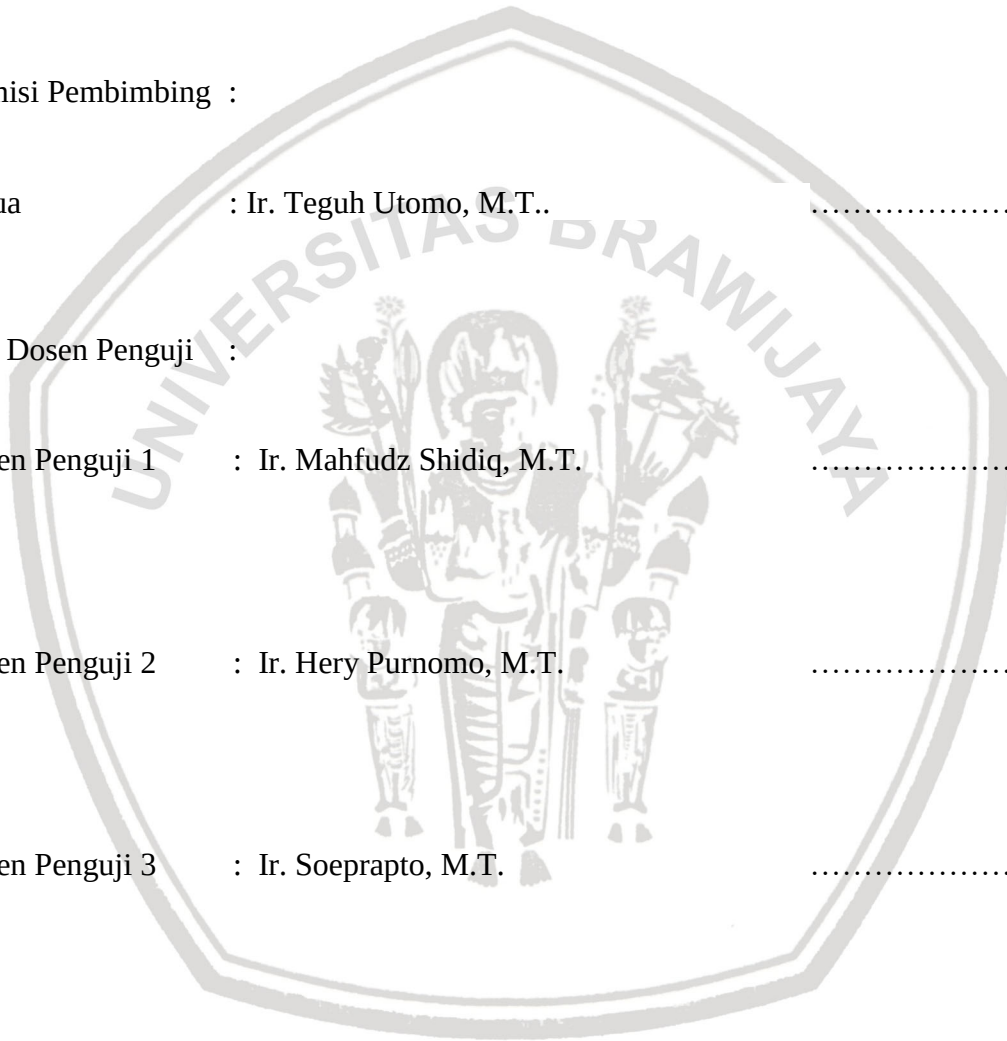
Dosen Penguji 1 : Ir. Mahfudz Shidiq, M.T. ....

Dosen Penguji 2 : Ir. Hery Purnomo, M.T. ....

Dosen Penguji 3 : Ir. Soeprapto, M.T. ....

Tanggal Ujian : 20 Juli 2018

SK Penguji : 1496 Tahun 2018



## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu memberi rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya karena dengan pemberian-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "RANCANG BANGUN PROTOTIPE NEW TYPE MULTI USER KWH METER BERBASIS ARDUINO PADA LABORATORIUM SISTEM DAYA ELEKTRIK" dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Disadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dukungan dari semua pihak, penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc selaku KKDK Konsentrasi Teknik Energi Elektrik yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
5. Bapak Ir. Teguh Utomo, M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan sabar memberikan pengarahan dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Primatar Kuswiradyo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang sabar dalam mengarahkan perkuliahan selama ini.
7. Keluarga di rumah, ibu Sri Kholifah, adik Revi Ayu F.M. yang selalu berdoa yang terbaik dan mendukung semua kegiatan perkuliahan.
8. Keluarga besar Konsentrasi Teknik Energi Elektrik, Power '14, Dioda'14, KBME, Teman SD-SMP-SMA, yang telah menemani dan saling mendukung selama menjalani perkuliahan.
9. Teman-teman asisten Laboratorium Sistem Daya Elektrik yaitu , Amrul, Riko, Hamid, Sipa, Wildan, Wahyu, Nico, Fadil, Wulan, Adi, Indra, Ravie yang telah memberi semangat untuk mengerjakan skripsi.
10. Sahabat-sahabat saya di Workshop Elektroauto Forchungsteam.

11. Serta ucapan terimakasih yang banyak kepada seluruh teman-teman saya, kakak-kakak tingkat saya, dan adik-adik tingkat saya yang tidak mungkin saya sebut satu persatu disini.

Sekiranya Allah SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, 21 Mei 2018

Penulis.





## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 21 Mei 2018

Mahasiswa,

**Revo Chanavi Mara**  
**NIM. 145060301111084**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**RANCANG BANGUN PRORTOTIPE NEW TYPE MULTI USER KWH METER  
BERBASIS ARDUINO PADA LABORATORIUM SISTEM DAYA ELEKTRIK**

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Revo Chanavi Mara**

**NIM. 145060301111084**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 25 Juli 2018

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Dosen Pembimbing**

**Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM**  
**NIP. 19730520200801 1 013**

**Ir. Teguh Utomo, M.T.**  
**NIP. 19650913199103 1 003**

## RIWAYAT HIDUP

Revo Chanavi Mara, Malang, 19 Mei 1996 anak dari ayah Alm. Kanawi dan Ibu Sri Kholifah. SD sampai SMA di kota Malang lulus SMA tahun 2104, lulus program sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2018. Pengalaman kerja sebagai asisten laboratorium di laboratorium Sistem Daya Elektrik Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2016 hingga 2018.

Malang, Juli 2018

Penulis





*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:  
Ayahanda dan Ibunda tercinta*

## RINGKASAN

**Revo Chanavi Mara**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2018, *Rancang Bangun Prototipe New Type Multi User KWh Meter Berbasis Arduino Pada Laboratorium Sistem Daya Elektrik*, Dosen Pembimbing: Ir.Teguh Utomo, M.T.

KWh meter merupakan alat pengukur energi listrik yang dikonsumsi oleh konsumen, dimana listrik disalurkan oleh produsen atau penyedia listrik. Ada dua jenis kWh meter yaitu kWh meter analog dan kWh meter digital. Sistem pembayaran pada kWh meter digital adalah prabayar, sedangkan sistem pembayaran pada kWh meter analog pembayaran pascabayar. Sistem pembayaran pada kWh meter analog mempunyai beberapa kelemahan antara lain petugas penyedia listrik harus mendatangi satu per satu rumah konsumen untuk mencatat meteran, menerbitkan rekening, dan melakukan penagihan, setelah itu petugas juga harus memasukkan data satu per satu ke dalam komputer, dengan begitu petugas harus dua kali melakukan pencatatan.

Penelitian ini membuat prototipe *new type multi user* kWh meter dimana memiliki sistem pengukuran energi listrik yang lebih efisien untuk mengatasi masalah dan kekurangan pada sistem pengukuran kWh meter analog. Prototipe *new type multi user* kWh meter ini berbasis mikrokontroler dimana dapat melakukan penghitungan pemakaian energi secara terpusat untuk beberapa konsumen dan data pengukuran energi listrik disimpan didalam memori sehingga nantinya petugas hanya perlu mengambil data pada memori yang disimpan pada pusat data.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan 3 user, dimana pada pengujian beban konstan user 1 dicatu beban 850 W, user 2 dicatu beban 500 W, user 3 dicatu beban 200 W didapatkan hasil pengukuran energi menggunakan kWh meter analog selama 2 jam pada masing-masing user secara berurutan yaitu 1,55 kWh, 0,87 kWh, dan 0,36 kWh, sedangkan pengukuran menggunakan prototipe *new type multi user* kWh meter didapatkan hasil secara berurutan yaitu 1,64 kWh, 0,88 kWh, dan 0,36 kWh. Untuk pengujian beban fluktuatif setiap 30 menit besarnya beban diubah, untuk user 1 yaitu 850 W, 800 W, 750 W, 900 W, untuk user 2 yaitu 500 W, 600 W, 700 W, 400 W, untuk user 3 yaitu 200 W, 300 W, 400 W, 100 W, didapatkan hasil pengukuran energi menggunakan kWh meter analog selama 2 jam pada masing-masing user secara berurutan yaitu 1,69 kWh, 1,03 kWh, dan 0,49 kWh, sedangkan pengukuran menggunakan prototipe *new type multi user* kWh meter didapatkan hasil secara berurutan yaitu 1,65 kWh, 1,02 kWh, dan 0,46 kWh.

**Kata kunci :** KWh meter, *new type multi user* kWh meter, mikrokontroler.



## SUMMARY

**Revo Chanavi Mara**, Department of electrical engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya May 2018. Design Prototype New Type Multi User KWh Meter Based Arduino on Electric Power System Laboratory. Supervisor: Ir.Teguh Utomo, M.T.

KWh meter is an electric energy measuring device consumed by consumers, where electricity is supplied by manufacturers or electricity providers. There are two types of kWh meters that is analog kWh meter and digital kWh meter. Payment system on digital kWh meter is prepaid, while payment system on kWh meter analog payment postpay. The payment system on the analog kWh meter has some disadvantages, such as the electricity provider must go to customer's house one by one to record the meter, print the bill, and collect the payment, then the electricity provider must also enter the data one by one into the computer, so the electricity provider do twice the recording.

This research makes a prototype of new type multi user kWh meter which has a more efficient electrical energy measurement system to solve the problems and deficiencies in the analog kWh meter measurement system. Prototype New Type Multi User kWh meter is based on microcontroller which can do the calculation of energy consumption centrallized for some consumers and electrical energy measurement data is stored in memory so that electricity provider only need to take data on memory stored in data center.

Based on the tests results with 3 users, constant load test of user 1 was loaded 850 W, user 2 was loaded 500 W, user 3 loaded 200 W obtained result of energy measurement using kWh meter analog for 2 hours on each user sequentially is 1.55 kWh, 0.87 kWh, and 0.36 kWh, while the measurement using prototype new type multi user kWh meter obtained result sequentially is 1.64 kWh, 0.88 kWh, and 0.36 kWh. For fluctuating load tests every 30 minutes the load is changed, for user 1 ie 850 W, 800 W, 750 W, 900 W, for user 2 ie 500 W, 600 W, 700 W, 400 W, for user 3 ie 200 W, 300 W, 400 W, 100 W, the results obtained from energy measurement using kWh meter analog for 2 hours on each user sequentially is 1.69 kWh, 1.03 kWh, and 0.49 kWh, while the measurement using prototype new type multi user kWh meter obtained result sequentially is 1.65 kWh, 1.02 kWh, and 0.46 kWh.

**Keywords:** KWh meter, new type multi user kWh meter, microcontroller.



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi utama yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat, hampir semua peralatan rumah tangga, pendidikan, industri menggunakan energi listrik. PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) merupakan penyuplai terbesar energi listrik di Indonesia, PT. PLN adalah sebuah BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bertugas mengatur dan mengelola listrik yang di Indonesia. Energi listrik yang dihasilkan berasal dari pembangkit listrik, seperti PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap), PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel), PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dan lain-lain.

PT. PLN untuk mengukur energi listrik yang telah dikonsumsi oleh konsumen menggunakan kWh (*Kilo Watt Hour*) meter. kWh meter adalah alat ukur yang dibutuhkan untuk mengukur pemakaian energi listrik, baik tegangan rendah seperti di perumahan hingga tegangan tinggi seperti di industri. Ada 2 jenis kWh meter yaitu kWh meter analog dan kWh meter digital. kWh meter analog prinsip kerjanya menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium, sedangkan kWh meter digital dikontrol menggunakan mikrokontroler dan menggunakan sebuah sensor digital yang nantinya berfungsi membaca tegangan dan arus untuk mengetahui besar energi listrik yang dikonsumsi.

Pemakaian energi listrik oleh konsumen nantinya harus dibayar sesuai dengan jumlah pemakaian energi listrik yang digunakan, semakin lama penggunaan energi listrik maka akan semakin besar juga biaya yang akan dibayarkan ke PT. PLN. Sistem pembayaran listrik di PT. PLN ada dua, yaitu sistem pembayaran listrik prabayar dan pascabayar. Sistem pembayaran listrik prabayar merupakan sistem pembayaran yang dilakukan di muka, artinya konsumen harus membayar dulu agar dapat menggunakan listrik, sedangkan sistem pembayaran listrik pascabayar, pembayaran dilakukan setelah memakai listrik selama satu bulan. Sistem pembayaran listrik pascabayar memiliki beberapa kelemahan untuk pihak penyedia listrik yaitu harus mendatangi setiap rumah satu persatu untuk mencatat meteran, menerbitkan rekening, dan melakukan penagihan, setelah itu petugas juga harus memasukkan data satu per satu ke dalam komputer, dengan begitu petugas harus dua kali melakukan pencatatan, yang pertama menerbitkan rekening pada saat menagih kerumah pelanggan, yang kedua memasukkan data ke komputer secara manual, sehingga sistem manajemen data yang demikian tidak efisien, dari masalah tersebut dibuat *new type multi user kWh meter*

yang memiliki sistem manajemen data yang lebih efisien dimana data energi listrik yang telah dikonsumsi terkumpul menjadi satu di dalam suatu penyimpanan data. Sistem pengambilan data energi listrik yang dikonsumsi terpusat menjadi satu tempat sehingga tidak perlu mendatangi satu per satu konsumen untuk pengambilan data. Data yang tersimpan didalam penyimpanan data dapat disalin kemudian dimasukkan ke dalam komputer sehingga tidak perlu menulis kembali secara manual. (Zhishan, Changtao, Jinli, 1992, p.551)

Tujuan dari proyek akhir ini adalah untuk membuat sistem pengukuran energi yang lebih efisien dan lebih ekonomis dengan rancang bangun prototipe *new type multi user kWh* meter yang dirancang menggunakan sensor tegangan, sensor arus, media penyimpanan data dan arduino. Arduino berfungsi mengolah data yang berasal input untuk menghasilkan output yang diinginkan yaitu besar energi listrik yang terpakai.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dalam “Rancang Bangun Prototipe *New Type Multi User Kwh* Meter Berbasis Arduino pada Laboratorium Sistem Daya Elektrik” akan dibahas tentang hal-hal sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat rancang bangun prototipe *new type multi user kWh* meter berbasis arduino.
2. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran energi antara kWh meter analog dengan prototipe *new type multi user kWh* meter.

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang meluas maka penulis akan membatasi pembahasan tugas akhir ini dengan hal-hal berikut:

1. Mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino MEGA 2560.
2. Simulator menggunakan sumber tegangan AC 1 fasa 220 volt dengan frekuensi 50 Hz.
3. LCD hanya digunakan untuk menampilkan nilai energi yang terpakai.
4. Media penyimpanan data yang digunakan pada alat ini merupakan *micro SD card*.
5. Pada alat ini menggunakan sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, dan sensor cos phi yang dirancang dari LM741 yang merupakan op amp yang digunakan sebagai komparator.
6. Pada penelitian ini hanya membahas tentang pembuatan prototype alatnya tidak membahas lebih lanjut tentang pengaplikasian alat secara nyata.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan akhir yang diharapkan pada penelitian ini adalah merancang dan membuat prototipe *new type multi user kwh* meter berbasis arduino dimana memiliki sistem manajemen data pengukuran energi yang lebih praktis dibandingkan dengan kwh meter analog.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari perancangan prototipe *new type multi user kWh* meter ini adalah menyempurnakan kekurangan yang ada dalam sistem pembayaran pemakaian energi listrik pada kWh meter analog atau sistem pembayaran pascabayar. Alat ini nantinya juga dapat bermanfaat untuk pengukuran energi listrik untuk menunjang pelaksanaan praktikum.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan, sistematika penulisan.

##### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori yang digunakan untuk penelitian dan untuk mendukung permasalahan penelitian yang diteliti.

##### BAB III : METODE PENELITIAN

Berisi tahapan penyelesaian penelitian ini yang meliputi studi literature, perancangan alat, pembuatan alat, pengambilan data, perhitungan, dan analisis data.

##### BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang pengujian dan pengambilan data hasil perancangan alat yang kemudian di analisis.

##### BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari analisis hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

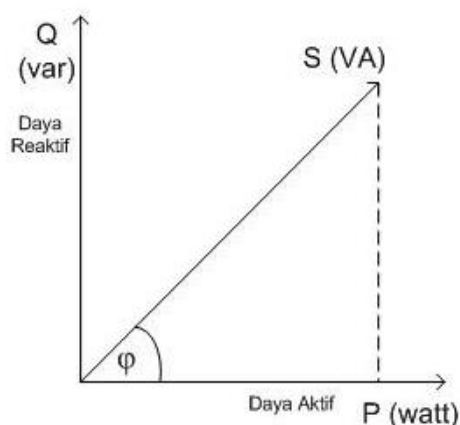


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Daya Listrik

Daya listrik merupakan besaran tenaga listrik yang diukur dalam satuan watt melalui perkalian dua faktor besaran listrik lain yaitu arus dan tegangan. Dalam sistem tenaga listrik ada tiga macam daya yaitu daya nyata, daya semu, dan daya reaktif yang biasa disebut segitiga daya yang digambarkan seperti gambar berikut :



Gambar 2.1 Segitiga daya.

Sumber : Ramdhani ( 2008, p.273)

Dari gambar tersebut maka dapat dijelaskan masing masing komponen yang membentuk segitiga daya sebagai berikut:

##### 2.1.1 Daya Nyata

Daya nyata adalah daya yang terpakai untuk melakukan usaha atau energi yang sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt (Ramdhani, 2008, p.273).

##### 2.1.2 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang disuplai oleh komponen reaktif. Daya reaktif bukan daya yang sesungguhnya melainkan daya imajiner yang menunjukkan pergeseran antara arus dan tegangan akibat beban reaktif. Satuan dari daya reaktif adalah VAR (*Volt Ampere Reactive*). Dalam suatu sistem daya, daya reaktif dapat di injeksi menggunakan beban kapasitif seperti kapasitor bank (Ramdhani, 2008, p.273).

##### 2.1.3 Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms ( $V_{rms}$ ) dan arus rms ( $I_{rms}$ ) dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri antara daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA (*Volt Ampere*) (Ramdhani, 2008, p.273).



## 2.2 Daya Dan Energi Listrik Pada Rangkaian 1 Fasa

Dalam rangkaian listrik, daya dan energi merupakan suatu besaran yang penting. Daya listrik pada suatu elemen adalah hasil kali dari tegangan dan arus yang mengalir pada elemen tersebut. Daya sesaat adalah perubahan tenaga yang diserap oleh suatu unsur rangkaian yang berubah sebagai fungsi waktu (Budiono, 1995, p.183). Ukuran daya yang sangat penting terutama untuk arus dan tegangan berulangi, adalah daya rata-rata. Daya rata-rata ini sama dengan kecepatan rata-rata tenaga yang diserap oleh suatu unsur tidak bergantung pada waktu. Daya tersebut antara lain adalah yang dimonitor oleh perusahaan listrik dalam menentukan daya listrik bulanan yang dicapai.

Daya rata-rata lebih penting artinya daripada daya sesaat. Daya sesaat terdiri dari dua komponen, komponen  $V I \cos \theta$  dan komponen sinusoidal menurut waktu  $V I \sin (2\omega t + \theta)$  yang frekuensinya 2x frekuensi tegangan atau arusnya. Jika diambil nilai rata-ratanya, maka hanyalah suku konstan yang memberikan andil. Oleh karena itu, daya rata-rata  $P$  yang diberikan pada rangkaian tersebut adalah: (Budiono, 1995, p.187)

$$P = V I \cos \theta \dots\dots\dots(2.4)$$

Tenaga keseluruhan sama dengan jumlah tenaga yang dilepaskan dalam setiap selang  $dt$  selama satu periode  $T$  daya itu diberikan. Tenaga dalam suatu diferensial selang waktu  $dt$  adalah  $p dt$ , karena daya di definisikan sebagai aliran tenaga per satuan waktu. Tenaga keseluruhan yang diberikan adalah jumlah semua luasan  $p dt$  yang besarnya adalah: (Budiono, 1995, p.185)

$$W = \int_0^T P dt \dots\dots\dots(2.5)$$

Umumnya simbol  $W$  sebagai tenaga keseluruhan juga didefinisikan sebagai energi listrik yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W = V I t \cos \theta \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan  $\cos \phi$  adalah faktor daya beban dan  $t$  merupakan lamanya waktu energi listrik pada beban tersebut digunakan.

## 2.3 KWh Meter Analog

Kwh meter adalah merupakan alat yang berfungsi untuk menghitung pemakaian energi listrik yang terpakai. Bagian utama dari kwh meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, piringan putar, angka register dan magnet permanen. Prinsip kerja alat ini menggunakan prinsip induksi magnet, dimana medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan arus dan kumparan tegangan tersebut menggerakkan piringan putar yang terbuat



dari alumunium. Kemudian piringan putar akan menggerakkan angka register sebagai tampilan jumlah energi yang terpakai meter dalam satuan kWh.



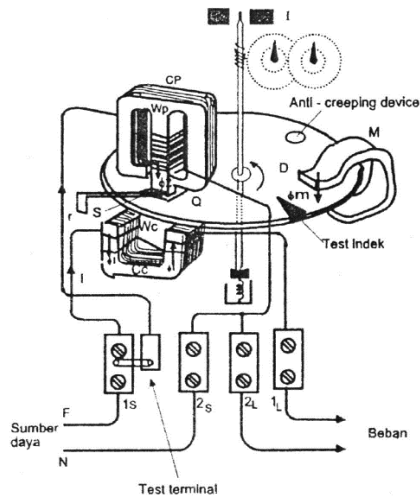
Gambar 2.2 kWh meter analog.

Sumber : <http://jaringanpln.blogspot.co.id/>.

Ketika kedua kumparan dialiri arus listrik bolak-balik maka gaya magnet yang ditimbulkan berbentuk gelombang sinus sesuai dengan frekuensinya, arus yang mengalir pada kumparan arus akan menghasilkan fluks magnet  $\Phi_1$ , sedangkan arus yang mengalir pada kumparan tegangan akan menghasilkan fluks magnet  $\Phi_2$ . Fuks magnet  $\Phi_1$  dan  $\Phi_2$  akan menembus plat alumunium sehingga timbul arus  $I_1$  dan  $I_2$ .

Karena  $I_1$  dan  $I_2$  memotong gaya magnet maka akan menghasilkan gaya Lorentz, dengan timbulnya gaya Lorentz maka momen putar akan menggerakkan piringan putar yang kecepatan putarnya linier dengan besarnya arus yang diserap beban. Apabila arus yang diserap beban semakin besar maka kecepatan putaran piringan putar juga semakin cepat sebaliknya apabila arus yang diserap beban semakin kecil maka kecepatan putaran piringan putar juga semakin lambat.

KWh meter merupakan alat ukur energi listrik yang mengukur secara langsung hasil kali tegangan, arus faktor kerja, kali waktu tertentu ( $V I t \cos \theta$ ) yang bekerja selama jangka waktu tertentu. KWh meter bekerja berdasarkan induksi magnetis oleh medan magnet yang dibangkitkan oleh arus yang melalui kumparan arus terhadap disc atau lempengan logam *ferromagnetic* (piringan putar alumunium) kWh meter, dimana induksi magnetis ini berpotongan dengan induksi magnetis yang dibangkitkan oleh arus melewati kumparan tegangan terhadap disc yang sama. (Soedjana, 1974, p.71)

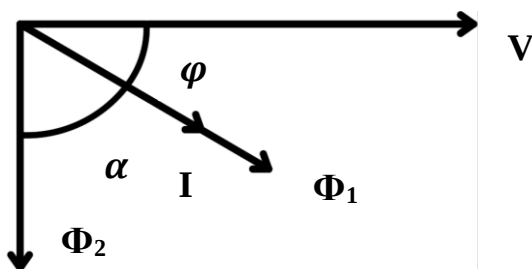


Gambar 2.3 Prinsip suatu meter penunjuk energi listrik arus B-B jenis induksi.  
Sumber : Soedjana (1974, p.72).

- M = Magnet permanen  
 Cp = Inti besi kumparan tegangan  
 Wp = Kumparan tegangan yang dapat dianggap sebagai reaktansi murni, karena lilitan cukup besar  
 Cc = Inti besi kumparan arus  
 Wc = Kumparan arus  
 Ip = Arus yang melalui Wp  
 I = Arus beban yang mengalir melalui Wc  
 F = Kumparan penyesuaian fasa yang diberi tahanan R  
 RGS = Register  
 1L & 2S = Terminal sumber daya masuk  
 2L & 1S = Terminal daya keluar

Prinsip kerja :

- $\Phi_1$  ditimbulkan oleh arus I yang mengalir di kumparan Wc.
- $\Phi_2$  ditimbulkan oleh arus Ip mengalir di kumparan Wp dan Ip lagging  $90^\circ$  terhadap tegangannya.



Gambar 2.4 Diagram vektor dari wattmeter jenis induksi.  
Sumber : Soedjana, (1974, p.64).

- Torsi dapat dihitung dengan rumus berikut

$$T = 2 K \omega \Phi_1 \Phi_2 \cos \theta \sin \alpha \dots \dots \dots (2.7)$$

- Dengan keadaan  $\Phi_2$  yang mempunyai sudut fasa terlambat  $90^\circ$  terhadap  $V$ , maka  $\Phi_2$  sebanding dengan  $V/\omega$  sehingga dengan menggunakan persamaan 2.7 diperoleh persamaan berikut :

$$\omega \Phi_1 \Phi_2 \sin \alpha = K . V . I . \cos \theta \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

$K$  = Konstanta (s/rad)

$V$  = Tegangan (volt)

$I$  = Arus (ampere)

$\cos \theta$  = Sudut daya

Akibat adanya momen gerak  $T_D$ , kepingan aluminium akan berputar dengan kecepatan  $n$ . Dengan adanya putaran ini, D akan memotong garis-garis fluksi magnetis  $\Phi_m$  dari magnet permanen dan akan menyebabkan terjadinya arus-arus putar yang berbanding lurus terhadap  $n\Phi_m$  di dalam kepingan aluminium tersebut. Arus-arus putar ini yang akan memotong garis-garis fluksi  $\Phi_m$  sehingga kepingan D akan mengalami suatu momen redaman  $T_d$  yang berbanding lurus dengan  $n\Phi_m^2$ . Bila momen - momen tersebut yaitu  $T_D$  dan  $T_d$  ada dalam keadaan seimbang maka hubungan di bawah ini akan berlaku :

$$T_D = T_d$$

$$k_d . V . I . \cos \theta = k_m . n \Phi_m^2 \dots \dots \dots (2.9)$$

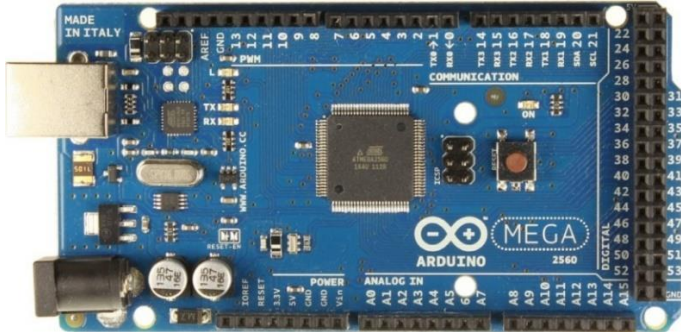
Atau

$$n = \frac{k_d}{k_m . n \Phi_m^2} V . I . \cos \theta \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan  $k_d$  dan  $k_m$  sebagai konstanta. Jadi dari persamaan tersebut dapat terlihat bahwa kecepatan putaran  $n$ , dari kepingan D, adalah berbanding lurus dengan beban  $V . I . \cos \theta$ , sehingga dengan demikian maka jumlah putaran dari pada kepingan putar tersebut untuk suatu jangka waktu tertentu berbanding lurus dengan energi yang akan diukur untuk jangka waktu tersebut. Untuk memungkinkan pengukuran, maka jumlah putaran dari kepingan D ditransformasikan melalui sistem mekanis tertentu, kepada alat penunjuk atau angka register. Transformasi dari kecepatan putar biasanya dilakukan sehingga angka register tersebut

berputar lebih lambat dibandingkan dengan kepingan C. Dengan demikian maka alat penunjuk atau angka register akan menunjukkan enersia yang diukur dalam kWh setelah melalui kalibrasi tertentu.

## 2.4 Mikrokontroler Arduino Mega 2560



Gambar 2.5 Arduino Mega 2560.

Sumber : Datasheet arduino Mega.

Gambar 2.5 merupakan gambar modul Arduino mega 2560. Arduino mega 2560 merupakan sebuah board mikrokontroler berbasis ATmega 2560 yang dimana sudah dilengkapi dengan sistem *clock input/output* dan memori. Modul ini memiliki 54 pin digital *input/output* dimana 14 pin digunakan untuk *output PWM*, 16 pin digunakan sebagai *input* analog, 4 pin *port serial*, 16 MHz osilator kristal, koneksi *USB*, *power jack*, *ICISP Header* dan tombol reset. Memiliki *flash memory* sebesar 256KB sehingga cukup untuk menampung program yang banyak.

Arduino mega 2560 tidak memerlukan *flash* program eksternal karena didalam *chip* mikrokontroler Arduino telah diisi dengan *bootloader* yang membuat proses *upload* program yang kita buat menjadi lebih sederhana dan cepat. Untuk koneksi dengan komputer sudah dilengkapi dengan RS232 to TTL konverter, atau menggunakan *chip USB* ke serial konverter seperti FTDI FT232.

ATmega 2560 juga menyediakan 4 buah *timer* 6 bit (*timer 1, timer 2, timer 4, timer 5*), dan 2 buah *timer* 8 bit (*timer 0 dan timer 2*).

Arduino Mega 2560 memiliki spesifikasi kerja sebagai berikut:

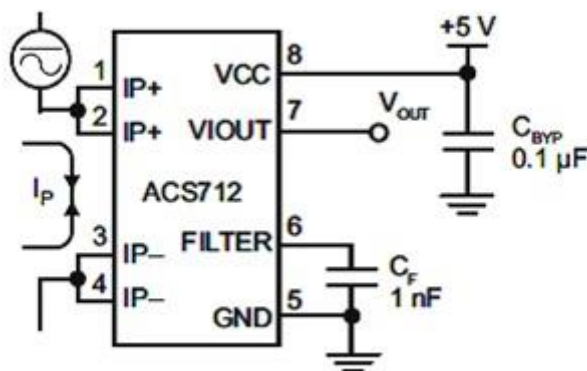
- Bekerja pada tegangan 5V
- Tegangan masukan (rekomendasi) 7-12V
- Tegangan masukan (batas) 6 -20V
- 54 pin digital I/O termasuk 14 pin *output PWM* dan 16 pin *input* analog
- Arus DC pada pin I/O 40 mA
- Arus DC pada pin 3.3V 50 mA



- Flash Memory 8 KB dari 256 KB digunakan oleh *bootloader*
- SRAM 8 KB
- EEPROM 4 KB *Clock Speed* 16 MHz

## 2.5 Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan magnet. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas dalam pengukuran arus meningkat sehingga dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi arus lebih, dan lain sebagainya. Konfigurasi pin sensor ACS712 ditunjukkan oleh gambar 2.6.



Gambar 2.6 Konfigurasi pin sensor arus ACS712.

Sumber : Datasheet ACS712.

Spesifikasi sensor Arus ACS712:

1. Berbasis ACS712 dengan fitur :
  - Waktu kenaikan perubahan keluaran =  $5 \mu s$ .
  - Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.
  - Total kesalahan keluaran 1,5% pada suhu kerja  $T_A = 25^\circ C$ .
  - Tahanan konduktor internal  $1,2 m\Omega$ .
  - Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin1 - 4 dan pin 5 - 8.
  - Sensitivitas keluaran 185 mV/A.
  - Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 30 A.
  - Tegangan keluaran proporsional terhadap masukan arus AC atau DC.
2. Tegangan kerja 5 V DC.
3. Dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas keluaran.

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya, yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transduser medan secara berdekatan.

Tabel 2.1 Fungsi Pin Sensor Arus ACS712

| Pin Sensor ACS712 | Fungsi                                                                       |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| IP +              | Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya.                |
| IP -              | Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya.                |
| GND               | Terminal sinyal Ground                                                       |
| Filter            | Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas bandwidth |
| $V_{i_{out}}$     | Terminal keluaran sinyal analog                                              |
| Vcc               | Terminal masukan catu daya                                                   |

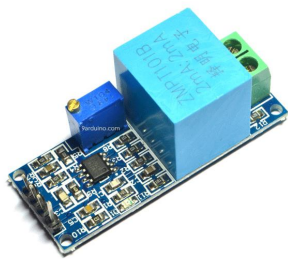
Sumber : Datasheet ACS712.

Hambatan dalam penghantar sensor sebesar  $1,2 \text{ m}\Omega$  dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. Berdasarkan *datasheet*, IC ACS712 tipe 30A ini mempunyai sensitivitas sebesar  $100 \text{ mV/A}$ . Saat arus yang mengalir  $0 \text{ A}$  IC ini mempunyai output tegangan  $2,5 \text{ V}$ . Nilai tegangan akan bertambah berbanding lurus dengan nilai arus.

## 2.6 Sensor Tegangan ZMPT101B

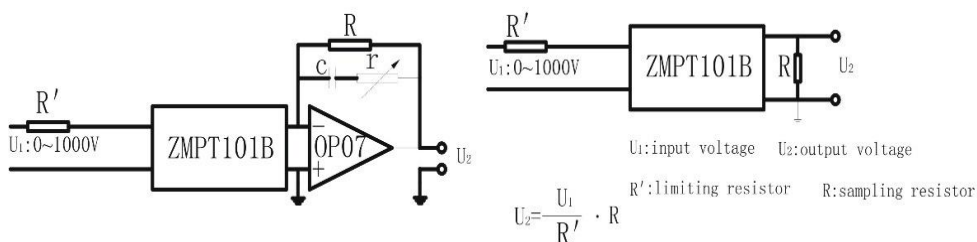
Modul sensor tegangan ZMPT101B merupakan sensor tegangan yang terbuat dari trafo tegangan ZMPT101B. Modul sensor ini mempunyai nilai keakuratan yang tinggi, cukup konstan untuk pengukuran nilai tegangan dan daya, dapat mengukur tegangan hingga  $250 \text{ V AC}$ . Pengoperasian modul sensor ini cukup mudah, terdapat potensiometer yang berfungsi mengatur nilai output ADC nya. Berikut modul sensor tegangan ZMPT101B yang ditujukan pada gambar 2.7.





Gambar 2.7 Modul sensor tegangan ZMPT101B.  
Sumber : [www.9arduino.com](http://www.9arduino.com).

Gambar 2.8 menunjukkan gambar skematik diagram modul sensor tegangan ZMPT101B.



Gambar 2.8 skematik diagram modul sensor tegangan ZMPT101B.  
Sumber : [www.inteplus-industry.fr](http://www.inteplus-industry.fr).

Berikut tabel spesifikasi modul sensor tegangan ZMPT101B :

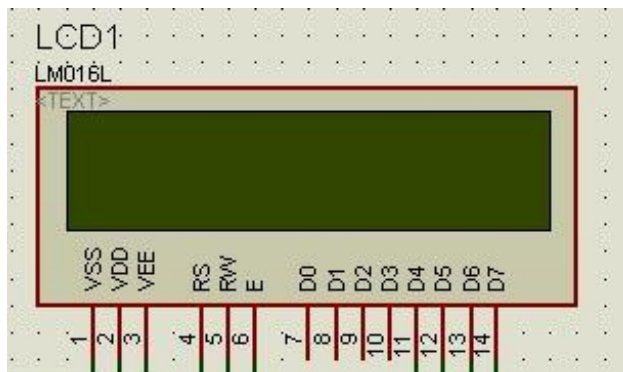
Tabel 2.2 Spesifikasi Modul Sensor Tegangan ZMPT101B

| Spesifikasi Elektrik |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| Arus Primer          | 2 mA                           |
| Arus Sekunder        | 2 mA                           |
| Rasio Balik          | 1000 : 1000                    |
| Error sudut fasa     | $\leq 20^\circ$ (50 $\Omega$ ) |
| Jarak arus           | 0 – 3mA                        |
| Linearitas           | 0.10%                          |
| Tingkat akurasi      | 0.2                            |
| Nilai beban          | $\leq 200 \Omega$              |
| Range frekuensi      | 50 – 60 Hz                     |
| Level dielektrik     | 3000 V AC/min                  |
| Resistansi DC 20°C   | 110 $\Omega$                   |

Sumber : [www.inteplus-industry.fr](http://www.inteplus-industry.fr).

## 2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

*Liquid Crystal Display* (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter baik berupa karakter angka, huruf, atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. LCD terbuat dari bahan kristal cair yang merupakan suatu komponen organik yang mempunyai sifat optik seperti benda padat meskipun bahan tetap cair. Gambar 2.9 menunjukkan rangkaian *interface* ke LCD karakter 4x20, terdapat pin 1 sampai dengan 14 untuk menjalankan LCD.



Gambar 2.9 Rangkaian *Interface* ke LCD karakter 2X16.

Sumber : [www.kl801.ilearning.me](http://www.kl801.ilearning.me).

Pada perancangan sistem ini memakai LCD modul M1632 yang merupakan sebuah modul LCD dot matrik yang membutuhkan daya kecil. LCD modul M1632 dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut.

Tabel 2.3 Menunjukkan I/O LCD.

| Pin no. | Symbol          | External connection  | Function                                                                                                                                                      |
|---------|-----------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | V <sub>SS</sub> | Power supply         | Signal ground for LCM                                                                                                                                         |
| 2       | V <sub>DD</sub> |                      | Power supply for logic for LCM                                                                                                                                |
| 3       | V <sub>0</sub>  |                      | Contrast adjust                                                                                                                                               |
| 4       | RS              | MPU                  | Register select signal                                                                                                                                        |
| 5       | R/W             | MPU                  | Read/write select signal                                                                                                                                      |
| 6       | E               | MPU                  | Operation (data read/write) enable signal                                                                                                                     |
| 7~10    | DB0~DB3         | MPU                  | Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation. |
| 11~14   | DB4~DB7         | MPU                  | Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU                                                             |
| 15      | LED+            | LED BKL power supply | Power supply for BKL                                                                                                                                          |
| 16      | LED-            |                      | Power supply for BKL                                                                                                                                          |

Sumber : Datasheet LCD 4x20.

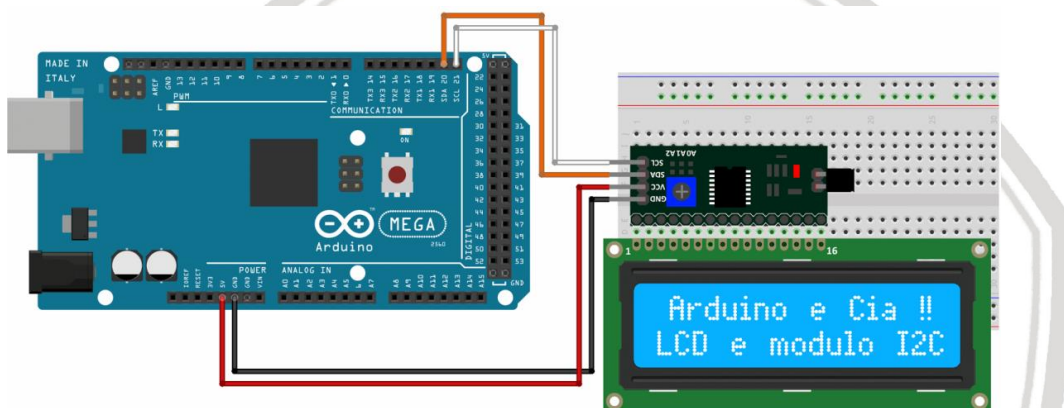
Pada penelitian ini menggunakan modul I2C untuk pengkabelan LCD. Pada I2C terdapat alamat yang akan ditampilkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Tabel Alamat I2C LCD

| I2C ADDRESS | A0 | A1 | A2 |
|-------------|----|----|----|
| 0X20        | 0  | 0  | 0  |
| 0X21        | 1  | 0  | 0  |
| 0X22        | 0  | 1  | 0  |
| 0X23        | 1  | 1  | 0  |

Sumber : [www.14core.com](http://www.14core.com).

Pada gambar 2.10 menunjukkan rangkaian pengkabelan modul I2C dengan LCD yang dihubungkan ke modul arduino mega 2560



Gambar 2.10 Rangkaian LCD Arduino.

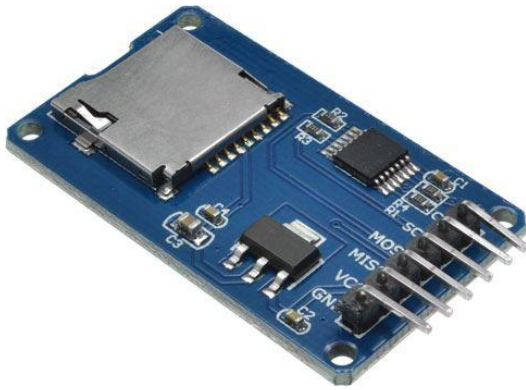
Sumber: [www.14core.com](http://www.14core.com).

## 2.8 Modul Adapter Reader Micro SD

Modul *adapter reader micro SD* merupakan sebuah alat yang berfungsi membantu arduino melakukan proses pembacaan maupun proses penulisan pada sebuah *micro SD card*. Sebuah *micro SD card* tidak akan bisa dibaca langsung oleh arduino, sehingga dibutuhkan suatu alat yang dapat membantu proses pembacaan maupun proses penulisan. Alat ini bekerja pada tegangan 5 V DC yang mempunyai beberapa kelebihan yaitu :

1. Terdapat modul untuk standar *SD card* dan *Micro SD (TF) card*
2. Terdapat saklar untuk memilih *flash card slot*
3. Dapat dipasang langsung pada Arduino.
4. Dapat digunakan untuk mikrokontroler lain.

Pada gambar 2.11 menunjukan modul *adapter reader micro SD*



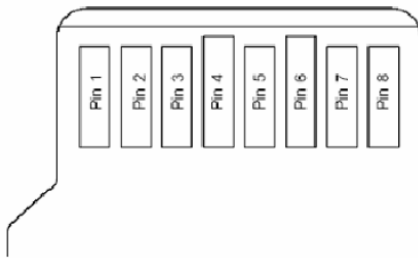
Gambar 2.11 Modul adapter reader micro SD.

Sumber: [www.14core.com](http://www.14core.com).

## 2.9 Micro SD Card

*Micro SD card* adalah kartu memori non-volatile yang dikembangkan oleh *SD Card Association* yang digunakan dalam perangkat *portable*. Micro SD card merupakan salah satu tipe memori, yang tak lain fungsinya sebagai tempat menyimpan data. Tegangan kerja *micro SD* 2.7 - 3.6 V.

Berikut gambar pin pada *micro SD* yang ditunjukkan dalam gambar 2.12



Gambar 2.12 pin Micro SD.

Sumber : Datasheet *micro SD*.

*Micro SD* mempunyai dua mode yaitu mode bus dan mode SPI.

Tabel 2.5 Menunjukan Fungsi Pin Ketika Mode Bus

| Pin # | Name    | Type | Micro SD Description          |
|-------|---------|------|-------------------------------|
| 1     | DAT2    | I/O  | Card Detect/ Data Lin [Bit 3] |
| 2     | CD/DAT3 | I/O  | Card Detect / Data Line       |
| 3     | CMD     | PP   | Command / Response            |
| 4     | VDD     | S    | Supply voltage                |
| 5     | CLK     | I    | Clock                         |
| 6     | Vss     | S    | Supply voltage ground         |
| 7     | DAT0    | I/O  | Data Line [Bit 0]             |
| 8     | DAT1    | I/O  | Data Line [Bit 1]             |

Sumber : Datasheet *micro SD*.

Tabel 2.6 Menunjukkan Fungsi Pin Ketika Mode SPI

| Pin # | Name | Type | Micro SD Description   |
|-------|------|------|------------------------|
| 1     | RSV  |      | Reserved               |
| 2     | CS   | I    | Chip Select (neg true) |
| 3     | DI   | S    | Data In                |
| 4     | VDD  | S    | Supply Voltage         |
| 5     | SCLK | I    | Clock                  |
| 6     | VSS  | S    | Supply Voltage Ground  |
| 7     | DO   | O    | Data Out               |
| 8     | RSV  | I    | Reserved               |

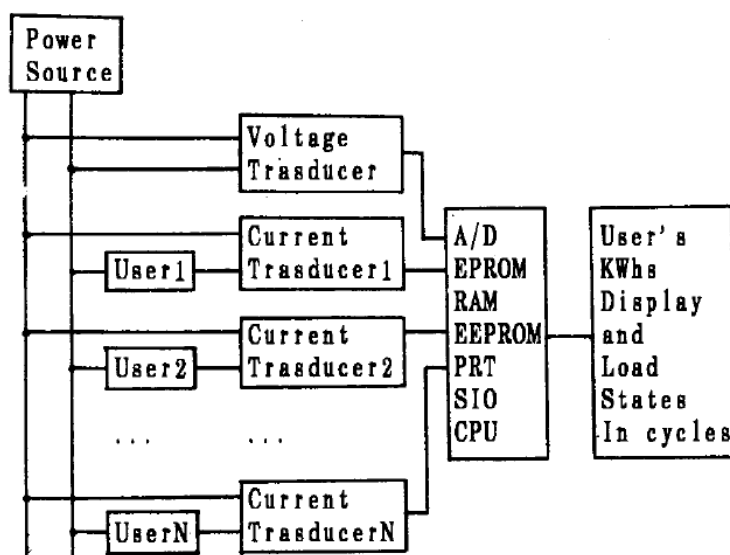
Sumber : Datasheet *micro SD*.

## 2.10 New Type Multi User Kwh Meter

*New type mlti user* kWh meter merupakan kWh meter yang mempunyai sistem manajemen yang lebih efisien dibandingkan dengan kWh meter analog. Keunggulan lain adalah harga yang lebih ekonomis karena menggunakan bahan yang lebih sedikit dibanding dengan kWh meter analog.

Prinsip dari alat ini sesungguhnya menggantikan beberapa *voltage tranducer* dengan satu *voltage tranducer* dari banyak kWh meter, namun tetap pada setiap kWh terdapat *current tranducer*. Untuk merealisasikannya maka diperlukan sistem akuisisi data mikroprosesor dan untuk menyalurkan datanya menggunakan *asynchronous serial communiaction interface*. (Zhishan, Changtao, Jinli, 1992, p.551)

Berikut gambar deskripsi dari *new type multi user* yang ditunjukan dalam gambar 2.13.



Gambar 2.13 Skematik new type multi user kWh meter.

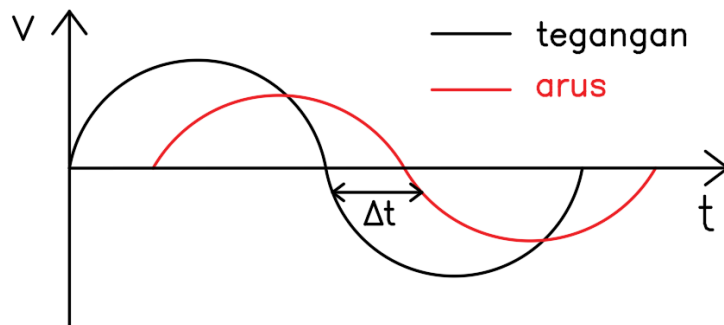
Sumber : Zhishan, Changtao, Jinli (1992, p.551)

## 2.11 Pengukuran Faktor Daya

Faktor daya pada dasarnya merupakan cosinus antara gelombang tegangan dan gelombang arus. Menghitung faktor daya dapat dilakukan dengan mengetahui  $\Delta t$ .  $\Delta t$

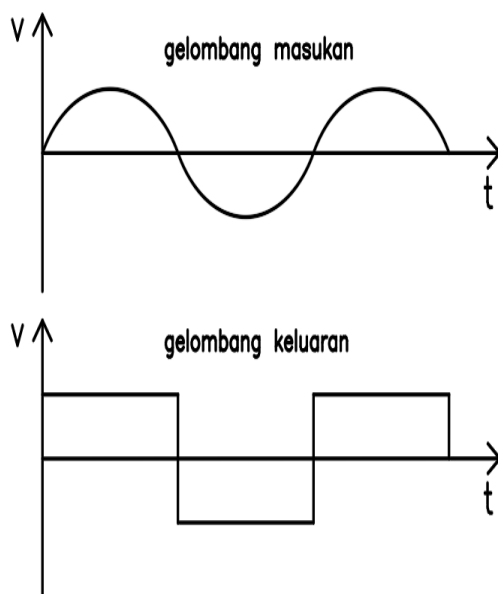


merupakan perbedaan waktu pergeseran gelombang antara arus dan tegangan. Penjelasan yang menunjukkan  $\Delta t$  dapat dilihat pada gambar 2.14.



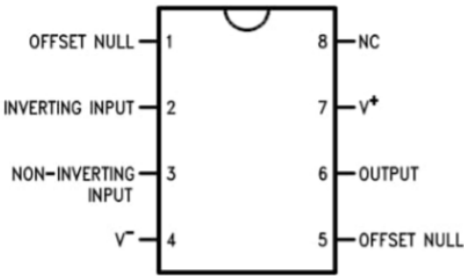
Gambar 2.14 Grafik penunjukan  $\Delta t$

Perhitungan  $\Delta t$  dilakukan dengan menggunakan metode *zero crossing*. Metode ini prinsipnya mengetahui kapan nilai suatu gelombang itu nol, untuk dapat merealisasikan maka menggunakan komponen elektronika yaitu op amp yang digunakan sebagai komparator. Komparator prinsipnya akan mengeluarkan logika 1 (*high*) ketika nilai suatu gelombang itu diatas nilai dari set poinya dan akan berlogika 0 (*low*) ketika nilai suatu gelombang itu dibawah nilai set poinya untuk lebih jelasnya ditunjukan dalam gambar 2.15. Penelitian ini menggunakan LM741 sebagai komparator.



Gambar 2.15 Gelombang masukan dan gelombang keluaran komparator.

Berikut *pin out* pada LM741 yang ditunjukkan dalam Gambar 2.16 dan fungsi masing-masing *pin out* dapat dilihat dalam Tabel 2.7.



Gambar 2.16 Pin out LM741  
 Sumber : datasheet LM741

Tabel 2.7 Fungsi Pin Out Pada LM741

| PIN                |      | I/O | DESCRIPTION                                                                          |
|--------------------|------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| NAME               | NO.  |     |                                                                                      |
| INVERTING INPUT    | 2    | I   | Inverting signal input                                                               |
| NC                 | 8    | N/A | No Connect, should be left floating                                                  |
| NONINVERTING INPUT | 3    | I   | Noninverting signal input                                                            |
| OFFSET NULL        | 1, 5 | I   | Offset null pin used to eliminate the offset voltage and balance the input voltages. |
| OFFSET NULL        |      |     |                                                                                      |
| OUTPUT             | 6    | O   | Amplified signal output                                                              |
| V+                 | 7    | I   | Positive supply voltage                                                              |
| V-                 | 4    | I   | Negative supply voltage                                                              |

Sumber : datasheet LM741



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk memahami pengetahuan dasar dan konsep-konsep yang berhubungan dengan perancangan serta pembuatan alat ini. Studi literatur ini dilakukan dengan mempelajari buku-buku referensi, jurnal-jurnal, skripsi, dan *web browsing*, yaitu :

1. Fungsi kWh meter.
2. Prinsip kerja kWh meter.
3. Mikrokontroller arduino mega 2560.
  - a. Pemrograman Sensor Tegangan ZMPT101B.
  - b. Pemrograman LCD Shield.
  - c. Pemrograman Sensor Arus ACS712.
  - d. Pemrograman modul *adapter reader micro SD*.
  - e. Simulasi MATLAB SIMULINK.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan yaitu :

1. Arduino Mega 2560
2. LCD Shield 16x2
3. Sensor Arus ACS712
4. Sensor Tegangan ZMPT101B
5. Voltage Regulator 1 Fasa
6. Lampu Pijar
7. Kabel Penghubung
8. Modul I2C
9. Banana Plug
10. Push Button
11. Modul Micro SD
12. Micro SD
13. Multimeter

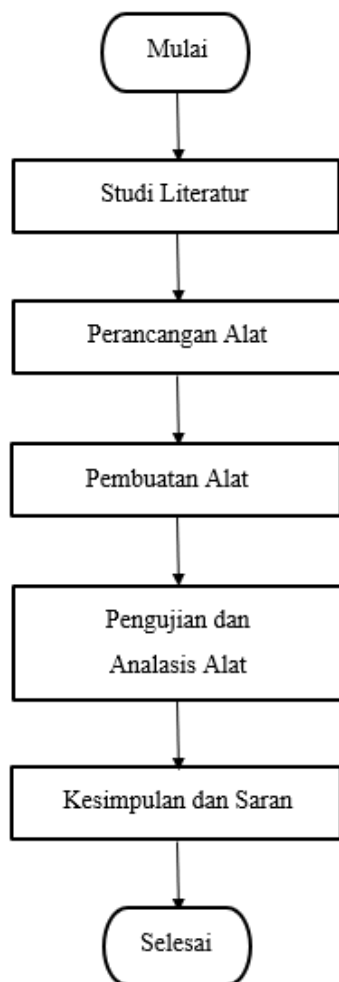
#### 3.3 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat Prototipe New Type Multi User KWh Meter Berbasis Arduino pada Laboratorium Sistem Daya Elektrik. Penelitian akan dilakukan di lingkungan gedung Labratorium Sistem Daya Elektrik Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penelitian akan dilakukan selama 3 bulan dengan metode studi literature yaitu dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan serta pembuatan alat ini. Pembuatan alat ini menggunakan referensi dari buku-buku maupun jurnal atau artikel dari perpustakaan dan internet agar mengetahui prinsip kerja, karakteristik komponen, serta teori yang menunjang.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 3.1 dijelaskan mengenai diagram alir penelitian



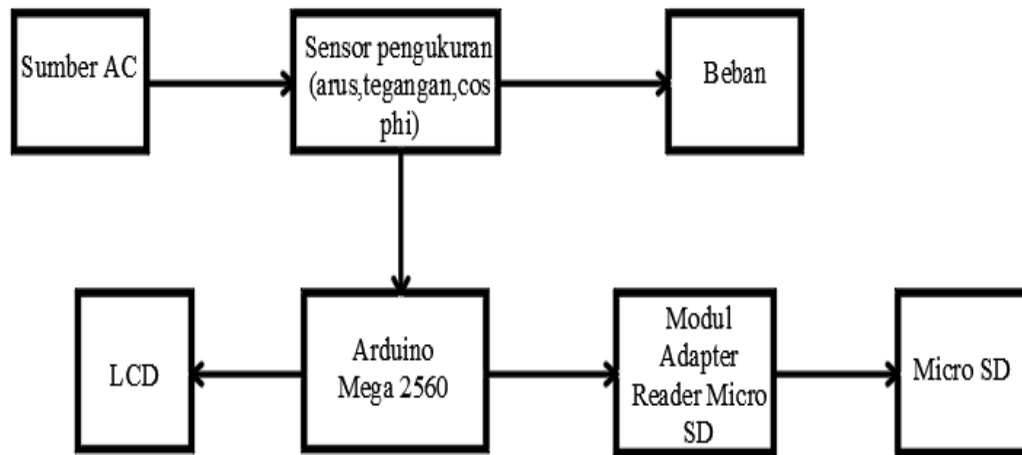
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

### 3.5 Perancangan Alat

#### 3.5.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan suatu rancangan keseluruhan sistem yang disusun oleh beberapa elemen yang mendukung sistem itu sendiri. Elemen yang membentuk sistem digambarkan dalam blok-blok. Setiap blok memiliki fungsi tertentu yang menunjang satu sama lain dalam membentuk sistem tersebut. Blok diagram keseluruhan sistem ditunjukkan dalam gambar 3.2





Gambar 3.2 Skematik keseluruhan sistem

### 3.5.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Setelah membuat perancangan sistem secara keseluruhan maka ditentukan spesifikasi alat secara umum sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat sebagai berikut .

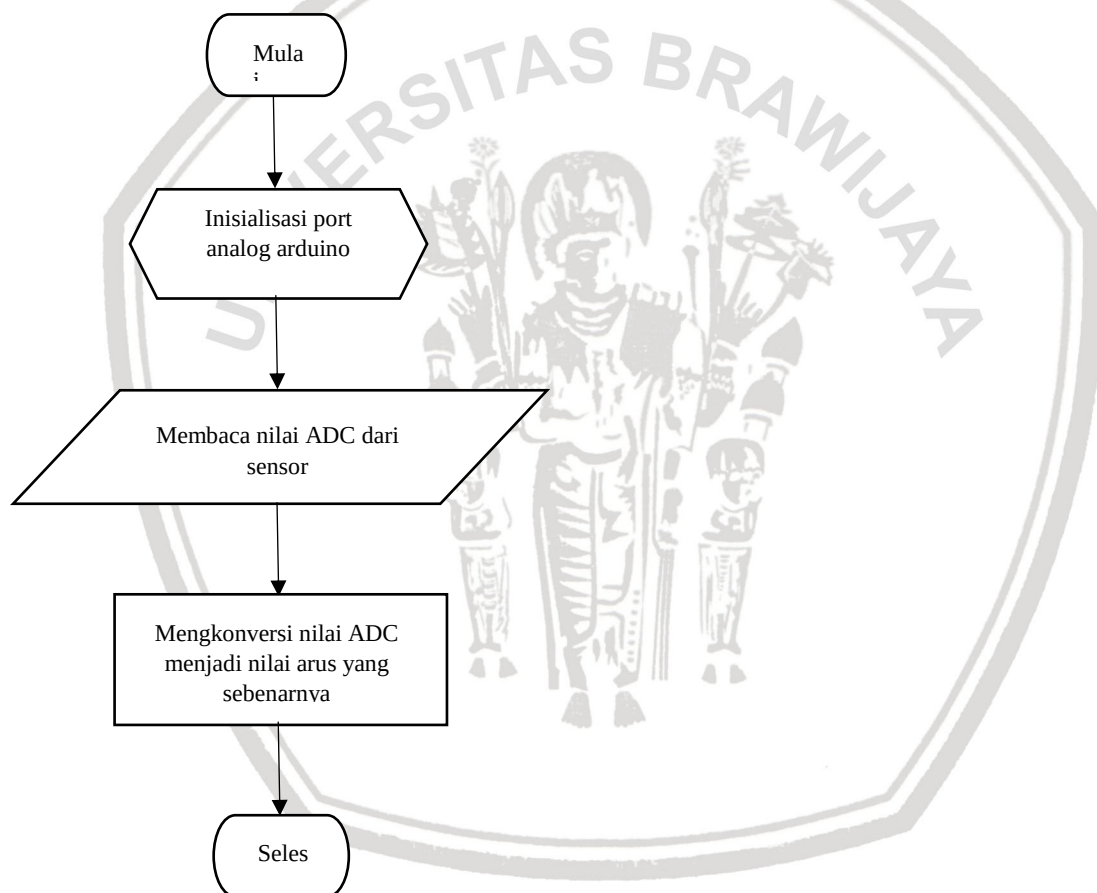
1. Sumber AC yaitu berasal dari PLN yang besar teganganya 220 V AC dengan frekuensi 50 Hz.
2. Sensor tegangan yang digunakan adalah ZMPT101B untuk membaca tegangan dari sumber.
3. Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 yang digunakan untuk membaca arus yang mengalir ke beban.
4. sensor cos phi dirancang dari LM741 yang merupakan op amp yang difungsikan sebagai komparator.
5. Arduino yang digunakan adalah arduino Mega 2560 yang berfungsi sebagai unit kontrol.
6. LCD yang digunakan adalah LCD 4x20 yang digunakan untuk menampilkan besar energi listrik yang telah dikonsumsi.
7. Modul *adapter reader micro SD* merupakan *driver micro SD* untuk arduino sehingga *micro SD* dapat dibaca oleh arduino.
8. Media penyimpan yang digunakan merupakan *micro SD*.

### 3.5.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak adalah perancangan program pada mikrokontroller sehingga dapat bekerja sesuai dengan algoritma yang telah disusun. Pada perancangan ini mikrokontroller digunakan untuk membaca nilai ADC dari sensor arus dan sensor tegangan kemudian di konversi menjadi nilai arus ataupun tegangan yang sebenarnya. Setelah didapatkan nilai arus dan tegangan sebenarnya kemudian mikrokontroler akan menghitung energi yang terpakai dengan mengalikan nilai arus, tegangan, dan lama waktu pemakaian. Setelah didapatkan nilai energi yang terpakai kemudian akan ditampilkan di LCD.

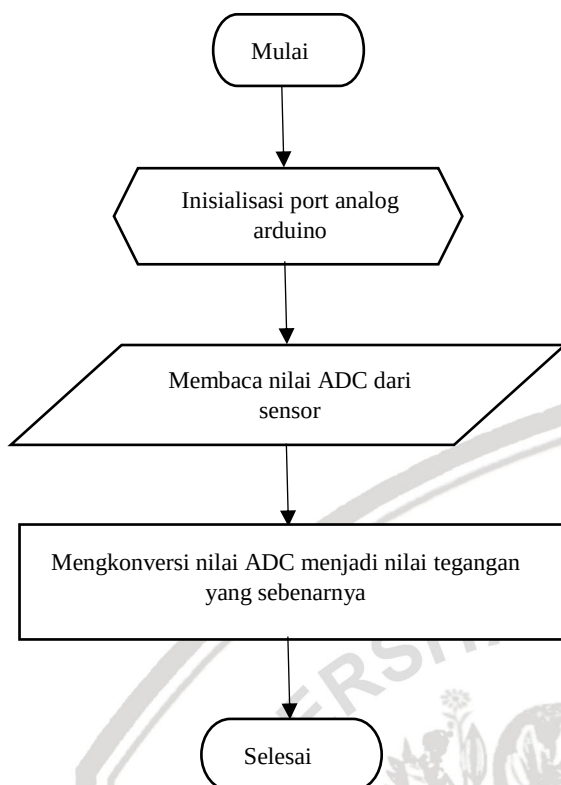
Berikut diagram alir program yang dibuat untuk perancangan perangkat lunak

#### 1. Pemrograman sensor arus ACS712



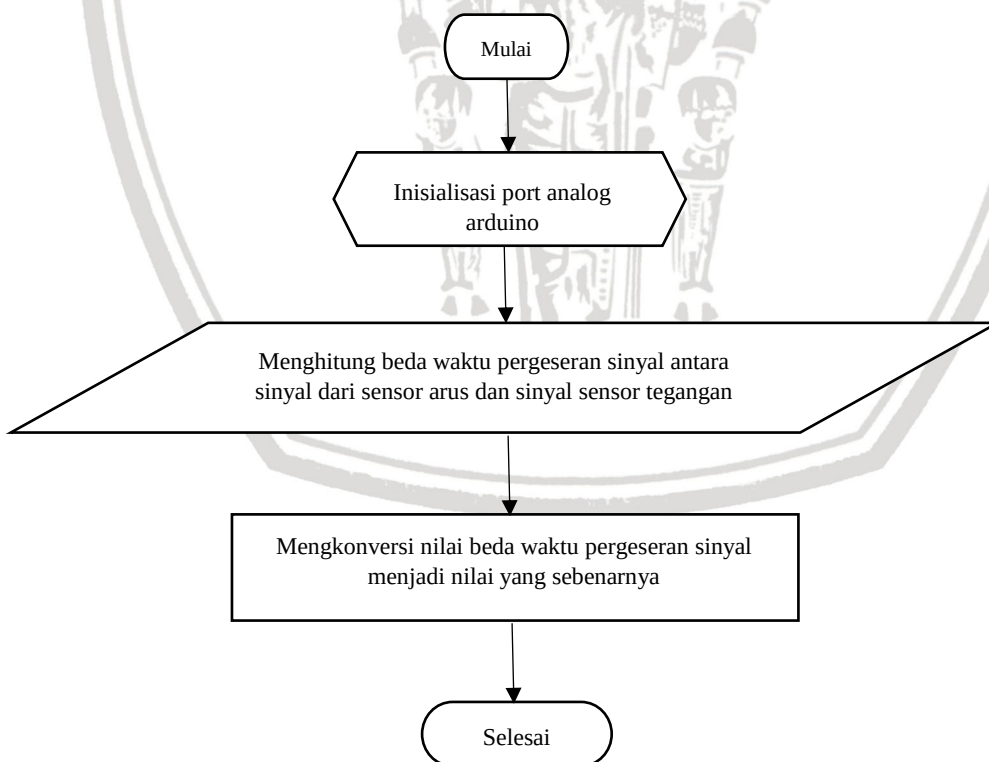
Gambar 3.3 Diagram alir pemrograman sensor arus ACS712.

## 2. Pemrograman sensor tegangan ZMPT101B



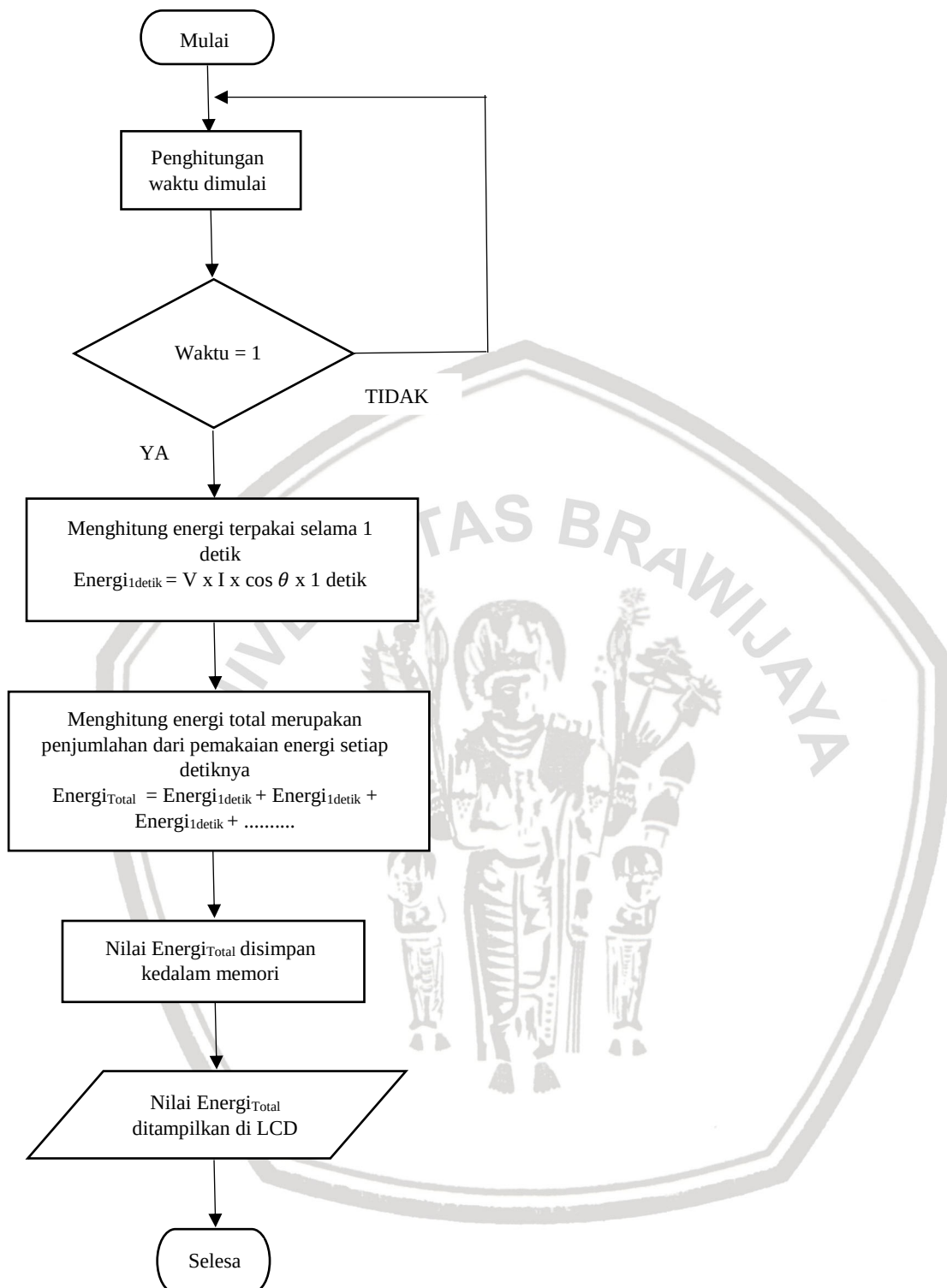
Gambar 3.4 Diagram alir pemrograman sensor tegangan ZMPT101B.

## 3. Pemrograman cos phi meter



Gambar 3.5 Diagram alir pemrograman cos phi meter.

4. Pemrograman menghitung energi, menyimpan data ke memori dan ditampilkan di LCD.



Gambar 3.6 Diagram alir pemrograman menghitung energi, menyimpan data ke memori dan ditampilkan di LCD.

### 3.6 Pembuatan Alat

Pembuatan alat dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu:

#### 1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibuat adalah rangkaian dari masing-masing blok penyusun sistem yang telah dirancang sebelumnya.

#### 2. Perangkat Lunak

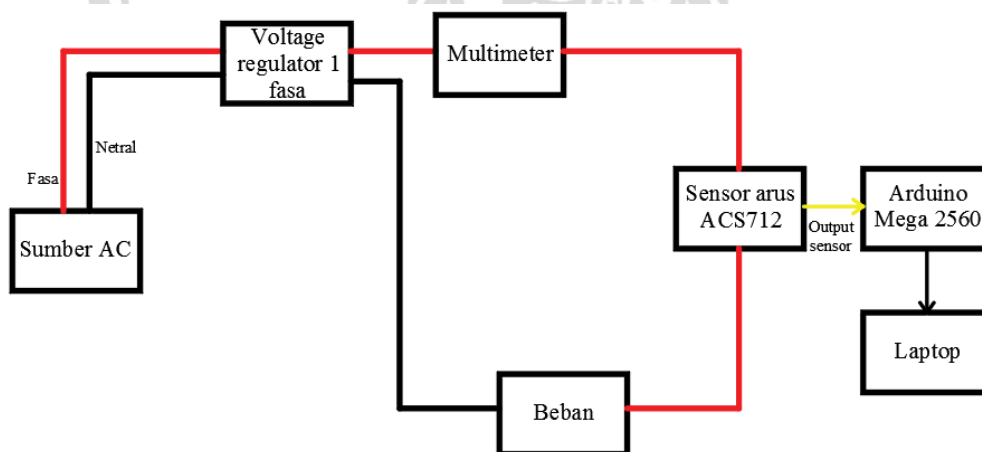
Perangkat lunak yang dibuat adalah program yang telah dirancang sebelumnya untuk mengendalikan keseluruhan sistem.

### 3.7 Pengujian dan Analisis Alat

#### 3.7.1 Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian sensor arus ini bertujuan untuk mengkalibrasi sensor sehingga nilai yang dibaca sensor memiliki tingkat keakuratan yang tinggi atau memiliki nilai error yang kecil. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang keluar dari sensor dengan nilai yang terukur di multimeter.

Pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan arus ke sensor dengan nilai arus yang berubah-ubah. Pada saat perubahan nilai arus yang mengalir pada sensor, maka nilai ADC yang diterima oleh mikrokontroler juga berubah-ubah sehingga dari proses tersebut dapat kita cari rumus yang sesuai untuk menentukan nilai arus yang sebenarnya. Berikut rangkaian pengujianya yang ditunjukkan dalam gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian pengujian sensor arus ACS712



Berikut tabel kalibrasi sensor yang ditunjukkan dalam tabel 3.1

Tabel 3.1 Tabel Kalibrasi Sensor Arus ACS712

| No | Arus (A) | ADC |     |         |
|----|----------|-----|-----|---------|
|    |          | Max | Min | Selisih |
| 1  | 0        |     |     |         |
| 2  | 0.2      |     |     |         |
| 3  | 0.4      |     |     |         |
| 4  | 0.6      |     |     |         |
| 5  | 0.8      |     |     |         |
| 6  | 1        |     |     |         |
| 7  | 1.2      |     |     |         |
| 8  | 1.4      |     |     |         |
| 9  | 1.6      |     |     |         |
| 10 | 1.8      |     |     |         |
| 11 | 2        |     |     |         |
| 12 | 2.2      |     |     |         |
| 13 | 2.4      |     |     |         |
| 14 | 2.6      |     |     |         |
| 15 | 2.8      |     |     |         |
| 16 | 3        |     |     |         |
| 17 | 3.2      |     |     |         |
| 18 | 3.4      |     |     |         |
| 19 | 3.6      |     |     |         |
| 20 | 3.8      |     |     |         |
| 21 | 4        |     |     |         |

Setelah dilakukan kalibrasi maka dilakukan pengujian pembacaan nilai arus yang terbaca oleh sensor yang ditunjukkan dalam tabel 3.2

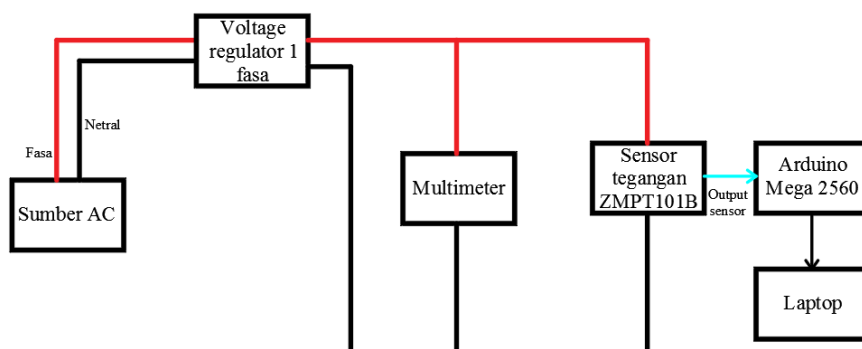
Tabel 3.2 Tabel Pengujian Pembacaan Sensor Arus ACS712

| No | Arus (A) | Pembacaan (A) | Kesalahan (%) |
|----|----------|---------------|---------------|
| 1  | 0.5      |               |               |
| 2  | 1        |               |               |
| 3  | 1.5      |               |               |
| 4  | 2        |               |               |
| 5  | 2.5      |               |               |
| 6  | 3        |               |               |
| 7  | 3.5      |               |               |
| 8  | 4        |               |               |

### 3.7.2 Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Pengujian sensor tegangan ini bertujuan untuk mengkalibrasi sensor sehingga nilai yang dibaca sensor memiliki tingkat keakuratan yang tinggi atau memiliki nilai error yang kecil. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang keluar dari sensor dengan nilai yang terukur di multimeter.

Pengujian dilakukan dengan cara mengubah-ubah nilai tegangan yang diterima oleh sensor. Mengubah-ubah nilai tegangan menggunakan *voltage regulator* 1 fasa. Pada saat perubahan nilai tegangan yang diterima sensor maka nilai ADC yang diterima oleh mikrokontroler juga berubah-ubah sehingga dari proses tersebut dapat kita cari rumus yang sesuai untuk menentukan nilai tegangan yang sebenarnya. Berikut rangkaian pengujian yang ditunjukkan dalam gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian pengujian sensor tegangan ZMPT101B.

Berikut tabel kalibrasi sensor yang ditunjukkan dalam tabel 3.3

*Tabel 3.3 Tabel Kalibrasi Sensor Tegangan ZMPT101B*

| No | Tegangan<br>(V) | ADC |     |         |
|----|-----------------|-----|-----|---------|
|    |                 | Max | Min | Selisih |
| 1  | 0               |     |     |         |
| 2  | 5               |     |     |         |
| 3  | 10              |     |     |         |
| 4  | 15              |     |     |         |
| 5  | 20              |     |     |         |
| 6  | 25              |     |     |         |
| 7  | 30              |     |     |         |
| 8  | 35              |     |     |         |
| 9  | 40              |     |     |         |
| 10 | 45              |     |     |         |
| 11 | 50              |     |     |         |
| 12 | 55              |     |     |         |
| 13 | 60              |     |     |         |
| 14 | 65              |     |     |         |
| 15 | 70              |     |     |         |
| 16 | 75              |     |     |         |
| 17 | 80              |     |     |         |
| 18 | 85              |     |     |         |
| 19 | 90              |     |     |         |
| 20 | 95              |     |     |         |
| 21 | 100             |     |     |         |
| 22 | 105             |     |     |         |
| 23 | 110             |     |     |         |
| 24 | 115             |     |     |         |
| 25 | 120             |     |     |         |
| 26 | 125             |     |     |         |
| 27 | 130             |     |     |         |
| 28 | 135             |     |     |         |
| 29 | 140             |     |     |         |
| 30 | 145             |     |     |         |
| 31 | 150             |     |     |         |
| 32 | 155             |     |     |         |
| 33 | 160             |     |     |         |
| 34 | 165             |     |     |         |
| 35 | 170             |     |     |         |
| 36 | 175             |     |     |         |
| 37 | 180             |     |     |         |
| 38 | 185             |     |     |         |
| 39 | 190             |     |     |         |
| 40 | 195             |     |     |         |
| 41 | 200             |     |     |         |
| 42 | 205             |     |     |         |
| 43 | 210             |     |     |         |
| 44 | 215             |     |     |         |
| 45 | 220             |     |     |         |
| 46 | 225             |     |     |         |
| 47 | 230             |     |     |         |

Setelah dilakukan kalibrasi maka dilakukan pengujian pembacaan nilai tegangan yang terbaca oleh sensor yang ditunjukkan dalam tabel 3.4

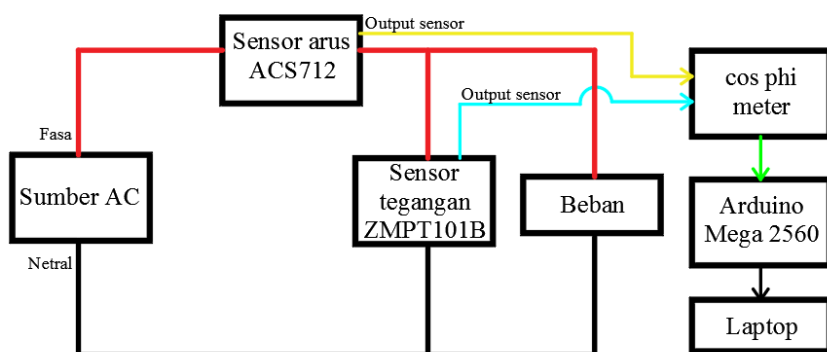
Tabel 3.4 Tabel Pengujian Pembacaan Sensor Tegangan ZMPT101B

| No | Tegangan (V) | Pembacaan (V) | Kesalahan (%) |
|----|--------------|---------------|---------------|
| 1  | 10           |               |               |
| 2  | 30           |               |               |
| 3  | 50           |               |               |
| 4  | 70           |               |               |
| 5  | 90           |               |               |
| 6  | 110          |               |               |
| 7  | 130          |               |               |
| 8  | 150          |               |               |
| 9  | 170          |               |               |
| 10 | 190          |               |               |
| 11 | 230          |               |               |

### 3.7.3 Pengujian Cos Phi Meter

Pengujian penghitungan faktor daya ini bertujuan untuk mengkalibrasi cos phi meter sehingga nilai yang dibaca cos phi meter memiliki tingkat keakuratan yang tinggi atau memiliki nilai error yang kecil. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang keluar dari cos phi meter dengan nilai yang terukur di *power analyzer*.

Pengujian dilakukan dengan cara mengubah-ubah nilai faktor daya dengan cara mengubah-ubah beban. Pada saat perubahan nilai faktor daya maka nilai perbedaan waktu pergeseran sinyal yang diterima oleh mikrokontroler juga berubah-ubah sehingga dari proses tersebut dapat kita cari rumus yang sesuai untuk menentukan nilai faktor daya yang sebenarnya. Berikut rangkaian pengujian yang ditunjukkan dalam gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rangkaian pengujian penghitungan faktor daya.

Berikut tabel kalibrasi cos phi meter yang ditunjukkan dalam tabel 3.5

Tabel 3.5 Tabel Kalibrasi Cos Phi Meter

| No | cos phi | perbedaan waktu (ms) |
|----|---------|----------------------|
| 1  | 1       |                      |
| 2  | 0.92    |                      |
| 3  | 0.84    |                      |
| 4  | 0.76    |                      |
| 5  | 0.63    |                      |

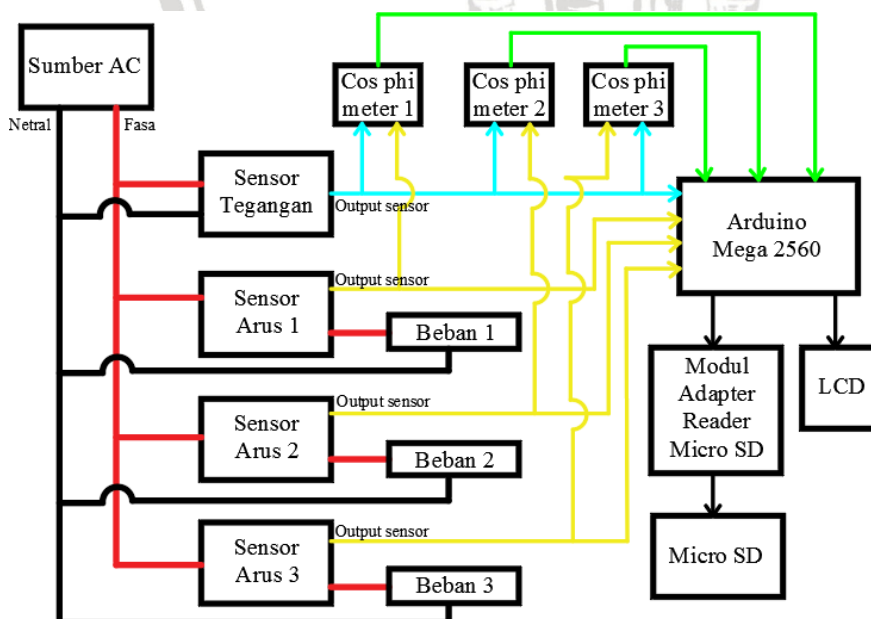
Setelah dilakukan kalibrasi maka dilakukan pengujian pembacaan nilai cos phi yang terbaca pada cos phi meter yang ditunjukkan dalam tabel 3.6

Tabel 3.6 Tabel Pengujian Cos Phi Meter

| No | cos phi | Pembacaan | Kesalahan (%) |
|----|---------|-----------|---------------|
| 1  | 1       |           |               |
| 2  | 0.92    |           |               |
| 3  | 0.84    |           |               |
| 4  | 0.76    |           |               |
| 5  | 0.63    |           |               |

### 3.7.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat bekerja dengan baik dan mendapatkan hasil sesuai yang diinginkan sehingga mengetahui tingkat keakuratan alat dalam mengukur energi listrik yang dikonsumsi oleh beban. Cara pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari kWh meter dengan hasil pengukuran dari alat. Berikut rangkaian pengujian keseluruhan sistem yang ditunjukkan dalam gambar 3.10.



Gambar 3.10 Rangkaian pengujian keseluruhan sistem.

Berikut tabel pengujian keseluruhan sistem yang ditunjukkan dalam tabel 3.7

*Tabel 3.7 Tabel Pengujian Keseluruhan Sistem*

| no | KWh   | daya  | energi (kwh<br>meter analog) | energi (pembacaan<br>dari alat yang dibuat) | kesalahan<br>(%) |
|----|-------|-------|------------------------------|---------------------------------------------|------------------|
| 1  | kWh 1 | 850 W |                              |                                             |                  |
| 2  | kWh 2 | 500 W |                              |                                             |                  |
| 3  | kWh 3 | 200 W |                              |                                             |                  |







## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan sistem prototipe *new type multi user* kWh meter berbasis Arduino. Selain itu pada bab ini juga akan ditampilkan hasil pengujian dan analisis.

#### 4.1 Prototipe New Type Multi User KWh meter

Prototipe *new type multi user* kWh meter ini digunakan untuk mensimulasikan sistem kWh meter yang diprosidingkan dalam IEEE yang merupakan hasil konferensi di Xian, China. prototipe ini bekerja saat dicatu tegangan AC 220V. Tegangan DC 5V digunakan untuk memberikan catu daya pada arduino, sensor arus, sensor tegangan, rangkaian penghitung faktor daya, LCD dan modul *adapter micro SD*. Prototipe ini mendapat input dari sensor arus, sensor tegangan, rangkaian penghitung faktor daya yang akan dibaca oleh mikrokontroller, selanjutnya mikrokontroller akan melakukan penghitungan energi listrik. Hasil perhitungan energi listrik akan disimpan kedalam memori *micro SD* dan ditampilkan di LCD.

#### 4.2 Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian sensor arus bertujuan untuk mengkalibrasi nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan multimeter sehingga diperoleh hasil pembacaan yang akurat dari sensor. Kalibrasi sensor dilakukan bertujuan untuk membuat pembacaan sensor yang akurat sesuai dengan multimeter.

##### 4.2.1 Peralatan

Peralatan pengujian yang digunakan untuk pengujian sensor arus adalah:

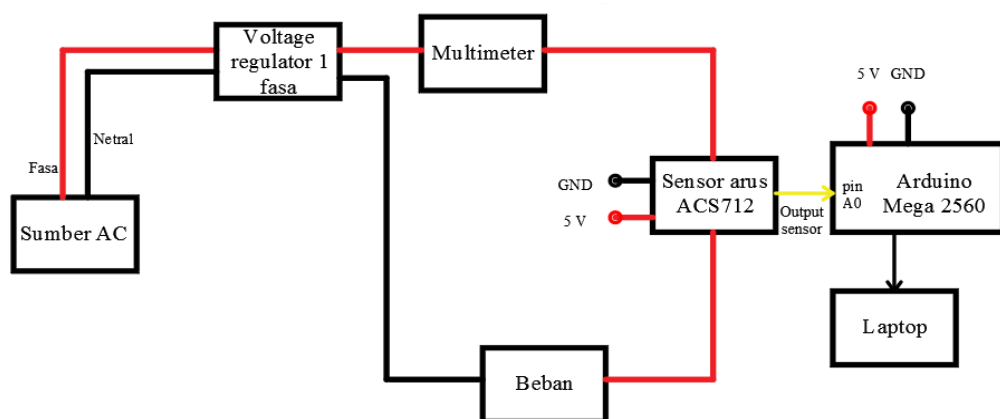
1. Laptop
2. Arduino
3. Multimeter
4. Sensor arus ACS712
5. Sumber tegangan
6. Kabel penghubung
7. Beban

##### 4.2.2 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat listing program untuk kalibrasi sensor arus.
2. Pin VCC pada sensor arus ACS712 dihubungkan ke 5V Arduino, pin GND dihubungkan ke GND arduino dan pin Out ke Analog A<sub>0</sub> arduino seperti pada Gambar 4.1

- 3 Kalibrasi dilakukan dengan menaikkan arus sebesar 0.2 mulai dari nol dengan cara merubah sumber tegangan, nilai ADC yang dikeluarkan sensor berubah sesuai dengan besar arus yang dibaca.
- 4 Lihat hasil pembacaan ADC yang dikeluarkan sensor pada *serial monitor* arduino pada laptop, kemudian nilai ADC yang didapatkan di ubah menjadi rumus pembacaan sensor dengan meregresinya.
- 5 Rumus setelah didapatkan dimasukan kedalam program.
- 6 Dilakukan perbandingan nilai pembacaan arus pada sensor dengan multimeter.



Gambar 4.1 Rangkaian pengujian sensor arus.

Pada Gambar 4.1 pin VCC, GND, dan OUT sensor arus ACS712 dihubungkan dengan Arduino untuk memasukkan data pembacaan sensor. Kemudian sensor arus dihubungkan seri dengan sumber tegangan 220V AC, dan multimeter, dan beban. Laptop berfungsi untuk mengunggah program dan mencatu Arduino serta menampilkan hasil pembacaan dari sensor arus.

#### 4.2.3 Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Hasil Pembacaan ADC Sensor Arus 1

| Arus (A) | ADC |     |         |
|----------|-----|-----|---------|
|          | Max | Min | Selisih |
| 0        | 512 | 511 | 1       |
| 0.2      | 516 | 507 | 9       |
| 0.4      | 519 | 503 | 16      |
| 0.6      | 523 | 500 | 23      |
| 0.8      | 527 | 496 | 31      |
| 1        | 531 | 492 | 39      |
| 1.2      | 534 | 488 | 46      |
| 1.4      | 538 | 485 | 53      |
| 1.6      | 452 | 481 | 61      |

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 1.8 | 545 | 477 | 68  |
| 2   | 549 | 474 | 75  |
| 2.2 | 553 | 470 | 83  |
| 2.4 | 556 | 467 | 89  |
| 2.6 | 560 | 463 | 97  |
| 2.8 | 563 | 460 | 104 |
| 3   | 567 | 456 | 111 |
| 3.2 | 571 | 452 | 119 |
| 3.4 | 574 | 448 | 126 |
| 3.6 | 578 | 445 | 133 |
| 3.8 | 582 | 441 | 141 |
| 4   | 585 | 437 | 148 |

Tabel 4.2 Hasil Pembacaan ADC Sensor Arus 2

| Arus (A) | ADC |     |         |
|----------|-----|-----|---------|
|          | Max | Min | Selisih |
| 0        | 512 | 510 | 2       |
| 0.2      | 515 | 506 | 9       |
| 0.4      | 519 | 503 | 16      |
| 0.6      | 523 | 499 | 24      |
| 0.8      | 527 | 495 | 32      |
| 1        | 530 | 492 | 38      |
| 1.2      | 534 | 488 | 46      |
| 1.4      | 537 | 484 | 53      |
| 1.6      | 541 | 480 | 61      |
| 1.8      | 545 | 477 | 68      |

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 2   | 549 | 473 | 76  |
| 2.2 | 552 | 470 | 82  |
| 2.4 | 556 | 466 | 90  |
| 2.6 | 460 | 462 | 98  |
| 2.8 | 563 | 459 | 104 |
| 3   | 567 | 455 | 112 |
| 3.2 | 570 | 451 | 119 |
| 3.4 | 574 | 448 | 126 |
| 3.6 | 577 | 444 | 133 |
| 3.8 | 581 | 440 | 141 |
| 4   | 585 | 436 | 149 |

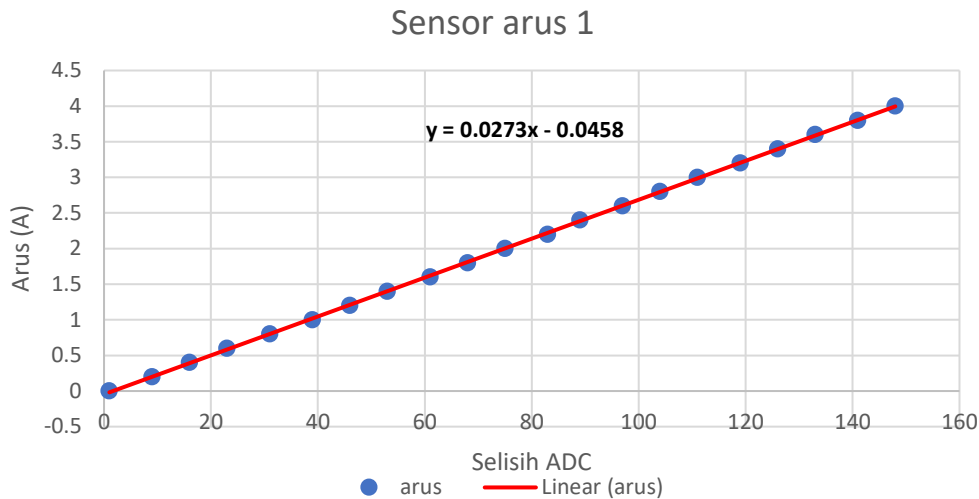
Tabel 4.3 Hasil Pembacaan ADC Sensor Arus 3

| Arus (A) | ADC |     |         |
|----------|-----|-----|---------|
|          | Max | Min | Selisih |
| 0        | 512 | 511 | 1       |
| 0.2      | 516 | 507 | 9       |
| 0.4      | 520 | 503 | 17      |
| 0.6      | 523 | 500 | 24      |
| 0.8      | 527 | 496 | 31      |
| 1        | 531 | 492 | 39      |
| 1.2      | 534 | 488 | 46      |
| 1.4      | 538 | 485 | 53      |
| 1.6      | 542 | 481 | 61      |
| 1.8      | 545 | 477 | 68      |

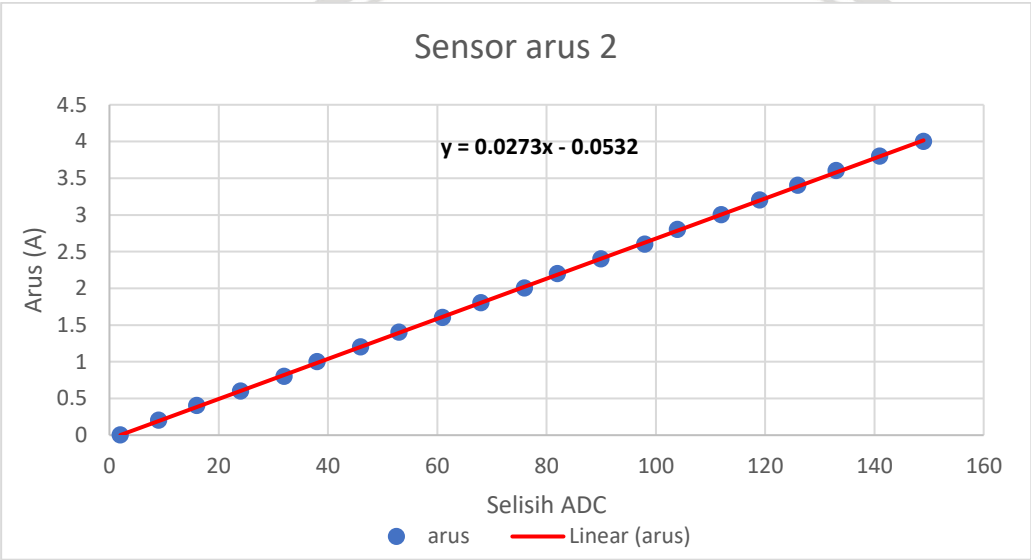
|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 2   | 549 | 474 | 75  |
| 2.2 | 553 | 470 | 83  |
| 2.4 | 557 | 466 | 90  |
| 2.6 | 560 | 463 | 97  |
| 2.8 | 564 | 459 | 105 |
| 3   | 567 | 456 | 112 |
| 3.2 | 571 | 452 | 119 |
| 3.4 | 575 | 448 | 127 |
| 3.6 | 578 | 444 | 134 |
| 3.8 | 582 | 441 | 141 |
| 4   | 586 | 437 | 149 |

Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3 menunjukkan hasil pembacaan nilai ADC dari sensor arus 1, sensor arus 2, dan sensor arus 3. Karena arus yang terbaca adalah arus bolak-balik maka nilai ADC yang terbaca tidak linier atau membentuk gelombang sinusoidal. Agar hasil pembacaan dari sensor arus dapat linier maka perlu dicatat nilai ADC maksimum dan minimum tiap sensor setiap kenaikan arus kemudian hitung selisihnya.

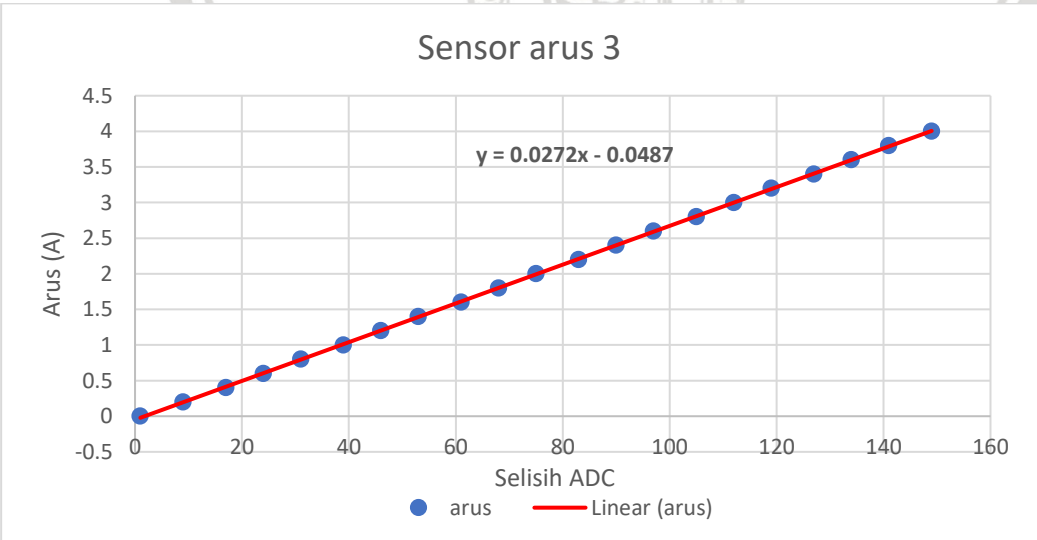
Berdasarkan nilai selisih ADC sensor, berikut hasil regresi menggunakan metode regresi linier yang dilakukan menggunakan *microsoft office excel* dengan metode *trendline*.



Gambar 4.2 Grafik hasil regresi linier sensor arus 1.



Gambar 4.3 Grafik hasil regresi linier sensor arus 2.



Gambar 4.4 Grafik hasil regresi linier sensor arus 3.

Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4 merupakan grafik pembacaan ADC masing-masing sensor terhadap arus. Grafik tersebut kemudian diregresi dengan menggunakan metode trendline sehingga didapatkan persamaan garis lurusnya. Setelah didapatkan persamaan dari metode trendline, maka hasil pembacaan arus oleh sensor arus dan besarnya kesalahan pembacaan pada sensor arus dapat diketahui.

Tabel 4.4 Hasil Pembacaan Sensor Arus 1

| Arus (A)          | Sensor        |               |
|-------------------|---------------|---------------|
|                   | Pembacaan (A) | kesalahan (%) |
| 0.5               | 0.5           | 0             |
| 1                 | 1.02          | 2             |
| 1.5               | 1.51          | 0.6667        |
| 2                 | 2             | 0             |
| 2.5               | 2.49          | 0.4           |
| 3                 | 2.98          | 0.666666667   |
| 3.5               | 3.48          | 0.571428571   |
| 4                 | 3.99          | 0.25          |
| Rata - rata error |               | 0.569349405   |

Tabel 4.5 Hasil Pembacaan Sensor Arus 2

| Arus (A)          | Sensor        |               |
|-------------------|---------------|---------------|
|                   | Pembacaan (A) | kesalahan (%) |
| 0.5               | 0.49          | 2             |
| 1                 | 0.98          | 2             |
| 1.5               | 1.5           | 0             |
| 2                 | 2.02          | 1             |
| 2.5               | 2.51          | 0.4           |
| 3                 | 3             | 0             |
| 3.5               | 3.5           | 0             |
| 4                 | 3.99          | 0.25          |
| Rata - rata error |               | 0.70625       |

Tabel 4.6 Hasil Pembacaan Sensor Arus 3

| Arus (A)          | Sensor        |               |
|-------------------|---------------|---------------|
|                   | Pembacaan (A) | kesalahan (%) |
| 0.5               | 0.5           | 0             |
| 1                 | 1.01          | 1             |
| 1.5               | 1.5           | 0             |
| 2                 | 2.02          | 1             |
| 2.5               | 2.48          | 0.8           |
| 3                 | 3             | 0             |
| 3.5               | 3.49          | 0.285714286   |
| 4                 | 3.98          | 0.5           |
| Rata - rata error |               | 0.448214286   |



Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6 menampilkan hasil pembacaan sensor disertai dengan kesalahan pembacaannya. Kesalahan pembacaan didapatkan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dan pembacaan multimeter. Kesalahan pembacaan sensor berdasarkan data di atas dengan rata-rata kesalahan dari sensor arus 1 sebesar 0.569349405 %, sensor arus 2 sebesar 0.70625 %, sensor arus 3 sebesar 0.448214286 %, sehingga hasil pembacaan arus oleh sensor sesuai dengan nilai arus sebenarnya yang terbaca oleh multimeter.

#### 4.2.4 Analisis Hasil Pengujian

Hasil pembacaan nilai ADC sensor arus ACS712 dipergunakan untuk melakukan perhitungan regresi linier pada masing – masing sensor dan didapatkan persamaan :

$$\text{Sensor arus 1 : } y = 0.0273x - 0.0458$$

$$\text{Sensor arus 2 : } y = 0.0273x - 0.0532$$

$$\text{Sensor arus 3 : } y = 0.0272x - 0.0487$$

Di mana,  $x$  = nilai ADC

$y$  = nilai arus dari pembacaan sensor

Berdasarkan hasil pengujian sensor arus didapatkan nilai kesalahan pembacaan sensor sesuai dengan Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6. Karena hasil pembacaan arus oleh sensor mendekati nilai aslinya maka kalibrasi sensor telah sesuai.

### 4.3 Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Pengujian sensor arus bertujuan untuk mengkalibrasi nilai pembacaan sensor dengan nilai pembacaan multimeter sehingga diperoleh hasil pembacaan yang akurat dari sensor. Kalibrasi sensor dilakukan bertujuan untuk membuat pembacaan sensor yang akurat sesuai dengan multimeter.

#### 4.3.1 Peralatan

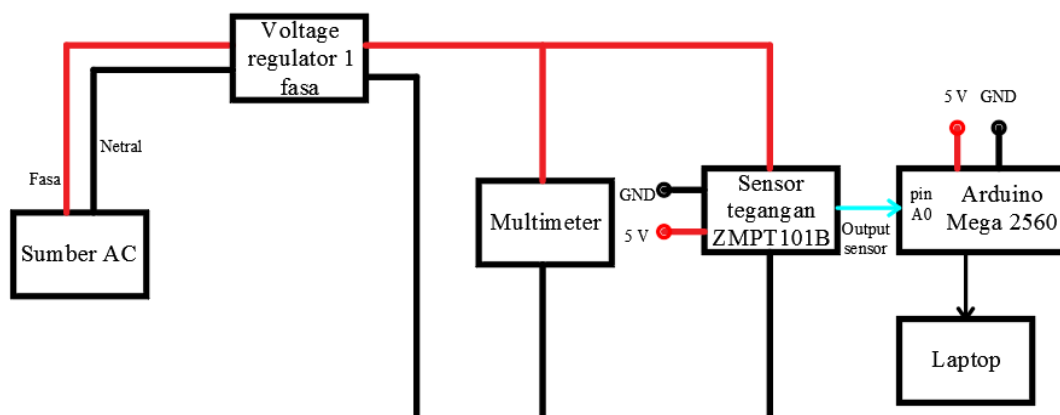
Peralatan pengujian yang digunakan untuk pengujian sensor arus adalah:

1. Laptop
2. Arduino
3. Multimeter
4. Sensor Tegangan ZMPT101B
5. Sumber tegangan
6. Kabel penghubung

### 4.3.2 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat listing program untuk kalibrasi sensor tegangan.
2. Pin VCC pada sensor tegangan ZMPT101B dihubungkan ke 5V Arduino, pin GND dihubungkan ke GND arduino dan pin Out ke Analog A<sub>0</sub> arduino seperti pada Gambar 4.5
3. Kalibrasi dilakukan dengan menaikkan tegangan sebesar 5V mulai dari nol dengan cara merubah sumber tegangan, nilai ADC yang dikeluarkan sensor berubah sesuai dengan besar tegangan yang dibaca.
4. Lihat hasil pembacaan ADC yang dikeluarkan sensor pada *serial monitor* arduino pada laptop, kemudian nilai ADC yang didapatkan di ubah menjadi rumus pembacaan sensor dengan meregresinya.
5. Rumus setelah didapatkan dimasukkan kedalam program.
6. Dilakukan perbandingan nilai pembacaan tegangan pada sensor dengan multimeter.



Gambar 4.5 Rangkaian pengujian sensor tegangan.

Pada Gambar 4.5 pin VCC, GND, dan OUT sensor tegangan ZMPT101B dihubungkan dengan Arduino untuk memasukkan data pembacaan sensor. Kemudian sensor tegangan dihubungkan paralel dengan sumber tegangan 220V AC, dan multimeter. Laptop berfungsi untuk mengunggah program dan mencatu Arduino serta menampilkan hasil pembacaan dari sensor arus.

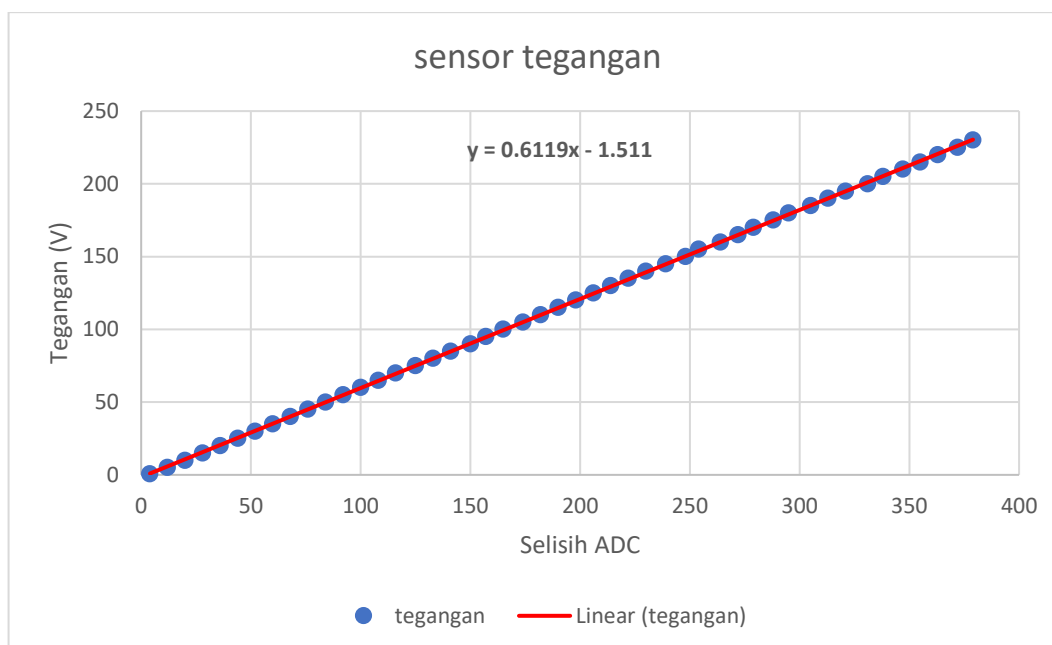
### 4.3.3 Hasil Pengujian

Tabel 4.7 Hasil Pembacaan ADC Sensor Tegangan ZMPT101B

| Tegangan<br>(V) | ADC |     |         |
|-----------------|-----|-----|---------|
|                 | Max | Min | Selisih |
| 0               | 513 | 509 | 4       |
| 5               | 517 | 505 | 12      |
| 10              | 521 | 501 | 20      |
| 15              | 525 | 497 | 28      |
| 20              | 529 | 493 | 36      |
| 25              | 533 | 489 | 44      |
| 30              | 537 | 485 | 52      |
| 35              | 541 | 481 | 60      |
| 40              | 545 | 477 | 68      |
| 45              | 549 | 473 | 76      |
| 50              | 553 | 469 | 84      |
| 55              | 557 | 465 | 92      |
| 60              | 561 | 461 | 100     |
| 65              | 565 | 457 | 108     |
| 70              | 569 | 453 | 116     |
| 75              | 574 | 449 | 125     |
| 80              | 578 | 445 | 133     |
| 85              | 582 | 441 | 141     |
| 90              | 587 | 437 | 150     |
| 95              | 590 | 433 | 157     |
| 100             | 594 | 429 | 165     |
| 105             | 599 | 425 | 174     |
| 110             | 603 | 421 | 182     |
| 115             | 606 | 416 | 190     |
| 120             | 610 | 412 | 198     |
| 125             | 615 | 409 | 206     |
| 130             | 619 | 405 | 214     |
| 135             | 622 | 400 | 222     |
| 140             | 626 | 396 | 230     |
| 145             | 631 | 392 | 239     |
| 150             | 636 | 388 | 248     |
| 155             | 638 | 384 | 254     |
| 160             | 644 | 380 | 264     |
| 165             | 648 | 376 | 272     |
| 170             | 650 | 371 | 279     |
| 175             | 655 | 367 | 288     |
| 180             | 659 | 364 | 295     |
| 185             | 664 | 359 | 305     |
| 190             | 668 | 355 | 313     |
| 195             | 671 | 350 | 321     |
| 200             | 677 | 346 | 331     |
| 205             | 680 | 342 | 338     |
| 210             | 684 | 337 | 347     |
| 215             | 698 | 334 | 355     |
| 220             | 692 | 329 | 363     |
| 225             | 697 | 325 | 372     |
| 230             | 701 | 322 | 379     |

Tabel 4.7 menunjukkan hasil pembacaan nilai ADC dari sensor tegangan ZMPT101B. Karena tegangan yang terbaca adalah arus bolak-balik maka nilai ADC yang terbaca tidak linier atau membentuk gelombang sinusoidal. Agar hasil pembacaan dari sensor arus dapat linier maka perlu dicatat nilai ADC maksimum dan minimum sensor setiap kenaikan tegangan kemudian dihitung selisihnya.

Berdasarkan nilai selisih ADC sensor, berikut hasil regresi menggunakan metode regresi linier yang dilakukan menggunakan *microsoft office excel* dengan metode *trendline*.



Gambar 4.6 Grafik hasil regresi linier sensor tegangan.

Gambar 4.6 merupakan grafik pembacaan ADC sensor terhadap tegangan. Grafik tersebut kemudian diregresi dengan menggunakan metode trendline sehingga didapatkan persamaan garis lurus. Setelah didapatkan persamaan dari metode trendline, maka hasil pembacaan tegangan oleh sensor tegangan dan besarnya kesalahan pembacaan pada sensor tegangan dapat diketahui.

Tabel 4.8 Hasil Pembacaan Sensor Tegangan ZMPT101B.

| Tegangan<br>(V)   | Sensor           |                  |
|-------------------|------------------|------------------|
|                   | Pembacaan<br>(A) | kesalahan<br>(%) |
| 10                | 10.37            | 3.7              |
| 30                | 30.31            | 1.033333333      |
| 50                | 50.5             | 1                |
| 70                | 70.08            | 0.114285714      |
| 90                | 89.66            | 0.377777778      |
| 110               | 109.85           | 0.136363636      |
| 130               | 129.44           | 0.430769231      |
| 150               | 149.63           | 0.246666667      |
| 170               | 169.82           | 0.105882353      |
| 190               | 190.63           | 0.331578947      |
| 210               | 211.43           | 0.680952381      |
| 230               | 231.01           | 0.439130435      |
| Rata - rata error |                  | 0.71639504       |

Tabel 4.8 menampilkan hasil pembacaan sensor disertai dengan kesalahan pembacaannya. Kesalahan pembacaan didapatkan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dan pembacaan multimeter. Kesalahan pembacaan sensor berdasarkan data di atas

dengan rata-rata kesalahan dari sensor tegangan sebesar 0.71639504 %, sehingga hasil pembacaan tegangan oleh sensor sesuai dengan nilai tegangan sebenarnya yang terbaca oleh multimeter.

#### 4.3.4 Analisis Hasil Pengujian

Hasil pembacaan nilai ADC sensor arus ZMPT101B dipergunakan untuk melakukan perhitungan regresi linier pada sensor dan didapatkan persamaan :

$$\text{Sensor : } y = 0.6119x - 1.511$$

Di mana,  $x$  = nilai ADC

$y$  = nilai tegangan dari pembacaan sensor

Berdasarkan hasil pengujian sensor arus didapatkan nilai kesalahan pembacaan sensor sesuai dengan Tabel 4.8. Karena hasil pembacaan tegangan oleh sensor mendekati nilai aslinya maka kalibrasi sensor telah sesuai.

#### 4.4 Perancangan Cos Phi Meter

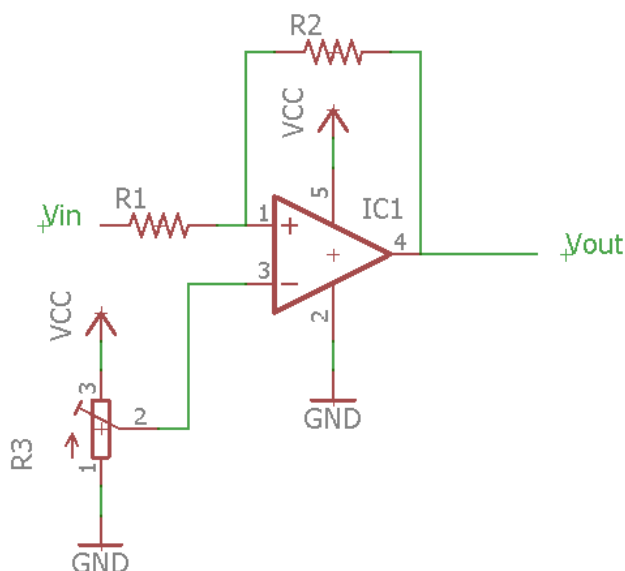
Parancangan cos phi meter bertujuan untuk membuat alat ukur faktor daya yang dirancang dari sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus ACS712, agar arduino dapat melakukan penghitungan faktor daya. Dalam perancangan cos phi meter terdapat dua tahapan yaitu pembuatan rangkaian cos phi meter dan pengujian rangkaian cos phi meter.

##### 4.4.1 Pembuatan Rangkaian Cos Phi Meter

Faktor daya pada dasarnya merupakan cosinus antara gelombang tegangan dan gelombang arus. Menghitung faktor daya dapat dilakukan dengan mengetahui  $\Delta t$ . Perhitungan  $\Delta t$  dilakukan dengan menggunakan metode *zero crossing*. Metode ini prinsipnya mengetahui kapan nilai suatu gelombang itu nol, untuk dapat merealisasikan maka menggunakan komponen elektronika yaitu op amp yang digunakan sebagai komparator. Op amp yang digunakan adalah LM745.

Sensor pada umumnya mempunyai sinyal output yang memiliki noise, agar nanti noise tersebut tidak mengganggu output dari komparator maka digunakan komparator didesain dengan histerisis.

Berikut Gambar 4.7 menunjukkan rangkaian komparator dengan histerisis



Gambar 4.7 Rangkaian komparator dengan histerisis

$V_{IN}$  merupakan *output* dari sensor arus maupun tegangan,  $V_{OUT}$  merupakan *output* dari rangkaian yang dihubungkan dengan arduino. VCC dicatu dengan tegangan 5V yaitu dihubungkan dengan 5V arduino bersama dengan GND dihubungkan ke GND arduino. R3 merupakan potensiometer yang digunakan untuk memberikan nilai referensi. *Output* dari sensor merupakan tegangan sinusoidal maka diukur  $V_{max}$  dan  $V_{min}$ , pengukuran diperoleh  $V_{max} = 2,8$  dan  $V_{min} = 1,92$ .

Berikut perhitungan nilai referensi :

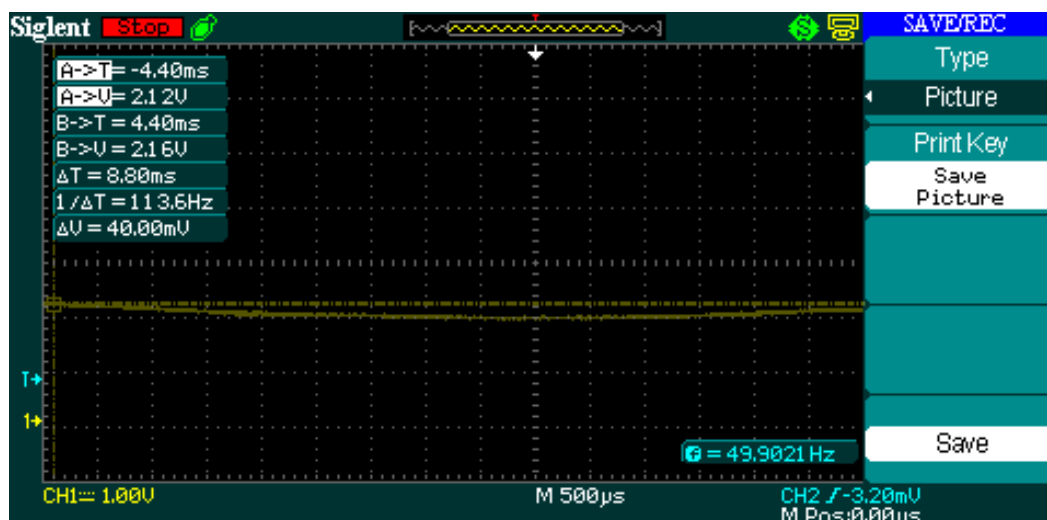
$$\begin{aligned} V_{referensi} &= V_{max} - \frac{(V_{max} - V_{min})}{2} \\ &= 2,8 - 0,42 \\ &= 2,36 \text{ V} \end{aligned}$$

Penentuan  $V_{UTP}$  dan  $V_{LTP}$  dengan melihat gelombang *output* dari sensor dengan osiloskop diketahui  $\Delta V$  sebesar 0.04 V yang dapat dilihat dalam gambar 4.8, maka ditentukan :

$$\begin{aligned} V_{UTP} &= V_{referensi} + \Delta V \\ &= 2,36 + 0,04 \\ &= 2,4 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{LTP} &= V_{referensi} - \Delta V \\ &= 2,36 - 0,04 \\ &= 2,32 \text{ V} \end{aligned}$$





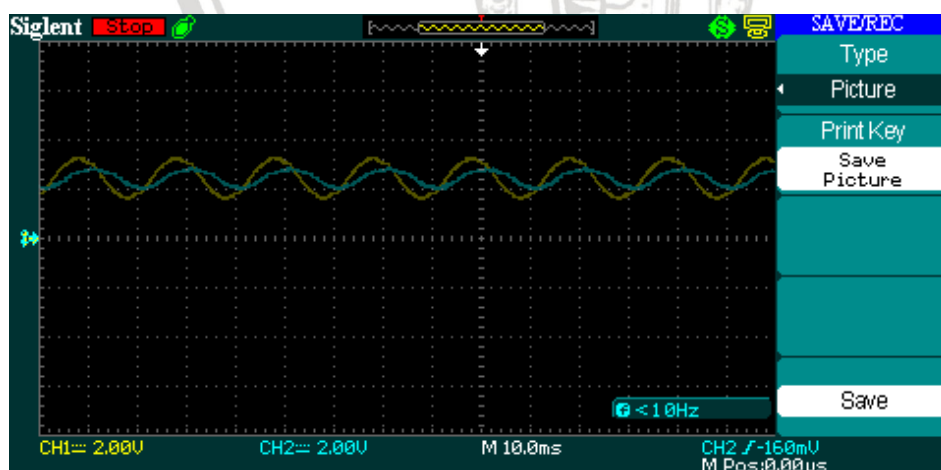
Gambar 4.8 Menunjukkan nilai  $\Delta V$  dengan osiloskop

Dengan menentukan nilai  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  untuk membatasi arus yang masuk kedalam LM741, maka  $R_2$  dapat dicari dengan perhitungan berikut :

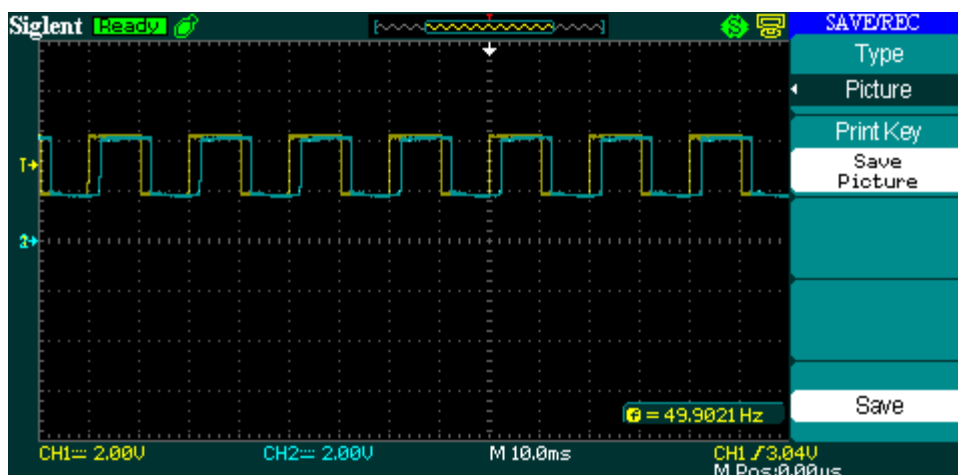
$$\begin{aligned}
 \Delta V &= B \times V_{\text{jenuh}} & B &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\
 0,04 &= B \times 4 & 0,01 \times (R_1 + R_2) &= R_1 \\
 B &= 0,01 & 10 + 0,01 R_2 &= 1000 \\
 & & R_2 &= 90000 \Omega \\
 & & R_2 &= 90 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

Karena resistor dipasaran tidak ada yang bernilai  $90 \text{ k}\Omega$  sehingga digunakan resistor dengan nilai  $100 \text{ k}\Omega$ , sehingga nilai  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ .

Berikut contoh gambar gelombang output sensor dan output komparator pada faktor daya sebesar 0.92 yang ditujukan dalam Gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9 Output sensor arus dan sensor tegangan.



Gambar 4.10 Output komparator.

#### 4.4.2 Pengujian Rangkaian Cos Phi Meter

Pengujian rangkaian cos phi meter bertujuan untuk mengkalibrasi nilai pembacaan rangkaian dengan nilai pembacaan *power analyzer* sehingga diperoleh hasil pembacaan yang akurat dari rangkaian. Kalibrasi dilakukan bertujuan untuk membuat pembacaan nilai yang akurat sesuai dengan *power analyzer*.

##### 4.4.2.1 Peralatan

Peralatan pengujian yang digunakan untuk pengujian sensor arus adalah:

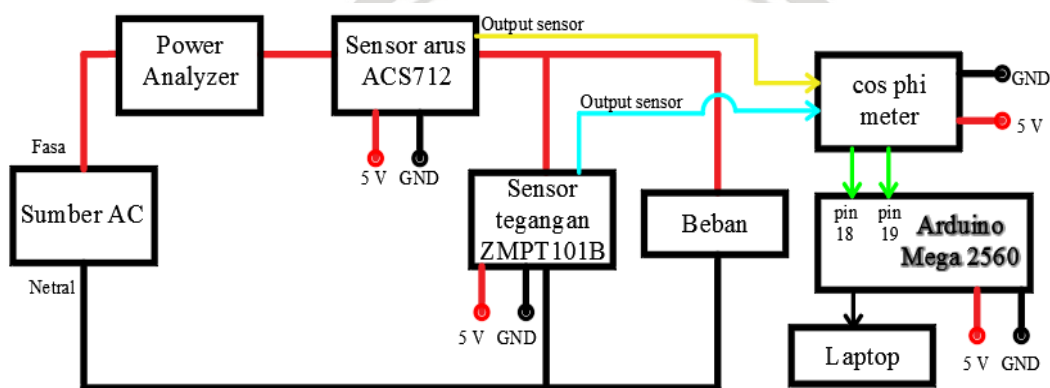
1. Laptop
2. Arduino
3. *Power analyzer*
4. Sensor tegangan ZMPT101B
5. Sensor arus ACS712
6. Beban
7. Sumber tegangan
8. Kabel penghubung

##### 4.4.2.2 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat listing program untuk kalibrasi.
2. Pin VCC pada sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus ACS712 dihubungkan ke 5V Arduino, pin GND dihubungkan ke GND arduino dan pin Out pada masing-masing sensor dihubungkan ke input cos phi meter. Cos phi meter membutuhkan tegangan 5V yang dihubungkan ke arduino beserta dengan GND nya seperti pada gambar 4.11
3. Output cos phi meter dihubungkan pada pin interrupt pada arduino yaitu pin 19 dan pin

4. Kalibrasi dilakukan dengan merubah nilai  $\cos \phi$  beban dengan menghubungkan beban dengan induktor yang bervariasi, nilai perbedaan waktu pergeseran gelombang antara arus dan tegangan berubah sesuai dengan besar nilai faktor daya.
5. Lihat hasil pembacaan nilai perbedaan waktu pergeseran gelombang antara arus dan tegangan yang dikeluarkan  $\cos \phi$  meter pada *serial monitor* arduino pada laptop, kemudian nilai perbedaan waktu pergeseran gelombang antara arus dan tegangan yang didapatkan di ubah menjadi rumus pembacaan  $\cos \phi$  meter dengan meregresinya.
6. Rumus setelah didapatkan dimasukkan kedalam program.
7. Dilakukan perbandingan nilai pembacaan nilai  $\cos \phi$  pada  $\cos \phi$  meter yang dibuat dengan *power analyzer*.



Gambar 4.11 Rangkaian pengujian  $\cos \phi$  meter

Pada Gambar 4.11 menunjukkan rangkaian pengujian. Laptop berfungsi untuk mengunggah program dan mencatu Arduino serta menampilkan hasil pembacaan dari rangkaian.

#### 4.4.2.3 Hasil Pengujian

Tabel 4.9 Hasil Pembacaan Nilai Perbedaan Waktu Pergeseran Gelombang Antara Arus dan Tegangan Pada  $\cos \phi$  Meter 1

| $\cos \phi$ | counter arduino | waktu (ms) |
|-------------|-----------------|------------|
| 1           | 174             | 2.784      |
| 0.92        | 320             | 5.12       |
| 0.84        | 345             | 5.52       |
| 0.76        | 415             | 6.64       |
| 0.63        | 504             | 8.064      |

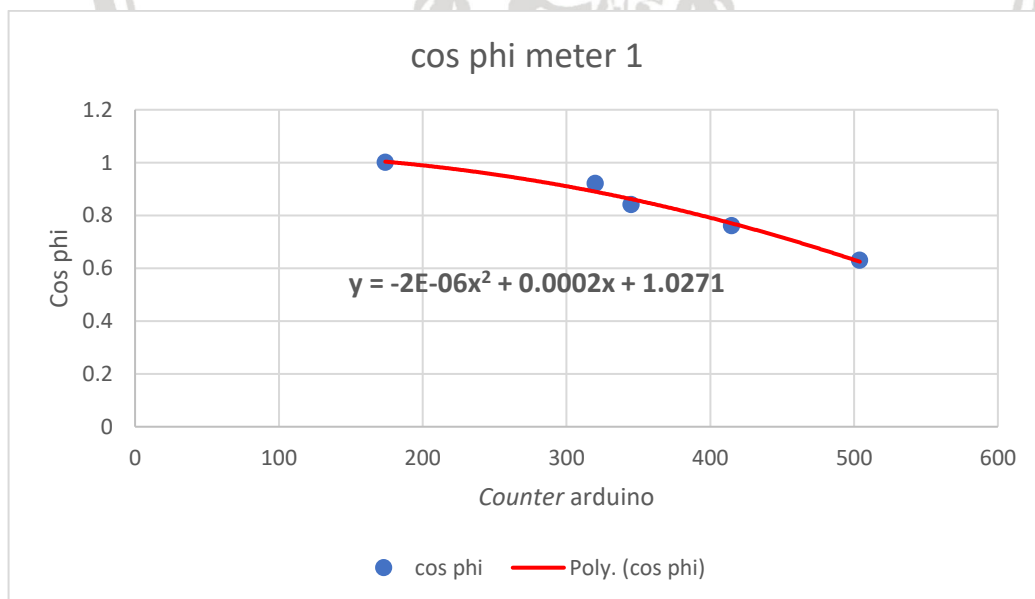
Tabel 4.10 Hasil Pembacaan Nilai Perbedaan Waktu Pergeseran Gelombang Antara Arus dan Tegangan Pada Cos Phi Meter 2

| cos phi | counter arduino | waktu (ms) |
|---------|-----------------|------------|
| 1       | 146             | 2.336      |
| 0.92    | 282             | 4.512      |
| 0.84    | 327             | 5.232      |
| 0.76    | 389             | 6.224      |
| 0.63    | 480             | 7.68       |

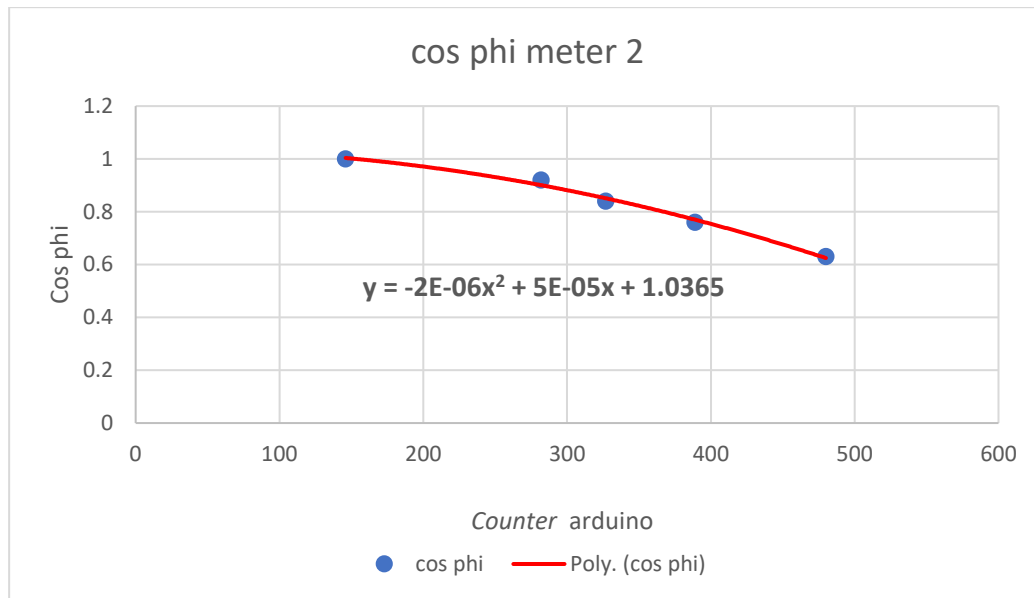
Tabel 4.11 Hasil Pembacaan Nilai Perbedaan Waktu Pergeseran Gelombang Antara Arus dan Tegangan Pada Cos Phi Meter 3

| cos phi | counter arduino | waktu (ms) |
|---------|-----------------|------------|
| 1       | 174             | 2.784      |
| 0.92    | 320             | 5.12       |
| 0.84    | 360             | 5.76       |
| 0.76    | 434             | 6.944      |
| 0.63    | 562             | 8.992      |

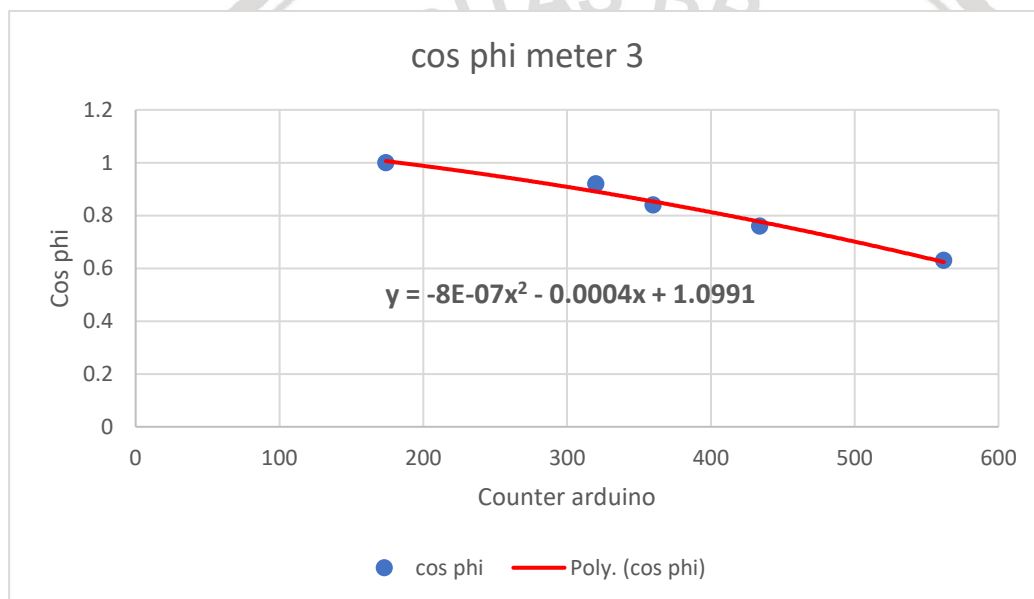
Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11 menunjukkan hasil pembacaan nilai perbedaan waktu pergeseran gelombang antara arus dan tegangan pada cos phi meter 3 dari cos phi meter 1, cophi meter 2, dan cos phi meter 3. Berdasarkan nilai *counter arduino*, berikut hasil regresi menggunakan metode polinomial orde 2 yang dilakukan menggunakan *microsoft office excel* dengan metode *trendline*.



Gambar 4.12 Grafik hasil regresi polinomial orde 2 cos phi meter 1.



Gambar 4.13 Grafik hasil regresi polinomial orde 2 cos phi meter 2.



Gambar 4.14 Grafik hasil regresi polinomial orde 2 cos phi meter 3.

Gambar 4.12, Gambar 4.13, Gambar 4.14 merupakan grafik pembacaan *counter* arduino sensor terhadap cos phi. Grafik tersebut kemudian diregresi dengan menggunakan metode trendline sehingga didapatkan persamaan grafiknya. Setelah didapatkan persamaan dari metode trendline, maka hasil pembacaan faktor daya dan besarnya kesalahan pembacaan pada cos phi meter yang dibuat dapat diketahui.

Tabel 4.12 Hasil Pembacaan cos phi meter 1

| Cos phi           | Sensor    |               |
|-------------------|-----------|---------------|
|                   | Pembacaan | kesalahan (%) |
| 1                 | 1         | 0             |
| 0.92              | 0.9       | 2.173913043   |
| 0.84              | 0.85      | 1.19047619    |
| 0.76              | 0.78      | 2.631578947   |
| 0.63              | 0.63      | 0             |
| Rata - rata error |           | 1.199193636   |

Tabel 4.13 Hasil Pembacaan cos phi meter 2

| Cos phi           | Sensor    |               |
|-------------------|-----------|---------------|
|                   | Pembacaan | kesalahan (%) |
| 1                 | 1         | 0             |
| 0.92              | 0.9       | 2.173913043   |
| 0.84              | 0.84      | 0             |
| 0.76              | 0.75      | 1.315789474   |
| 0.63              | 0.63      | 0             |
| Rata - rata error |           | 0.697940503   |

Tabel 4.14 Hasil Pembacaan cos phi meter 3

| Cos phi           | Sensor    |               |
|-------------------|-----------|---------------|
|                   | Pembacaan | kesalahan (%) |
| 1                 | 1         | 0             |
| 0.92              | 0.91      | 1.086956522   |
| 0.84              | 0.86      | 2.380952381   |
| 0.76              | 0.77      | 1.315789474   |
| 0.63              | 0.62      | 1.587301587   |
| Rata - rata error |           | 1.274199993   |

Tabel 4.12, Tabel 4.13, Tabel 4.14 menampilkan hasil pembacaan cos phi meter yang dibuat disertai dengan kesalahan pembacaannya. Kesalahan pembacaan didapatkan dengan membandingkan hasil pembacaan cos phi meter yang dibuat dan pembacaan *power analyzer*. Kesalahan pembacaan sensor berdasarkan data di atas dengan rata-rata kesalahan dari cos phi meter yang dibuat sebesar 1.199193636 % untuk cos phi meter 1, 0.697940503 % untuk cos phi meter 2, 1.274199993 % untuk cos phi meter 3, sehingga hasil pembacaan faktor daya oleh cos phi meter yang dibuat sesuai dengan nilai faktor daya sebenarnya yang terbaca oleh *power analyzer*.



#### 4.4.2.4 Analisis Hasil Pengujian

Hasil pembacaan nilai perbedaan waktu pergeseran gelombang antara arus dan tegangan cos phi meter yang dibuat, dipergunakan untuk melakukan perhitungan regresi polinomial orde 2 pada cos phi meter yang dibuat dan didapatkan persamaan :

$$\text{Cos phi meter 1 : } y = -2\text{E-}06x^2 + 0.0002x + 1.0271$$

$$\text{Cos phi meter 2 : } y = -2\text{E-}06x^2 + 5\text{E-}05x + 1.0365$$

$$\text{Cos phi meter 3 : } y = -8\text{E-}07x^2 - 0.0004x + 1.0991$$

Di mana,  $x$  = nilai counter arduino

$y$  = nilai faktor daya dari pembacaan cos phi meter yang dibuat

Berdasarkan hasil pengujian penghitungan faktor daya didapatkan nilai kesalahan pembacaan sensor sesuai dengan Tabel 4.12, Tabel 4.13, Tabel 4.14. Karena hasil pembacaan faktor daya oleh cos phi meter yang dibuat mendekati nilai aslinya maka kalibrasi sensor telah sesuai.

#### 4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat bekerja sesuai dengan semestinya. Alat yang dibuat akan dibandingkan hasil pengukuran energinya dengan Kwh meter analog.

##### 4.5.1 Peralatan

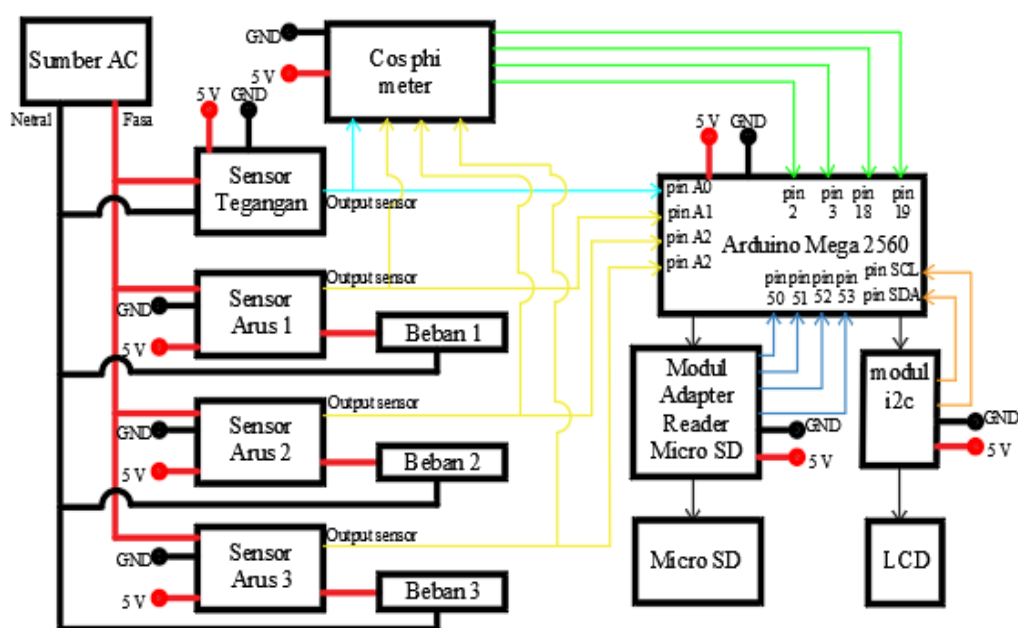
Peralatan pengujian yang digunakan untuk pengujian sensor arus adalah:

1. Laptop
2. Arduino
3. *Power analyzer*
4. Sensor tegangan ZMPT101B
5. Sensor arus ACS712
6. Cos phi meter yang dirancang
7. Sumber tegangan
8. Kabel penghubung
9. LCD dan modul i2c
10. *Micro SD* dan modul adapter

#### 4.5.2 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat listing program untuk pengukuran energi.
2. Pin VCC dan pin GND pada sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS712, cos phi meter, modul i2c, modul adapter reader dihubungkan ke 5V Arduino, dan GND arduino dan pin Out yang lain dihubungkan ke arduino seperti pada Gambar 4.15
3. Setelah dihubungkan rangkaian elektroniknya kemudian untuk pengujian pertama dilakukan pemasangan beban untuk kWh 1 sebesar 850 W, untuk kWh 2 sebesar 500 W, dan untuk kWh 3 sebesar 200 W. Untuk pengujian kedua dilakukan pengujian beban fluktuatif setiap 30 menit besarnya beban diubah, untuk kWh 1 yaitu 850 W, 800 W, 750 W, 900 W, untuk kWh 2 yaitu 500 W, 600 W, 700 W, 400 W, untuk kWh 3 yaitu 200 W, 300 W, 400 W, 100 W Masing-masing beban merupakan beban resistif kemudian diparalel dengan induktor yang tersedia yaitu pada kWh 1 di paralel dengan induktor 0,4 H, kWh 2 di paralel dengan induktor 0,8 H, kWh 3 di paralel dengan induktor 1,6 H
4. Setelah semua terpasang maka sumber dinyalakan dan dilakukan pengujian selama 2 jam untuk pengujian pertama maupun pengujian kedua.
5. Dilakukan perbandingan nilai pengukuran energi pada kWh meter analog dan dari alat yang dibuat.



Gambar 4.15 Rangkaian pengujian keseluruhan sistem.

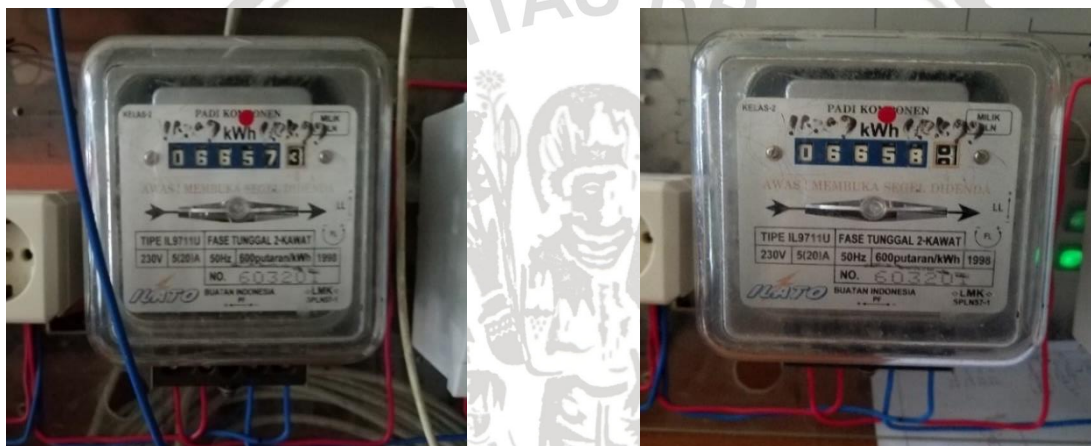
Gambar 4.15 merupakan gambar rangkaian sesuai dengan prosedur pengujian dimana pengujian dilakukan selama 2 jam dengan membandingkan nilai pengukuran energi pada kWh meter dan alat yang diarsangai.

#### 4.5.3 Hasil Pengujian

Berikut gambar hasil perhitungan energi oleh alat dan kWh meter analog sebelum dan setelah dilakukan pembebanan pada pengujian beban konstan.



Gambar 4.16 Data pada alat sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan.



Gambar 4.17 Data pada kWh meter analog 1 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan.



Gambar 4.18 Data pada kWh meter analog 2 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan.





Gambar 4.19 Data pada kWh meter analog 3 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban konstan.

Berikut gambar hasil perhitungan energi oleh alat dan kWh meter analog sebelum dan setelah dilakukan pembebanan pada pengujian beban fluktuatif.



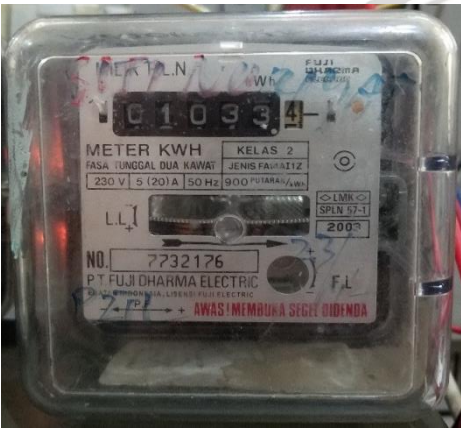
Gambar 4.20 Data pada alat sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif.



Gambar 4.21 Data pada kWh meter analog 1 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif.

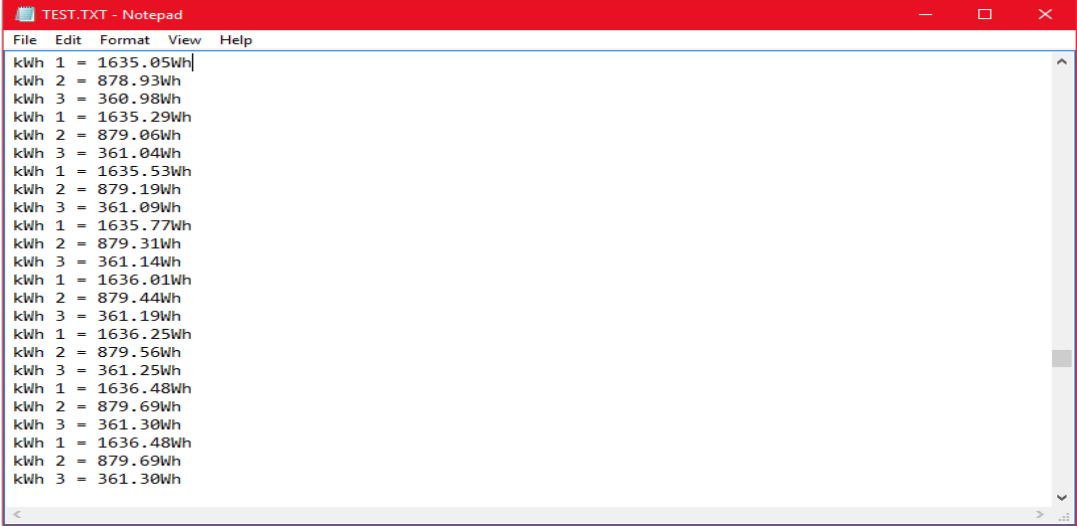


Gambar 4.22 Data pada kWh meter analog 2 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif.

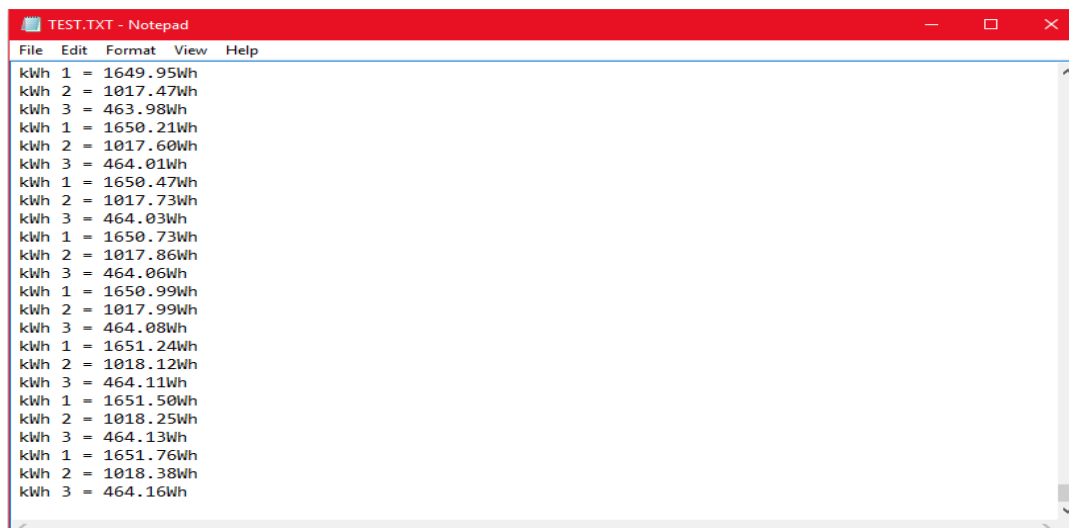


Gambar 4.23 Data pada kWh meter analog 3 sebelum dan setelah dilakukan pembebanan beban fluktuatif.

Berikut gambar data yang tersimpan dalam memori, untuk pengujian pertama yang ditunjukkan dalam Gambar 4.24, untuk pengujian yang kedua ditunjukkan dalam Gambar 4.25



Gambar 4.24 Data pembacaan yang tersimpan dalam memori pengujian beban konstan.



Gambar 4.25 Data pembacaan yang tersimpan dalam memori pengujian beban fluktuatif.

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Beban konstan

| no | KWh   | daya (P) | energi (kWh)     |                   | kesalahan (%) |
|----|-------|----------|------------------|-------------------|---------------|
|    |       |          | kwh meter analog | terbaca oleh alat |               |
| 1  | kWh 1 | 850 W    | 1,55             | 1,64              | 5,81          |
| 2  | kWh 2 | 500 W    | 0,87             | 0,88              | 1,15          |
| 3  | kWh 3 | 200 W    | 0,36             | 0.36              | 0             |

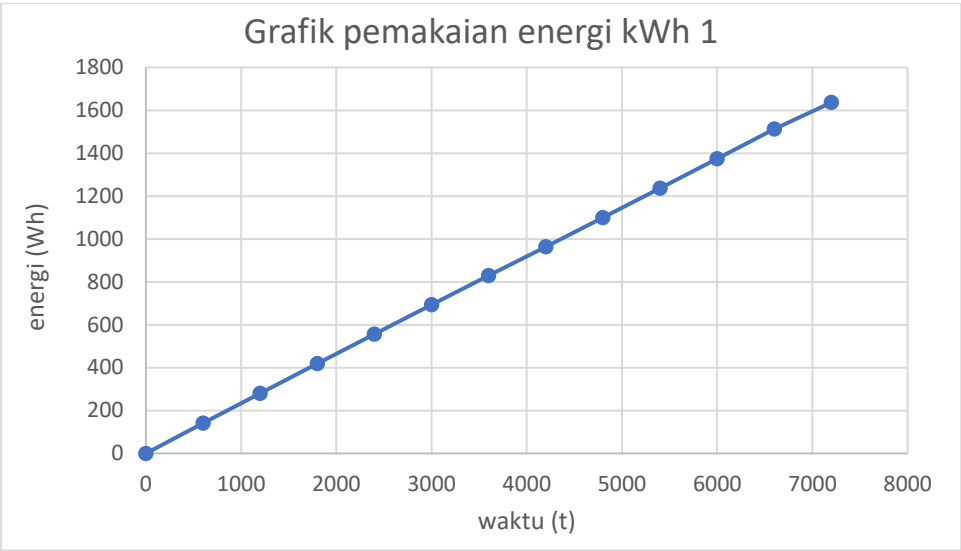
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Beban Fluktuatif

| no | KWh   | daya (P) |       |       |       | energi (kWh)     |                   | kesalahan (%) |
|----|-------|----------|-------|-------|-------|------------------|-------------------|---------------|
|    |       | 1        | 2     | 3     | 4     | kwh meter analog | terbaca oleh alat |               |
| 1  | kWh 1 | 850 W    | 800 W | 750 W | 900 W | 1,69             | 1,65              | 2,37          |
| 2  | kWh 2 | 500 W    | 600 W | 700 W | 400 W | 1,03             | 1,02              | 0,97          |
| 3  | kWh 3 | 200 W    | 300 W | 400 W | 100 W | 0,49             | 0,46              | 6,12          |

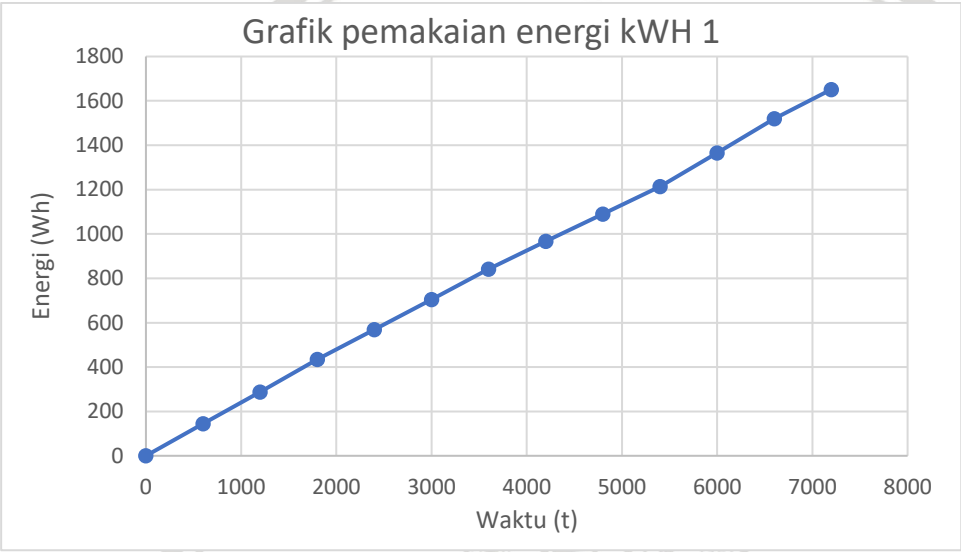
Tabel 4.15 menunjukkan hasil pengukuran energi pada pengujian beban konstan dan tabel 4.16 menunjukan hasil pengujian beban fluktuatif selama 2 jam disertai dengan kesalahan pengukurannya. Kesalahan pengukuran didapatkan dengan membandingkan hasil pengukuran kWh meter analog dan pengukuran dari alat yang dibuat.

Berikut menunjukan grafik hasil pengukuran energi pada pengujian beban konstan maupun beban fluktuatif.

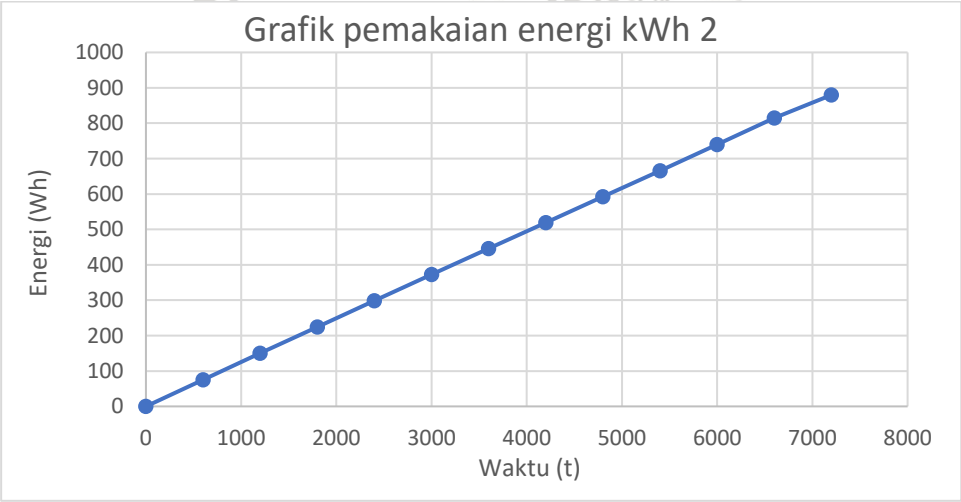




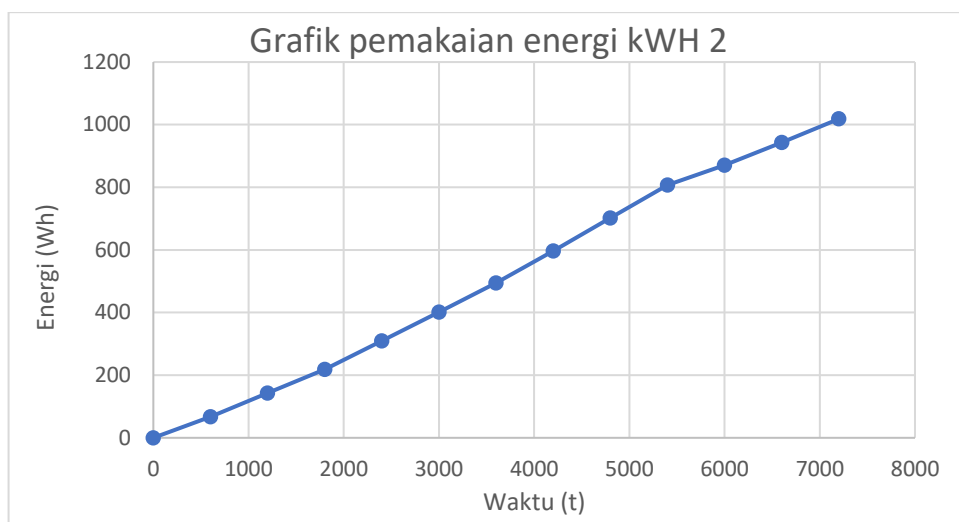
Gambar 4.26 Grafik pemakaian energi kWh 1 beban konstan.



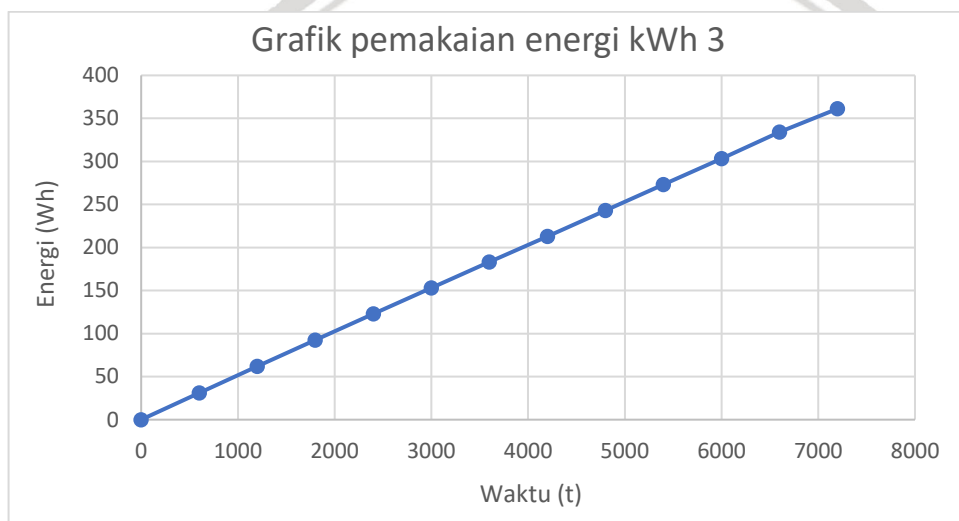
Gambar 4.27 Grafik pemakaian energi kWh 1 beban fluktuatif.



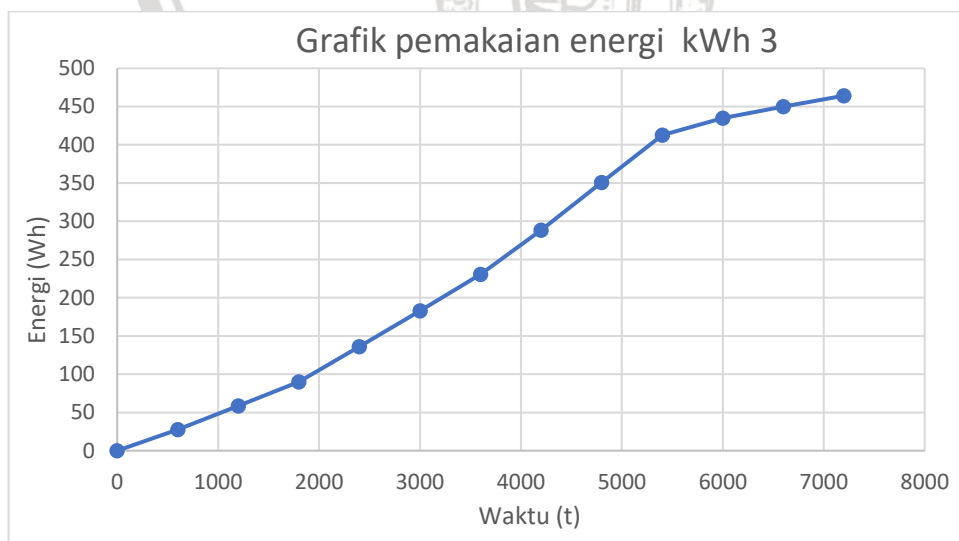
Gambar 4.28 Grafik pemakaian energi kWh 2 beban konstan.



Gambar 4.29 Grafik pemakaian energi kWh 2 beban fluktuatif.



Gambar 4.30 Grafik pemakaian energi kWh 3 beban konstan.



Gambar 4.31 Grafik pemakaian energi kWh 3 beban fluktuatif.

#### 4.5.4 Analisis Hasil Pengujian

Kesalahan pengukuran energi berdasarkan data di atas, dengan kesalahan dari masing-masing kWh sebesar 5,81 %, 1,15%, dan 0% pada pengujian beban konstan dan pada pengujian beban fluktuatif kesalahan dari masing-masing kWh sebesar 2,37 %, 0,97 %, 6,12 %. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem, hasil pengukuran energi oleh alat yang dibuat mendekati nilai pengukuran energi oleh kWh meter analog.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisis prototipe *new type multi user kWh meter* dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Membuat rancang bangun prototipe *new type multi user kWh meter* dirancang sesuai teori. Prototipe *new type multi user kWh meter* dirancang dari sensor arus, sensor tegangan, cos phi meter, arduino mega 2560, *micro SD card*. Masing - masing fungsi dari komponen penyusun yaitu sensor arus digunakan untuk mengukur arus, sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan, cos phi meter mengukur nilai faktor daya, arduino mega 2560 berfungsi sebagai pengolah data dan *micro SD card* berfungsi sebagai penyimpan data.
2. Pengujian keseluruhan sistem pada pengujian beban konstan menggunakan prototipe *new type multi user kWh meter* pada kWh 1, kWh 2, dan kWh 3 didapatkan hasil pengukuran energi yang dilakukan selama 2 jam secara berurutan yaitu 1,64 kWh, 0,88 kWh, dan 0,36 kWh. Hasil dari pengukuran alat yang dibuat dibandingkan dengan hasil pengukuran dari kWh meter analog terdapat perbedaan hasil pengukuran. Hasil pengukuran pada kWh meter analog pada kWh 1 sebesar 1,55 kWh, kWh 2 sebesar 0,87 kWh, dan pada kWh 3 sebesar 0,36 kWh. Pengujian keseluruhan sistem pada pengujian beban fluktuatif menggunakan prototipe *new type multi user kWh meter* dengan pengujian selama 2 jam dan beban diubah setiap 30 menit, didapatkan hasil pengukuran energi pada kWh 1 sebesar 1,65 kWh, kWh 2 sebesar 1,02 kWh, dan pada kWh 3 sebesar 0,46 kWh. Hasil dari pengukuran alat yang dibuat dibandingkan dengan hasil pengukuran dari kWh meter analog terdapat perbedaan hasil pengukuran. Hasil pengukuran pada kWh meter analog pada kWh 1 sebesar 1,69 kWh, kWh 2 sebesar 1,03 kWh, kWh 3 sebesar 0,49 kWh.
3. Dari hasil pengujian diketahui error dari alat, pada pengujian beban konstan memiliki error pada masing-masing kWh yaitu kWh 1 sebesar 5,81 %, kWh 2 sebesar 1,15 %, dan kWh 3 sebesar 0 %. Pada pengujian beban fluktuatif memiliki error pada masing-masing kWh yaitu kWh 1 sebesar 2,37%, kWh 2 sebesar 0,97 %, dan kWh 3 sebesar 6,12 %.

## 5.2 Saran

Saran untuk penyempurnaan skripsi ini adalah:

1. Alat ini mempunyai kelemahan yaitu terkait jarak, tidak bisa digunakan untuk pengukuran jarak jauh.
2. Rangkaian cos phi meter bisa disempurnakan lagi sehingga memiliki *error* yang kecil, dengan menggunakan metode lain maupun mengganti komponen yang lebih bagus.
3. Dapat ditambahkan tombol untuk bisa memonitor tegangan, arus, maupun faktor daya sehingga alat lebih sempurna.
4. Ditambahkan tegangan cut off pada alat ketika terjadi drop tegangan pada sumber yaitu -5% dan +10% pada tegangan jala-jala PLN, sehingga tidak merusak beban.





## DAFTAR PUSTAKA

- Chaudhari, Sneha., Rathod, Purvang., Shaikh, Ashfaq. (2017). Smart Energy Meter Using Arduino and GSM. *2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI)*: 598 - 601
- Fransiska R.W. , Septia E.M.P. , Vessabhu W.K. , Frans W. , Abednego W. , Hendro. (2013). Electrical Power Measurement Using Arduino Uno Microcontroller and LabVIEW. *2013 3rd International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME)*: 226 - 229
- Interplus Industry Co. Ltd. (2014). ZMPT101B. [http://www.interplus-industry.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52&Itemid=173&lang=en](http://www.interplus-industry.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=173&lang=en) (Diakses pada tanggal 2 Februari 2018).
- Mismail, Budiono. (1995). *Rangkaian Listrik*. Bandung: ITB.
- Ramdhani, M. (2008). *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Sapiie, Soedjana.&Nishino. (1974). *Pengukuran dan Alat-Alat Ukur Listrik*. Bandung: Pertja.
- Zhishan, Liang., Changtao, Qiu., Jinli, Wang. (1992). A NEW TYPE INTELLIGENT MULTI-USER SINGLE PHASE KWH METER. *Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. : 551 - 554.
- Zamroni, Akhmad. (2017). Rancang Bangun KWh Meter Siaga. *Tugas Akhir*. Yogyakarta: Universitas Muhamaddiyah.

