

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April 2014 sampai bulan Januari 2015, bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Untuk pembuatan dan pengujian dalam penelitian ini dibutuhkan alat bantu yang disebutkan pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 : Daftar Alat Bantu

NO.	NAMA ALAT	JUMLAH
1	Komputer (PC)	1
2	Voltmeter	1
3	Tang Ampere	1
4	Cos phi meter	1
5	Watt meter	1
6	Tang potong	1
7	Tang lancip	1
8	Obeng +	1
9	Obeng -	1
10	Solder	1

Sedangkan bahan-bahan yang dibutuhkan disebutkan pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 : Daftar Bahan.

NO.	NAMA BAHAN	JUMLAH
1	Raspberry pi	1
2	Adaptor	1
3	SD Card 8GB	1
4	kWh meter 30 A	3
5	Trafo 1 A	3
6	ACS712-30A	3
7	ADC MCP3008	1
8	Rangkaian Elektronika	1
9	Jumper	1
10	Box MCB	1

3.3. Langkah Kerja Penelitian

Dalam penelitian ini, langkah-langkah kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. **Studi Literatur**

Studi Literatur dilakukan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori yang berkaitan dengan monitoring besaran listrik menggunakan Raspberry Pi.

b. **Perancangan Sistem**

Perancangan sistem pada penelitian ini meliputi pembuatan sensor tegangan, sensor arus dan pembuatan program.

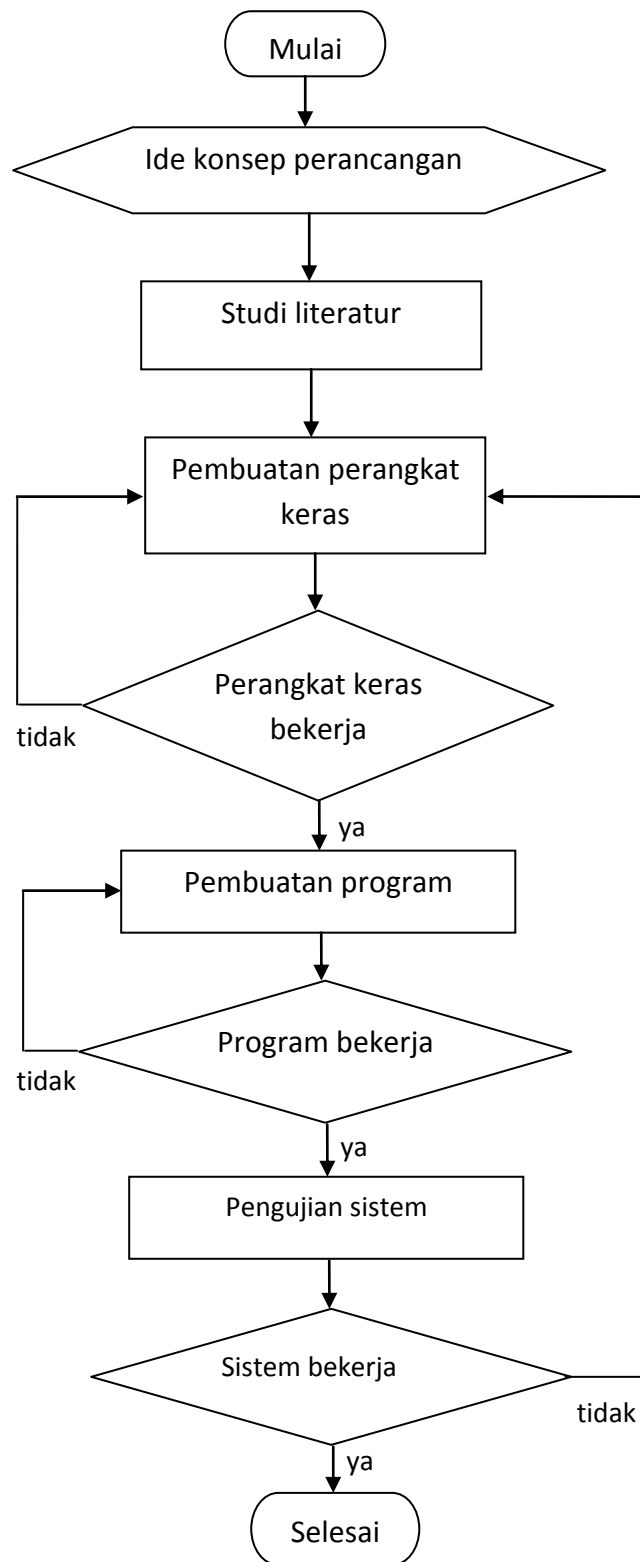
c. Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai yang diinginkan atau tidak. Dalam pengujian ini dilakukan bertahap, yaitu menguji setiap sensor yang digunakan menggunakan alat ukur yang sudah ada, kemudian dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan.

d. Analisa

Tahap akhir dari penelitian ini adalah dilakukan analisa dari hasil pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan-kesimpulan sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Jika hasil pengukuran menggunakan sistem yang dibuat sama atau mendekati dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur, maka sistem yang dibuat cukup baik dan efisien untuk digunakan.

Untuk memperjelas langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian ini dibuat diagram alir penelitian yang ditampilkan pada gambar 3.1.

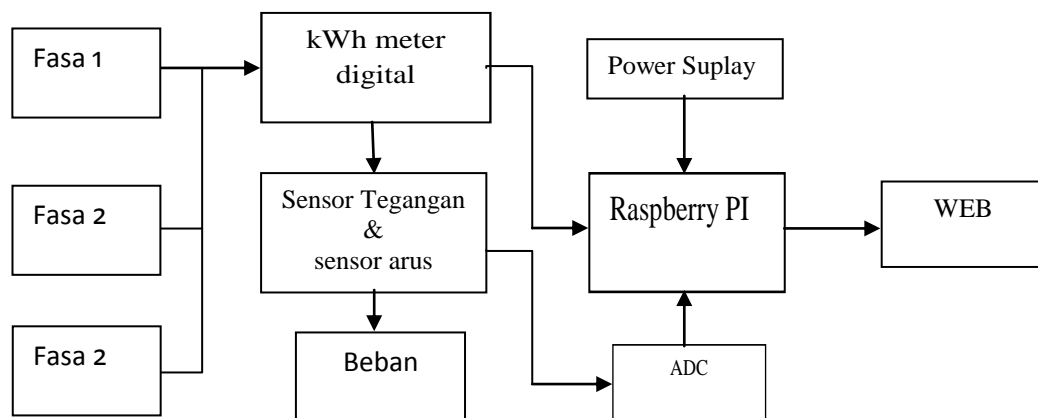


Gambar 3.1 : Diagram alir penelitian.

3.4. Blok Diagram Sistem

Untuk membuat sistem monitoring besaran listrik ini, alurnya adalah yang pertama dari sumber listrik 3 fasa masuk ke kWh meter digital, kemudian ke sensor arus dan sensor tegangan, selanjutnya dihubungkan ke beban listrik yang digunakan. Hasil pembacaan kWh meter dapat langsung dikirim ke Raspberry Pi, sedangkan hasil pembacaan sensor arus dan sensor tegangan harus melalui ADC terlebih dahulu sebelum dikirim ke Raspberry Pi. Selanjutnya Raspberry Pi merupakan tempat membuat program untuk menyimpan hasil monitoring ke dalam database dan menampilkannya ke WEB.

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



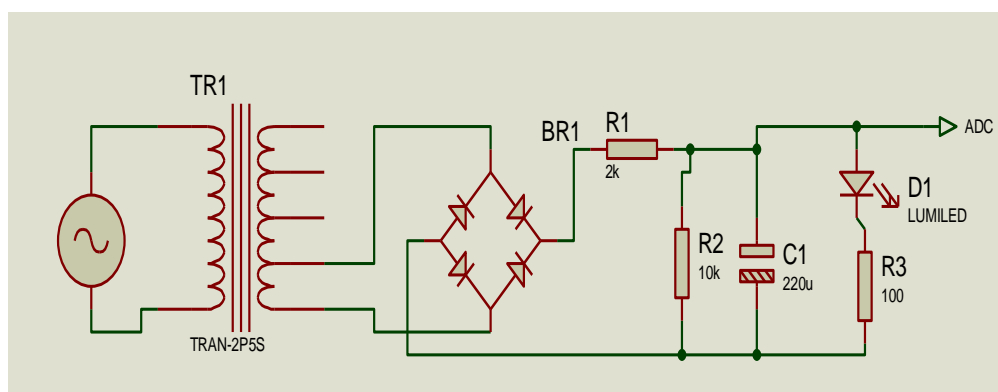
Gambar 3.2 : Blok Digram Sistem

3.5. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dari penelitian ini meliputi :

a. Perancangan sensor tegangan.

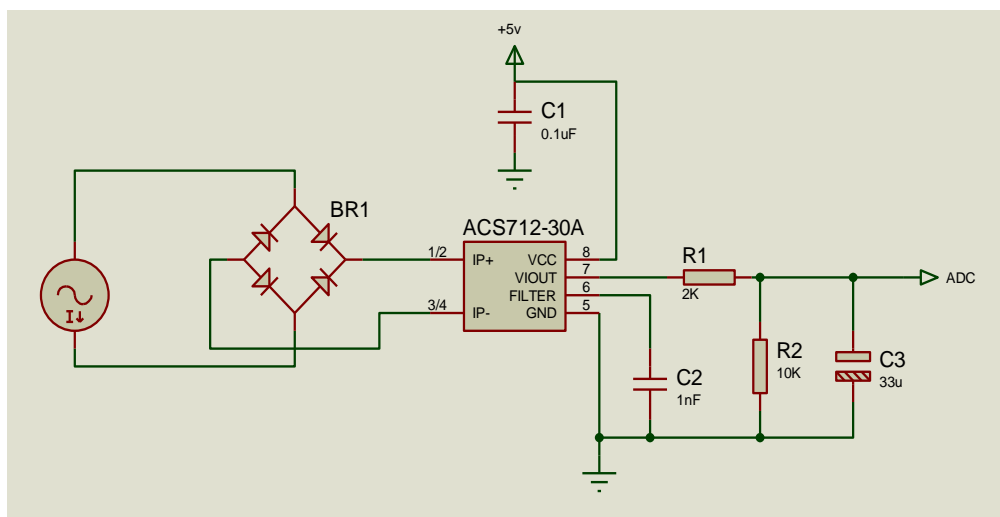
Dalam perancangan sensor tegangan digunakan transformator step-down untuk menurunkan tegangan dari level tegangan tinggi ke level tegangan rendah. Keluaran trafo masih berupa tegangan AC sehingga dibutuhkan rangkaian pengkondisian sinyal agar didapat tegangan yang aman bagi Raspberry Pi. Rangkaian pengkondisian sinyal ini merupakan rangkaian penyearah dan pembagi tegangan yang berfungsi untuk mendapatkan tegangan DC yang tidak lebih dari 3,3 V agar tegangan dapat dibaca oleh ADC, kemudian dikonversikan ke dalam bentuk sinyal digital untuk diteruskan ke Raspberry Pi. Rangkaian sensor tegangan yang akan dibuat ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 : Rangkaian Sensor Tegangan.

b. Perancangan sensor arus

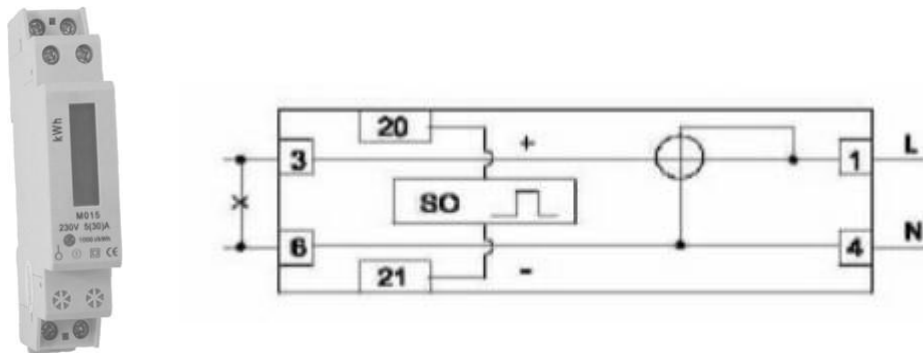
Sensor arus menggunakan ACS712 30A, sensor ini akan memberikan tegangan output yang linier dengan perubahan arus yang diukur. Sinyal keluaran ACS712 tergantung sinyal masukan, jika arus yang diukur adalah arus AC maka sinyal keluaran merupakan sinyal AC dan jika arus yang diukur adalah arus DC maka sinyal keluaran merupakan sinyal DC. Pada penelitian ini arus yang akan diukur adalah arus AC sehingga perlu ditambahkan dioda penyearah agar didapat sinyal DC pada keluaran sensor sehingga dapat dibaca oleh ADC. Tegangan keluaran sensor maksimal sebesar 5V sehingga perlu diturunkan ke level tegangan 3,3V menggunakan rangkaian pembagi tegangan agar tegangan aman bagi Raspberry Pi. Kapasitor digunakan sebagai filter untuk mendapatkan sinyal keluaran yang baik. Rangkaian sensor yang akan dibuat ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 : Rangkaian Sensor Arus.

c. kWh meter digital.

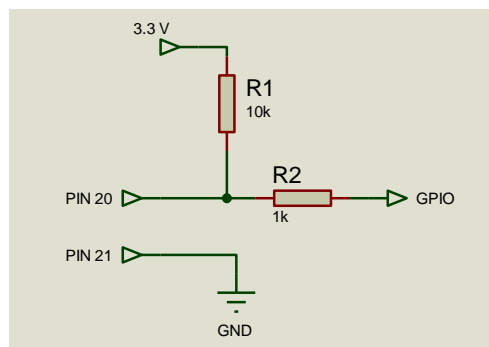
Daya merupakan hasil kali dari tegangan, arus dan faktor daya ($\cos \theta$). Sehingga untuk melakukan pengukuran daya dibutuhkan sensor tegangan, sensor arus dan sensor faktor daya. Setelah nilai daya diketahui maka besar konsumsi energi (kWh) dapat dihitung. Sensor tegangan dan sensor arus telah dijelaskan di atas, namun saat ini belum tersedia sensor faktor daya yang dapat dihubungkan ke Raspberry Pi, Sehingga untuk mengukur daya digunakan kWh meter digital tipe TEM015-D4250 yang ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 : kWh meter TEM015-D4250

Dari gambar 3.5, pin 1 dan pin 4 merupakan pin masukan yang dihubungkan dengan sumber listrik dari PLN, pin 3 dan pin 6 merupakan pin keluaran yang dihubungkan ke beban, sedangkan pin 20 dan pin 21 merupakan pin keluaran sinyal impuls yang mengeluarkan 1 buah impuls setiap kali kWh meter mengukur konsumsi energi sebesar 0,5 Wh. Dari pin 20 dan pin 21 ini kemudian sinyal impuls dikirim ke GPIO Raspbery Pi untuk dilakukan

monitoring. Sebelum masuk ke GPIO dibutuhkan rangkaian pengkondisian sinyal untuk mempermudah GPIO dalam melakukan penghitungan sinyal impuls yang masuk. GPIO akan bernilai 1 jika ada tegangan dan bernilai 0 jika tidak ada tegangan, namun GPIO ini sangat sensitif, terkadang tegangan yang sangat kecil akan tetap terbaca, tentu hal ini akan mengganggu pengukuran. Rangkaian pengkondisian sinyal kWh meter ditunjukkan pada gambar 3.6.

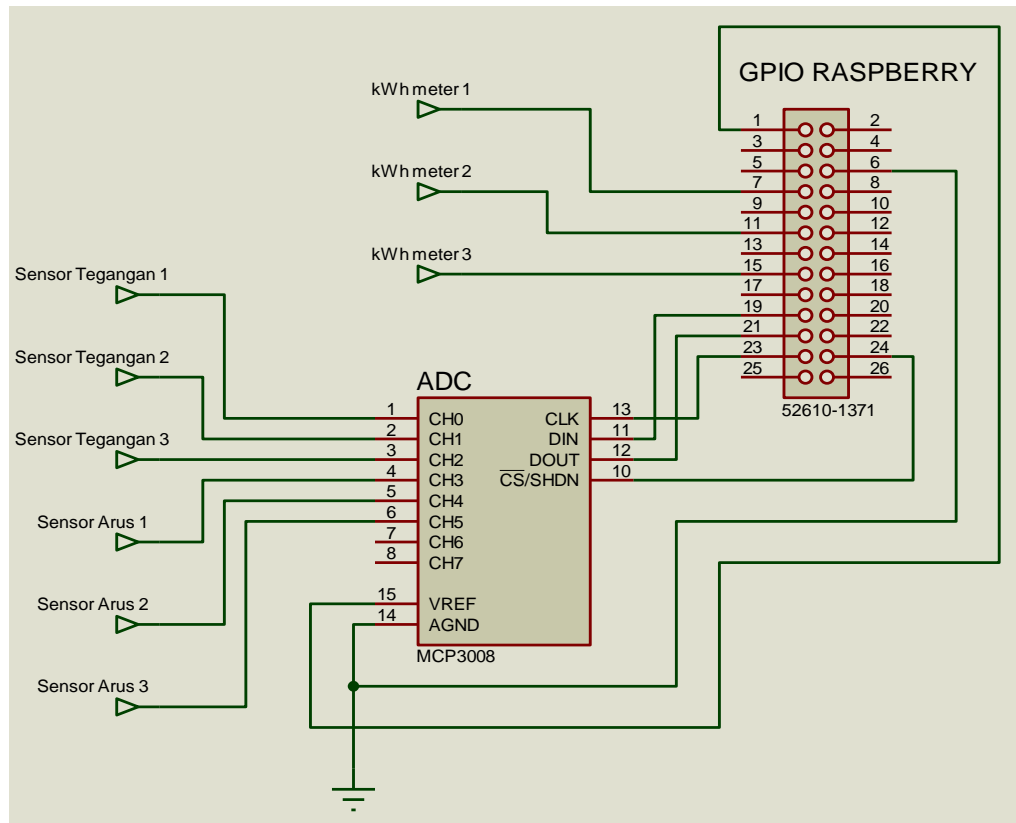


Gambar 3.6 : Rangkaian pengkondisian sinyal kWh meter

d. Menghubungkan sensor dengan Raspberry pi.

Monitoring besaran listrik ini dilakukan pada jaringan listrik 3 fasa, maka dari semua sensor yang digunakan yaitu sensor tegangan, sensor arus dan kWh meter masing-masing dibutuhkan 3 buah. Dari semua sensor tersebut akan didapat nilai tegangan V (Volt), arus I (Ampere), faktor daya pf ($\cos \theta$), daya beban P (Watt), dan konsumsi energi E (kWh) pada masing-masing fasanya. Untuk sensor tegangan dan sensor arus, setelah melewati rangkaian pengkondisian sinyal selanjutnya dihubungkan dengan ADC, dari ADC tersebut dapat dibaca hasil pengukuran sensor melalui GPIO Raspberry Pi. Sedangkan untuk kWh meter setelah melewati rangkaian pengkondisian

signal langsung di hubungkan ke GPIO Raspberry Pi. Kemudian dilakukan penghitungan impuls yang masuk untuk mendapatkan besar konsumsi energi. Hubungan antara semua sensor dengan Raspberry Pi ditunjukkan pada gambar 3.7.



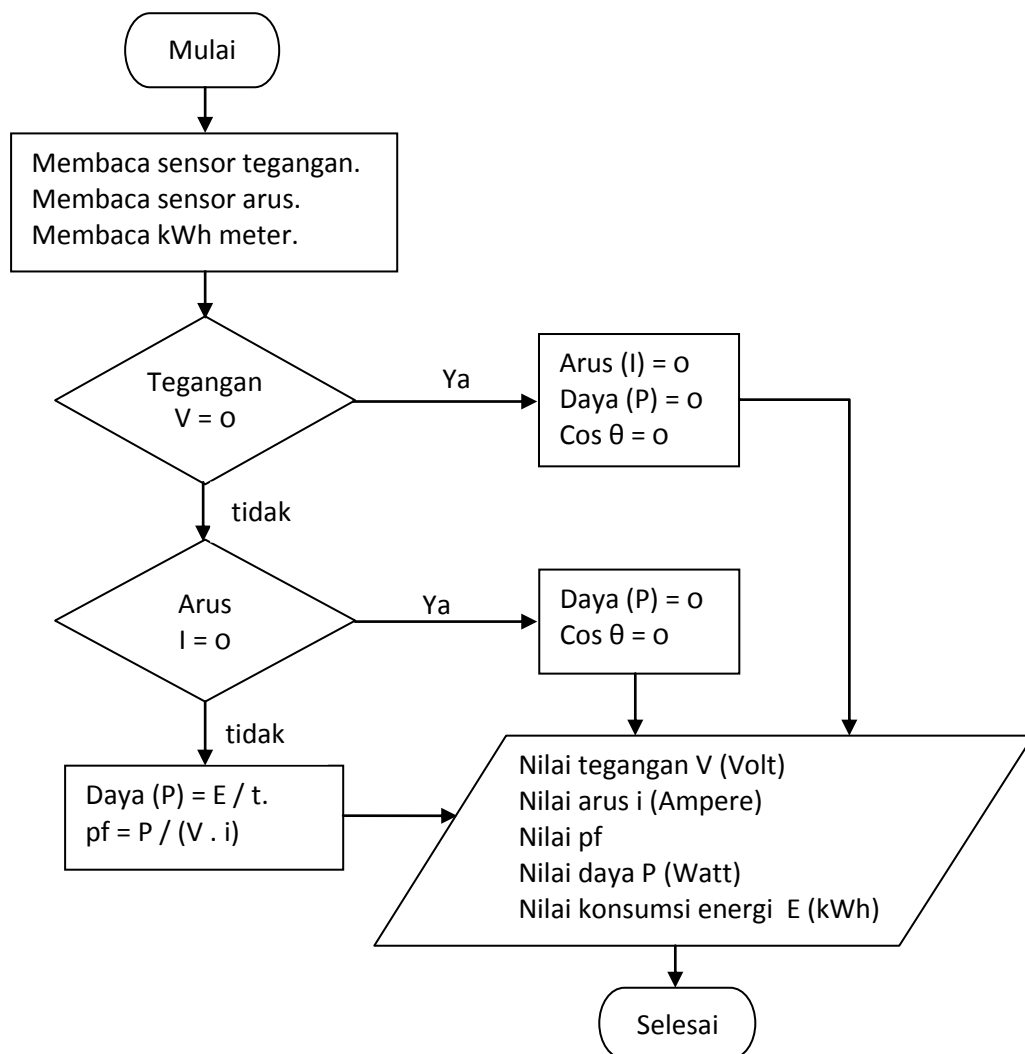
Gambar 3.7 : Koneksi Sensor dengan Raspberry pi.

Pada GPIO Raspberry Pi terdapat 26 pin yang terdiri dari 2 pin power 5V, 2 pin power 3,3V, 5 pin Ground dan 17 pin yang dapat di program sebagai masukan atau keluaran. Dalam penelitian ini digunakan 1 pin power 3,3V, 1 pin Ground dan 7 pin yang dapat diprogram.

e. Pembuatan program

Program yang digunakan adalah Pemograman Python dengan menggunakan Raspberry Pi. Program ini meliputi:

- Pembacaan hasil pengukuran sensor,
- Perhitungan untuk mendapatkan besaran yang diinginkan,
- Mencatat hasil pengukuran dalam database dan menampilkan pada WEB



Gambar 3.8 : Diagram alir Program.

Dari gambar 3.8, terlihat keluaran dari sistem yang dibuat adalah nilai Tegangan, Arus, Cos θ , Daya, dan besar konsumsi energi, masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Nilai Tegangan didapat dari pembacaan sensor tegangan.
- Nilai Arus didapat dari pembacaan sensor arus ACS712-30A.
- Nilai konsumsi energi didapat dari pembacaan kWh meter digital.
- Nilai kWh merupakan hasil kali dari daya dengan waktu, sehingga jika nilai kWh telah diketahui maka nilai daya dapat dihitung menggunakan persamaan (2-3) dan (2-4):

$$E = P.t \quad (\text{Wh}) \quad \longrightarrow \quad E = (P.t)/1000 \quad (\text{kWh})$$

$$P = E / t$$

Dimana :

P	= Daya (Watt)
E	= konsumsi energi (kWh)
t	= waktu (Jam)

- Kemudian setelah nilai Tegangan, Arus dan Daya diketahui maka faktor daya pf (Cos θ) dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (2-12) dan (2-15):

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \theta \quad \text{Pf} = P / (V \cdot I)$$

Dimana :

P	= Daya (Watt)
V	= Tegangan (Volt)
I	= Arus (Ampere)
pf	= Faktor Daya (cos θ)

3.6. Kalibrasi.

Dalam membuat sebuah alat ukur digital, sensor-sensor yang digunakan keluarannya masih berupa nilai tegangan yang relatif kecil, sehingga nilai tersebut belum dapat menunjukkan nilai besaran yang diukur. Suatu contoh dalam penelitian ini menggunakan Trafo step-down sebagai sensor tegangan, saat tegangan input trafo sebesar 220V tegangan outputnya hanya sebesar 3V, maka diperlukan proses kalibrasi agar nilai 3V tersebut dapat menunjukkan angka 220V pada hasil pengukuran alat ukur yang dibuat. Dalam penelitian ini, yang perlu dikalibrasi adalah sensor tegangan dan sensor arus. Untuk kWh meter tidak perlu kalibrasi karena alat tersebut buatan pabrikan yang memang dirancang untuk dapat mengukur konsumsi energi, sehingga outputnya sudah menunjukkan nilai yang diukur. Untuk sensor arus ACS712-30A sebenarnya pada datasheet telah disebutkan nilai kalibrasinya, yaitu saat tegangan output sensor bernilai 0V sampai 2,5V maka arus yang diukur adalah -30A sampai 0A, dan saat tegangan output sensor sebesar 2,5V sampai 5V maka arus yang diukur adalah 0A sampai 30A. Dari nilai kalibrasi sensor arus tersebut terlihat bahwa nilai output maksimal sensor adalah 5V, sedangkan pada GPIO Raspberry Pi tegangan yang diizinkan maksimal hanya sebesar 3,3V, dengan demikian sebelum masuk ke GPIO perlu dilakukan pengkondisian sinyal agar tegangan output sensor tidak melebihi 3,3V, sehingga nilai kalibrasi pada datasheet sensor arus tersebut tidak relevan lagi untuk digunakan.

Untuk melakukan kalibrasi, menggunakan alat ukur digital yang sudah ada. Pada penelitian ini menggunakan Digital Power Clamp Meter (gambar 3.9) yang tersedia

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

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

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

Nilai pengali yang didapat dari metode diatas selanjutnya digunakan pada pemograman yang dibuat pada Raspberry Pi untuk membaca sensor dan menampilkan hasil pengukurannya.



Gambar 3.9 : Digital Power Clamp Meter (Tersedia di Lab. Teknik Pengukuran J.TE. Unila)

3.7. Pengujian.

Untuk mengetahui apakah sistem bekerja sesuai yang diinginkan atau tidak

maka perlu dilakukan pengujian yang meliputi:

- Pengujian linieritas Trafo *step-down*.

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

- Pengujian sensor tegangan.

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

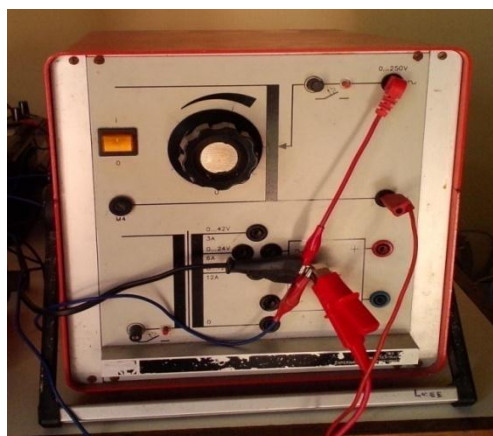
- Pengujian sensor arus dan kWh meter.

Pengujian sensor arus dan pengujian kWh meter dilakukan bersamaan karena menggunakan prosedur yang sama, yaitu dengan cara memberikan beban listrik dengan daya yang berubah-ubah, selanjutnya dilakukan pengukuran arus yang mengalir ke beban dan pengukuran daya. Pengukuran arus menggunakan sensor arus yang digunakan, Ampere meter analog dan Ampere meter digital. Sedangkan pengukuran daya menggunakan kWh meter yang

digunakan pada penelitian ini, kWh meter analog dan kWh meter digital. Sama halnya dengan pengujian sensor tegangan, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor arus dan kWh meter dapat bekerja dengan baik dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran alat ukur analog dan alat ukur digital.

- Pengujian sistem.

Setelah masing-masing sensor telah diuji, selanjutnya dilakukan pengujian sistem monitoring yang dibuat dengan cara memasang *hardware* yang dibuat pada tempat yang akan dilakukan monitoring. Setelah *hardware* terpasang, selanjutnya membuat pemograman Python untuk merakam hasil monitoring pada sebuah database dan menampilkannya ke WEB. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai tujuan atau tidak.



Gambar 3.10 : Regulator Tegangan (Tersedia di Lab. Konversi Energi Elektrik J.T.E. Unila)



Gambar 3.11 : Alat Ukur Analog. (Tersedia di Lab. Teknik Pengukuran J.T.E. Unila)

Pada pengujian sensor tegangan, untuk mendapatkan tegangan yang berubah-ubah digunakan regulator tegangan yang tersedia di Laboratorium Konversi Energi Unila (Gambar 3.10). Sedangkan alat ukur yang digunakan pada pengujian ini adalah Digital Power Clamp Meter atau Alat ukur digital (Gambar 3.9) dan Alat ukur Analog (Gambar 3.11) yang tersedia di Laboratorium Teknik Pengukuran Unila.