

BAB III

METODE PENELITIAN

Kajian yang dilakukan dalam penelitian ini bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasi alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, perancangan alat, dan pengujian alat.

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan yaitu:

- 1) Mengukur Arus hingga 10 A
- 2) Jarak Alat dengan Wifi Router yang Jauh
- 3) Dapat diakses melalui *Browser* PC dan *Smartphone* Android
- 4) Catu Daya 220 V.

3.2 Perancangan Alat

Perancangan dan pembuatan alat dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu hardware dan software.

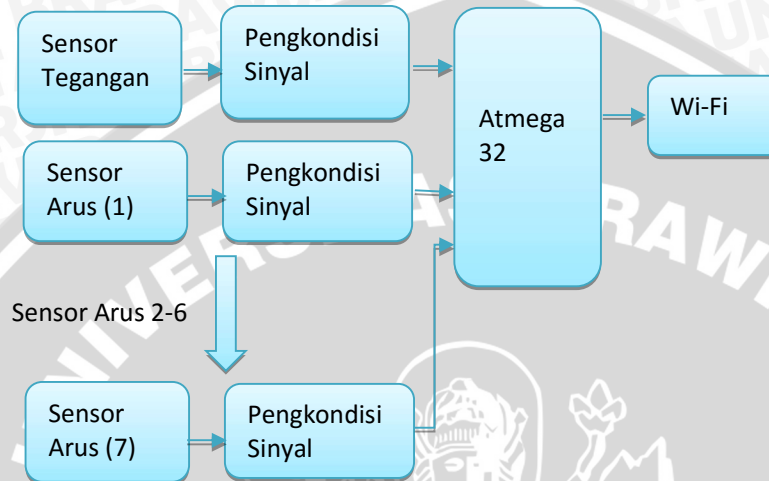
3.2.1 Blok Diagram

Prinsip kerja dari blok diagram pada gambar 3.1 adalah sistem dimulai dengan pendeteksian sinyal oleh rangkaian sensor tegangan dan rangkaian sensor arus. Sensor tegangan yang berupa *transformator step-down* berfungsi untuk mengambil sinyal sinusoida tegangan sebesar 9 volt dari sinyal sinusoida tegangan 220 volt sistem. Sensor arus berfungsi mengkonversi sinyal sinusoida arus menjadi sinyal sinusoida tegangan yang linier dengan perubahan nilai arus.

Sinyal keluaran sensor tegangan dan keluaran sensor arus masuk ke rangkaian pengondisi sinyal Bias DC. Rangkaian pengondisi sinyal Bias DC berfungsi untuk menaikkan sinyal sinusoida sehingga siklus *negatif* naik sampai nilai tegangan bernilai *positif*, dengan jarak antara puncak atas $\leq 5 V_{DC}$ dan puncak bawah sinyal bernilai $\geq 0 V_{DC}$.

Keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal akan masuk ke pin Analog Arduino untuk diolah agar mendapatkan nilai pengukuran daya listrik yang terpakai. Setelah

didapatkan nilai pengukuran daya listrik yang terpakai maka dengan perhitungan matematika didapat juga nilai pengukuran energi listrik yang terpakai. Setelah didapat nilai penggunaan daya dan penggunaan energi maka data akan dikirim menuju server, setelah itu data yang telah dikirim ke server akan diambil oleh aplikasi Android untuk ditampilkan secara *real-time* dalam bentuk grafik. .



Gambar 3.1. Diagram blok sistem keseluruhan

3.2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras alat perekam penggunaan daya listrik terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Perancangan rangkaian sensor tegangan
2. Perancangan rangkaian pengkondisi sinyal sensor tegangan
3. Perancangan rangkaian sensor arus
4. Perancangan rangkaian pengkondisi sinyal sensor arus
5. Perancangan Rangkaian Modul Wifi ESP8266
6. Perancangan Catu Daya
7. Perancangan Kontrol Sistem Mikrokontroler Atmega32

- **Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan**

Untuk mendeteksi sinyal tegangan yang terpakai oleh beban menggunakan trafo *step-down* yang menurunkan level tegangan 220 V_{AC} menjadi 9 V_{rms}, dengan nilai tegangan puncak +12,7 V_{AC} dan nilai tegangan puncak -12,7 V_{AC}. Nilai tegangan keluaran dari trafo *step-down* sebesar ini dapat merusak rangkaian mikrokontroler. Maka masih perlu dikecilkan lagi untuk dapat diolah oleh mikrokontroler.

Untuk menurunkan level tegangan keluaran dari trafo *step-down*, digunakan rangkaian pembagi tegangan, tegangan referensi pada Arduino bernilai antara 0 - 5 V_{DC}. Rangkaian pembagi tegangan ini dirancang untuk menghasilkan keluaran tegangan yang sesuai dengan tegangan referensi pada arduino, dengan penghitungan sebagai berikut:

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

Tegangan keluaran trafo: 9 Vrms

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

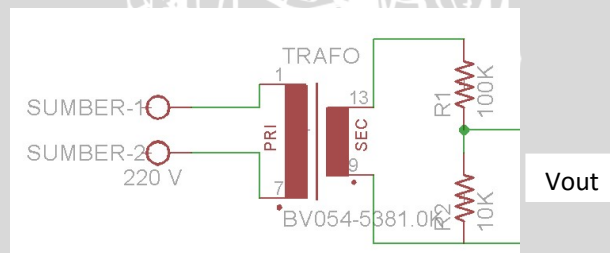
$$V_{peak-peak\ trafo} = 25,4\ V_{AC}$$

Resistor R₁ dan R₂ pada Gambar 3.2 membentuk sebuah rangkaian pembagi tegangan yang menurunkan nilai tegangan keluaran dari trafo *step-down*. Nilai hambatan R₁ dan R₂ dipilih untuk memberikan nilai tegangan keluaran puncak ±1 V. Untuk trafo dengan tegangan keluaran 9 Vrms, kombinasi nilai resistor R₁ = 100 kΩ dan R₂ = 10 kΩ cocok untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang cocok.

$$V_{Opuncak} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \times V_{i\text{puncak}}$$

$$V_{Opuncak} = \frac{10\ k\Omega}{10\ k\Omega + 100\ k\Omega} \times 12,7\ V$$

$$V_{Opuncak} = 1,15\ V_{AC}$$

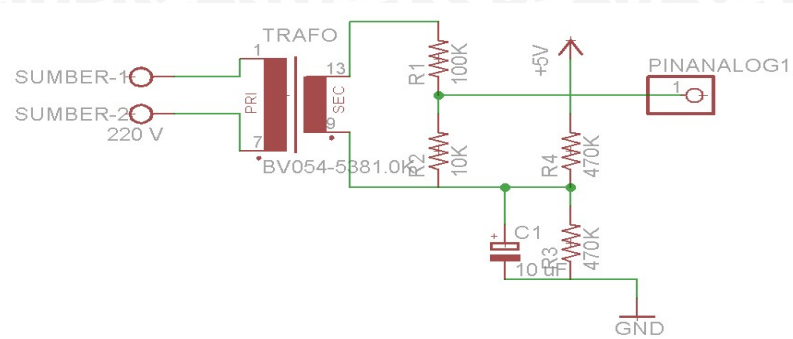


Gambar 3.2. Rangkaian sensor tegangan

Sinyal keluaran yang diinginkan pada rangkaian ini masih berbentuk sinusoida murni dengan puncak +1,15 V_{AC} dan -1,15 V_{AC}.

- **Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Tegangan**

Dalam perancangan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan diinginkan rangkaian yang mampu menaikkan titik nol sinyal sinusoida pada rangkaian sebelumnya ke titik 2,5V_{DC} agar nilai puncak atas dan bawah sinyal bernilai positif seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Tegangan

Tegangan yang dihasilkan dari pembagi tegangan R₃ dan R₄ merupakan setengah dari nilai tegangan catu 5 V_{DC} yang bernilai 2,5 V_{DC}. Kapasitor berfungsi sebagai kapasitor catu untuk mendapatkan tegangan keluaran pada R₃ dan R₄ stabil.

$$C = \frac{I}{2 \times f \times Vr}$$

$$C = \frac{2,5 \text{ mA}}{2 \times 50 \times 2,5 \text{ V}} = 10 \mu\text{F}$$

Jika keluaran dari catu daya 5 V_{DC}, maka hasil gelombang yang dihasilkan dari rangkaian ini memiliki nilai puncak positif:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{out sensor tegangan}} + V_{\text{out rangkaian pengondisi sinyal}}$$

$$V_{\text{out}} = 1,15\text{V} + 2,5\text{V} = 3,65 \text{ V}_{\text{DC}}$$

Dan nilai untuk puncak negatif naik 2,5 V_{AC} menjadi 1,35 V_{DC} sehingga nilai tegangan yang menjadi masukan Mikrokontroler berkisar antara 3,65 V_{DC} – 1,35 V_{DC}. Nilai tegangan keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal ini dapat dijadikan masukan pada pin analog Atmega32. Setelah masuk pada pin analog maka perhitungan pada Mikrokontroler Atmega32 menjadi:

$$\text{Tegangan} = (5.0 * \text{analoginput} * 80.0) / 1024;$$

Keterangan:

5.0 = Nilai maksimal input

Analoginput = Nilai Input Sensor

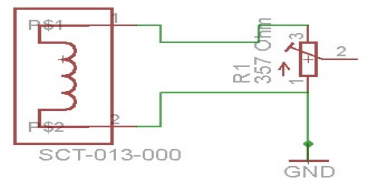
80.0 = Nilai ajust

1024 = Konstanta convert digital Analog to digital 10 bit

- **Perancangan Rangkaian Sensor Arus**

Dalam perancangan Rangkaian Sensor Arus dibutuhkan sensor yang mampu membaca nilai arus pada beban dalam bentuk sinyal sinusoida tegangan, digunakan sensor arus SCT-013-000 yang memiliki keluaran berupa sinyal sinusoida arus sehingga tidak dapat dijadikan input untuk mikrokontroler. Untuk itu perlu ditambahkan resistor *paralel*

pada keluaran sensor arus SCT-013-000 seperti pada Gambar 3.4 untuk mendapatkan nilai keluaran berupa tegangan yang linier dengan nilai arusnya, berkisar antara 0V sampai 5V dalam range arus beban rumah tangga (0 – 10A).



Gambar 3.4. Rangkaian Sensor Arus untuk Rentang Pengukuran (0 – 10A)

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

- 1.) Menentukan rentang nilai ukur yang akan dibaca oleh sensor: (0 – 10A)
- 2.) Menentukan nilai maksimum arus yang mengalir pada kumparan primer sensor:

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

$$I_p = 10 \times \sqrt{2} = 14,1421 \text{ A}$$

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

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

$$I_s = \frac{42,426}{2000} = 0,007071 \text{ A}$$

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

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

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

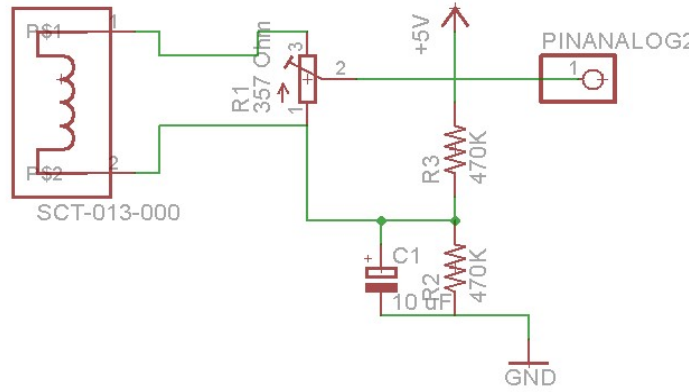
$$R = \frac{V}{I} \Omega$$

$$R = \frac{V_{ref}}{I_s} \Omega$$

$$R = \frac{2,5}{0,007071} = 353,5567 \Omega // 330 \Omega$$

- **Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus**

Perancangan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus sama seperti rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor tegangan diinginkan keluaran dari rangkaian ini memiliki bentuk sinyal sinusoida dengan titik tengah sinyal berada pada titik 2,5 V_{DC} serta puncak atas dan bawah sinyal $\leq 5V$ dan $\geq 0V$. Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian pengondisi sinyal untuk sensor arus.



Gambar 3.5. Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Arus

Berikut ini akan dijelaskan perhitungan rps untuk rangkaian ini:

- 1.) Menentukan nilai maksimum arus yang mengalir pada kumparan sekunder sensor:

$$\frac{AREF}{2} / 330\Omega = \frac{5}{2} / 330 = 0,00757 A$$

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

Arus maksimal kumparan sekunder x jumlah lilitan sensor =

$$0,00757 \times 2000 = 15,15 A$$

- 3.) Menentukan arus rms yang mengalir pada kumparan sekunder:

$$I_p = \frac{I_p \text{ peak-peak}}{\sqrt{2}} \text{ ampere}$$

$$I_s = \frac{15,15}{\sqrt{2}} = 10,71 A$$

- 4.) Resolusi 10 bit ADC dengan maksimal nilai analog adalah

$$2^{10} - 1 = 1023$$

- 5.) Nilai maksimal analog dengan arus rms terukur:

$$\frac{\text{Arus Maksimal Terbaca}}{\text{Arus rms kumparan primer}} \text{ Resolusi 10 bit ADC}$$

$$\frac{10}{10,71} 1023 = 955,18$$

- 6.) Tegangan Masukan Mikrokontroler

$$\frac{\text{Nilai maksimal analog}}{\text{Resolusi 10 bit ADC}} 5 V$$

$$\frac{955,81}{1023} 5 V = 4,667 V_{DC}$$

Tegangan yang dihasilkan dari pembagi tegangan R3 dan R4 merupakan setengah dari nilai tegangan catu 5 V_{DC} yang bernilai 2,5 V_{DC}. Kapasitor berfungsi sebagai kapasitor catu untuk mendapatkan tegangan keluaran pada R3 dan R4 stabil.

$$C = \frac{I}{2x F x V r}$$

$$C = \frac{2,5 \text{ mA}}{2x 50 x 2,5 \text{ V}} = 10 \mu F$$

Jika keluaran dari catu daya 5 V_{DC}, maka hasil gelombang yang dihasilkan dari rangkaian ini memiliki nilai puncak positif. Nilai tegangan keluaran dari rangkaian pengondisi sinyal ini dapat dijadikan masukan pada pin analog 2 Atmega32. Setelah masuk pada pin analog maka perhitungan pada Mikrokontroler Atmega32 menjadi:

$$\text{Arus} = (2.0 * \text{analoginput} * 5.0)/1024;$$

Keterangan:

2.0 = Nilai maksimal input

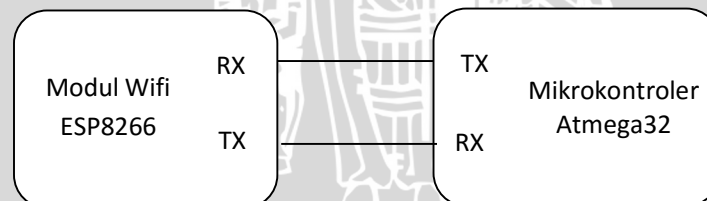
Analoginput = Nilai Input Sensor

5.0 = Nilai ajust

1024 = Konstanta convert digital Analog to digital 10 bit

• Perancangan Rangkaian Modul Wifi ESP8266

Dalam perancangan rangkaian Modul Wifi dibutuhkan Wifi yang mampu mengirimkan data melalui koneksi internet, digunakan Modul Wifi ESP8266 yang memiliki mode transmisi 802.11b dengan daya pancara +19,5 dBm serta memiliki kekuatan transmisi yang dapat mencapai 100 meter. Modul WiFi ini bekerja dengan catu daya 3,3 volt sehingga dibutuhkan rangkaian yang dapat memenuhi kebutuhan catu daya Modul Wifi ESP8266. Rangkaian Modul Wifi ESP8266 ditunjukkan pada Gambar 3.6.



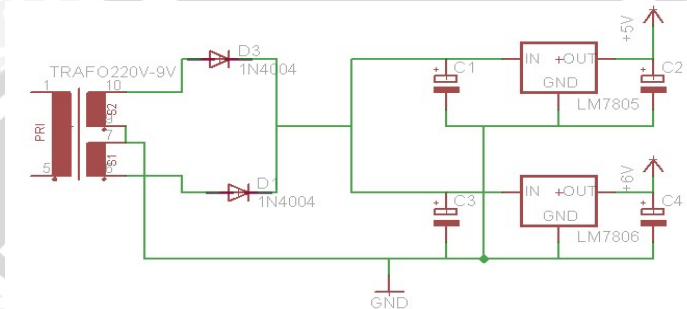
Gambar 3.6. Rangkaian Modul wifi ESP8266

• Perancangan Catu Daya

Alat *Monitoring* Energi Pada Perangkat Listrik Gedung Berbasis Android membutuhkan 2 jenis catu daya yang berbeda, yaitu catu daya +5 V untuk sensor arus, sensor tegangan, dan mikrokontroler ATmega32. Catu daya ±3.3 V untuk Modul Wifi ESP8266.

Perancangan catu daya didasarkan pada estimasi pemakaian daya, sehingga dapat diketahui besar arus yang dibutuhkan alat terancang. Sumber catu daya yang dipakai

berasal dari trafo *step-down* CT dengan 2 buah dioda dikonfigurasi sebagai penyearah gelombang penuh. Pada perancangan digunakan catu daya dari rangkaian *Fixed Output Regulator* pada *datasheet* LM7805 dan LM1117. Pada rangkaian digunakan regulator LM7805 agar diperoleh tegangan keluaran sebesar +5 V, regulator LM1117 agar diperoleh tegangan keluaran +3.3 V. Untuk meningkatkan respon transien dan mengurangi *noise* pada IC *regulator*, maka perlu ditambahkan kapasitor yang bernilai 100 nF sesuai dengan *datasheet*. Rangkaian catu daya +5 V dan ± 3.3 V ditunjukkan dalam Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian Catu Daya

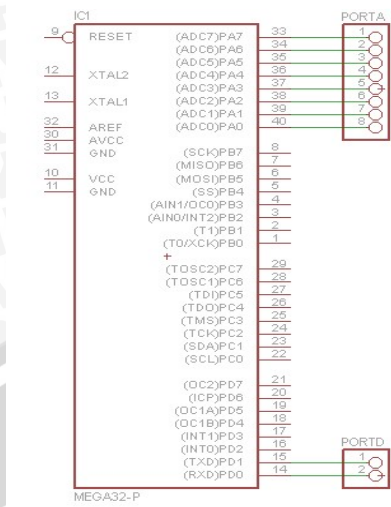
- **Perancangan Kontrol Sistem Mikrokontroler Atmega32**

Pada perancangan Kontrol Sistem Perangkat Keras digunakan Mikrokontroler Atmega32. Mikrokontroler Atmega32 terdiri atas empat port I/O yang dapat diprogram dengan masing-masing port memiliki jumlah data 8 bit.

Berikut ini merupakan alokasi pin yang digunakan:

- Pin A.0 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor tegangan.
- Pin A.1 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
- Pin A.2 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
- Pin A.3 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
- Pin A.4 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
- Pin A.5 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
- Pin A.6 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
- Pin A.7 = dihubungkan dengan pin keluaran dari sensor arus.
- Pin D.0 = dihubungkan dengan pin TX dari Modul Wifi.
- Pin D.1 = dihubungkan dengan pin RX dari Modul Wifi.

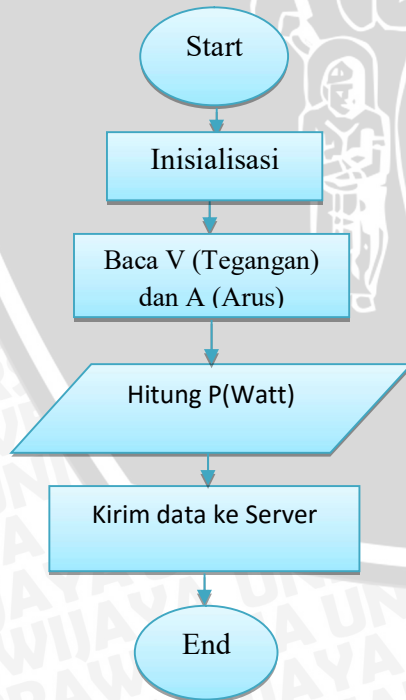
Dari total 40 pin yang disediakan pada Mikrokontroler ini hanya digunakan 10 pin seperti pada Gambar 3.8.



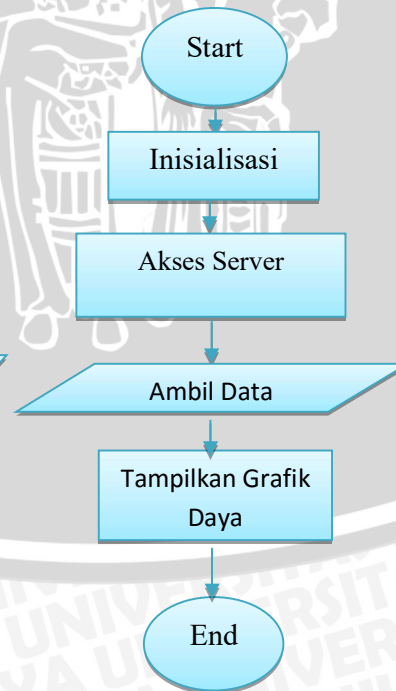
Gambar 3.8. Rangkaian Kontrol Sistem Mikrokontroler Atmega32

3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibutuhkan untuk mengendalikan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan pembuatan *flowchart* sistem secara keseluruhan dan pembuatan *flowchart* untuk fungsi-fungsi yang dibutuhkan. Bahasa pemrograman yang dipakai mikrokontroler adalah bahasa pemrograman C dengan menggunakan *Software* Arduino. Diagram alir perancangan aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Gambar 3.9 Diagram Alir Perancangan Alat



Gambar 3.10 Diagram Alir Perancangan Aplikasi

Setelah program dijalankan maka terlebih dahulu akan masuk pada program inialisasi perangkat yang digunakan, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Kemudian program akan membaca nilai *output* dari sensor arus dan sensor tegangan. Setelah didapat nilai tegangan dan arus maka dengan perhitungan matematik didapat nilai daya yang digunakan. Setelah didapat nilai daya maka mikrokontroller akan mengirim data menuju server dengan komunikasi *serial* wi-fi. Setelah data dikirim ke server, maka data tersebut dapat dimonitoring melalui situs yang telah ditentukan dan dapat juga di *control* serta di *monitoring* melalui aplikasi Android yang telah di buat. Hasil dari data yang telah dikirim ke server ditampilkan dalam bentuk grafik agar dapat dilihat sejarah pemakaiannya dan juga dapat dilihat pemakaian energi yang normal dan pemakaian energi yang tidak normal. Ketika pemakaian energi yang tidak normal maka listrik dapat dimatikan secara *manual* melalui aplikasi Android.

3.3 Pengujian Alat

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok pada perancangan perangkat keras serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui perangkat lunak dapat bekerja dengan baik atau tidak.

Pada bagian ini pengujian dilakukan pada masing-masing blok. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah masing- masing blok dapat bekerja sesuai dengan fungsinya seperti yang telah direncanakan. Pengujian tersebut meliputi :

3.3.1 Pengujian rangkaian sensor tegangan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian sensor tegangan sudah berfungsi dengan baik untuk menampilkan nilai tegangan untuk masukan Mikrokontroler sebagai representasi dari nilai tegangan sistem.

3.3.2 Pengujian rangkaian sensor tegangan beserta rangkaian pengondisi sinyal

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan untuk melihat bentuk sinyal keluaran dari Transformator *Step-Down* apakah sudah dapat menjadi data masukan sinyal tegangan pada Mikrokontroler.

3.3.3 Pengujian rangkaian sensor arus

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan untuk mengetahui besar nilai keluaran dari sensor arus

yang berbentuk sinyal tegangan apakah berubah secara linear terhadap perubahan arus yang diukur atau tidak.

3.3.4 Pengujian rangkaian sensor arus beserta rangkaian pengondisi sinyal

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor yang dirancang dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian mampu berfungsi menambah *offset* sinyal arus sehingga memiliki bentuk sinyal dengan puncak atas dan bawahnya bernilai positif sehingga dapat dijadikan nilai masukan untuk pengolahan Mikrokontroler Atmega32.

3.3.5 Pengujian Pengukuran Daya, Tegangan, dan Arus

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian ini dapat mengukur daya, tegangan, dan arus dengan baik. Pada pengujian ini terdapat dua pengujian, yang pertama untuk mengetahui kestabilan nilai hasil pengukuran alat *monitoring* penggunaan energi listrik pada gedung untuk beban pada gedung, dan yang kedua untuk mengetahui besar selisih pengukuran yang dihasilkan dibandingkan dengan alat ukur *electronic energy meter* sebagai representasi nilai benar.

3.3.6 Pengujian Pengukuran Energi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai hasil pengukuran energi antara alat *monitoring* penggunaan energi listrik pada peralatan listrik gedung dengan alat ukur standar yaitu *electronic energy meter* yang digunakan sebagai acuan nilai benar sehingga didapatkan ketelitian dan kepresisian alat.

3.3.7 Pengujian Jarak Modul WiFi ke WiFi Router

Pengujian dilakukan untuk mengetahui jarak pengiriman data dari ESP8266 ke *Wifi router* hingga sampai menuju server.

3.3.8 Pengujian *Updating Data*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa alat dalam pengiriman data menuju server.

3.3.9 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini dengan menyambungkan semua hardware yang dibuat berdasarkan blok diagram dan memasukkan program berupa *software* yang bekerja untuk mengendalikan hardware yang telah dibuat. Sistem bekerja dengan baik jika dapat berjalan sesuai *flowchart* yang telah direncanakan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

