

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING TEGANGAN,
ARUS, DAYA, kWh, SERTA ESTIMASI BIAYA PEMAKAIAN
PERALATAN LISTRIK PADA RUMAH TANGGA**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:
Rizal Akbar
13524125**

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA, kWh, SERTA
ESTIMASI BIAYA PENGGUNAAN PERALATAN LISTRIK RUMAH TANGGA



Menyetujui,

Pembimbing 1

Husein Mubarak S.T., M.Eng
15524305

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

RANCANG BANGUN ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA, kWh,
SERTA ESTIMASI BIAYA PEMAKAIAN PERALATAN LISTRIK PADA RUMAH
TANGGA

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Rizal Akbar

13524125

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 20 Agustus 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Husein Mubarak, S.T., M.Eng.,

Anggota Penguji 1: Medilla Kusriyanto, ST, M.Eng.,

Anggota Penguji 2: Setyawan Wahyu Pratomo, ST, MT.,

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 31 Agustus 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 16 Juli 2018



Rizal Akbar

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb.,

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah kepada seluruh hamba-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat sertasalam kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta para keluarganya, sahabat, dan pengikutnya. Tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Alat Monitoring Pemakaian Daya Listrik Rumah Tangga Sebagai Indikator Penghematan Listrik Berdasarkan Analisis Karakteristik Beban” disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, fasilitas, serta berbagai kemudahan lainnya sampai tugas akhir ini dapat diselesaikan. Untuk itu, penulis menyampaikan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan lainnya hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Hendra Setiawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Husein Mubarak, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya sampai tugas akhir ini selesai.
4. Teman – teman kos panti (Bhakti, Buayo, Iqbal, Monik, Bonenk, Iyung) yang selalu menghujat agar segera lulus.
5. Teman – teman Bangkotan yang memberikan masukan, bantuan, serta saran – saran yang membangun.
6. Rekan kelas bimbingan tugas akhir yang selalu memberikan bantuan, saran, dan dukungan.
7. Teman-teman KKN (Marsha, Mbee, Aldo,Hadi,Linus,Zaim,Lina) yang dulu telah memberi dukungan agar segera selesainya skripsi ini.

8. Serta banyak pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu dan pengetahuan penulis. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima kritik dan saran dari semua pihak. Harapan penulis, tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 16 Juli 2018

ABSTRAK

Listrik sudah menjadi kebutuhan dasar setiap orang. Peralatan rumah tangga dengan menggunakan listrik telah menjadi kebutuhan dasar manusia saat ini. Dibutuhkan alat monitoring agar diketahui berapa besar daya yang digunakan dan estimasi biaya yang harus dibayarkan. Alat yang dirancang untuk memonitor ini membutuhkan sensor arus, sensor tegangan, serta arduino. Sensor arus menggunakan sensor ACS 712 yang berfungsi untuk mendeteksi berapa besar arus yang mengalir. Untuk sensor tegangan menggunakan trafo step down yang berfungsi mendeteksi tegangan. Serta dibutuhkan arduino untuk mengolah data yang didapat. Hasilnya dapat ditampilkan pada lcd 20x4 yang digunakan. Dari hasil pengujian yang didapat melalui pengukuran menggunakan sensor arus ACS 712 didapat error sebesar 3% dan untuk pengujian tegangan didapat error sebesar 0.33%. Pada pengukuran daya, kWh, serta estimasi biaya pada peralatan listrik (kipas, kulkas, *rice cooker*, dan setrika) didapatkan hasil bahwa *ricecooker* dan setrika memiliki pemakaian paling besar selama 5 menit. *Rice cooker* menggunakan daya sebesar 278 Watt dengan kWh sebesar 0,02323 dan estimasi biaya sebesar Rp 34,11. Untuk Setrika menggunakan daya sebesar 284 Watt serta menghasilkan kWh sebesar 0,02374 dengan biaya sebesar Rp 34,85.

Kata Kunci : Monitoring, ACS 712, Sensor Arus, Sensor Tegangan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur.....	4
2.2 Dasar Teori.....	4
2.2.1 Karakteristik Sumber Listrik PLN	4
2.2.2 Arduino.....	6
2.2.3 Sensor Tegangan	7
2.2.4 Sensor Arus ACS712.....	8
2.2.5 Kelas Ketelitian Alat Ukur	8
2.2.4 LCD 20x4.....	8
BAB 3	10
METODOLOGI	10
3.1 Alat dan Bahan	10
3.2 Alur Penelitian.....	10
3.3 Perancangan Sistem.....	11
BAB 4	16
PENGUJIAN DAN HASIL.....	16
4.1 Pengujian Sensor Tegangan AC	16
4.2 Pengujian Sensor ACS-712	18

4.3	Pengujian Monitoring Daya, kWh, dan Estimasi Biaya.....	20
4.3.1	Pengujian Monitoring Daya.....	20
4.3.2	Pengujian Monitoring kWh	21
4.3.3	Pengujian Monitoring Estimasi Biaya	22
BAB 5		24
PENUTUP		24
5.1	Kesimpulan.....	24
5.2	Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA		25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Board Arduino Uno	6
Gambar 2.2 Software Arduino IDE	7
Gambar 2.3 LCD Display 20x4.....	9
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	10
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem.....	11
Gambar 3.3 Flowchart Sistem	12
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Arus.....	13
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan.....	13
Gambar 3.6 Rangkaian Modul SD Card.....	14
Gambar 3.7 Rangkaian LCD 20x4	14
Gambar 3.8 Rangkain Alat Monitoring Daya lengkap	15
Gambar 4.1 Perbandingan Pembacaan Alat vs Alat Ukur	16
Gambar 4.2 Perbandingan Pembacaan Arus Alat vs Amperemeter	18
Gambar 4.3 Monitoring Daya, KWh, dan Estimasi Biaya.....	20

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Sensor ACS712.....	8
Tabel 2.2 Pin – pin LCD	9
Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Tegangan AC	17
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor ACS712.....	19
Tabel 4.3 Estimasi Tarif Penggunaan Konsumsi Daya.....	23

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Konsumsi Daya Penanak Nasi vs Waktu.....	22
Grafik 4.2 kWh vs Waktu	23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya tarif dasar listrik dalam rumah tangga maupun industri kecil dapat dikarekan pencabutan subsidi listrik yang didasari Undang – Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang energi dan Undang – Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan. Pemerintah Menyediakan dana subsidi untuk kelompok masyarakat tidak mampu. Sampai Desember 2016, pelanggan 900 VA berjumlah 23 juta yang seluruhnya masih menikmati subsidi. [1]

Golongan penggunaan listrik rumah tangga dengan kapasitas 900 VA membayar Rp 585 setiap konsumsi listrik per kilo Watt hour (kWh), ditambah subsidi pemerintah sebesar Rp 875 per kWh. Bila dengan rata – rata konsumsi listrik 125 kWh per bulan maka tagihannya Rp 74.740 per bulan. Jika sudah tidak mendapatkan subsidi, tagihan pembayaran listrik naik menjadi Rp 1.450 per kWh. Bila konsumsi rata – rata per bulan 125 kWh, maka tagihan yang harus dibayar masyarakat mencapai Rp 185.794 per bulan.[1]

Efisiensi energi dan penghematan biaya, dan juga analisis penggunaan energi. Proses yang memungkinkan pengguna fasilitas listrik untuk menetapkan konsumsi energi atau biaya untuk berbagai zona (termasuk rumah tangga) dan untuk penggunaan tertentu (misal HVAC, pencahayaan, dan peralatan) dari waktu ke waktu untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan biaya energi. Pemantauan jaringan, ketersediaan listrik, dan keandalan, merupakan proses yang memungkinkan seorang pengguna fasilitas listrik untuk memantau penggunaan listrik dalam rangka memastikan ketersediaan dan keandalan listrik.[2]

Penggunaan daya listrik dalam sebuah bangunan bergantung pada pemakaian. Semakin banyak peralatan yang digunakan maka daya yang terpakai juga akan semakin besar sehingga dapat menyebabkan beban arus yang berlebih [3]. Agar bisa melakukan manajemen listrik yang lebih baik dalam kasus rumah tangga, maka diperlukan suatu perangkat elektronika yang dapat memonitor pemakaian energi listrik pada perangkat listrik yang dianggap cukup boros seperti penanak nasi elektrik, dispenser, lemari pendingin, televisi, mesin cuci [4].

Diperlukan adanya alat monitoring yang dapat menghitung daya yang digunakan per jamnya serta menghitung estimasi biaya yang dikeluarkan. Alat ini mengolah arus dan tegangan yang masuk untuk diketahui berapa besar daya yg dikeluarkan. Sehingga kita dapat menghitung kWh nya untuk dikalikan dengan harga listrik per kWh nya agar di dapat estimasi biaya yang harus dibayarkan.

Dengan pembuatan alat ini diharapkan mempermudah para pengguna listrik rumah tangga untuk menghitung dan melakukan kalkulasi beban listrik dengan tujuan penghematan listrik yang digunakan dalam peralatan rumah tangga.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang alat monitoring tegangan, arus, daya, kWh, serta estimasi biaya yang digunakan dalam peralatan rumah tangga.
2. Bagaimana hasil perbandingan alat monitoring dengan alat ukur yang terstandardisasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah memonitoring penggunaan daya pada peralatan listrik rumah tangga sehingga mampu manajemen penggunaan listrik dengan baik.

1.4 Batasan Masalah

1. Menggunakan mikrokontroler ATmega 328 sebagai pemroses sinyal dari sensor
2. Menggunakan sensor arus ACS 712 dan sensor tegangan menggunakan trafo *step down* beserta rangkaian pembagi tegangan.
3. Alat monitoring ini menggunakan penampil LCD 20x4
4. Arus maksimal yang dapat diukur sebesar 5A.
5. Daya maksimal yang dapat diukur sebesar 1100 VA.
6. Peralatan yang diukur oleh alat monitoring ini berupa peralatan rumah tangga.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan pengembangan pembuatan sistem monitoring daya.

2. Digunakan untuk monitoring penggunaan daya peralatan rumah tangga pada satu beban atau lebih.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian yang terkait dengan sistem monitoring daya listrik seperti yang dilakukan oleh Temy Nusa, UNSRAT dengan judul *Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler*. Penelitian ini bertujuan memonitoring daya yang digunakan dengan berbasis mikrokontroler dan sensor arus serta sensor tegangan. Dari hasil pengukuran arus listrik dengan alat yang telah dibuat terjadi error pada beban lampu LED sebesar 14,30%, dan juga pada beban lampu philips softone sebesar 5,73%. Dan cukup teliti saat beban resistif murni yaitu memiliki error lebih kecil dari 1% jika dibandingkan dengan multimeter krisbow KW06-276.[4]

Kemudian penelitian sejenis juga dilakukan oleh Elsa Alfiansyah, Universitas Indonesia yang berjudul *Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Fotovoltaik secara Real Time*. Penelitian ini bertujuan mengetahui dan memonitoring besar arus dan tegangan yang masuk pada fotovoltaik. Penelitian ini juga menggunakan sensor tegangan ACS712. Dari grafik yang didapat, diketahui bahwa tegangan maksimum yang diperoleh yaitu sekitar 202,79 V, dan arus maksimum 0,894.[5]

2.2 Dasar Teori

Berikut landasan teori yang digunakan dalam mendukung proses penyelesaian tugas akhir ini:

2.2.1 Karakteristik Sumber Listrik PLN

Sumber listrik PLN merupakan sumber energi listrik dengan arus bolak – balik atau *Alternating Current (AC)* yang dihasilkan dari generator AC, baik dari pembangkit Tenaga Diesel (PLTD) maupun dari Tenaga Air (PLTA) maupun dari pembangkit – pembangkit lainnya yang menghasilkan sumber listrik dengan arus bolak balik.

Tegangan dan Arus Boak – Balik

Sumber listrik AC menghasilkan tegangan serta polaritas yang selalu berubah – ubah dari polaritas positif ke negatif atau sebaliknya secara periodik terhadap fungsi waktu, dengan bentuk

gelombang sinus. Untuk sumber listrik dari PLN sendiri berupa gelombang sinus, sementara untuk gelombang square dan segitiga biasanya banyak digunakan pada inveter.

Tegangan dan Arus RMS

Tegangan dan arus AC biasanya dinyatakan dalam nilai RMS (*Root Mean Square*). RMS juga dikenal sebagai kuadrat rata – rata, yang pengukuran statistik besarnya suatu fungsi yang memiliki magnitudo yang berubah – ubah. Untuk menghitung perubahan tegangan dan arus secara sinusoidal dapat dihitung dengan persamaan 2-1.

$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} A \quad (2-1)$$

Dimana, A merupakan nilai amplitudo maksimum dari sinyal yang disampling.

Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu : daya aktif, daya reaktif, dan daya semu.

Daya Aktif / Nyata (active / Real Power)

Daya dengan satuan joule/detik atau watt disebut sebagai daya aktif. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dipakai oleh beban.[6]

Daya nyata dapat dihitung dengan persamaan 2-2.

$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi \quad (2-2)$$

P = Daya

V = Tegangan

I = Arus

Cos φ = Faktor Daya

Daya Reaktif (Reaktif Power)

Daya reaktif satuannya adalah VAR (*Voltampere Reaktif*). Daya reaktif juga dikenal sebagai daya yang tidak dihaburkan oleh beban atau dapat dipahami juga sebagai daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya. Persamaan daya reaktif dapat dilihat pada persamaan 2-3.

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\varphi \quad (2-3)$$

Q = Daya Reaktif

V = Tegangan

I = Arus

$\sin\phi$ = Faktor Daya

Daya Semu (Apparent Power)

Daya semu adalah hasil dari penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif yang memiliki lambang S. Dengan satuannya adalah VA (Voltampere). Persamaan daya semu dapat dilihat pada persamaan 2-4.

$$S = V.I \quad (2-4)$$

S = Daya Semu

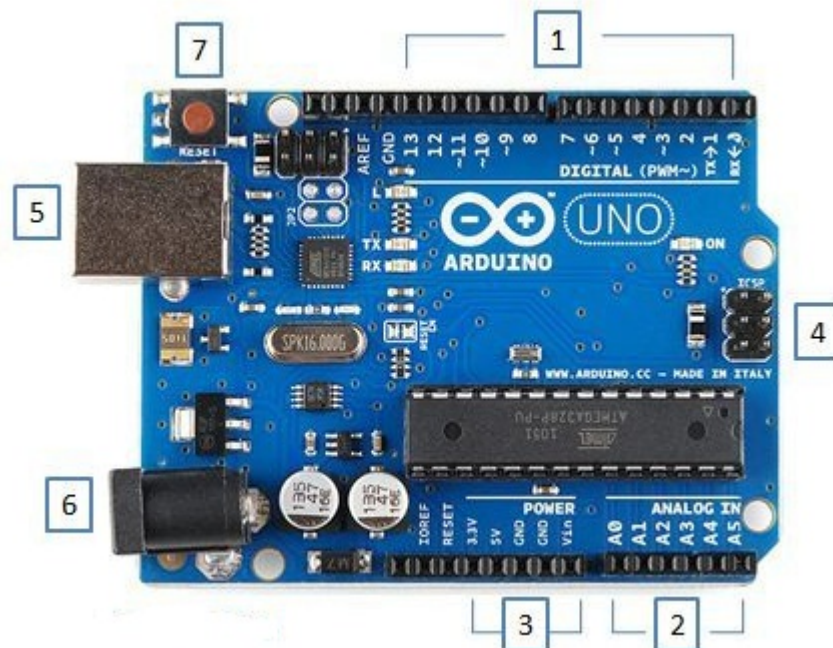
V = Tegangan

I = Arus

2.2.2 Arduino

Arduino merupakan papan elektronik open source dengan rangkaian sistem minimum mikrokontroler didalamnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah AVR produk dari Intel. Beberapa mikrokontroler yang sering digunakan adalah Atmega168, Atmega328, dan Atmega2560.[7]

Pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno yang memakai mikrokontroller ATmega 328. Berikut gambar arduino uno:

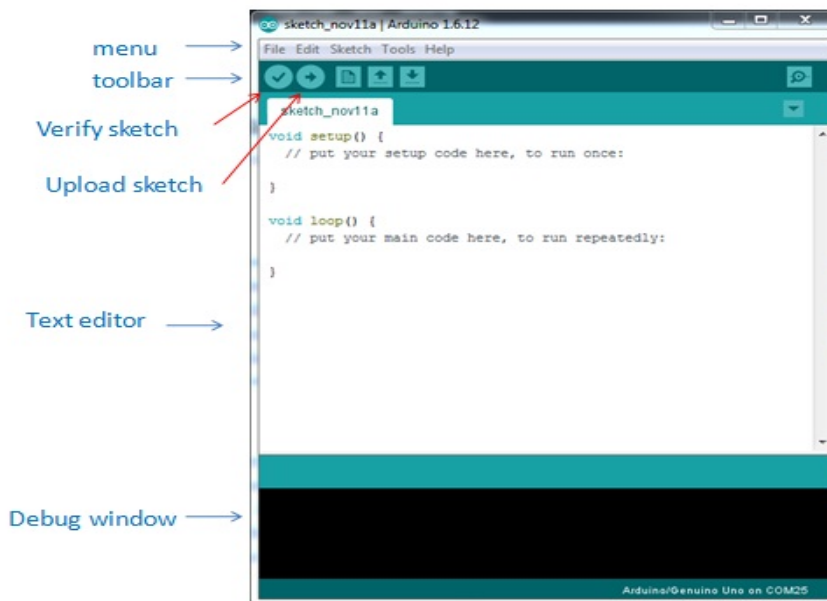


Gambar 2.1 Board Arduino Uno

Bagian – bagian dari arduino sebagai berikut :

- 1) Pin Digital
- 2) Pin Analog
- 3) Pin Power (5v, 3.3v, Ground, Vin, VREF/Tegangan referensi)
- 4) Port ICSP
- 5) Port USB
- 6) Soket Power
- 7) Tombol Reset

Dalam mengoperasikan arduino harus menggunakan software untuk memasukkan program, program yang digunakan pada arduino adalah bahasa C. Berikut fungsi dan penampakan software Arduino IDE:



Gambar 2.2 Software Arduino IDE

2.2.3 Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan trafo tegangan untuk menurunkan tegangan dari 220 ke 5 volt AC kemudian disearahkan dengan jembatan diode untuk mendapatkan tegangan DC, kemudian di filter menggunakan kapasitor dan masuk kerangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan. Tegangan yang dihasilkan tidak lebih dari 5 volt DC sebagai input ke mikrokontroler.[8]

2.2.4 Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 adalah sensor arus dengan memanfaatkan Hall effect. Cara kerja sensor ACS712 yaitu dengan membaca arus yang mengalir pada kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh Hall Effect IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Sensor ini untuk mengumpulkan informasi dari arus listrik yang mengalir dalam jaringan tenaga listrik, dan mikrokontroler untuk memonitor nilai yang dikumpulkan oleh sensor untuk membuat keputusan yang diperlukan sesuai pada sistem yang digunakan.[9]

Sensor ACS712 memiliki karakteristik sebagai berikut :

Tabel 2.1 Karakteristik Sensor ACS712

Karakteristik	Simbol	Rating maksimal
Tegangan Suplai	Vcc	8V
Output Tegangan	Vout	8V
Toleransi Arus Lebih	Ip	100A
Sensitivitas		Tipe 5 T = 185 mV/A Tipe 20 T = 100 mV/A Tipe 30 T = 66 mV/A

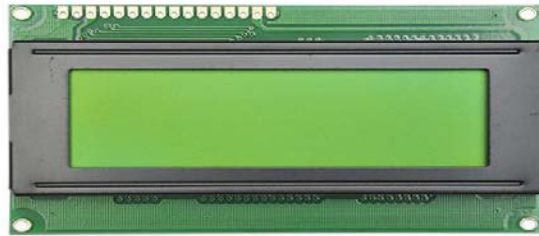
2.2.5 Kelas Ketelitian Alat Ukur

Salah satu sifat yang diperlukan alat ukur adalah ketelitian atau kecermatan. Menurut standar dalam buku pengukuran dan alat – alat ukur listrik, besar kecilnya ketelitian alat – alat ukur dibagi 3 yaitu:[10]

Alat cermat atau presisi	(<0.5%)
Alat Kerja	(± 1-2 %)
Alat Ukur Kasar	(> 3 %)

2.2.6 LCD 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) biasa dipakai untuk menampilkan teks. Salah satu bentuknya ditunjukkan di Gambar 2.3, yang dapat digunakan untuk menampilkan 20x4 karakter. Komponen ini memiliki 16 pin. Tabel 2.2 menunjukkan menunjukkan fungsi keenam belas pin LCD.[11]



Gambar 2.3 LCD Display 20x4

Tabel 2.2 Pin – pin LCD

No. Pin	Nama Pin	Keterangan
1	VSS	Dihubungkan ke <i>ground</i>
2	VDD	Catu daya positif
3	VO	Pengatur kontras. Potensiometer 10K Ω bisa digunakan untuk mengatur tingkat kontras
4	RS	Register Select : RS = <i>HIGH</i> untuk mengirim data RS = <i>LOW</i> untuk mengirim instruksi
5	R/W	Read / Write control bus R/W = <i>HIGH</i> untuk membaca data di LCD
6	E	Data Enable E = <i>HIGH</i> supaya LCD dapat diakses
7	DB0	Data
8	DB1	Data
9	DB2	Data
10	DB3	Data
11	DB4	Data
12	DB5	Data
13	DB6	Data
14	DB7	Data
15	BLA	Catu daya positif untuk layar
16	BLK	Catu daya negatif untuk layar

BAB 3

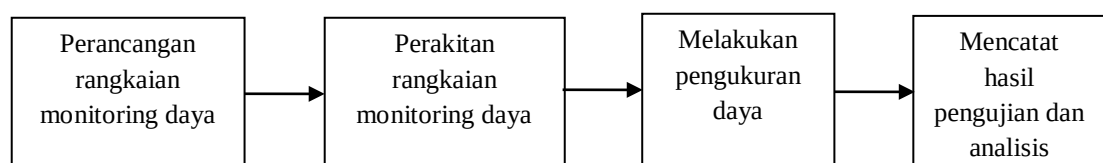
METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

1. Arduino uno
2. Sensor tegangan
3. Sensor arus
4. Transformator
5. Lcd 20x4
6. Modul sd card
7. Kabel
8. Multimeter
9. Pushbutton

3.2 Alur Penelitian

Untuk mendapatkan rancang bangun alat monitoring daya maka dibutuhkan perancangan, perakitan, pengukuran, dan pengujian. Berikut merukapakan alur penelitian yang penulis lakukan.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

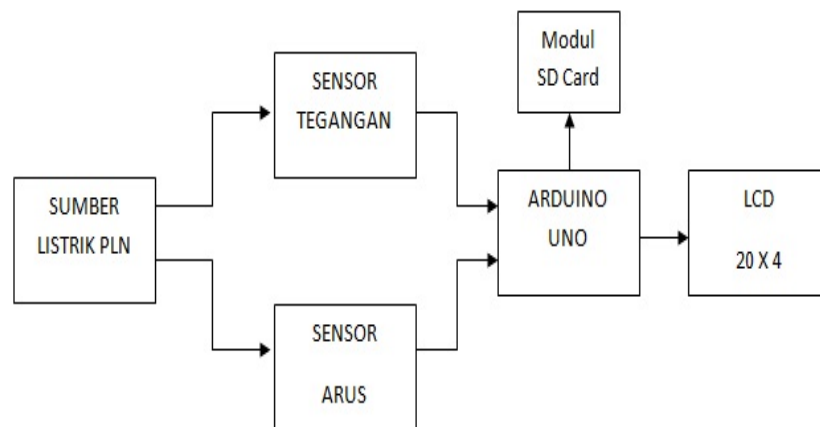
Diagram alur diatas menunjukkan garis besar alur penelitian yang akan penulis lakukan. Sebelum membuat rancang bangun alat monitoring daya maka perlu membuat perancangan rangkaian monitoring daya terlebih dahulu. Perancangan rangkaian mempermudah kita untuk mengetahui alat dan bahan yang kita butuhkan serta sistem yang ingin kita buat. Jika rancangan telah dibuat maka kita melakukan perakitan sesuai dari rancangan tersebut. Perakitan yang kita lakukan dapat diketahui apakah telah berjalan dengan baik dengan melakukan pengukuran dan pengujian.

3.3 Perancangan Sistem

Berikut beberapa perancangan sistem yang digunakan dalam mendukung proses penyelesaian tugas akhir ini:

3.3.1 Blok diagram sistem

Blok diagram dibutuhkan untuk mempermudah memahami alur kerja dari sistem yang dirancang. Blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini:

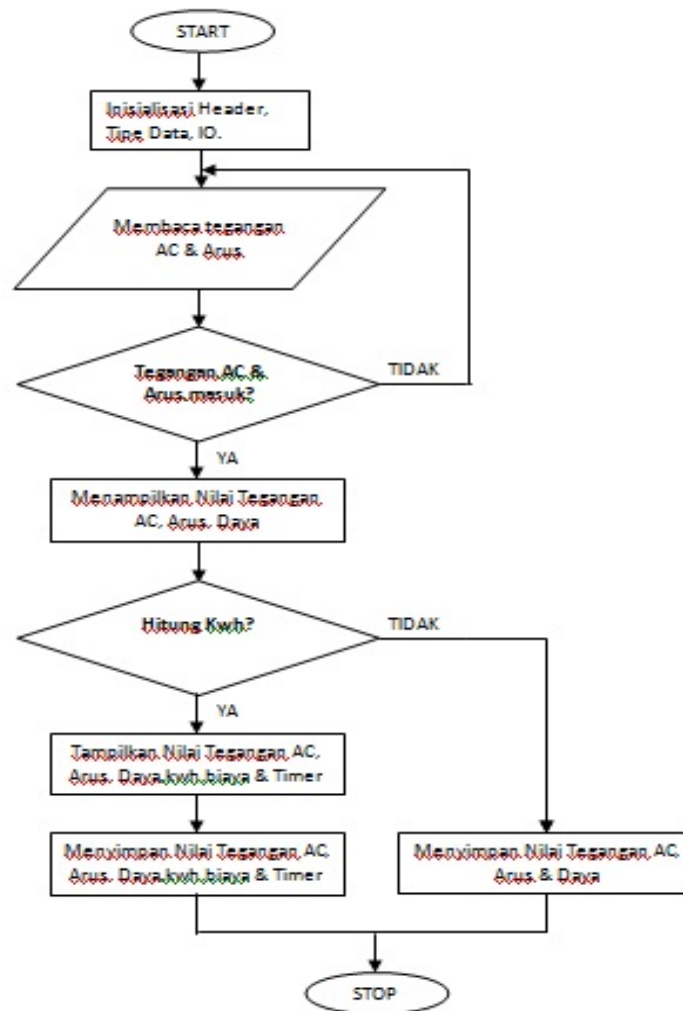


Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem

Cara kerja dari blok diagram diatas adalah Sensor tegangan dan arus mengambil data tegangan serta arus di dalam jaringan listrik dan dilakukan konversi secara hardware dan software (di dalam mikrokontroler Arduino Uno) sehingga menghasilkan pembacaan tegangan VAC dan Arus AC yang sesuai dengan standar alat ukur, dan ditampilkan pada layar LCD. Setelah data aktual didapatkan selanjutnya disimpan ke dalam memori mikro SD supaya dapat tersimpan.

3.3.2 Flowchart Sistem

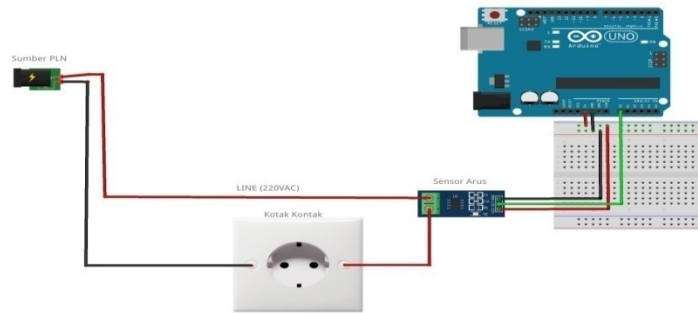
Flowchart sistem berfungsi untuk mempermudah memahami cara kerja program pada sistem yang dibuat. Flowchart sistem dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3. 3 Flowchart Sistem

3.3.3 Rangkaian Sensor Arus

Rangkaian sensor arus berfungsi untuk mendeteksi besar arus yang terdapat pada suatu jaringan. Rangkaian sensor arus dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

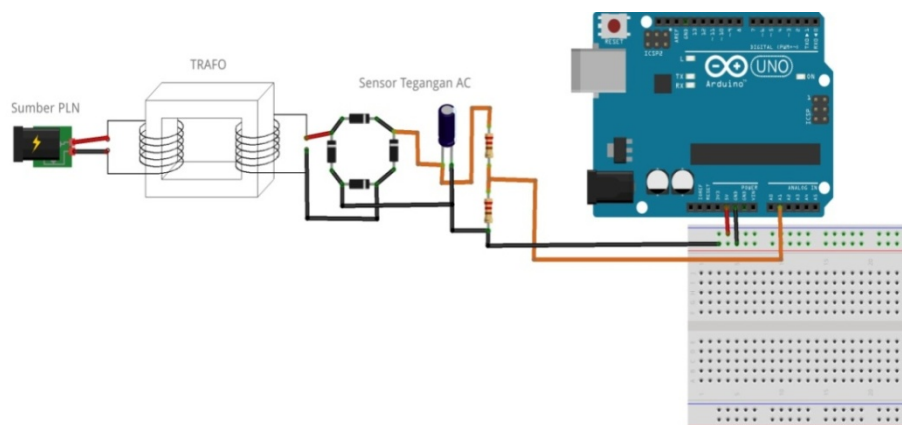


Gambar 3. 4 Rangkaian Sensor Arus

Pada gambar 3.4 diatas dapat dilihat sensor arus ACS712 memiliki 5 pin, 2 pin terhubung dengan sumber tegangan VAC dan 3 pin terhubung dengan arduino. Tiga pin sensor arus yang terhubung dengan arduino adalah pin Vcc, pin out, dan pin ground. Pin Vcc terhubung dengan pin +5V pada arduino, pin out terhubung dengan pin analog A0 pada arduino, dan pin ground sensor terhubung pada pin ground arduino.

3.3.4 Rangkaian Sensor Tegangan

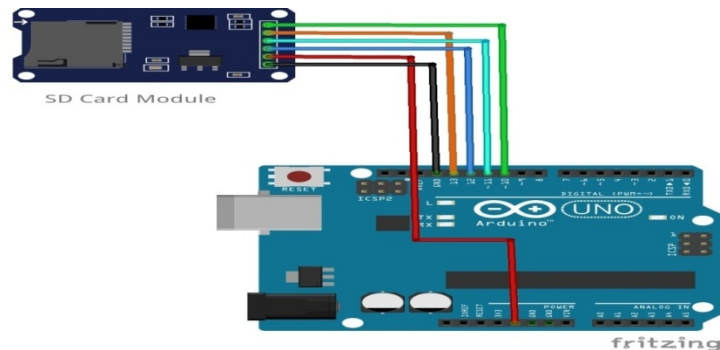
Rangkaian sensor tegangan ini berfungsi sebagai input tegangan yang akan diolah oleh arduino. Pada gambar 3.5 dapat dilihat keluaran dari sensor tegangan masuk ke pin analog A1 pada arduino.



Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Tegangan

3.3.5 Rangkaian Modul SD Card

Modul SD card ini menggunakan *Serial Peripheral Interface* (SPI) untuk berkomunikasi dengan arduino. Oleh karena itu, modul ini mempunyai pin – pin berikut: MOSI (master output, slave input), MISO (master input, slave output), SCK (serial clock), dan CS (chip select).

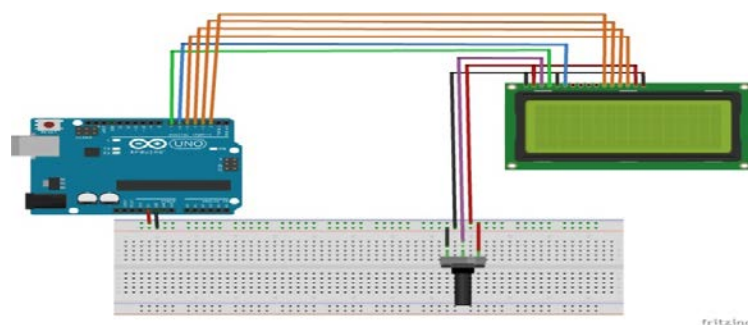


Gambar 3.6 Rangkaian Modul SD Card

Pada gambar 3.6 dapat dilihat pin – pin pada modul SD card yang terhubung pada pin – pin arduino. Terdapat 6 buah pin pada modul SD card, yaitu : CS, MISO, MOSI, SCK, + 5V, GND. Pin CS pada SD card terhubung pada pin 10 arduino, pin MISO terhubung pada pin 13 arduino, pin MOSI terhubung pada pin 11 arduino, pin SCK terhubung pada pin 12 arduino, pin +5V terhubung pada pin +5V arduino, dan pin ground pada modul SD card terhubung dengan pin ground arduino.

3.3.6 Rangkaian LCD 20x4

Untuk menampilkan hasil pengukuran dibutuhkan LCD20x4. Rangkaian LCD ini berfungsi sebagai penampil yang terhubung dengan arduino. Komponen ini memiliki 16 pin, yaitu: VSS, VDD, V0, RS, R/W, E, DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6, DB7, BLA, BLK.

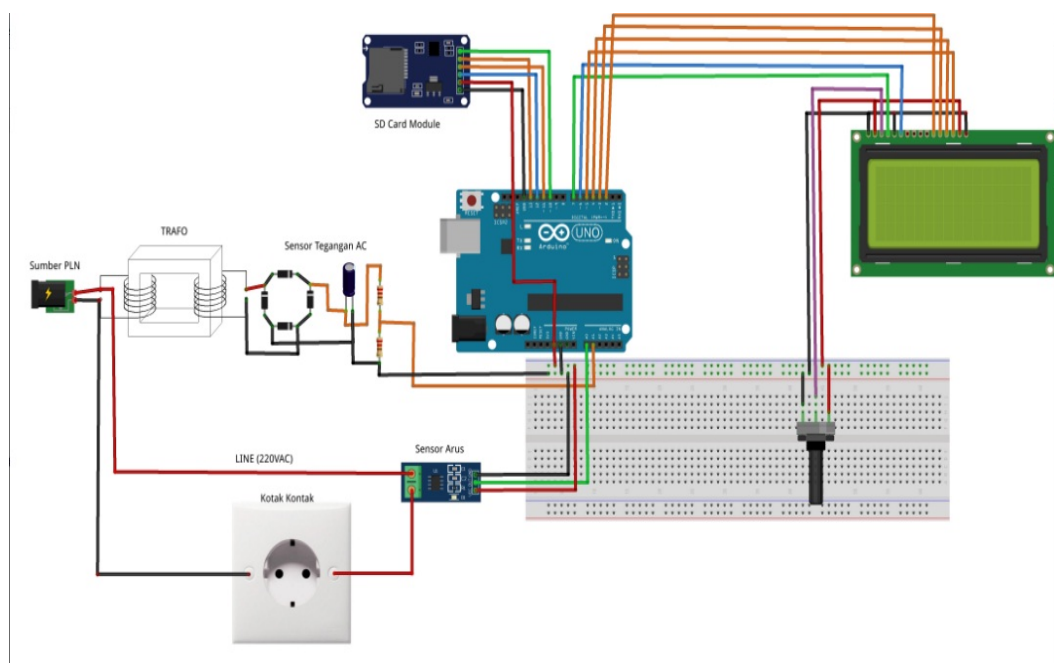


Gambar 3.7 Rangkaian LCD 20x4

Pada gambar 3.7 dapat dilihat pin – pin arduino yg terhubung dengan LCD 20x4 dan pin LCD 20x4 yang terhubung pada potensiometer. Pin arduino yang digunakan yaitu pin digital 2, 3, 4, 5, 6, 7. Pin digital 2 pada arduino terhubung dengan pin DB4 LCD, pin digital 3 arduino terhubung dengan pin DB5 LCD, pin digital 4 arduino terhubung dengan pin DB6 LCD, pin digital 5 arduino terhubung dengan pin DB7 LCD, pin digital 6 arduino terhubung dengan pin E LCD, dan pin digital 7 arduino terhubung dengan pin RS pada LCD. Terdapat juga pin – pin LCD yang terhubung pada kaki – kaki potensiometer, yaitu: pin A, pin K, pin RW, dan pin VSS.

3.3.7 Rangkain Alat Monitoring Daya

Pada gambar 3.8 merupakan rangkaian alat monitoring secara keseluruhan, pada gambar tersebut terdapat rangkaian sensor tegangan, sensor arus, modul sd card, dan LCD 20x4. Sensor tegangan terhubung dengan pin analog A1 pada arduino dan sensor arus terhubung dengan pin analog A0 arduino.



Gambar 3.8 Rangkain Alat Monitoring Daya lengkap

BAB 4

PENGUJIAN DAN HASIL

4.1 Pengujian Sensor Tegangan AC

Pengujian sensor tegangan AC dimaksudkan untuk memastikan bahwa sensor tersebut bekerja dengan baik dalam membaca tegangan AC yang diukur. Tegangan maksimum yang bisa masuk ke PIN ADC Arduino UNO adalah sekitar $5V_{DC}$. Sehingga tegangan dari PLN sebesar yaitu sekitar $220V_{AC}$ perlu dikondisikan dan diubah menjadi VDC sehingga dapat diproses oleh Arduino UNO.[8]

Berdasarkan hasil perancangan sensor tegangan pada Bab 3, dengan menggunakan nilai resistor sebesar 8.2k ohm dan R2 sebesar 5.6k ohm didapatkan V_{out} sebesar $2.03V_{DC}$. Nilai tegangan sebesar $2.03V_{DC}$ merupakan nilai aktual hasil perhitungan, namun dalam pengukuran menggunakan multimeter tegangan keluar dapat kurang atau lebih dari $2.03V_{DC}$ dikarenakan komponen resistor memiliki toleransi sebesar 5%.

Sensor tegangan AC mengeluarkan sinyal analog yang hasil pembacaan oleh sensor secara langsung diterima arduino melalui pin ADC (Analog Digital Converter), dimana dalam penelitian ini menggunakan pin A1 pada *board Arduino*. Adapun konfigurasi pin ADC di arduino melalui program dapat dilihat pada bab 3 perancangan.



Gambar 4.1 Perbandingan Pembacaan Alat vs Alat Ukur

Dalam gambar 4.1 terlihat bahwa pengujian sensor tegangan AC pada alat monitoring ini, dilakukan dengan membandingkan pengukuran tegangan antara yang terbaca oleh alat monitoring dibandingkan dengan pembacaan oleh voltmeter yang terstandar kalibrasi. Hasil yang didapatkan pada perbandingan pembacaan tegangan yang dilakukan oleh alat monitoring dengan voltmeter, dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengamatan Tegangan AC

No	Tegangan yang Diamati (V)		Error (%)
	Sensor AC	Voltmeter	
1.	219	220	0.45
2.	220	220	0
3.	221	219	0.9
4.	220	219	0.45
5.	215	215	0
6.	223	222	0.45
7.	221	221	0
8.	219	220	0.45
Error Rata-rata (%)			0.33

Data kesalahan atau error yang didapat dari pengamatan tabel 4.1, dilakukan perhitungan persentase kesalahan yang didapatkan, dengan perhitungan menggunakan persamaan (4-1 dan 4-2) sebagai berikut:

$$\%Kesalahan = \left| \frac{V_{out} \text{ Perhitungan} - V_{out} \text{ Pengukuran}}{V_{out} \text{ Perhitungan}} \right| \times 100\% \quad (4-1)$$

$$\%Kesalahan \text{ rata - rata} = \frac{\Sigma \%Kesalahan}{n} \quad (4-2)$$

Dimana n merupakan banyaknya pengujian yang dilakukan, Perhitungan persentase kesalahan pembacaan tegangan (% error) terhadap hasil pengukuran voltmeter sebagai berikut:

$$\%Kesalahan = \left| \frac{220 - 219}{220} \right| \times 100\% = 0.0045 = 0.45\%$$

Terdapatnya sebuah persentase kesalahan dapat diakibatkan resolusi pembacaan antara sensor tegangan AC dengan alat ukur yang berbeda, dan dapat juga disebabkan ketidakstabilan tegangan saat proses pengukuran sehingga terdapat selisih pembacaan yang masih dalam tahap wajar. Persentase kesalahan dalam mengukur tegangan pada alat monitoring ini sebesar 0.45% dan dapat dikategorikan sebagai alat ukur cermat atau presisi.[10]

4.2 Pengujian Sensor Arus ACS-712

Pengujian sensor arus ACS712 untuk mendapatkan nilai arus efektif atau arus RMS (root mean square). Data keluaran pada sensor ACS712 akan diambil secara berkala atau sampling dan diolah untuk nantinya dikalibrasi dengan pembacaan arus pada tang meter. Untuk mencari nilai arus efektif pada percobaan ini menggunakan persamaan (4-3) pada sensor tegangan AC untuk mendapatkan data sampling yang halus.

$$Y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i^N (x_i)^2} \quad (4-3)$$

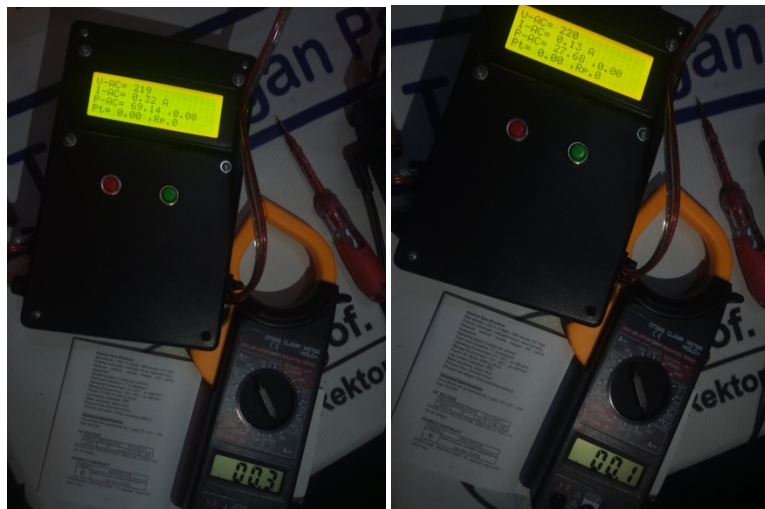
Dimana:

Y = Nilai data efektif

N = Banyaknya data pengukuran

x = Data pengukuran

Persamaan (4-3) digunakan untuk melakukan perhitungan terhadap sampling yang dilakukan sebanyak 500 kali atau dalam waktu 0.5 detik. Maka data ADC sensor arus selama 0.5 detik akan dibaca dan ADC tersebut dikonversikan kedalam pembacaan tegangan DC. Sensor arus ACS712 mengeluarkan sinyal analog hasil pembacaan oleh sensor secara langsung dan diterima arduino melalui pin ADC (Analog Digital Converter) A0. Selanjutnya dilakukan konversi dari tegangan DC pada sensor arus menjadi arus AC yang sesuai dengan Amperemeter yang terstandar kalibrasi seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perbandingan Pembacaan Arus Alat vs Amperemeter

Alat monitoring ini menghasilkan pembacaan arus aktual dari beban yang terdeteksi pada jaringan PLN dalam lingkup area rumah tangga. Untuk mengetahui karakteristik pembacaan nilai arus yang terbaca pada alat monitoring, maka dilakukan perbandingan dengan pembacaan nilai arus yang terbaca oleh Amperemeter sesuai standar kalibrasi.

Berikut adalah hasil pengujian dari pembacaan sensor arus alat monitoring menggunakan ACS712 dengan menggunakan beban yang berbeda-beda. Pembacaan sensor dibandingkan dengan alat ukur Amperemeter yang terstandar kalibrasi untuk dilihat seberapa besar penyimpangan pembacaan arus yang dilakukan oleh alat monitoring tersebut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor ACS712

No	Beban	Data Arus Teramati (A)		Error
		ACS712	Amperemeter	
1	Tanpa Beban	0.04	0.00	0.04
2	Solder	0.07	0.06	0.01
3	TV 14"	0.20	0.16	0.04
4	Dispenser	1.25	1.21	0.04
5	TV Led 32"	0.20	0.17	0.03
6	Lampu bohlam	0.33	0.31	0.02
7	Kulkas	0.53	0.50	0.03
Error Rata-rata				0.03

Tabel 4.3 merupakan hasil dari pengujian sensor arus pada alat monitoring menggunakan sensor ACS 712 dengan beberapa beban, yang dibandingkan dengan pembacaan arus dari Amperemeter yang terstandar kalibrasi. Berdasarkan dari hasil perhitungan *error* dengan menggunakan persamaan (4-1) dan (4-2), sensor bekerja dengan baik dan dihasilkan nilai rata – rata *error* sebesar 3%. Dari hasil *error* alat monitoring dalam membaca arus AC beban yang didapatkan (berdasarkan tabel 4.3 dan perhitungan kesalahan/*error*), maka alat monitoring ini dalam mengukur arus AC, termasuk dalam standar golongan alat ukur kasa dengan kesalahan *error* 3%.[10]

Hasil pembacaan sensor diatas masih terdapat penyimpangan pembacaan dari sensor arus ACS712, hal ini dapat disebabkan dari terbatasnya sensitifitas atau resolusi pembacaan dari sensor ataupun dari alat ukur yang digunakan.

4.3 Pengujian Monitoring Daya, KWh, dan Estimasi Biaya

Setelah dilakukan pengujian pembacaan nilai tegangan dan arus beban oleh alat monitoring. Pengujian selanjutnya dilakukan uji monitoring konsumsi daya, kWh, dan estimasi biaya, yang dikonsumsi oleh beban peralatan rumah tangga yang dipantau dengan alat monitoring ini seperti pada gambar 4.3.

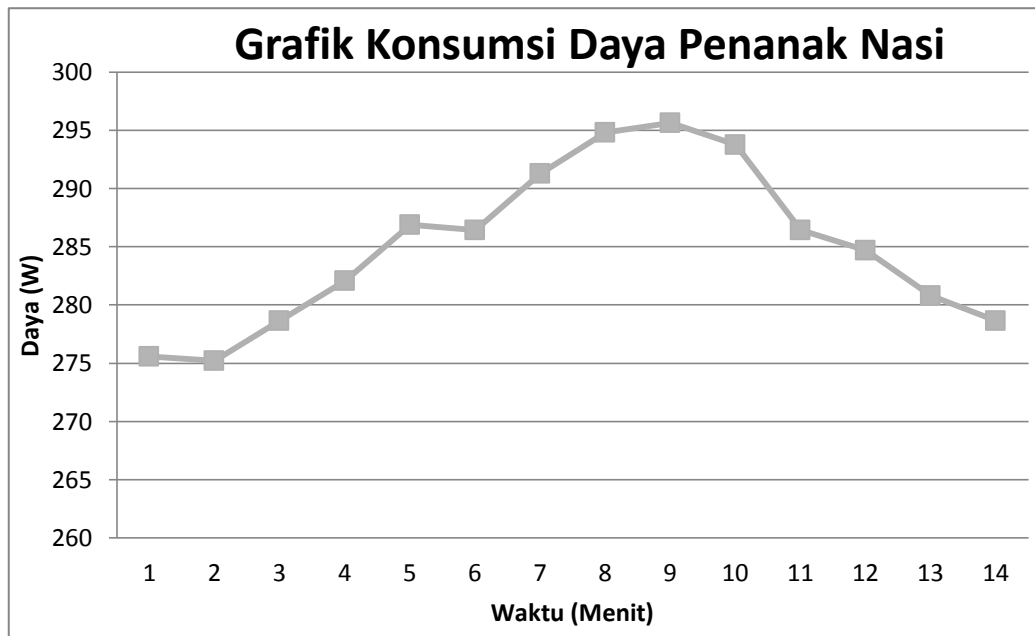


Gambar 4.3 Monitoring Daya, KWh, dan Estimasi Biaya

Tujuan dari pengujian alat monitoring pada sub bab ini adalah, apakah alat monitoring yang telah dibangun mampu mendeteksi konsumsi daya beban rumah tangga, dengan karakteristik konsumsi daya yang statis maupun dinamis. Beberapa beban yang menjadi bahan uji alat monitoring ini seperti penanak nasi yang mempunyai konsumsi daya secara dinamis, kulkas dengan konsumsi daya statis, dan sebagainya yang akan dijabarkan pada grafik dan tabel dibawah ini.

4.3.1 Pengujian Monitoring Daya

Pada pengujian monitoring daya ini, menggunakan beban rumah tangga yang dinamis, yaitu penanak nasi (*ricecooker*). Adapun hasil monitoring daya pada beban ini dapat dilihat pada grafik konsumsi daya (Grafik 4.1) hasil pemantauan menggunakan alat monitoring ini.

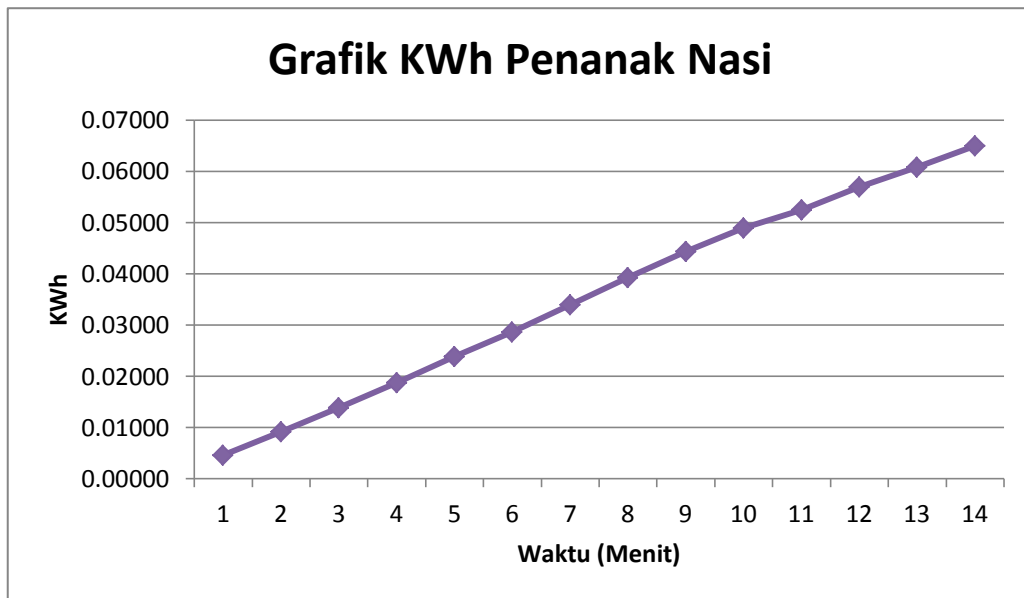


Grafik 4.1 Konsumsi Daya Penanak Nasi vs Waktu

Pada grafik 4.1 terlihat bahwa alat monitoring ini mampu memantau konsumsi daya oleh penanak nasi yang sifatnya dinamis. Dalam pengujian ini, penanak nasi menyala dan digunakan untuk memasak beras hingga menjadi nasi. Dikarenakan lamanya waktu dalam memasak nasi oleh alat ini, maka dilakukan pengambilan sampel konsumsi daya puncaknya saja, dalam hal ini nasi setengah jadi, hingga menjadi nasi sempurna. Alat monitoring ini memantau konsumsi daya oleh beban, mula-mula pada menit ke 1 dengan konsumsi daya sebesar 275.59W, dan terus meningkat hingga terjadi konsumsi daya puncak oleh penanak nasi pada menit ke 9 dengan besar daya 295.65W, hingga akhirnya konsumsi beban berkurang pada menit ke 10 hingga 14 karena penanak nasi telah selesai memasak beras hingga menjadi nasi, dan berubah fungsi menjadi penghangat nasi.

4.3.2 Pengujian Monitoring kWh

Pengujian Monitoring kWh pada alat monitoring ini menggunakan beban yang sama yaitu penanak nasi. Monitoring kWh ini bertujuan untuk dapat menentukan estimasi biaya dari konsumsi daya yang digunakan pada pelayanan rumah tangga. Adapun bentuk pengujian monitoring kWh menggunakan penanak nasi ini sama seperti pengujian monitoring daya. Dalam pengujian ini, penanak nasi menyala dan digunakan untuk memasak beras hingga menjadi nasi.



Grafik 4.2 kWh vs Waktu

Pengamatan ini dilakukan dalam satuan menit agar mudah diamati, tetapi kWh dalam perancangan monitoring ini didasarkan pada satuan jam agar tetap sesuai dengan standar yang berlaku. Grafik 4.2 menyatakan bahwa terjadi peningkatan nilai kWh seiring berjalannya waktu. Hal ini terjadi karena konsumsi daya yang dilakukan oleh penanak nasi dilakukan secara terus-menerus dengan sifat konsumsi daya yang dinamis seperti pada grafik 4.1.

Dengan adanya Grafik 4.1 ini, menjadi penanda bahwa alat monitoring dapat memantau kWh beban dengan cara terus-menerus, dengan tujuan untuk mempermudah menentukan estimasi biaya. Selama adanya konsumsi daya pada beban peralatan rumah tangga, maka alat monitoring ini akan mencatat besarnya nilai kWh.

4.3.3 Pengujian Monitoring Estimasi Biaya

Alat monitoring ini terdapat fasilitas untuk mengetahui estimasi biaya yang harus dibayarkan kepada penyelenggara listrik negara terhadap konsumsi daya yang dilakukan oleh peralatan rumah tangga. Agar sesuai dengan standar yang berlaku, maka alat monitoring ini menggunakan tarif standar yang diterapkan pada pengguna listrik dalam taraf rumah tangga.[12]

Penggunaan dan pembayaran tarif konsumsi daya dilakukan dengan cara pembagian besarnya kWh dengan standar tarif yang telah ditetapkan. Dalam pengujian ini dilakukan perhitungan estimasi biaya konsumsi daya oleh beberapa beban peralatan rumah tangga. Adapun diantaranya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.3 Estimasi Tarif Penggunaan Konsumsi Daya

BEBAN	Menit Ke-													
	1		2		3		4		5		6		7	
	kWh	Tarif (Rp)	kWh	Tarif (Rp)	kWh	Tarif (Rp)	kWh	Tarif (Rp)	kWh	Tarif (Rp)	kWh	Tarif (Rp)	kWh	Tarif (Rp)
Kipas	0,000476	0,70	0,00091	1,35	0,00150	2,20	0,00227	3,33	0,00244	3,59	0	0,00	0	0,00
Kulkas	0,001968	2,89	0,00377	5,53	0,00584	8,57	0,00752	11,05	0,00970	14,24	0,0113	16,72	0,0135	19,93
<i>Ricecooker</i>	0,004478	6,57	0,00907	13,32	0,01373	20,16	0,01821	26,74	0,02323	34,11	0,027	40,49	0,032	47,36
Setrika	0,004748	6,97	0,009496	13,94	0,014244	20,91	0,01474	27,88	0,02374	34,85	0	0,00	0	0,00

Beban yang mengkonsumsi daya besar maka akan menghasilkan kWh yang sebanding lurus dengan tarif yang harus dibayarkan oleh pelanggan. Penggunaan peralatan rumah tangga yang hemat energi akan memperkecil besarnya biaya yang harus dikeluarkan. Dalam tabel 4.3 terlihat bahwa setrika dan *ricecooker* tercatat oleh alat monitoring mengkonsumsi daya yang lebih besar dibandingkan dengan peralatan rumah tangga lainnya.

Dari percobaan pada tabel 4.3 membuktikan bahwa alat monitoring yang telah dirancang dan dibangun mampu mencatat besarnya kWh yang digunakan, serta mampu menghitung estimasi biaya yang harus dikeluarkan karena penggunaan daya pada peralatan yang telah/sedang dipantau menggunakan alat monitoring ini. Perlu diperhatikan bahwa kestabilan dalam memprediksi biaya atau tarif konsumsi daya ini juga dapat dipengaruhi oleh naik dan turunnya tegangan jaringan listrik yang digunakan oleh peralatan listrik tersebut. Hal ini dikarenakan sensor arus dan tegangan terdapat ketidakpastian (*error* pengukuran) yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya.

BAB 5

PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Setelah melalui tahap perancangan, pengujian dan pembahasan hasil pengujian secara keseluruhan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan alat Monitoring Beban berjalan dan bekerja dengan baik dan dapat menjalankan instruksi yang telah diprogramkan.
2. Sensor tegangan AC bekerja dengan baik dalam membaca tegangan AC dari PLN. Error pembacaan sensor AC berkisar 0.33% yang masih dalam tahap baik.
3. Modul ACS712 efektif membaca arus beban yang digunakan dengan maksimal pembacaan sebesar 5A dan memiliki sensitifitas sebesar 0.185mV/A. Pada pengujian yang telah dilakukan sensor ini masih memiliki penyimpangan pembacaan data atau error arus sebesar 3%.
4. Pada monitoring penggunaan daya dan estimasi biaya peralatan listrik didapat penggunaan setrika memiliki konsumsi daya paling boros sebesar 284 Watt dan estimasi biaya sebesar Rp 34,85.

1.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut guna meningkatkan kemampuan alat tersebut dengan mempertimbangkan saran-saran berikut:

1. Pembacaan sensor Tegangan AC dapat menggunakan sensor berbentuk modul seri ZMPT101B agar didapatkan hasil yang lebih baik dan error yang kecil.
2. Untuk mendapatkan tingkat pembacaan arus yang presisi, diperlukan jenis sensor arus yang lebih baik dalam hal resolusi pembacaan hingga sensitifitas pembacaan arusnya untuk mengurangi tingkat penyimpangan atau error dari pembacaan arus.
3. Dapat ditambah dengan sistem datalogger yang terhubung ke PC (Personal Computer) untuk dapat mengamati perubahan tegangan dan arus yang terjadi secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://www.liputan6.com/bisnis/read/2937331/tarif-listrik-pelanggan-900-v-golongan-mampu-kembali-naik-di-mei>. [Accessed: 05-May-2018].
- [2] <http://www.bstg.co.id/blog/mengukur-dan-mengelola-new-monitoring-dan-power-monitoring/>. [Accessed: 10-May-2018].
- [3] I. Anggraeni and M. Murti, "SENSOR ARUS BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 8535," 2010.
- [4] T. Nusa, S. R. U. A. Sompie, and E. M. Rumbayan, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler," *Tek. Elektro dan Komputrer*, vol. 4, no. 5, pp. 19–26, 2015.
- [5] E. Alfiansyah, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Fotovoltaik Secara Real Time," 2009.
- [6] C. Cekdin and T. Barlian, *Tranmisi Daya Listrik*. Yogyakarta: Andi, 2013.
- [7] B. Stewart, *Adventures in Arduino*. united kingdom: John Wiley and Sons,Ltd, 2015.
- [8] A. Fitriandi, E. Komalasari, and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 87–98, 2016.
- [9] P. Sciencedirect, "ScienceDirect ScienceDirect Faults Monitoring System in the Electric Power Grid of Medium Faults Monitoring System in the Electric Power Grid of Medium Voltage Voltage," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 130, pp. 696–703, 2018.
- [10] S. Sapiie and O. Nishino, *Pengukuran dan alat ukur listrik*. Jakarta: Pradya paramita, 1994.
- [11] A. Kadir, *From Zero to A Pro Arduino*. Yogyakarta: ANDI, 2015.
- [12] <https://infopln.com/2017/09/05/tarif-dasar-listrik-juli-september-2017/>. [Accessed: 02-Sep-2018].