

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Hasanul Arifin
NPM : 1907220042
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Alat Monitoring Penggunaan Arus Dan Daya
Pada Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Arduino
Nano
Bidang ilmu : Sistem Kendali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 April 2024

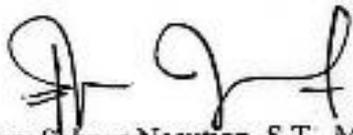
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembanding I/ Penguji



Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

Dosen Pembanding II/ Penguji



Partaon Harahap, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Hasanul Arifin
Tempat /Tanggal Lahir : Padang Sidempuan/ 26 Agustus2001
NPM : 1907220042
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perancangan Alat Monitoring Penggunaan Arus Dan Daya Pada Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 30 April 2024

Saya yang menyatakan,



Hasanul Arifin

LEMBAR PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa skripsi yang berjudul di bawah ini:

Perancangan Alat Monitoring Penggunaan Arus Dan Daya Pada Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano

Ditulis oleh Mahasiswa/i yang bernama:

Hasanul Arifin (NPM: 1907220042)

untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-1, adalah benar merupakan sebagian hasil dari penelitian Dosen yang melibatkan Mahasiswa/i (Pihak ke-1) di bawah ini:

Judul penelitian : Perancangan Alat Monitoring Penggunaan Arus Dan Daya Pada Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano

Nama dosen : Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T (NIDN: 0130118101)

Jenis penelitian : Dikti; UMSU; Mandiri; Hibah lainnya. (coret yang tidak perlu)

Nomor kontrak : (tidak diisi untuk Penelitian Mandiri)

untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-2.

Untuk itu Pihak ke-2 berhak mempublikasikan isi Skripsi seluruhnya tanpa harus meminta izin dari Pihak ke-1. Sedangkan Pihak ke-1 wajib meminta izin terlebih dahulu kepada Pihak ke-2 bila ingin mempublikasikan isi Skripsi ini.

Demikian Surat Pernyataan dan Persetujuan ini dibuat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Medan, 30 April 2024

Yang membuat pernyataan dan persetujuan:

Pihak ke-2

Pihak ke-1



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T)
NIDN: 0130118101



(Hasanul Arifin)
NPM: 1907220042

Diketahui oleh:

Ketua Program Studi Teknik Elektro



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T)
NIDN: 0130118101

ABSTRAK

Listrik merupakan kebutuhan wajib bagi manusia saat ini. Semua peralatan sebagian besar memakai listrik sebagai energinya. Pemakaian daya listrik yang tidak terkontrol akan menyebabkan padam karena MCB nya TRIP, sehingga mempercepat kerusakan perangkat elektronik rumah tangga. Maka dalam menghadapi masalah seperti ini dilakukan perancangan sistem monitoring penggunaan arus dan daya listrik pada beban perangkat elektronik. Penelitian ini bertujuan merancang alat yang dapat mencegah MCB TRIP karena penggunaan daya listrik rumah tangga melewati batas maksimum. Perancangan dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Nano sebagai pengendali keseluruhan sistem, sensor pzem-004T sebagai pembaca arus dan tegangan AC yang suplai PLN, *buzzer* dan *speaker* sebagai sistem alarm, LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai media penampil nilai tegangan, arus, faktor daya dan daya listrik. Pengujian alat monitoring dilakukan pada pengukuran tegangan, arus, faktor daya, dan daya dengan membandingkan alat yang telah dirancang dengan alat yang terstandarisasi terhadap 9 jenis beban rumah tangga. Hasil pengujian yang telah dilakukan untuk tegangan memiliki rata-rata *error* 0,00045 dengan persentase *error* 0,05% dan tingkat akurasi sebesar 99,95%. Pada pengujian pengukuran arus memiliki rata-rata *error* 0,0214 dengan persentase *error* 2,14% dan tingkat akurasi sebesar 91,90%. Pada pengujian pengukuran faktor daya memiliki rata-rata *error* 0,0175 dengan persentase *error* 1,75% dan tingkat akurasi sebesar 95,85%. Pada pengujian pengukuran daya memiliki rata-rata *error* 0,0102 dengan persentase *error* 1,02% dan tingkat akurasi sebesar 99,06%. Pada pengujian Sistem alarm *buzzer* berbunyi untuk memberi peringatan pada saat kondisi daya 806 watt dan *speaker* berbunyi memberi peringatan pada saat kondisi daya 842 watt.

Kata Kunci : Monitoring, Mikrokontroler Arduino Nano, Arus, Daya

ABSTRACT

Electricity is a mandatory need for humans today. All appliances mostly use electricity as energy. Uncontrolled consumption of electrical power will cause outages because the MCB is TRIP, thus accelerating damage to household electronic devices. So in dealing with problems like this, a monitoring system for the use of current and electrical power on electronic device loads is carried out. This study aims to design a tool that can prevent MCB TRIP because household electricity usage exceeds the maximum limit. The design is carried out using the Arduino Nano microcontroller as the overall system controller, the pzem-004T sensor as an AC current and voltage reader that supplies PLN, buzzer and speaker as an alarm system, LCD (Liquid Crystal Display) as a media for displaying voltage values, current, power factor and electrical power. Monitoring equipment tests are carried out on voltage, current, power factor, and power measurements by comparing tools that have been designed with tools that are standardized against 9 types of household loads. The test results that have been carried out for voltage have an average error of 0.00045 with an error percentage of 0.05% and an accuracy rate of 99.95%. In the current measurement test, it has an average error of 0,0214 with an error percentage of 2.14% and an accuracy rate of 91.90%. In the power factor measurement test, it has an average error of 0.0175 with an error percentage of 1.75% and an accuracy rate of 95.85%. In the power measurement test, it has an average error of 0.0102 with an error percentage of 1.02% and an accuracy rate of 99.06%. In the test system, the buzzer alarm sounded to warn when the power condition was 806 watts and the speaker sounded to warn when the power condition was 842 watts.

Keywords : *Monitoring, Microcontroller Arduino Nano, Current, Power*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Perancangan Alat Monitoring Penggunaan Arus Dan Daya Pada Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibunda (Lisnawati Parinduri) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ade Faisal, ST, M.Sc, Ph.d selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sekaligus selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir.
7. Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T, M.Pd, selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektro kepada penulis.
9. Segenap kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2019 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa.
10. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 12 Juni 2023

Hasanul Arifin

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Pemantauan (<i>Monitoring</i>).....	5
2.3 Arus Listrik.....	5
2.4 Tegangan Listrik.....	6
2.5 Daya Listrik	7
2.5.1 Daya Aktif.....	7
2.5.2 Daya Reaktif.....	8
2.5.3 Daya Semu	9
2.6 Faktor Daya	9
2.7 Jenis-Jenis Beban Listrik.....	11
2.8 Mikrokontroler	13
2.9 Arduino.....	13
2.9.1 Arduino Nano.....	14
2.9.2 Arduino Uno.....	18
2.9.3 Arduino Mega	20
2.10 Sensor ACS712	22
2.11 Sensor ZMPT101B.....	23
2.12 Module PZEM 004-T	25
2.13 Sensor PZEM-017	27
2.14 PZCT-02	29
2.15 Karakteristik Sensor	30

2.15.1	Akurasi	30
2.15.2	Sensitivitas	30
2.15.3	Linearitas.....	30
2.15.4	Resolusi.....	31
2.16	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	31
2.17	Arduino Ide.....	31
2.18	Kapasitor.....	33
2.19	Resistor.....	34
2.20	Module DF Player Mini.....	35
2.21	Module I2C.....	36
2.22	Module ADS1115.....	36
2.23	SD Card	36
2.24	<i>Speaker</i>	37
2.25	<i>Power Supply</i>	38
2.25.1	Baterai	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		40
3.1	Tempat dan Jadwal Penelitian	40
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	40
3.2.1	Alat Penelitian.....	40
3.2.2	Bahan Penelitian.....	40
3.3	Wiring Diagram.....	41
3.4	Prosedur Penelitian.....	42
3.5	Diagram Alir.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		50
4.1	Pengujian Arduino Nano dengan LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	50
4.2	Pengujian Sensor Pzem 004-T.....	52
4.3	Pengujian <i>Speaker</i> Dan <i>Buzzer</i>	53
4.4	Pengujian Alat Secara Keseluruhan	55
4.5	<i>Source Code</i>	57
4.6	Pengujian Pengukuran.....	57
4.6.1	Pengujian Pengukuran Tegangan.....	58
4.6.2	Pengujian Pengukuran Arus	63
4.6.3	Pengujian Pengukuran Faktor Daya.....	68
4.6.4	Pengujian Pengukuran Daya	73
4.7	Pengujian Sistem Alarm	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		81

5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran.....	81
	DAFTAR PUSTAKA	82
	LAMPIRAN.....	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arus sephasa dengan tegangan.....	10
Gambar 2. 2 Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut.....	10
Gambar 2. 3 Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut phi	11
Gambar 2. 4 Arus dan Tegangan pada beban resistif.....	11
Gambar 2. 5 Rangkaian listrik AC dengan beban induktif	12
Gambar 2. 6 Rangkaian listrik AC dengan beban kapasitif	13
Gambar 2. 7 Arduino nano.....	14
Gambar 2. 8 Konfigurasi pin arduino nano.....	17
Gambar 2. 9 Bentuk fisik Arduino Uno	19
Gambar 2. 10 Arduino Mega	21
Gambar 2. 11 Sensor arus ACS 712.....	22
Gambar 2. 12 Sensor ZMPT101B.....	24
Gambar 2. 13 Module PZEM 004-T	26
Gambar 2. 14 Notasi TTL Serial PZEM-004T	26
Gambar 2. 15 Sensor PZEM-017	28
Gambar 2. 16 Sensor PZCT-02.....	29
Gambar 2. 17 LCD 20x4 karakter.....	31
Gambar 2. 18 Tampilan <i>sketch</i> arduino ide	33
Gambar 2. 19 Kapasitor	34
Gambar 2. 20 Resistor.....	34
Gambar 2. 21 Modul DF Player Mini dan Pin DF Player Mini.....	36
Gambar 2. 22 Module ADS1115	36
Gambar 2. 23 SD Card	37
Gambar 2. 24 Speaker.....	37
Gambar 2. 25 Baterai Li-ion 18650	39
Gambar 3. 1 Wiring Diagram Keseluruhan Alat Monitoring	41
Gambar 3. 3 Diagram Alir Sistem.....	42
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem	43
Gambar 3. 4 Diagram Alir	48
Gambar 4. 1 <i>Code</i> Pengujian Arduino Nano dengan LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	50
Gambar 4. 2 Proses <i>Uploading</i> Program Dari Komputer Ke Arduino	51
Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Arduino Nano Dengan LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	51
Gambar 4. 4 <i>Code</i> Pengujian Sensor Pzem 004-T Dengan LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	52
Gambar 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Pzem 004-T.....	53
Gambar 4. 6 <i>Code</i> Pengujian <i>Speaker</i> dan <i>Buzzer</i>	54
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian <i>Speaker</i> Dan <i>Buzzer</i>	55
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan.....	56
Gambar 4. 9 <i>Code</i> Program Arduino	57
Gambar 4. 10 Perbandingan Pengukuran Tegangan Pada Alat Dengan Alat Ukur	58
Gambar 4. 11 Grafik Persentase <i>Error</i> Pengukuran Tegangan Alat Monitoring .	61
Gambar 4. 12 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Tegangan Alat Monitoring	62

Gambar 4. 13 Perbandingan Pengukuran Arus Alat Monitoring Dengan Alat Ukur Standarisasi	63
Gambar 4. 14 Grafik Persentase <i>Error</i> Pengukuran Arus Alat Monitoring	66
Gambar 4. 15 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Arus Alat Monitoring	67
Gambar 4. 16 Perbandingan Pengukuran Faktor Daya Alat Monitoring Dengan Alat Ukur.....	68
Gambar 4. 17 Grafik Persentase <i>Error</i> Pengukuran Arus Alat Monitoring	71
Gambar 4. 18 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Faktor Daya Alat Monitoring	72
Gambar 4. 19 Perbandingan Pengukuran Daya Alat Dengan Alat Ukur	73
Gambar 4. 20 Grafik Persentase <i>Error</i> Pembacaan Daya Alat Monitoring.....	76
Gambar 4. 21 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Daya Alat Monitoring	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Nano	14
Tabel 2. 2 Data teknis Arduino Uno	20
Tabel 2. 3 Data teknis Arduino Mega	21
Tabel 2. 4 Fungsi kaki Sencor ACS712	23
Tabel 2. 5 Spesifikasi ZMPT101B.....	24
Tabel 2. 6 Parameter Sensor PZCT-02	30
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan	59
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pengukuran Arus	64
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Pengukuran Faktor Daya	69
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Pengukuran Daya.....	74
Tabel 4. 5 Pengujian Sistem Alarm.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan wajib bagi manusia saat ini. Semua peralatan sebagian besar memakai listrik sebagai energinya. Kebutuhan akan listrik dari tahun ke tahun semakin besar, hal ini dikarenakan produsen juga semakin gencar memproduksi berbagai macam peralatan yang fungsinya beragam untuk membantu dan memenuhi kebutuhan manusia, mulai alat-alat elektronik rumah tangga, alat-alat kantor, industri, peralatan olah raga, serta peralatan yang lebih privasi lagi seperti smartphone dan lain sebagainya. (Pangestu et al., 2019).

Perkembangan industri teknologi saat ini sangat pesat, tidak ketinggalan untuk produk peralatan listrik rumah tangga juga semakin bervariasi. Semua peralatan tersebut sangat membutuhkan energi listrik guna mengoperasikannya. Terkadang dalam satu rumah tangga peralatan listrik sangat banyak tanpa memperhatikan berapa besar langganan daya listrik yang terpasang. (Kamisutara et al., 2016).

Pemakaian daya listrik yang tidak terkontrol akan menyebabkan tagihan listrik yang harus dibayar meningkat. Di sisi yang lain, saat tidak ada peralatan listrik yang terpasang idealnya instalasi listrik tersebut tidak akan ada arus yang mengalir. Pada kenyataannya arus listrik tersebut bisa saja mengalir dalam instalasi listrik tersebut walau tidak ada peralatan listrik yang digunakan. Selain itu, pengguna instalasi listrik harus dilindungi dari bahaya arus bocor yang mengalir melalui tubuhnya ke tanah. Bahaya tersebut disebut juga dengan bahaya tegangan sentuh, baik tegangan sentuh langsung ataupun tak langsung. (Umar Abdillah et al., 2022).

Sering dijumpai dalam satu rumah tangga listriknya sering padam karena MCB nya TRIP, karena disebabkan peralatan listrik rumah tangga di pergunakan bersamaan tanpa pernah memperhitungkan berapa daya listrik yang di pergunakan dengan mengoperasikan peralatan-peralatan listrik rumah tangga tersebut. Jika kejadian tersebut sering terjadi makan akan cepat merusak dari peralatan listrik rumah tangga. (Alfith et al., 2020).

Agar bisa melakukan manajemen listrik yang lebih baik di rumah maka diperlukan suatu perangkat elektronika yang dapat memonitor pemakaian energi listrik pada perangkat yang dianggap cukup boros dengan memanfaatkan mikrokontroler. (Pangestu et al., 2019).

Berdasarkan uraian diatas kemudian dikembangkan ide akan alat yang dapat mengukur besaran-besaran listrik seperti daya, arus, tegangan, dan cosphi yang sesuai dengan keadaan rumah tangga. Besaran besaran tersebut akan dimonitor secara real-time, sehingga dirumuskan ide dengan judul “PERANCANGAN ALAT MONITORING PENGGUNAAN ARUS DAN DAYA PADA LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang alat monitoring penggunaan arus dan daya pada listrik rumah tangga.
2. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Mampu merancang alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga guna mencegah padamnya kelistrikan karena MCB trip.
2. Untuk mengukur tingkat akurasi alat monitoring dengan alat yang terstandarisasi.

1.4 Manfaat

Manfaat dari perancangan alat monitoring arus pada kabel listrik adalah sebagai berikut :

1. Dapat digunakan untuk memonitoring penggunaan arus dan daya listrik untuk keamanan perangkat-perangkat elektronik.
2. Dapat mengetahui perbandingan alat monitoring dengan alat yang terstandarisasi.

1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat dilakukan penelitian dengan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Perancangan alat monitoring menggunakan sensor yang dapat membaca nilai arus dan tegangan, Serta mikrokontroler Arduino Nano sebagai media pengolah data untuk mengetahui arus listrik yang digunakan rumah tangga.
2. Sistem pengoperasian alat menggunakan LCD (*liquid crystal display*) dan pengeras suara sebagai *output* pemberitahuan jika penggunaan daya listrik rumah tangga sudah mencapai batas maksimal.
3. Pengujian alat dilakukan pada rumah dengan kapasitas listrik 900 VA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

(Fitriandi et al., 2016) Penelitian rancang bangun alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dengan sms gateway ini dirancang oleh Afrizal Fitriandi, Endah Komalasari dan Herri Gusmedi pada Mei tahun 2016, Pada penelitian ini mereka merancang sebuah alat berbasis mikrokontroler arduino uno yang mampu membaca arus dan tegangan menggunakan sms melalui jaringan telekomunikasi setiap 5 menit. Hasil dari pembacaan sensor arus dan sensor tegangan di teruskan ke mikrokontroler arduino uno, Lalu dilanjutkan pengiriman data ke modul GSM shield dan di SMS ke handphone setiap 5 menit.

(Satya et al., 2020) Penelitian perancangan dan analisis sistem alat ukur arus listrik menggunakan sensor ACS712 berbasis arduino uno dengan standard clampmeter dilakukan oleh Trias Prima Satya, Fitri Puspasari, Hristina Prisyanti dan Elisabeth Ruthma Meilani Saragih pada April tahun 2020, Peneliti merancang, membuat dan menguji karakteristik alat pengukur arus listrik dengan sensor ACS712 dengan metode yang digunakan perbandingan langsung dengan clamp meter standar menggunakan 3 beban lampu yang berbeda. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat sensor ACS 712 di peroleh nilai ketidakpastian relatif lebih dari 5%.

(Riantiarto et al., 2019) Penelitian rancang bangun alat monitoring arus pada beban listrik rumah tangga menggunakan web berbasis arduino uno r3 yang dilakukan oleh Angga Riantiarto, Dedy Suryadi dan Saifurrahman jurusan teknik elektro fakultas teknik universitas tanjungpura pada tahun 2019, Pada penelitian ini mereka merancang Sistem monitoring arus dan kontrol beban listrik rumah tangga berbasis Arduino Uno dan Web berfungsi untuk memantau keadaan arus, tegangan, dan daya serta dapat mengontrol penggunaan daya listrik dalam sebuah rumah melalui smartphone atau komputer dengan akses internet. Sistem menggunakan sensor arus SCT 013 untuk mendeteksi arus dan sistem ini juga dapat menampilkan data tegangan dan energi listrik melalui web dengan perubahan data setiap 5 detik dan terdapat hasil nilai selisih terjauh antara sensor tegangan dan alat ukur adalah 180V dimana sensor tegangan membaca sebesar 188,30 dengan selisih sebesar

8,30V dan selisih nilai terdekat antara sensor tegangan dan alat ukur adalah 220V dimana sensor tegangan membaca sebesar 221,09V dengan selisih 1,09V.

2.2 Pemantauan (*Monitoring*)

Monitoring atau yang dalam Bahasa Indonesia sering disebut pemantauan merupakan proses pengumpulan data secara rutin atau berkala yang dapat dilihat dan jelas sebagai kesadaran apa yang ingin diketahui berupa pengukuran kemajuan atas objektivitas program. Menurut peraturan pemerintah nomor 39 tahun 2006 monitoring adalah kegiatan mengamati perkembangan pelaksanaan rencana suatu kegiatan, mengidentifikasi serta mengantisipasi permasalahan yang timbul dan atau akan timbul untuk dapat diambil tindakan sedini mungkin.

Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program. Memantau perubahan yang fokus pada proses dan keluaran. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang disediakan berulang kali dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa proses terhadap suatu objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan. (Pangestu et al., 2019).

2.3 Arus Listrik

Arus listrik adalah mengalirnya elektron secara kontinu pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. Satuan arus listrik adalah Ampere. Satu ampere arus adalah mengalirnya elektron sebanyak 628×10^{16} atau sama dengan satu coulomb per detik melewati suatu penampang konduktor (Dalimunthe, 2018)

Arus listrik atau *Electric Current* biasanya dilambangkan dengan huruf "I" yang artinya "intensity (intensitas)". Sedangkan satuan Arus Listrik adalah Ampere yang biasa disingkat dengan huruf "A" atau "Amp". Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya Arus Listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor adalah berbanding lurus dengan beda potensial atau Tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R).

Adapun Rumus Hukum Ohm adalah:

$$I = V/R. \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

I = Besar Arus Listrik (Ampere)

V= Tegangan (Volt)

R= Hambatan (Ohm)

arus listrik yang mengalir dengan arah arus yang selalu beubah- ubah disebut dengan Arus Bolak-balik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Alternating Current yang disingkat dengan AC. Bentuk gelombang AC pada umumnya adalah gelombang Sinus. Namun pada aplikasi tertentu juga terdapat bentuk gelombang segitiga dan bentuk gelombang persegi. Contoh sumber Arus bolak-balik adalah listrik PLN dan listrik yang dibangkitkan oleh generator listrik. Selain itu, gelombang audio dan gelombang radio juga merupakan bentuk gelombang AC. (Ratnasari & Senen, 2017)

Secara sistematis cara untuk menghitung arus listrik adalah dengan rumus berikut:

$$I = Q / t \text{ [ampere]}\dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

Q = Banyaknya muatan listrik dalam satuan coulomb (Coulomb)

I = Kuat Arus dalam satuan Ampere (A)

t = Waktu dalam satuan detik (S)

2.4 Tegangan Listrik

Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial (voltage) adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal atau kutub ke terminal atau kutub lainnya, atau pada kedua terminal atau kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan atau memindahkan muatan sebesar satu coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat disederhanakan bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan (Dalimunthe, 2018).

Secara sistematis cara untuk menghitung tegangan listrik adalah dengan rumus berikut:

$$V = dw / dq \text{ [volt]} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

V = Tegangan listrik (volt)

W = Usaha (N.m.)

Q = Muatan listrik (coulomb)

2.5 Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan kerja. Dalam sistem tenaga listrik, daya adalah jumlah energi yang digunakan untuk melakukan usaha atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau Horsepower (HP), Horsepower adalah satuan daya listrik dimana 1HP setara dengan 746 Watt atau lbft/detik. Watt adalah satuan daya. Wattmeter adalah alat ukur untuk mengukur daya yang terdapat pada suatu komponen elektronik. Salah satu fungsi mengetahui daya pada suatu rangkaian listrik adalah hubungannya dengan efisiensi dan penghematan energi. Daya listrik dalam perhitungan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok menurut sumber daya listriknya, yaitu daya listrik DC dan daya listrik AC. (Pasaribu et al., 2017).

Satuan SI untuk energi listrik adalah Joule (J), namun dalam kehidupan sehari-hari lebih dikenal dengan kiloWatt-hour (kWh). Pada sebuah rangkaian listrik, hubungan antara arus dan tegangan dijelaskan dengan hukum ohm dimana arus berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan. Hambatan yang dimaksud adalah hambatan pada rangkaian yang dapat menghalangi aliran arus. Hambatan dinotasikan dengan R dan diukur dalam satuan ohm (Ω). (Riantiaro et al., 2019). Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu.

2.5.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah besarnya daya yang dipakai oleh suatu peralatan listrik untuk melakukan kerja. Daya aktif merupakan daya yang biasanya dikonversikan oleh peralatan listrik. Satuan daya aktif dinyatakan dalam watt (W). (Umar Abdillah et al., 2022). Daya dengan satuan Joule/detik atau watt disebut sebagai daya aktif.

Simbolnya adalah P. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dihaburkan atau dipakai oleh beban. (Hudan, Ivan Safril, 2019).

Daya nyata atau daya aktif adalah daya listrik yang benar-benar digunakan, misalnya untuk menghasilkan panas, cahaya atau putaran pada motor listrik. Daya nyata yang dihasilkan oleh beban listrik yang bersifat resistif murni Besarnya daya nyata sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban resistif dan dinyatakan dalam Watt. (Pasaribu et al., 2017).

Daya aktif dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (4)$$

Jadi untuk menemukan nilai energi aktif:

$$W = P \times t \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

P= Daya Aktif (Watt)

V= Tegangan (Volt)

I= Arus (Ampere)

Cos φ = Faktor daya

W = Energi Aktif (Watt-Jam)

t= Waktu (Jam)

2.5.2 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. dari pembentukan medan magnet. Maka akan terbentuk fluks magnet. (Pangestu et al., 2019). Daya reaktif dinyatakan dalam satuan VAR (Volt Ampere Reaktif) adalah kelistrikan daya yang dihasilkan oleh beban reaktansi. Ada dua jenis beban reaktansi, yaitu reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif. Beban induktif akan menyerap daya reaktif sehingga menghasilkan medan magnet. Contoh beban listrik induktif antara lain transformator, motor induksi satu fasa dan tiga fasa yang biasanya digunakan untuk menggerakkan kipas angin, pompa air, elevator, eskalator, kompresor, konveyor, dan lain-lain. (Pasaribu et al., 2017).

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

$\sin \varphi =$ Faktor Reaktif

2.5.3 Daya Semu

Daya semu adalah penjumlahan geometris dari daya aktif dan daya reaktif. Daya semu juga merupakan hasil perkalian dari tegangan efektif dan arus efektif. Satuan daya semu dinyatakan dalam volt ampere (VA). (Umar Abdillah et al., 2022).

Daya tampak dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S = V \cdot I \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

Hukum Ohm adalah suatu pernyataan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya. (Pangestu et al., 2019).

Ada dua jenis beban listrik berdasarkan sumbernya sebagai berikut:

1. Beban listrik tegangan searah

Pada tegangan searah, semua beban adalah resistif (tidak ada pergeseran fase atau sudut) maka rumus yang digunakan adalah rumus pada hukum ohm.

2. Beban listrik tegangan bolak-balik.

2.6 Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau nilai cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan nilai cosinus sudut dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Nilai faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu. (Zulmi et al., 2018). Faktor daya atau faktor kerja ini setara dengan nilai $\cos \phi$ daripada sudut fasa tersebut dimana hal ini juga mengacu kepada segitiga daya yang telah dibahas sebelumnya. Pada suatu sistem tenaga listrik faktor daya dibagi menjadi tiga yaitu faktor daya *unity*, faktor daya lagging, dan faktor daya leading yang ditentukan jenis beban pada jaringan listrik tersebut.

A. Faktor Daya *Unity*

Faktor daya *unity* adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu dan tegangan sephasa dengan arus. Faktor daya *Unity* akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.

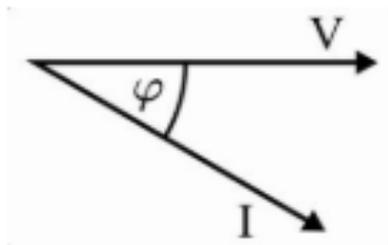


Gambar 2. 1 Arus sephasa dengan tegangan Sumber. (Lisiani et al., 2020).

Pada gambar 2.1 diatas terlihat nilai $\cos \phi$ sama dengan 1 yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

B. Faktor Daya *Lagging*

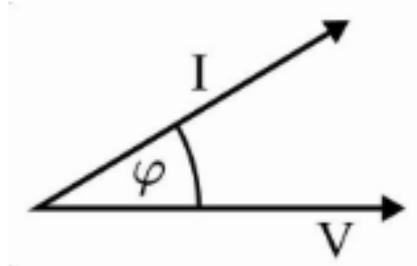
Faktor Daya *Lagging* didefinisikan sebagai kondisi dimana arus tertinggal oleh tegangan yang disebabkan oleh jenis beban induktif. Beban induktif dapat ditemukan pada motor – motor listrik dan transformator. Berdasarkan hal tersebut maka arus tertinggal dari tegangan sehingga daya reaktif mendahului daya semu atau dengan kata lain beban memerlukan daya reaktif dari sistem terlihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut Sumber. (Lisiani et al., 2020).

C. Faktor Daya *Leading*

Faktor Daya *Leading* didefinisikan sebagai kondisi dimana arus mendahului tegangan yang disebabkan oleh jenis beban kapasitif. Beban kapasitif dapat ditemukan pada kapasitor Berdasarkan hal tersebut maka arus mendahului tegangan sehingga daya reaktif tertinggal dari daya semu atau dengan kata lain beban memberikan daya reaktif ke sistem terlihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut phi

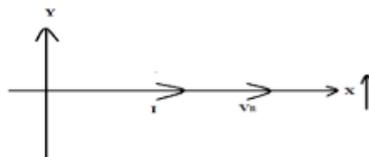
Sumber. (Lisiani et al., 2020).

2.7 Jenis-Jenis Beban Listrik

Dalam sistem listrik arus bolak balik, jenis -jenis beban listrik dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Beban Resistif (R)

Beban resistif dihasilkan dari rangkaian yang terdiri dari penghambat berupa resistor murni. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan sama sekali tidak menyerap beban reaktif. (Lisiani et al., 2020). Beban resistif yang merupakan resistor murni, misalnya: lampu pijar, heater. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Tegangan listrik pada hambatan murni sefasa dengan arus listrik yang mendahuluinya. (Pasaribu et al., 2017). Dan secara vektor hubungan antara arus dan tegangan dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.4

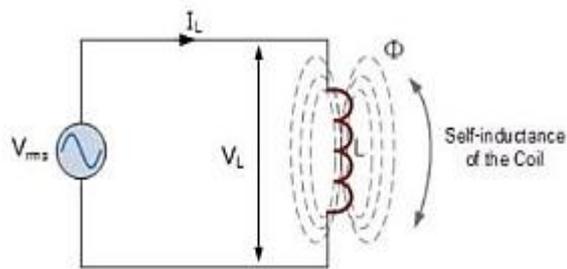


Gambar 2. 4 Arus dan Tegangan pada beban resistif

Sumber. (Pasaribu et al., 2017).

2. Beban Induktif (L)

Beban induktif adalah beban yang menyerap daya aktif dan daya reaktif dengan faktor daya *lagging*, yaitu saat tegangan mendahului arus sebesar sudut θ . Beban induktif dihasilkan dari komponen-komponen listrik yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi. Contoh peralatan listrik yang merupakan beban induktif adalah motor-motor dan transformator. (Lisiani et al., 2020). Beban induktif dihasilkan oleh lilitan kawat (kumparan) yang terdapat di berbagai alat-alat listrik seperti motor, Transformator, dan relay. Kumparan dibutuhkan oleh alat-alat listrik tersebut untuk menciptakan medan magnet sebagai komponen kerjanya. Pembangkitan medan magnet pada kumparan inilah yang menjadi beban induktif pada rangkaian arus listrik AC. (Zulmi et al., 2018).

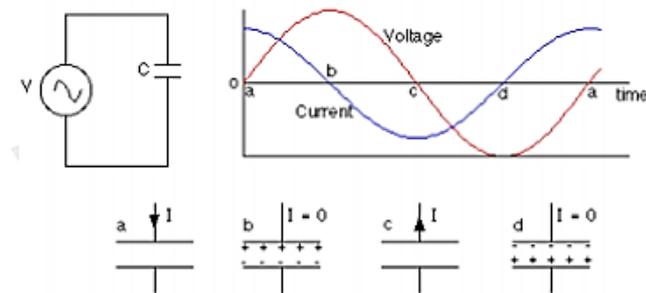


Gambar 2. 5 Rangkaian listrik AC dengan beban induktif

Sumber. (Zulmi et al., 2018).

3. Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif adalah beban yang berisi rangkaian kapasitor. Beban ini memiliki kekuatan faktor antara 0-1 "memimpin". Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan menghasilkan daya reaktif (kVAR). Arus i mendahului tegangan sebesar 90° terhadap V_C . (Pasaribu et al., 2017). Beban kapasitif merupakan kebalikan dari beban induktif. Jika beban induktif menghalangi terjadinya perubahan nilai arus listrik AC, maka beban kapasitif bersifat menghalangi terjadinya perubahan nilai tegangan listrik. Sifat ini menunjukkan bahwa kapasitor bersifat seakan-akan menyimpan tegangan listrik sesaat. (Zulmi et al., 2018).



Gambar 2. 6 Rangkaian listrik AC dengan beban kapasitif

Sumber. (Zulmi et al., 2018).

2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah perangkat terintegrasi yang biasanya menjadi bagian dari sebuah embedded system (sistem yang didesain untuk melakukan satu atau lebih fungsi khusus secara terus menerus). (Efendi et al., 2021). Mikrokontroler (Bahasa Inggris: microcontroller) merupakan sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler umumnya telah terdapat komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, PLL, EEPROM dalam satu kemasan, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja. (Dalimunthe, 2018).

2.9 Arduino

Arduino adalah sebuah platform komputasi fisik open source berdasarkan rangkain input / output sederhana (I/O) dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa Processing. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan obyek interaktif mandiri atau dapat dihubungkan ke perangkat lunak pada komputer anda (seperti Flash, Pengolahan, VVVV, atau Max / MSP). Rangkaiannya dapat dirakit dengan tangan atau dibeli. IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino bersifat open source. (Dalimunthe, 2018).

2.9.1 Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.



Gambar 2. 7 Arduino nano
Sumber. (Pandu et al., 2019).

Adapun data teknis board arduino nano dapat dilihat pada table sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	Atmel ATmega168 atau ATmega328
Tegangan Operasi	5V
input Voltage (disarankan)	7-12V
input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	14 (6 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	8
Arus DC per pin I/O	40 mA
Flash Memory	16KB (ATmega168) atau 32KB (ATmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) atau 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 byte (ATmega168) atau 1KB (ATmega328)

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- a. VIN : adalah input tegangan untuk papan arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai saingan tegangan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya ter regulator lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses atau mengambil tegangan melalui pin ini.
- b. 5V : sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter regulator 5 volt dari pin ini tegangan sudah di atur (terregulator) dari regulator yang tersedia (bult-in) pada papan. Arduino dapat di aktifkan dengan sumber daya yang baik berasal dari jack power DC (7-12 volt), konektor USB (5 volt), atau pin VIN pada board (7-12 volt). Memberikan tegangan melalui pin 5volt atau 3.3 volt secara langsung tanpa melawati regulator dapat merusak papan arduino.
- c. 3V3 : sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 volt. Tegangan ini di hasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang di hasilkan adalah 50 mA.
- d. GND :pin ground atau massa.
- e. IOREF : pin ini pada papan arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler Sebuah perisai (shield) di konfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (voltage translator) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 volt atau 3,3 volt.

Berdasarkan Uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa arduino merupakan platform pembuatan prototipe elektronik yang terdiri dari hardware dan *software*.

1. Memori pada arduino nano

ATmega168 memiliki 16 KB flash memory untuk menyimpan kode (2 KB digunakan untuk *bootloader*); Sedangkan ATmega328 memiliki flash memory sebesar 32 KB, (juga dengan 2 KB digunakan untuk *bootloader*). ATmega168 memiliki 1 KB memory pada SRAM dan 512 byte pada EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM); Sedangkan ATmega328 memiliki 2 KB memory pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM.

2. Sumber daya arduino

Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melaluicatu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yangdihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akansecara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. Chip FTDI232L pada Arduino Nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB,ketika Arduino Nano diberikan daya dari luar (Non-USB) maka Chip FTDI tidakaktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan), sedangkanLED TX dan RX pun berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada posisi HIGH.

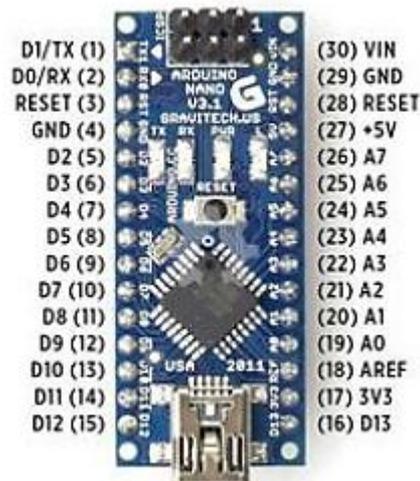
3. Konfigurasi pin

Konfigurasi pin Arduino Nano.Arduino Nano memiliki 30 Pin.

Adapun konfigurasi pin Arduino Nano sebagai berikut:

- A. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital.
- B. GND merupakan pin ground untuk catu daya digital.
- C. AREF merupakan Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
- D. RESET merupakan Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.
- E. Serial RX (0) merupakan pin sebagai penerima TTL data serial.
- F. Serial TX (1) merupakan pin sebagai pengirim TT data serial.
- G. External Interrupt (Interupsi Eksternal) merupakan pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
- H. Output PWM 8 Bit merupakan pin yang berfungsi untuk data`analogWrite()`.
- I. SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai zendukung komunikasi.

- J. LED merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang diset bernilai HIGH, maka LED akan menyala, ketika pin diset bernilai LOW maka LED padam. LED Tersedia secara built-in pada papan Arduino Nano.
- K. Input Analog (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi `analogReference()`.



Gambar 2. 8 Konfigurasi pin arduino nano

4. *Software* Arduino

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C. Tetapi bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun dapat mempelajarinya dengan cukup mudah. Untuk membuat program Arduino dan upload program ke dalam board Arduino membutuhkan software Arduino IDE (Integrated Development Environment). Arduino di ciptakan untuk para pemula bahkan yang tidak memiliki basic bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa c++ yang telah di permudah melalui library. Arduino menggunakan *software* procesing yang di gunakan untuk menulis program kedalam arduino. Processing sendiri merupakan penggabungan antara bahasa c++ dan java. *Software* arduino ini dapat di instal di berbagai operating sistem (OS) seperti linux, Mac OS, windows. Arduino tidak hanya sebuah alat pengembangan, tetapi kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan integrated development

environment (IDE) yang canggih. (Fitriandi et al., 2016). IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng upload ke dalam memory mikrokontroler *Software IDE* arduino terdiri dari 3 bagian :

- a. *Editor program*, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. listing program pada Arduino di sebut sketch.
- b. *Compiler*, module yang berfungsi mengubah *processing* (kode program) ke dalam kode biner karena kode biner adalah satu satunya bahasa program yang di pahami oleh mikrokontroler.
- c. *Uploader*, module yang berfungsi memasukan kode biner ke dalam mikrokontroler.

2.9.2 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. IC (*integrated circuit*) ini memiliki 14 masukan/luaran digital (6 luaran untuk PWM), 6 analog masukan, resonator kristal keramik 16 MHz, Koneksi USB, soket adaptor, pin header ICSP, dan tombol reset. Hal inilah yang dibutuhkan supaya mikrokontroler secara mudah terhubung dengan kabel daya USB atau kabel daya adaptor AC ke DC atau juga baterai. (Astuti, 2019). Arduino Uno dapat mendeteksi lingkungan dari input. Di sini inputnya adalah berbagai macam sensor dan ini dapat mempengaruhi sekitarnya melalui pengontrolan motor, lampu, aktuator lain, dll. Mikrokontroler ATmega328 pada papan Arduino dapat diprogram dengan bantuan bahasa pemrograman Arduino dan IDE (*Integrated Development Environment*). Proyek Arduino dapat berkomunikasi dengan perangkat lunak saat berjalan di PC. (Zega et al., 2022). Adapun gambar fisik Arduino Uno pada gambar 2.9 dibawah.



Gambar 2. 9 Bentuk fisik Arduino Uno
Sumber. (Pasaribu et al., 2020).

Arduino Uno board didukung oleh software *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*. Arduino Uno dapat diprogram menggunakan software Arduino IDE yang tersedia gratis dan open source di website official arduino dan tersedia untuk berbagai macam platform sistem operasi komputer seperti Mac, Windows, dan Linux. Pada AT-Mega 328 yang terdapat di arduino uno telah disediakan bootloader di dalamnya sehingga kita tidak perlu lagi mengupload kode baru ke AT-mega 328 agar dapat menggunakan program hardware eksternal. Dengan Arduino IDE inilah kita melakukan pemrograman, melakukan kompilasi program, debugging dan proses download ke Arduino boardnya. (Zega et al., 2022). Adapun beberapa fungsi pin pada Arduino Uno sebagai berikut:

- a. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB ke TTL chip serial.
- b. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
- c. Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai. SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO),
- d. 13 (SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.

- e. LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati. (Pasaribu et al., 2020).

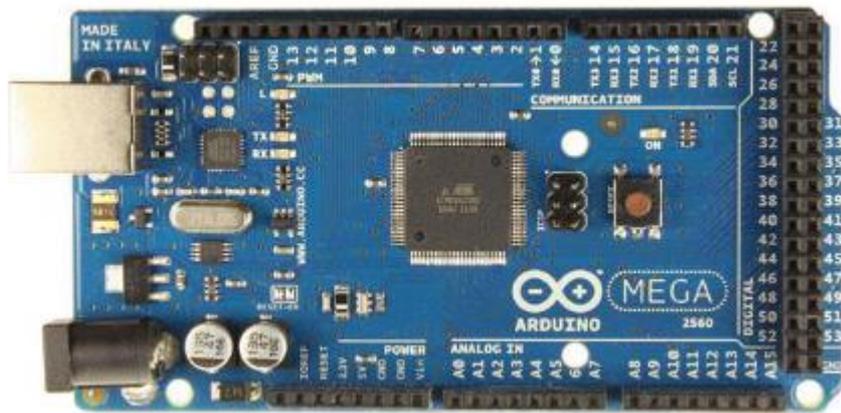
Adapun data teknis board arduino Uno dapat dilihat pada table sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Data teknis Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega328
Operasi Tegangan	5 Volt
Input Tegangan	7-12 Volt
Pin I/O Digital	14
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50 mA
Arus DC ketika 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan clock	16 MHz

2.9.3 Arduino Mega

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 14 pin sebagai UART (*Port serial Hardware*), selain itu arduino mega ini juga memiliki 16 MHz kristal osilator, tombol reset, header ICSP, koneksi USB dan jack power. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler dalam berbagai pekerjaan. Selanjutnya untuk memulai mengaktifkan perangkat tersebut cukup dengan menghubungkannya ke computer melalui kabel USB atau power suplay atau baterai. (Iskandar et al., 2017). Adapun gambar dari Mikrokontroler Arduino Mega dapat ditunjukkan seperti gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2. 10 Arduino Mega

Sumber. (Arifin et al., 2016).

Adapun data teknis board arduino Mega dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2. 3 Data teknis Arduino Mega

Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

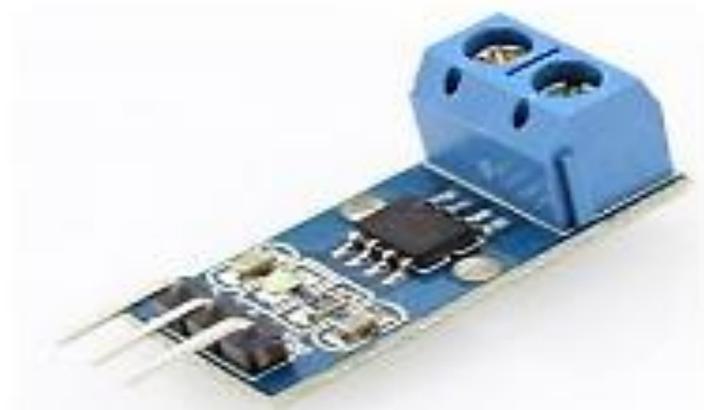
Konfigurasi Pin Arduino Mega mikrokontroler ATmega 2560 adalah sebagai berikut:

- a. VCC merupakan pin yang digunakan sebagai masukan sumber tegangan.
- b. GND merupakan pin untuk Ground.
- c. XTAL1/ XTAL2, XTAL digunakan sebagai pin external clock.
- d. Port A, B, C, D, E, H, dan L merupakan 8 bit port I/O dengan internal pull-up resistor. Port G merupakan 6 bit port I/O dengan internal pull-up resistor.

- e. Port F (PF0:PF7) dan Port K (PK0:PK7) merupakan pin I/O dan merupakan pin masukan ADC.
- f. AVCC adalah pin masukan untuk tegangan ADC. g. AREF adalah pin masukan untuk tegangan referensi eksternal ADC.

2.10 Sensor ACS712

Sensor arus yang digunakan merupakan modul ACS712 untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal. Sensor ini dapat mengukur arus positif dan negatif dengan kisaran -30A sampai 30A. Sensor ini memerlukan suplai tegangan sebesar 5V. Untuk membaca nilai tengah (nol Ampere) tegangan sensor diset pada 2.5V yaitu setengah kali tegangan sumber daya $VCC = 5V$. (Dalimunthe, 2018). Pada prinsipnya ACS712 sama dengan sensor efek hall lainnya yaitu dengan memanfaatkan medan magnetik disekitar arus kemudian dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus. Nilai variabel dari sensor ini merupakan input untuk mikrokontroler yang kemudian diolah. Keluaran dari sensor ini masih berupa sinyal tegangan AC, agar dapat diolah oleh mikrokontroler maka sinyal tegangan AC ini di searahkan oleh rangkaian penyearah. (Fitriandi et al., 2016). Adapun gambar dari sensor ACS712 pada gambar 2.11 dan fungsi kaki sensor ACS712 pada table 2.4 dapat ditunjukkan seperti gambar dan tabel dibawah ini.



Gambar 2. 11 Sensor arus ACS 712

Sumber. (Dalimunthe, 2018)

Tabel 2. 4 Fungsi kaki Sencor ACS712

Pin	Nama	Keterangan
1,2	IP+	Masukan arus
3,4	IP-	Keluaran arus
5	GND	Ground
6	N.C.	Terminal untuk kapasitor di luar, untuk menentukan luas bidang.
7	Vout	Keluaran tegangan analog
8	Vcc	Catu daya 5V

Adapun spesifikasi sensor ACS712 sebagai berikut:

- a. Memiliki sinyal analog dengan *low-noise*.
- b. *bandwidth* mencapai 80 kHz.
- c. Output memiliki error sebesar 1.5% pada $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$.
- d. Range sensitivitas yang dimiliki antara 66 – 185 mV/A.
- e. Resistansi sebesar 1.2 m Ω .
- f. Tegangan kerja sebesar 5.0 V.
- g. Perbandingan rasio keluaran sesuai dengan tegangan sumber.
- h. Tegangan *offset* dari output tergolong stabil.

2.11 Sensor ZMPT101B

Sensor tegangan ZMPT101B merupakan suatu rangkaian terpakat yang berguna untuk sensor tegangan 1 fasa yang besar tegangannya tidak mampu dibaca langsung oleh mikrokontroler. Pada prinsipnya sensor tegangan sama dengan trafo step down lainnya yaitu dengan mengkonversikan tegangan tinggi menjadi tegangan yang dapat dibaca mikrokontroler dengan perubahan tegangan analog yang lemah. (Abidin & Baha'udin, n.d.).



Gambar 2. 12 Sensor ZMPT101B
 Sumber. (Zega et al., 2022).

1. Spesifikasi ZMPT101B

Adapun spesifikasi lengkap ZMPT101B sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Spesifikasi ZMPT101B

Model	ZMPT101B
Rated input current	2mA
Rated output current	2mA
Turns ratio	1000:1000
Phase angle error	$\leq 20'$ (input 2mA,sampling resistor 100 Ω)
Linear range	0~1000V 0~10mA (sampling resistor 100 Ω)
Linearity	$\leq 0.2\%$ (20% ~ 120%)
Permissible error	$-0.3\% \leq f \leq +0.2\%$ (input 2mA,sampling resistor 100 Ω)
Isolation voltage	4000V
Isolation Resistance	>100 M Ω
Application	voltage and power measurement Epoxy
Encapsulation	Epoxy

Installation	PCB mounting (Pin Length>3mm) - 40°C~+70°C
Operating temperature Storage	-40°C~+70°C
Storage temperature	-40°C~+130°C ≤
Rated Burden	≤ 200 Ω
Cup	PBT
Encapsulation	Epoxy
Termina	Pin 0,8mm
Tolerance	0,2mm
Approx. Weight	13 gr
Case	Carton

Sumber. (Syakur, 2021).

2. Kelebihan dan kekurangan ZMPT101B
 - a. Output aktif, Keuntungan: tinggi presisi, kesalahan fase kecil, tegangan output tinggi, kapasitas beban kuat. Sedangkan untuk unipolar AD, terminal masukan positif dari op amp bisa ditambah dengan tegangan acuan tetap untuk dipecahkan. Sementara itu, untuk menyederhanakan jalurnya, umumnya tidak mengakses C dan R untuk tahap kompensasi. Jika perlu mengimbangi, biasanya menggunakan cara software. Kerugian: Garis sedikit lebih rumit.
 - b. Output pasif, Keuntungan: Sirkuit sederhana, presisi tinggi. Kerugian: Tegangan output memiliki keterbatasan tertentu, Semakin besar beban resistensi, semakin besar perbedaan fasa. (Syakur, 2021).

2.12 Module PZEM 004-T

Modul PZEM 004 - T adalah sebuah modul sensor multifungsi yang berfungsi untuk mengukur daya, tegangan, arus dan energi yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang sudah terintegrasi. Dalam penggunaannya, alat ini khusus untuk penggunaan dalam ruangan (indoor) dan beban yang terpasang tidak diperbolehkan

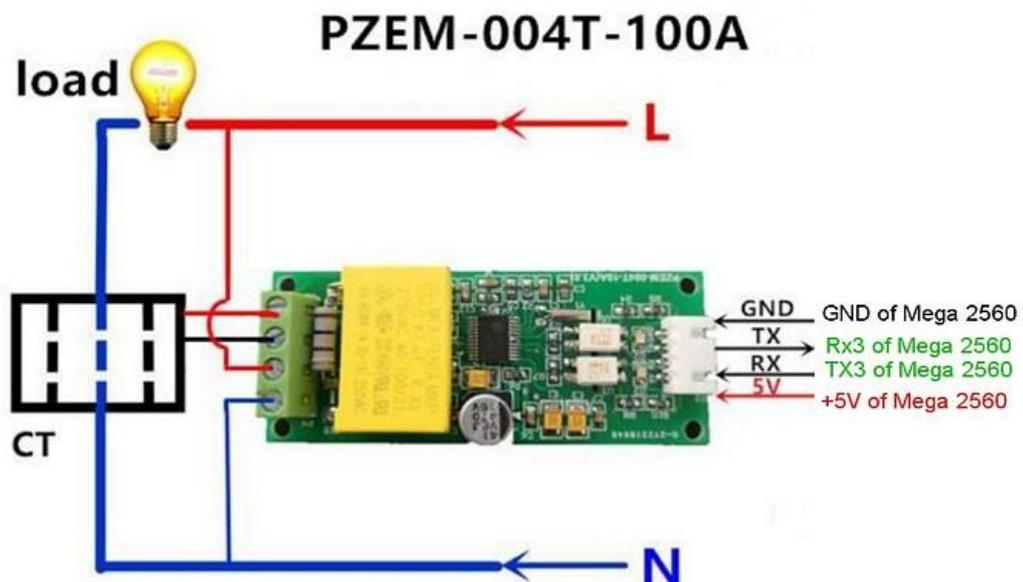
melebihi daya yang sudah ditetapkan. (Pandu et al., 2019). Adapun gambar dari sensor PZEM-004T dapat ditunjukkan seperti gambar 2.13 dibawah ini.



Gambar 2. 13 Module PZEM 004-T

Sumber. (Pandu et al., 2019).

Adapun menurut (Harahap et al., 2020) efisien sensor ini juga dapat menyimpan data yang telah diukur sekalipun dalam kondisi telah mati (menyimpan data dan mengumpulkan akumulasi data sebelum mati). Bahkan sensor ini juga sudah dapat menggunakan komunikasi serial TTL, dapat berkomunikasi terminal melalui pin board untuk membaca atau mengatur parameter, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2. 14 Notasi TTL Serial PZEM-004T

Sumber. (Pandu et al., 2019).

Modul Sensor PZEM-004T memiliki batas dari beberapa variabel terukur yang dapat ditoleransi oleh komponennya yaitu (1) beroperasi pada tegangan AC dalam rentang 80-260VAC. (2) Arus yang terukur hanya dapat ditoleransi pada 0-100A. (3) Daya yang terukur dengan rentang 0-22 kW. (4) Energi yang terukur dengan rentang: 0 – 1000 kWh.

Adapun spesifikasi sensor ini adalah sebagai berikut:

- a. Working voltage 80 ~ 260 VAC;
- b. Rated power 22000 W;
- c. Working Frequency 45 – 65 Hz;
- d. Measurement accuracy 1.0
- e. Model Number : PZEM-004T Module
- f. Supply Voltage : 80-260V
- g. Max Operating Current : 100A – 119A
- h. Display Type : Digital Only
- i. Power Supply : AC

2.13 Sensor PZEM-017

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang mampu mengukur daya DC hingga 300 VDC dan pengukuran arus pada rentang pemasangan shunt eksternal 50 A hingga 300 A. Modul ini juga dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi. Semua seri PZEM Energy Meter memiliki antarmuka komunikasi RS485 bawaan yang menggunakan protokol Modbus-RTU yang menyerupai kebanyakan perangkat industri lainnya. (’Aafi et al., 2022).

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang dapat mengukur daya DC hingga 300 VDC dan pengukuran arus tunduk pada rentang terpasang shunt eksternal 50 A, 100A, 200A, dan 300A.(’Aafi et al., 2022). Adapun gambar dari sensor PZEM-017 dapat ditunjukkan seperti gambar 2.15 dibawah ini.



Sumber. (Gunoto et al., 2022).

Gambar 2. 15 Sensor PZEM-017

Berikut adalah deskripsi dan pengaplikasian dan rendah dari modul PZEM-017:

1. Untuk pengukuran tegangan modul ini memiliki rentang pengukuran 0,05 sampai 300 volt dengan resolusi tegangan 0,01 volt serta ke akurasi pengukuran sebesar 1%. (Ketika menggunakan sumber daya > 7 volt maka harus menggunakan power suplai yang independent).
2. Untuk pengukuran arus modul ini memiliki rentang pengukuran 0,02 - 300 A dengan resolusi 0,01 A serta akurasi pengukuran sebesar 1%.
3. Untuk pengukuran daya modul ini memiliki rentang pengukuran 0,2-90 kW dengan resolusi 0,1 Watt serta akurasi pengukuran sebesar 1%.
4. Untuk pengukuran tegangan modul ini memiliki rentang pengukuran 0,05 sampai 300 volt dengan resolusi tegangan 0,01 volt serta ke akurasi pengukuran sebesar 1%. (Ketika menggunakan sumber daya > 7 volt maka harus menggunakan power suplai yang independent).
5. Untuk pengukuran arus modul ini memiliki rentang pengukuran 0,02 - 300 A dengan resolusi 0,01 A serta akurasi pengukuran sebesar 1%.
6. Untuk pengukuran daya modul ini memiliki rentang pengukuran 0,2 – 90 kW dengan resolusi 0,1 Watt serta akurasi pengukuran sebesar 1%.
7. Untuk pengukuran konsumsi energi modul ini memiliki rentang pengukuran 0 – 9999 kWh dengan resolusi 1 Wh serta akurasi pengukuran 1 %.
8. Dalam modul ini ambang tegangan dapat diatur menjadi ambang tegangan tinggi dan ambang tegangan rendah, saat tegangan terukur melebihi ambang

batas maka alarm dari modul ini akan berbunyi. (Ambang batas tegangan tertinggi adalah 300 volt dan ambang batas tegangan rendah adalah 7 volt).

2.14 PZCT-02

Module Sensor PZCT-02 merupakan sebuah sensor untuk mengetahui atau mengukur arus listrik yang mudah dipasang dan dilepas pada suatu rangkaian beban dan hanya perlu dipasang pada salah satu kabel saja baik itu phase ataupun netral. Module Sensor PZCT-02 ini merupakan sebuah *Current Transformer* (Transformator Arus) yang berbentuk seperti clamp dimana difungsikan untuk mengukur arus pada kabel salah satu phase ditujukan untuk arus bolak-balik/ arus AC. Berikut ini ditunjukkan gambar 2.16 fisik dari sensor PZCT-02 dan tabel 2.6 sebagai parameter teknis sensor PZTC-02.



Sumber. (Ratnasari & Senen, 2017).

Gambar 2. 16 Sensor PZCT-02

Kategori	Spesifikasi
Suhu Lingkungan	-40°C ~ +85°C
Kelembapan	≤ 90% (40°C)
Frekuensi Kerja	50Hz – 60Hz
Tahanan Isolasi	>1000MΩ
Tingkat/ Kelas Isolasi	Grade B (130°C)
Hambatan dalam	10Ω
Range Pengukuran	0-100A

Kekuatan Dielektrik Tabel 2. 6 Parameter Sensor PZCT-02	Dapat menahan power frekuensi 1000V/menit
--	---

2.15 Karakteristik Sensor

Karakteristik statik sensor adalah parameter yang mendeskripsikan respon sensor terhadap input dalam kondisi yang stabil atau statis. Pada sensor arus dan tegangan, karakteristik mencerminkan bagaimana respons sensor terhadap perubahan pengukuran yang terjadi. Ada beberapa karakteristik statis sensor yang penting untuk diperhatikan meliputi akurasi, sensitivitas, linearitas atau non-linearitas, dan resolusi.

2.15.1 Akurasi

Akurasi merupakan salah satu karakteristik yang mendasar pada setiap sensor yang sebenarnya mengacu pada ketidakakuratan. Ketidakakuratan diukur sebagai deviasi tertinggi yang diwakili oleh sensor dari nilai ideal atau nilai sebenarnya dari stimulus pada masukannya. Penyimpangan dari fungsi transfer ideal dapat digambarkan sebagai perbedaan antara nilai yang dihitung kembali dari output, dan nilai rangsangan masukan yang sebenarnya. (Rahman, 2023).

2.15.2 Sensitivitas

Sensitivitas sensor sangat penting untuk memastikan keakuratan pengukuran. Beberapa faktor yang mempengaruhi sensitivitas sensor meliputi karakteristik sensor, bahan sensor, dan perubahan lingkungan. (Rahman, 2023).

2.15.3 Linearitas

Linearitas adalah properti dari hubungan atau fungsi matematika yang dapat direpresentasikan secara grafis sebagai garis lurus. Non linearitas adalah penyimpangan dari garis lurus pada rentang yang diinginkan. Oleh karena itu, ketidakpastian linieritas akan menjadi ketidakpastian terkait dengan perilaku non-linier yang diamati di seluruh rentang fungsi linier yang diasumsikan. (Rahman, 2023).

2.15.4 Resolusi

Resolusi didefinisikan sebagai perubahan variable masukan terkecil yang dapat diukur., dan bisanya dinyatakan sebagai persentase terhadap kisaran skala penuh.

2.16 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu perangkat elektronika yang telah terkonfigurasi dengan kristal cair dalam gelas plastik atau kaca sehingga mampu memberikan tampilan berupa titik, garis, simbol, huruf, angka ataupun gambar. LCD terbagi menjadi dua macam berdasarkan bentuk tampilannya, yaitu text LCD dan Grapic LCD. Berupa huruf atau angka, sedangkan bentuk tampilan pada Grapic LCD berupa titik, garis dan gambar. (Taif, et al., 2019).



Gambar 2. 17 LCD 20x4 karakter

Sumber. (Sulistyowat & Febriantoro, 2015).

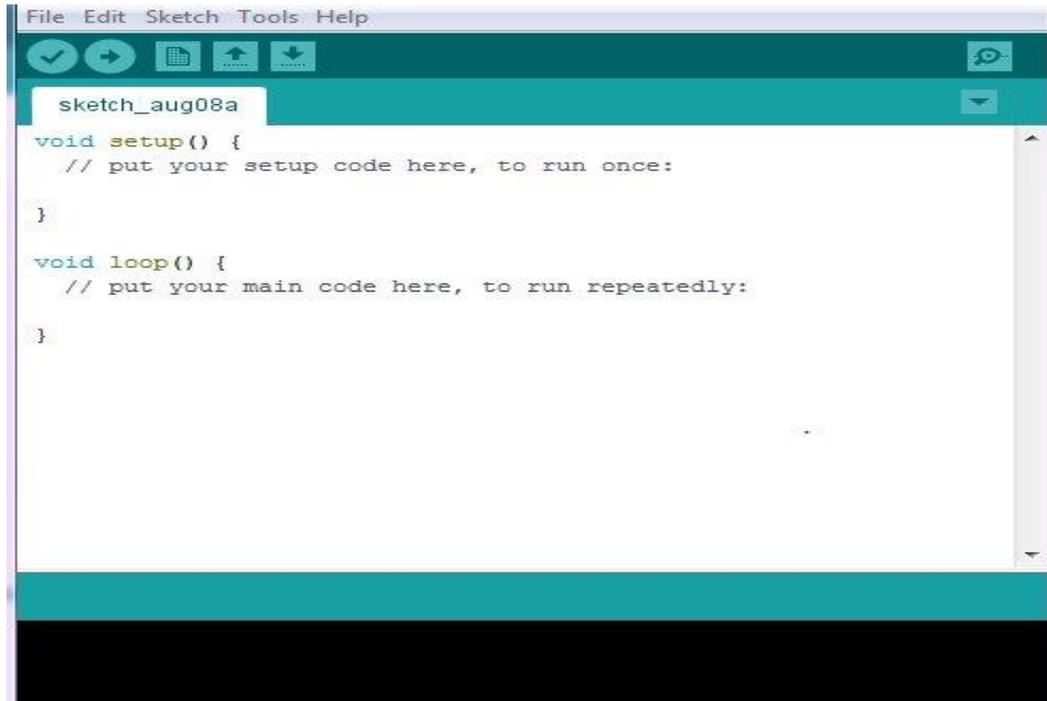
2.17 Arduino Ide

Arduino IDE merupakan bagian dari software yang bersifat open source yang memungkinkan untuk membuat program sehingga dapat dimengerti oleh Arduino. Bahasa yang digunakan adalah bahasa pemrograman Arduino, IDE dapat menulis program di komputer secara step-by-step kemudian setelah selesai instruksi dari program tersebut di upload IDE Arduino terdiri dari:

1. *Editor program*, sebuah windows yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program.
2. *Compile*, sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner.
3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino. (Arifin et al., 2017).

Arduino IDE juga memiliki keterbatasan tidak mendukung fungsi debugging hardware maupun software. Proses kompilasi IDE Arduino diawali dengan proses pengecekan kesalahan sintaksis sketch, kemudian memanfaatkan pustaka Processing dan avr – gcc sketch dikompilasi menjadi berkas object, lalu berkas-berkas object digabungkan oleh pustaka Arduino menjadi berkas biner. (Berlianti & Fibriyanti, 2020).

Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama Bootloader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler Arduino dengan mikrokontroler. Dan dalam hal ini ada beberapa mikrokontroler juga yang mendukung untuk diprogram menggunakan Arduino IDE seperti pembahasan sebelumnya yaitu menggunakan NodeMCU. IDE Arduino terdiri dari beberapa bagian, yaitu: Editor program sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*. Compiler Sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh microcontroller adalah kode biner. Itulah sebabnya compiler sangat diperlukan. Uploader Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduino. Arduino menggunakan pemrograman dengan Bahasa C. Berikut ini ditunjukkan gambar 2.18 tampilan window dari Arduino IDE.



Gambar 2. 18 Tampilan *sketch* arduino ide
Sumber. (Berlianti & Fibriyanti, 2020).

2.18 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang mempunyai kemampuan menyimpan elektron-elektron selama waktu yang tertentu atau komponen elektronika yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik yang terdiri dari dua konduktor dan di pisahkan oleh bahan penyekat (bahan dielektrik) tiap konduktor di sebut keping. Seperti juga halnya resistor, kapasitor adalah termasuk salah satu komponen pasif yang banyak digunakan dalam membuat rangkaian elektronika. Kapasitor berbeda dengan akumulator dalam menyimpan muatan listrik terutama tidak terjadi perubahan kimia pada bahan kapasitor. Pengertian lain Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Kapasitor atau yang sering disebut kondensator merupakan komponen listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik

Cara kerja kapasitor dalam sebuah rangkaian adalah dengan mengalirkan elektron menuju kapasitor. Pada saat kapasitor sudah di penuh dengan elektron, tegangan akan mengalami perubahan. Selanjutnya, elektron akan keluar dari sebuah kapasitor dan mengalir menuju rangkaian yang membutuhkannya. Dengan begitu, kapasitor akan membangkitkan reaktif suatu rangkaian. Meski suatu komponen kapasitor memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda, tetapi fungsi kapasitor tetap sangat di perlukan dalam suatu komponen elektronika atau bahkan rangkaian elektronika. (Zega et al., 2022). Berikut gambar 2.19 fisik dari kapasitor.



Gambar 2. 19 Kapasitor
Sumber. (Zega et al., 2022).

2.19 Resistor

Resistor merupakan salah satu komponen yang paling sering ditemukan dalam Rangkaian Elektronika. Hampir setiap peralatan Elektronika menggunakannya. Pada dasarnya Resistor adalah komponen Elektronika Pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian Elektronika. Resistor atau dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan Hambatan atau Tahanan dan biasanya disingkat dengan Huruf “R”. Satuan Hambatan atau Resistansi Resistor adalah OHM (Ω). Sebutan “OHM” ini diambil dari nama penemunya yaitu George Simon Ohm yang juga merupakan seorang Fisikawan Jerman. (Zega et al., 2022). Berikut gambar 2.20 fisik dari Resistor.



Gambar 2. 20 Resistor

Sumber. (Zega et al., 2022).

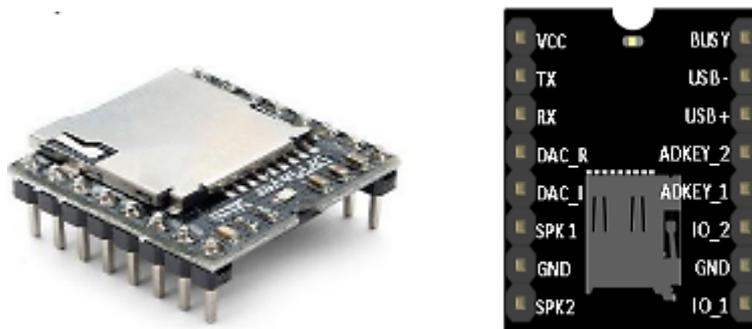
Adapun fungsi-fungsi resistor di dalam rangkaian elektronika diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sebagai Pembatas Arus listrik
2. Sebagai Pengatur Arus listrik
3. Sebagai Pembagi Tegangan listrik
4. Sebagai Penurun Tegangan listrik

2.20 Module DF Player Mini

DF Player mini adalah modul mp3 dengan luaran yang telah disederhanakan langsung ke pengeras suara (sepiker). Modul ini dapat digunakan berdiri sendiri dengan baterai, sepiker dan tombol tekan, atau dapat juga dikombinasikan dengan Arduino atau perangkat lainnya dengan yang memiliki saluran Rx/Tx. DFPlayer mendukung format audio pada umumnya seperti MP3, WAV, WMA. Selain itu, juga mendukung TF card dengan sistem file FAT16, FAT32. Melalui port serial yang sederhana, pengguna dapat memainkan musik yang dipilih tanpa perintah-perintah rumit untuk melakukannya. (Astuti, 2019).

Modul DFPlayer digunakan sebagai decoder audio untuk mengubah file audio digital ke dalam suara. File audio yang digunakan adalah file dengan ekstensi .mp3 yang dimasukkan pada SD Card dengan File System FAT32. DFPlayer ini dapat bekerja sendiri secara standalone ataupun bekerja bersama dengan mikrokontroler melalui koneksi serial. Modul DFPlayer sudah memiliki amplifier namun daya power amplifier yang dihasilkan kecil sehingga cukup untuk digunakan pada speaker kecil 4 – 8 Ohm. Selain itu, DFPlayer ini mempunyai pin DAC stereo (kiri dan kanan) untuk masukan amplifier luar. (Pratama et al., 2020).



Sumber. (Pratama et al., 2020).

2.21 Module I2C

I2C/TWI LCD, merupakan modul yang dipakai untuk mengurangi penggunaan kaki di LCD. Modul ini memiliki 4 pin yang akan dihubungkan ke Arduino. Arduino uno sudah mendukung komunikasi I2C dengan module I2C lcd, maka dapat mengontrol LCD Karakter 16x2 dan 20x4 hanya menggunakan 2 Pin yaitu Analog Input Pin 4 (SDA) dan Analog Input Pin 5 (SCL). (Astuti, 2019).

Gambar 2. 21 Modul DF Player Mini dan Pin DF Player Mini

2.22 Module ADS1115

Modul ADS1115 merupakan salah satu modul ADC yang memiliki resolusi 16 bit dengan kecepatan sampling sebesar 860 sampel/detik. Modul ini memiliki fitur multiplexer input (MUX) sehingga dapat bekerja dengan mode single-ended yakni satu input pada tiap pin dan differential inputs yakni dua input pada dua pin. Transfer data modul ini dilakukan dengan menggunakan I2C yang terdiri dari serial SCL dan SDA. Modul ini digunakan sebagai pengukur tegangan. (Astuti, 2019). Adapun gambar dari Module ADS1115 dapat ditunjukkan seperti gambar 2.22 dibawah ini.



Sumber. (Astuti, 2019).

2.23 SD Card

Secure

adalah format kartu

Digital (SD)
memori flash.

MicroSD adalah kartu memori non-volatile yang dikembangkan oleh SD Asosiasi Kartu yang digunakan dalam perangkat portabel. Di dalam alat ukurnya, peneliti

menggunakan jenis MicroSD SD Card dengan kapasitas 2GB yang berfungsi untuk menyimpan audio/data audio yang akan digunakan sebagai stimulus. (Tarigan et al., 2019).

Gambar 2. 23 SD Card

Sumber. (Tarigan et al., 2019).

2.24 *Speaker*

Speaker/loudspeaker adalah alat reproduksi suara atau musik. Seorang pembicara yang baik harus mampu mereproduksi suara seperti aslinya, baik dari segi warna suara, jangkauan nada, dll alat ini speaker berfungsi sebagai alat perangsang suara diberikan kepada testee. (Tarigan et al., 2019).



Gambar 2. 24 Speaker

Sumber. (Tarigan et al., 2019).

2.25 Power Supply

Sebuah pencatu daya adalah alat listrik yang menyuplai tenaga listrik ke suatu beban listrik. Fungsi utama catu daya adalah untuk mengubah arus listrik dari sumber menjadi tegangan, arus, dan frekuensi yang benar untuk memberi daya pada beban.

Semua catu daya memiliki sambungan input daya, yang menerima energi dalam bentuk arus listrik dari suatu sumber, dan satu atau lebih sambungan output daya yang menyalurkan arus ke beban. Sumber tenaga dapat berasal dari jaringan tenaga listrik, seperti outlet listrik, perangkat penyimpanan energi seperti baterai atau sel bahan bakar, generator atau alternator, converter tenaga surya, atau catu daya lainnya. (Zega et al., 2022).

2.25.1 Baterai

Baterai adalah komponen yang dapat mensuplai tegangan dan menyediakan tegangan untuk tegangan masukan dari robot ini sendiri. Baterai adalah komponen yang menggunakan arus searah atau arus DC. Semakin besar daya baterai yang tersedia maka akan dapat menahan atau menghidupkan beberapa komponen secara bersamaan sekaligus. (Sgsp & Sulaiman, 2020). Baterai Li-ion banyak digunakan untuk menghidupkan peralatan elektronik portabel. Model baterai Li-ion 18650 sering dipakai sebagai baterai laptop. Tiap sel dari baterai Li-ion 18650 memiliki tegangan sekitar 3,7 Volt dengan kapasitas bisa mencapai 4000 mAh per sel. (Abiyasa et al., n.d.).



Gambar 2. 25 Baterai Li-ion 18650

Sumber. (Abiyasa et al., n.d.).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan juli 2023 sampai dengan bulan januari 2024. Tepatnya di Laboratorium teknik elektro kampus III Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Glugur Darat II Medan. Waktu penelitian berlangsung selama kurang lebih 6 bulan, dimulai dari perencanaan alat, pembuatan alat, dan pengujian alat, pengumpulan data, hingga pengolahan data.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam perancangan alat monitoring arus dan daya berbasis Arduino Nano terhadap listrik rumah tangga adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat Penelitian

1. Multitester
2. Watt meter
3. Tang potong
4. Obeng
5. Solder

3.2.2 Bahan Penelitian

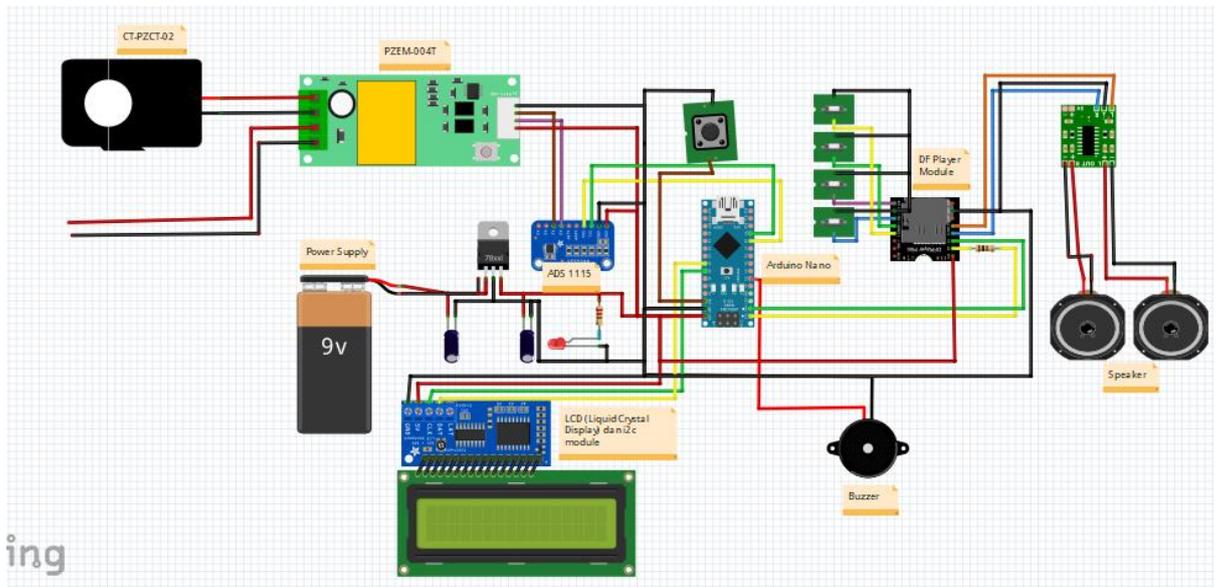
1. Sensor PZCT-02
2. Module PZEM-004T
3. Arduino Nano
4. Module ADS1115
5. *SD Card*
6. Module DF Player Mini
7. *Buzzer*
8. *Speaker*
9. LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4
10. Kabel USB data
11. Kabel listrik

12. Kabel Jumper

13. Tima

3.3 Wiring Diagram

Gambar dibawah merupakan wiring diagram keseluruhan alat monitoring arus dan daya pada listrik rumah tangga berbasis Arduino Nano.



Gambar 3. 1 Wiring Diagram Keseluruhan Alat Monitoring

Penjelasan dan fungsi dari masing – masing komponen adalah sebagai berikut:

1. Arduino Nano berfungsi sebagai pusat kendali dari keseluruhan sistem kerja rangkaian.
2. Baterai 9V/ Power Supply berfungsi sebagai sumber energi listrik untuk menghidupkan seluruh komponen alat.
3. Module PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan dan arus.
4. PZCT-02 Sensor berfungsi untuk membaca arus pada kabel listrik.
5. Speaker dan Buzzer sebagai suara pengingat apabila daya listrik mencapai batas maksimal.
6. DF-Player Module sebagai modul sound yang mendukung file mp3 yang digunakan untuk output audio pada *speaker*.

7. LCD (*Liquid Crystal Display*) dan Module I2C sebagai media menampilkan arus dan daya listrik dalam bentuk teks.
8. ADS1115 berfungsi sebagai alat support agar pembacaan sensor akurat.

3.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan perancangan alat secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

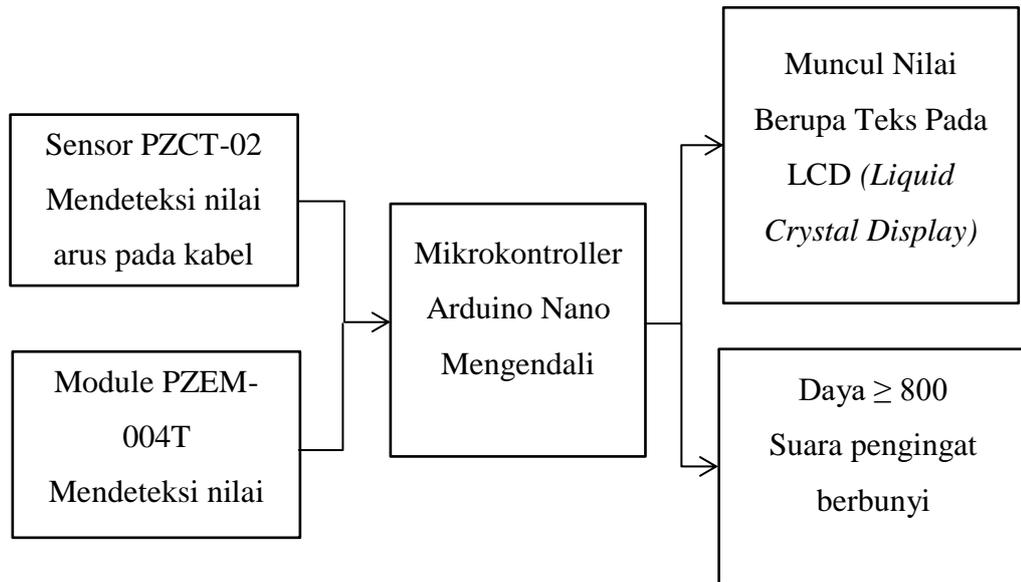
Merupakan kajian tentang masalah yang ada, yaitu masalah sering padamnya listrik rumah tangga karena MCB TRIP yang dapat menyebabkan kerusakan perangkat-perangkat elektronik dengan cepat. Kemudian menentukan solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan membuat alat monitoring arus dan daya pada listrik yang memberikan suara pengingat saat daya mendekati batas maksimum.

2. Studi Literatur

Tahapan ini merupakan tahapan pengumpulan dan pencarian literatur dari berbagai sumber baik skripsi, buku, jurnal, dan makalah ilmiah yang berkaitan dengan sistem monitoring arus dan daya pada listrik berbasis mikrokontroler Arduino Nano. Khususnya penulis mempelajari sistem kerja dari sebuah perancangan alat monitoring beserta karakteristik dan bagian-bagiannya.

3. Perancangan sistem

Pada perancangan sistem ini akan dijelaskan bagaimana bekerjanya sistem alat monitoring arus pada kabel listrik dapat dilihat pada gambar 3.2.

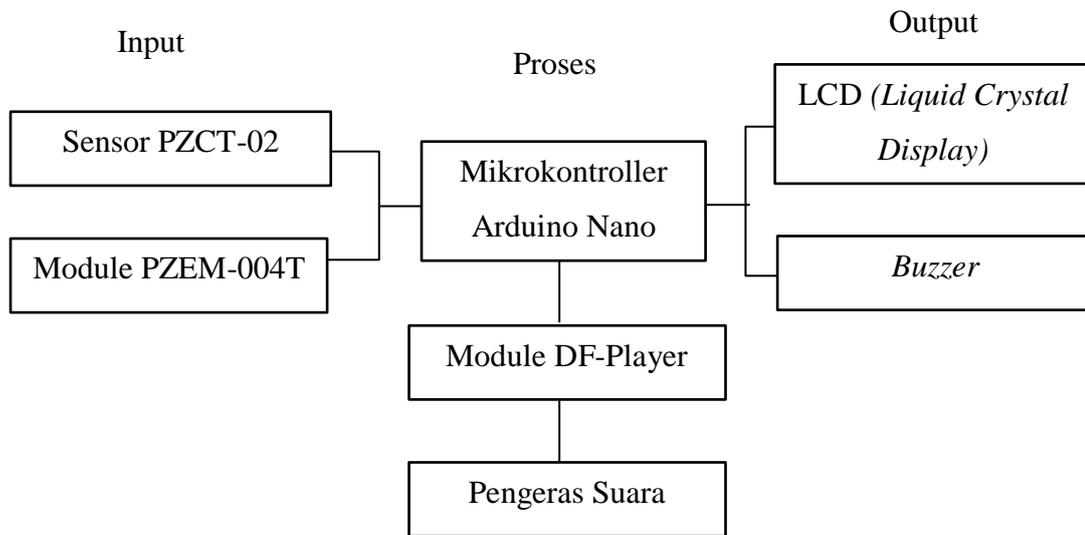


Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem terlihat bahwa sensor PZCT-02 dan module PZEM-004T difungsikan sebagai pemberi input pada sistem yang akan dibuat. Pada perancangan ini digunakan mikrokontroler Arduino Nano sebagai pengendali sistem. Jika terdeteksi daya listrik tidak mencapai lebih dari 800 (watt) maka arduino nano akan mengirim sinyal berupa nilai arus kepada LCD (*Liquid Crystal Display*) dan akan ditampilkan berupa bentuk teks. Jika pada penggunaan daya listrik terdeteksi mencapai lebih dari 800 (watt) maka Arduino Nano akan mengirim sinyal agar suara pengingat berbunyi.

4. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan Perangkat Keras alat monitoring arus dan daya pada listrik rumah tangga berbasis Arduino Nano. Blok diagram adalah suatu pernyataan gambar yang ringkas dari gabungan, sebab dan akibat antara masukan dan keluaran dari suatu sistem. Blok diagram menggambarkan suatu konfigurasi sistem, yaitu komponen-komponen yang ada pada sistem baik dari segi perancangan alat, perangkat keras, maupun perangkat lunak, serta mengenai tipe dan jenis komponen yang digunakan. Gambar dibawah adalah bentuk dari blok diagram sistem monitoring arus dan daya pada listrik berbasis mikrokontroler Arduino Nano yang digunakan pada rumah tangga.



Gambar 3. 3 Blok Diagram Perancangan

Pada gambar 3.3 diatas terdapat beberapa blok diagram sistem yang masing-masing berfungsi membentuk suatu koordinasi agar tercapai tujuan yang diinginkan, yaitu input, proses, dan output. Input merupakan setpoint sistem, yaitu suatu nilai atau besaran yang dimasukan akan diperoleh output yang diinginkan seperti nilai tegangan, arus, faktor daya, dan daya aktif.

A. Mikrokontroler

Pada sistem alat ini mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano. Mikrokontroler digunakan sebagai media untuk memproses nilai input module PZEM-004T dari sensor PZCT-02 yang akan mengirim data pada LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk menampilkan hasil pengukuran kedalam bentuk teks.

B. Sensor PZCT-02 dan module PZEM-004T

Sensor PZCT-02 dan module PZEM-004T digunakan sebagai input pada sistem untuk diproses kembali pada mikrokontroler Arduino Nano. Sensor Sensor PZCT-02 dan module PZEM-004T akan membaca nilai arus dan tegangan, yang selanjutnya akan dikonversi arduino.

C. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai alat penampil tulisan atau basis data diterima dari sistem alat monitoring program arduino.

D. Pengeras Suara dan *Buzzer*

Pengeras Suara dan *Buzzer* berfungsi sebagai alat pengingat pada saat daya mendekati batas maksimum

5. Perancangan *Software*

Software yang digunakan dalam pembuatan Pada Alat monitoring pengukuran arus pada kabel listrik berbasis Arduino Nano ini antara lain :

1. Arduino IDE *Software* ini digunakan untuk penulisan program.
2. Fritzing *software* ini digunakan untuk membuat Wiring Diagram alat yang akan dirancang.

7. Implementasi

Perancangan alat monitoring arus dan daya pada listrik rumah tangga berbasis mikrokontroler Arduino Nano.

Implementasi dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Merancang pembuatan alat dan menentukan bahan yang digunakan;
2. Melakukan perakitan alat yang telah dirancang;
3. Menggabungkan setiap rangkaian dan melakukan pengujian akurasi pengukuran alat.

8. Pengujian Sistem

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat yang dirancang dan dapat dilakukan dengan cara pengambilan data terhadap parameter referensi yang telah ditentukan.

9. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada pengujian seluruh rangkaian serta hasil pengukuran alat monitoring arus dan daya yang dirancang. seluruh rangkaian, meliputi rangkaian mikrokontroler Arduino Nano dengan LCD (*Liquid Crystal Display*), rangkaian mikrokontroler Arduino Nano dengan sensor Pzem 004-T,

rangkaian mikrokontroler Arduino Nano dengan *speaker* dan *buzzer*. Pengambilan data hasil pengukuran alat monitoring arus dan daya meliputi pengukuran tegangan, arus, power faktor, dan daya. Proses pengambilan data pengukuran alat yang dirancang melakukan pengujian pengukuran alat monitoring terhadap beban ataupun perangkat elektronik rumah tangga.

10. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data pada penelitian ini meliputi analisis terhadap tingkat akurasi pengukuran alat monitoring arus dan daya dengan membandingkan hasil pengukuran alat monitoring yang dirancang terhadap alat yang terstandarisasi. Pengolahan dilakukan dengan beberapa parameter yang meliputi kesalahan, persentase kesalahan pengukuran, rata-rata kesalahan, rata-rata persentase kesalahan, persentase akurasi, dan rata-rata persentase akurasi. Adapun persamaan kesalahan sebagai berikut:

$$Error = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana, *Error* adalah kesalahan baca alat monitoring, *R_{self Measurement}* adalah pembacaan alat monitoring dan *R_{std Measurement}* adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi.

Dalam menentukan persentase kesalahan pengukuran pada alat monitoring dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

Dimana, *Error (%)* adalah persentase kesalahan baca alat monitoring, *R_{self Measurement}* adalah pembacaan alat monitoring dan *R_{std Measurement}* adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi kemudian dikali seratus persen (%).

Dalam menentukan rata-rata persentase kesalahan pengukuran pada alat monitoring dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Rata - rata\ Error (\%) = \frac{\Sigma Error (\%)}{n} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana, *Rata - rata Error (%)* adalah rata-rata persentase kesalahan ukur alat monitoring, *ΣError (%)* adalah jumlah seluruh hasil persentase kesalahan yang telah dihitung dan *n* adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

Dalam menentukan persentase akurasi pengukuran pada alat monitoring dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Accuracy (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - Error}{R_{std\ Measurement}} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

Dimana, *Accuracy (%)* adalah tingkat akurasi alat monitoring, *R_{self Measurement}* adalah pembacaan pengukuran alat monitoring, *Error* adalah hasil kesalahan pengukuran alat monitoring, *R_{std Measurement}* adalah pembacaan pengukuran dengan standarisasi yang sudah dikalibrasi.

Dalam menentukan rata-rata persentase kesalahan pengukuran pada alat monitoring dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Rata - rata Accuracy (\%) = \frac{\Sigma Accuracy (\%)}{n} \dots\dots\dots (12)$$

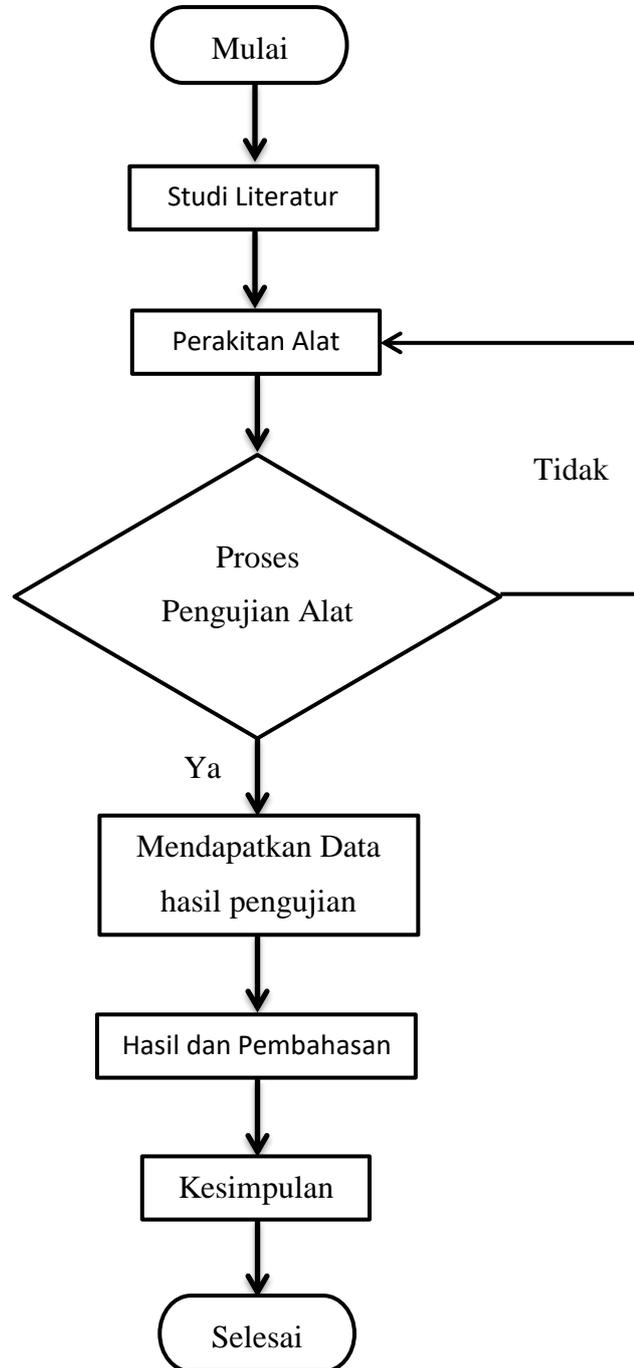
Dimana, *Rata - rata Accuracy (%)* adalah rata-rata persentase tingkat akurasi baca alat monitoring, *ΣAccuracy (%)* adalah jumlah seluruh hasil persentase tingkat akurasi yang telah dihitung dan *n* adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

11. Laporan

Laporan berisi penjelasan yang berkaitan dengan penelitian yang telah digunakan dan juga sebagai dokumentasi dari penelitian.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir ini merupakan suatu tahapan penelitian yang dilakukan dari awal pelaksanaan hingga selesainya penelitian.



Gambar 3. 4 Diagram Alir

Pada gambar 3.4 diagram alir merupakan bagian tahapan dalam melakukan penelitian yang akan dilaksanakan. Berikut penjelasan berdasarkan tahapan tahapan pada diagram alir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas pengujian berdasarkan perancangan alat monitoring penggunaan arus dan daya yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dan apakah sistem beroperasi sesuai yang diharapkan, serta mengetahui kelebihan dan kekurangan alat yang telah dirancang.

4.1 Pengujian Arduino Nano dengan LCD (*Liquid Crystal Display*)

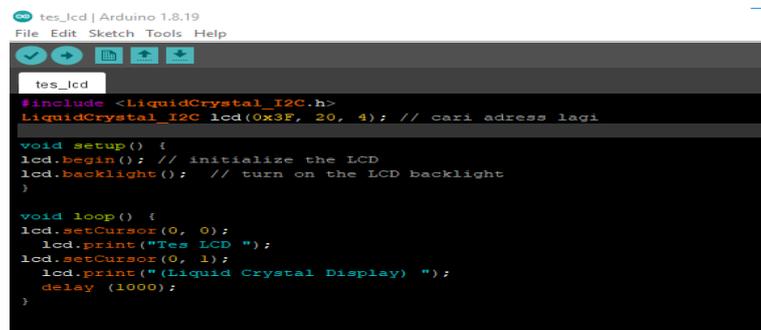
Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*) pada penelitian ini berfungsi untuk menampilkan informasi berupa tulisan dan datadari data sensor yang dibaca oleh mikrokontroler Arduino Nano. Untuk mengetahui apakah rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*) yang telah dibuat dapat bekerja sesuai yang diinginkan maka dilakukan pengujian rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Nano.

Peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian ini yaitu :

1. Mikrokontroler Arduino Nano
2. Kabel data Arduino Nano
3. Rangkaian LCD 20 x 4
4. Software Arduino IDE

Langkah-langkah melakukan pengujian ini yaitu:

1. Buka aplikasi Arduino IDE
2. Selanjutnya akan muncul tampilan awal “sketch_xxxxxx” secara otomatis.
3. Mengetikkan listing program untuk pengujian rangkaian LCD seperti gambar berikut.



```
tes_lcd | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

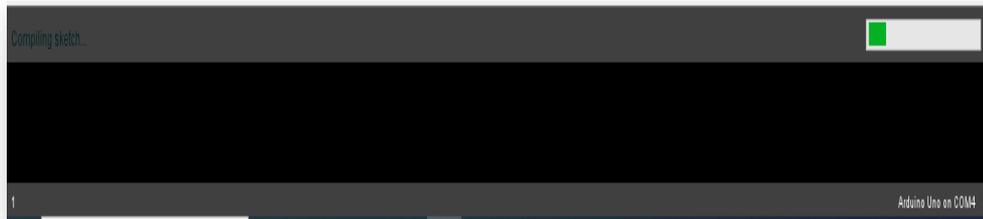
tes_lcd
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4); // cari adress lagi

void setup() {
  lcd.begin(); // initialize the LCD
  lcd.backlight(); // turn on the LCD backlight
}

void loop() {
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Tes LCD ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" (Liquid Crystal Display) ");
  delay(1000);
}
```

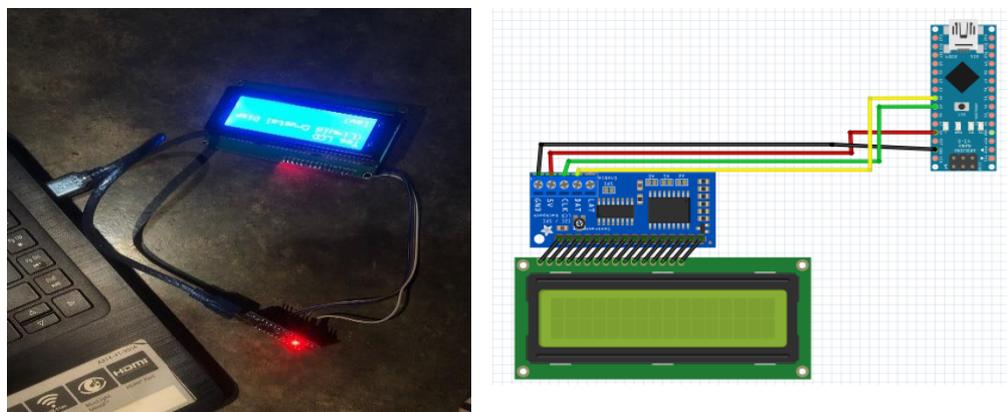
Gambar 4. 1 Code Pengujian Arduino Nano dengan LCD
(*Liquid Crystal Display*)

4. Klik Sketch→Verify.
 5. Kalau sudah tidak ada *error*, maka klik ikon →*Upload* atau Ctrl + U.
- Dapat dilihat pada gambar berikut ;



Gambar 4. 2 Proses *Uploading* Program Dari Komputer Ke Arduino

Pada uji coba rangkaian Arduino Nano terhubung dengan LCD (*Liquid Crystal Display*), diperlukan pemanggilan library `#include<LiquidCrystal_I2C.h>` dan juga `"LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f,20,4);"` yang berfungsi untuk menambahkan fungsi-fungsi program menampilkan karakter pada LCD. Kemudian `"lcd.begin();"` adalah listing program untuk pengaturan alamat LCD dan ukuran LCD jumlah baris dan kolom sesuai LCD yang digunakan. Karena yang digunakan yaitu LCD 20x4 karakter, Untuk menuliskan `"—Tes LCD (Liquid Crystal Display)--"` pada baris atas, dituliskan perintah `"lcd.setCursor(0,0); lcd.print("--Tes LCD--);"` yang artinya penulisan karakter `"—Tes LCD--"` dimulai dari kolom pertama dan baris pertama (0,0). Angka 0 menyatakan dari awal kolom dan awal baris. Apabila menginginkan penulisan pada baris kedua, yaitu menggunakan perintah `"lcd.setCursor(0,1); lcd.print("(Liquid Crystal Display)");"` Secara keseluruhan hasil keluaran listing program yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Arduino Nano Dengan LCD (*Liquid Crystal Display*)

4.2 Pengujian Sensor Pzem 004-T

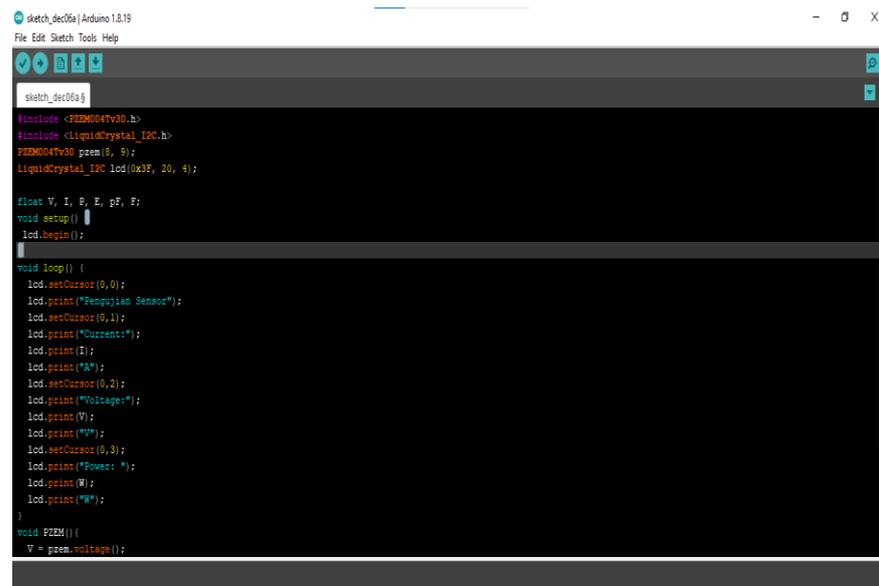
Sensor yang digunakan yaitu tipe Pzem 004-T dengan maksimal arus yang dapat dibaca yaitu 100 Ampere. Sensor ini berfungsi untuk membaca data tegangan, arus, dan Daya. Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan program pada arduino untuk menampilkan data sensor yang dibaca oleh sensor.

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian ini yaitu:

1. Mikrokontroler Arduino Nano
2. Sensor Pzem 004-T
3. Seperangkat USB Data *Cable*
4. Software Arduino IDE

Langkah-langkah melakukan pengujian ini yaitu:

1. Klik Start → All Program → Arduino → Arduino IDE
2. Membuat listing program seperti gambar berikut



```
sketch_dec06a | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help

sketch_dec06a.g
#include <PZEM004TV01.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
PZEM004TV01 pzem(8, 9);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4);

float V, I, P, E, pF, Fr;
void setup() {
  lcd.begin();
}

void loop() {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Pengujian Sensor");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Current:");
  lcd.print(I);
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Voltage:");
  lcd.print(V);
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Power: ");
  lcd.print(P);
  lcd.print("W");
}

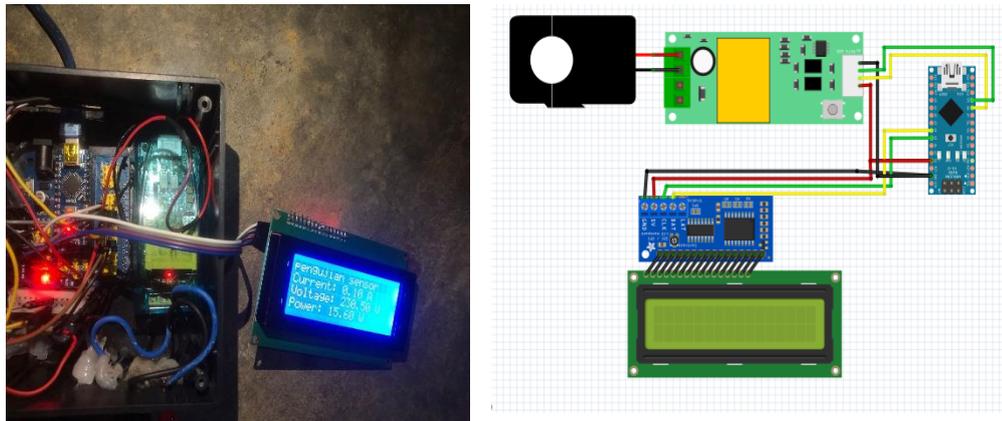
void PZEM() {
  V = pzem.voltage();
```

Gambar 4. 4 Code Pengujian Sensor Pzem 004-T Dengan LCD
(Liquid Crystal Display)

3. Kemudian Klik Sketch → Verify.
4. Tunggu hingga proses Compiling selesai
5. Kalau sudah tidak ada *error*, maka klik → Upload atau Ctrl + U.

Pada pengujian sensor pzem 004-T peralatan tambahan yang digunakan disini yaitu LCD (*Liquid Crystal Display*) yang berfungsi untuk menampilkan informasi data pembacaan sensor yang dihubungkan pada kabel listrik rumah tangga akan

ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) berupa data karakter angka dan huruf. Hasil pengujian seperti yang ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Pzem 004-T

Hasil pembacaan data sensor pzem 004-T pada tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) di atas merupakan data tegangan, arus, dan daya yang dibaca oleh sensor. Pada percobaan ini menggunakan beban kipas angin, tegangan yang dideteksi oleh sensor 230 volt, arus 0,10 ampere, dan daya sebesar 15,60 watt.

4.3 Pengujian *Speaker* Dan *Buzzer*

Speaker dan *buzzer* pada perancangan alat yang telah dibuat berfungsi untuk memberikan peringatan terhadap penggunaan pemakaian listrik rumah tangga. *Speaker* dan *buzzer* ini akan berbunyi ketika penggunaan daya listrik rumah tangga mendekati batas maksimum. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian ini dapat berfungsi dengan baik atau tidak.

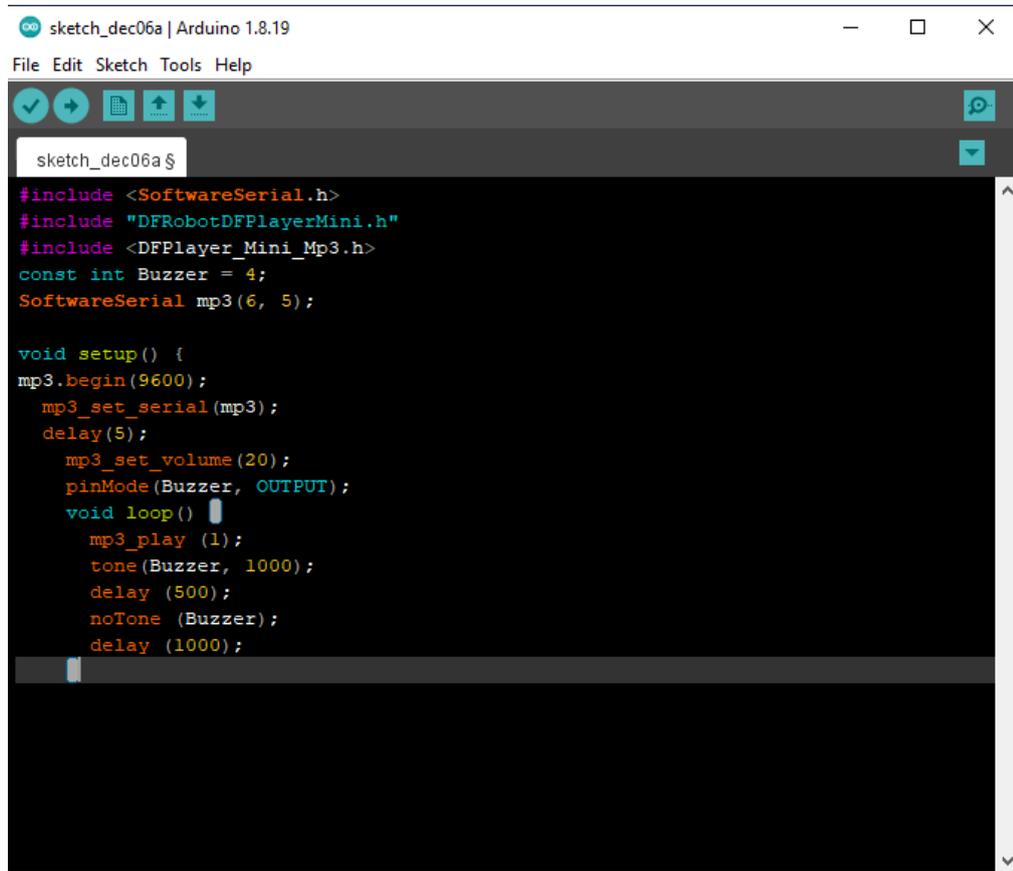
Peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian ini yaitu :

1. Mikrokontroler Arduino Nano
2. *Speaker* dan *Buzzer*
3. Modul DF Player Mini
4. *SD Card*
5. *Software* Arduino IDE

Langkah-langkah melakukan pengujian *Speaker* dan *Buzzer*:

1. Mengisi MP3 untuk bunyi yang dikeluarkan oleh speaker *SD Card*
2. Masukkan *SD Card* pada modul DF Player Mini
3. Buka aplikasi Arduino IDE

4. Selanjutnya akan muncul tampilan awal “sketch_xxxxxx” secara otomatis seperti pada langkah sebelumnya.
5. Membuat listing program untuk pengujian *Speaker* dan *Buzzer* seperti gambar berikut.



```
sketch_dec06a | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
sketch_dec06a $
#include <SoftwareSerial.h>
#include "DFRobotDFPlayerMini.h"
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>
const int Buzzer = 4;
SoftwareSerial mp3(6, 5);

void setup() {
mp3.begin(9600);
mp3_set_serial(mp3);
delay(5);
mp3_set_volume(20);
pinMode(Buzzer, OUTPUT);
void loop() {
mp3_play(1);
tone(Buzzer, 1000);
delay(500);
noTone(Buzzer);
delay(1000);
```

Gambar 4. 6 Code Pengujian *Speaker* dan *Buzzer*

6. Klik Sketch→Verify.
7. Kalau sudah tidak ada *error*, maka klik ikon→ *Upload* atau Ctrl + U.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, untuk dapat mengetahui apakah *speaker* dan *buzzer* bekerja dengan baik atau tidak dilakukan dengan menuliskan program inialisasi program untuk pemanggilan library yang dibutuhkan dan variabel-variabel yang dibutuhkan dalam pengujian rangkaian ini. Untuk memulai pengujian *speaker* dan *buzzer* digunakan listing berikut:

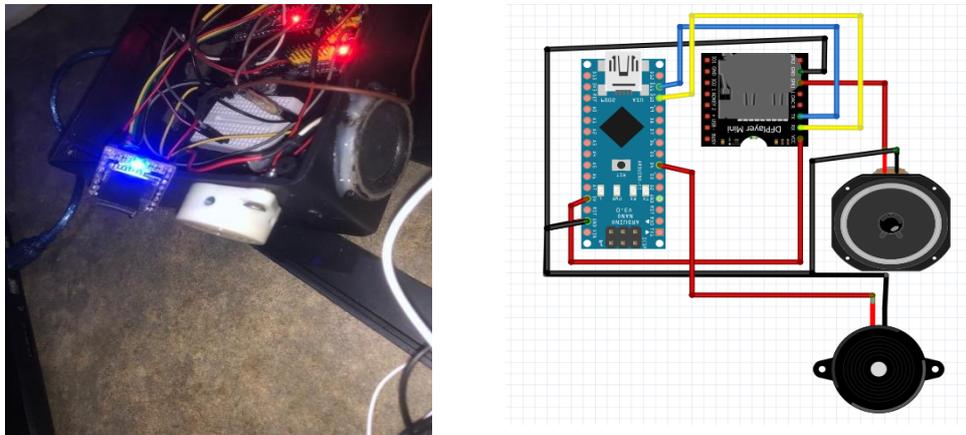
```
void setup() {
mp3.begin(9600);
mp3_set_serial(mp3);
delay(5);
```

```

mp3_set_volume(20);
pinMode(Buzzer, OUTPUT);
void loop() {
  mp3_play (1);
  tone(Buzzer, 1000);
  delay (500);
  noTone (Buzzer);
  delay (1000);
}

```

Point penting dalam cuplikan program pengujian *speaker* yaitu `mp3_play(1)` merupakan variabel agar *speaker* berbunyi dengan suara MP3 yang telah tersimpan pada *SD Card*. `tone(Buzzer, 1000);` merupakan variabel agar *buzzer*, `delay (500);` merupakan waktu menyala hanya selama 500 milidetik, `noTone (Buzzer);` merupakan *code* agar *buzzer* tidak berbunyi. Hasil dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



Gambar 4. 7 Hasil Pengujian *Speaker* Dan *Buzzer*

4.4 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian alat secara keseluruhan ini merupakan gabungan dari pengujian-pengujian tiap bagian input dan output yang telah dilakukan sebelumnya. Peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian ini yaitu :

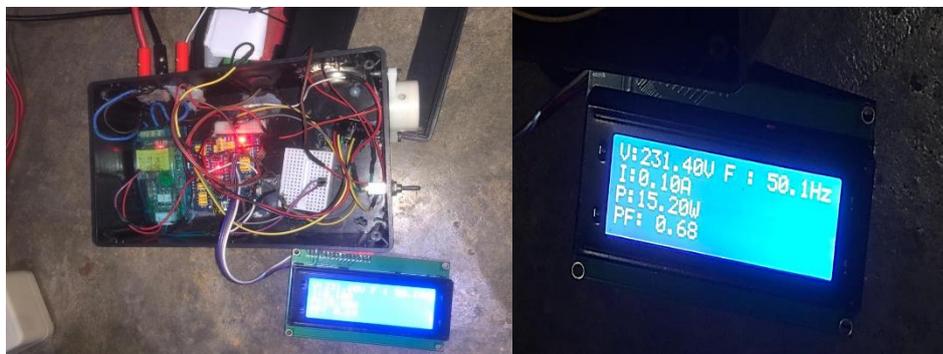
1. Mikrokontroler Arduino Nano
2. Rangkaian LCD 20 x 4
3. Sensor Pzem 004-T

4. *Speaker dan Buzzer*
5. *Modul DF Player Mini*
6. *SD Card*
7. *Software Arduino IDE*

Langkah-langkah melakukan pengujian Alat secara Keseluruhan :

1. Buka aplikasi Arduino IDE
2. Selanjutnya akan muncul tampilan awal “sketch_xxxxxx” secara otomatis seperti pada langkah sebelumnya.
3. Mengetikkan listing program untuk pengujian rangkaian Keseluruhan.
4. Klik Sketch→Verify.
5. Kalau sudah tidak ada *error*, maka klik ikon →Upload atau Ctrl + U.

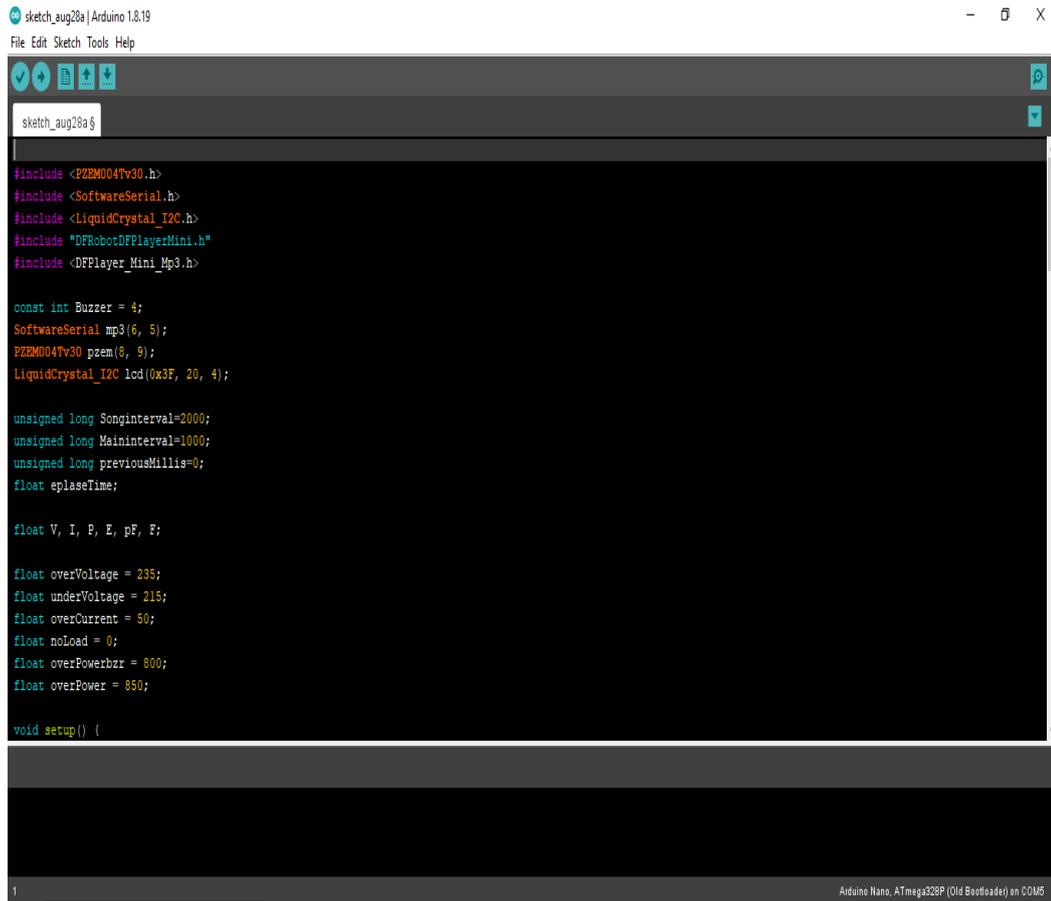
Pengujian secara keseluruhan dengan menggunakan sistem monitoring dilakukan sesuai dengan blok diagram seperti pada Gambar 3.3 sebelumnya. Ketika sistem monitoring diaktifkan, program akan bekerja dan sensor pzem 004-T bekerja membaca besarnya tegangan, arus, dan daya yang digunakan beban. Lalu dari input masuk ke mikrokontroler untuk dikonversi menjadi nilai faktor daya sesuai yang disetting didalam program. Untuk mendapatkan hasil berupa tegangan, arus, faktor daya, dan daya dapat dilihat pada LCD (*Liquid Crystal Display*). Kemudian nilai daya yang dibaca oleh sensor ketika mendekati batas maksimum mikrokontroler Arduino nano akan mengirim sinyal terhadap *buzzer* agar berbunyi dan modul DF Player Mini agar *speaker* berbunyi sebagai pemberi peringatan. Pengujian dilakukan terhadap beban kipas angin. Hasil dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan

4.5 Source Code

Adapun *source code* yang di implementasikan untuk memonitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga menggunakan mikrokontroler Arduino nano dapat dilihat pada gambar berikut.



```
sketch_aug28a $
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "DFRobotDFPlayerMini.h"
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>

const int Buzzer = 4;
SoftwareSerial mp3(6, 5);
PZEM004Tv30 pzem(8, 9);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4);

unsigned long Songinterval=2000;
unsigned long Maininterval=1000;
unsigned long previousMillis=0;
float eplaseTime;

float V, I, P, E, pE, F;

float overVoltage = 235;
float underVoltage = 215;
float overCurrent = 50;
float noLoad = 0;
float overPowerbzz = 800;
float overPower = 850;

void setup() {
```

Gambar 4. 9 Code Program Arduino

Gambar 4.1 merupakan *code* program yang diimplementasikan pada Arduino nano agar sistem dapat bekerja sesuai dengan yang telah dirancang.

Code program dengan menggunakan *software* Aduino IDE yang Bahasa pemrogramannya menyerupai Bahasa C. Bahasa pemrograman dalam Arduino juga lebih mudah dimengerti dan dilengkapi dengan library C/C++.

Seluruh *conditional* yang digunakan pada program merupakan *conditional if* (jika) – *else* (jika tidak).

4.6 Pengujian Pengukuran

Pada pengujian pengukuran alat monitoring penggunaan arus dan daya pada listrik rumah tangga berbasis Arduino Nano terdiri dari empat tahap yaitu,

pengujian pengukuran tegangan, pengujian pengukuran arus, pengujian faktor daya, dan pengujian daya. Pada pengujian ini, hasil pengukuran alat yang sudah dirancang dibandingkan dengan hasil alat pengukuran yang sudah terstandarisasi yaitu alat pengukur daya listrik taffware KWE-PM01 dengan acuan modul ini sudah dikalibrasi terlebih dahulu untuk memperoleh persentase tingkat akurasi alat yang telah dirancang.

4.6.1 Pengujian Pengukuran Tegangan

Adapun pada pengujian pengukuran tegangan alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga dengan melakukan perbandingan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur tegangan yang terstandarisasi dan telah dikalibrasi. Berikut hasil perbandingan pengukuran sensor pengukuran tegangan dengan alat ukur tegangan yang terstandarisasi yang sudah dikalibrasi.



Gambar 4. 10 Perbandingan Pengukuran Tegangan Pada Alat Dengan Alat Ukur

Pada gambar 4.10 terlihat bahwa pengujian tegangan pada alat monitoring ini, dilakukan dengan membandingkan pengukuran tegangan antara yang terbaca oleh alat monitoring dibandingkan dengan pembacaan oleh alat ukur tegangan yang terstandar kalibrasi. Pengujian perbandingan pengukuran tegangan yang dilakukan oleh alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi pada sembilan jenis beban rumah tangga yang berbeda, dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan

No	Beban Listrik	Tegangan Yang Diamati (Volt)		Error
		Alat Monitoring	Wattmeter (taffware-KWE-PM01)	
1	Lemari Pendingin	227	227	0
2	Kipas Angin	227	227	0
3	Laptop	227	227	0
4	Mesin cuci	225	224	0,0045
5	Televisi	227	227	0
6	Setrika	226	226	0
7	Rice Cooker	227	227	0
8	Pompa air	227	227	0
9	lampu	228	228	0
Rata-rata				0,00045

Data kesalahan atau *error* yang didapat dari hasil pengujian pengukuran tegangan alat monitoring dengan alat ukur standarisasi pada tabel 4.1, Hasil tingkat akurat pengukuran diperoleh dari hasil perhitungan *error* pembacaan pengukuran alat monitoring dengan pengukuran alat yang sudah terstandarisasi.

Dalam menentukan hasil *Error* pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}}$$

Dimana, *Error* adalah kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi.

Dalam menentukan persentase *Error* pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error\ (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

Dimana, *Error (%)* adalah kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi kemudian dikali seratus persen (%).

Berdasarkan persamaan matematis diatas dilakukan perhitungan persentase kesalahan yang didapatkan, dengan perhitungan persentase kesalahan pembacaan tegangan terhadap hasil pengukuran alat ukur standarisasi sebagai berikut:

$$Error = \frac{225 - 224}{224}$$

$$= 0,0045$$

$$Error (\%) = \frac{225 - 224}{224} \times 100\%$$

$$= 0,45\%$$

Dalam menentukan rata-rata persentase kesalahan pembacaan alat monitoring pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Rata - rata Error = \frac{\Sigma Error}{n}$$

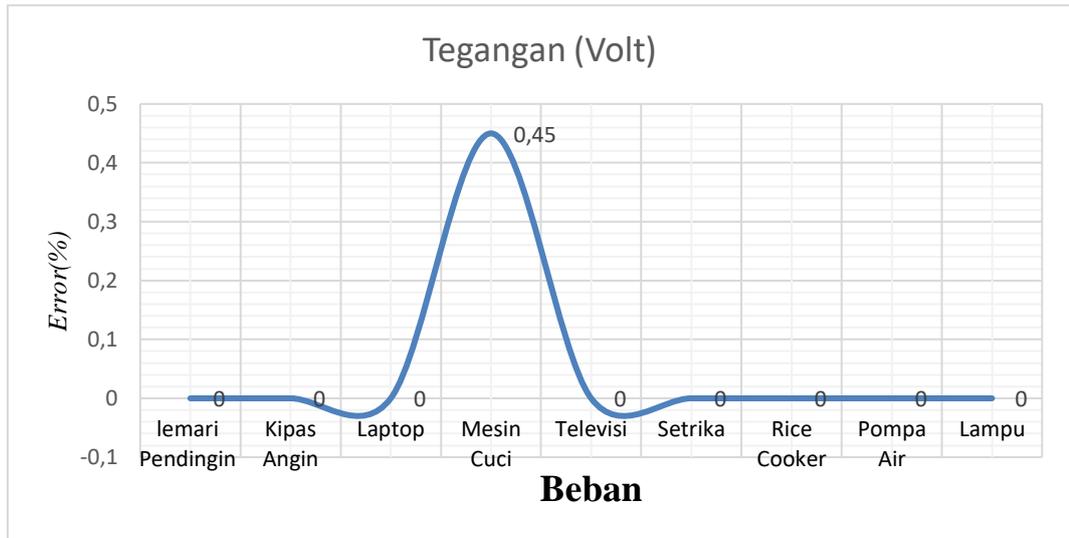
Dimana, *Rata - rata Error* adalah rata-rata kesalahan ukur alat monitoring, $\Sigma Error$ adalah jumlah seluruh hasil kesalahan yang telah dihitung dan *n* adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

Dapat dilihat pada table 4.1 hasil pengujian pengukuran. Hasil rata-rata *error* pada table 4.1 diperoleh rata-rata *error* berdasarkan persamaan matematis diatas.

$$Rata - rata Error = \frac{0 + 0 + 0 + 0,0045 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{9} = 0,00045$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh rata-rata *error* pengukuran tegangan alat monitoring sebesar 0,00045.

Berdasarkan perhitungan diperoleh persentase kesalahan pengukuran tegangan dengan melakukan pengujian pengukuran tegangan alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 11 Grafik Persentase *Error* Pengukuran Tegangan Alat Monitoring

Dapat dilihat pada gambar 4.11 grafik persentase *error* pengukuran tegangan alat monitoring. Pada pengujian tegangan alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi sudah kalibrasi terdapat selisih pengukuran tegangan yang masih dalam tahap wajar. Persentase kesalahan dalam mengukur tegangan alat monitoring ini sebesar 0.45% yang diakibatkan oleh resolusi pembacaan.

Setelah memperoleh hasil *error* dilakukan menentukan tingkat persentase akurasi pengukuran alat monitoring. Dalam menentukan hasil persentase akurasi pada alat monitoring dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Accuracy (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - Error}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

Dimana, *Accuracy (%)* adalah tingkat akurasi alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan pengukuran alat monitoring, *Error* adalah hasil kesalahan pengukuran alat monitoring, $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan pengukuran dengan standarisasi yang sudah dikalibrasi.

Persentase akurasi yang didapat dari hasil pengujian pengukuran tegangan alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan sudah kalibrasi pada tabel 4.1, dilakukan perhitungan persentase akurasi berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan diatas. Berikut perhitungan persentase akurasi pada jenis beban mesin cuci.

$$Accuracy (\%) = \frac{225 - 0,0045}{224} \times 100\%$$

$$= 100,45\%$$

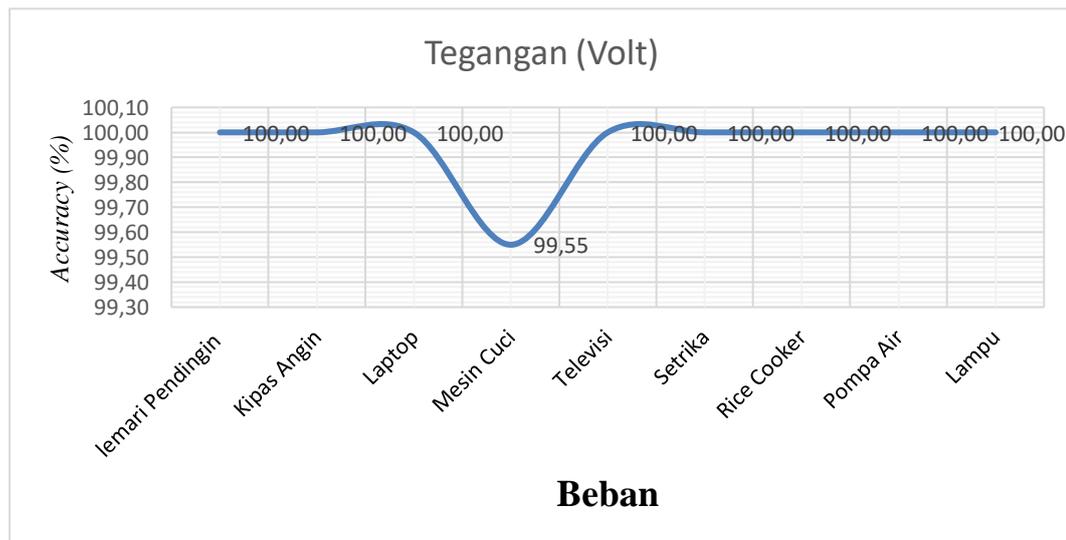
Berdasarkan perhitungan diatas persentase tingkat akurasi melewati batas maksimum yaitu, 100%. Untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan batas maksimalnya, dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Accuracy (\%) = 100\% - (Hasil Accuracy\% - 100\%)$$

$$Accuracy (\%) = 100\% - (100,45\% - 100\%)$$

$$= 99,55\%$$

Hasil perhitungan persentase tingkat akurasi pengukuran tegangan alat monitoring dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 12 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Tegangan Alat Monitoring

Dapat dilihat pada gambar 4.12 grafik persentase akurasi pengukuran tegangan alat monitoring. Hasil persentase tingkat akurasi pada gambar 4.12 diperoleh rata-rata persentase tingkat akurasi berdasarkan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Rata - rata Accuracy (\%) = \frac{\Sigma Accuracy (\%)}{n}$$

Dimana, *Rata - rata Accuracy (%)* adalah rata-rata persentase tingkat akurasi baca alat monitoring, $\Sigma Accuracy (\%)$ adalah jumlah seluruh hasil

persentase tingkat akurasi yang telah dihitung dan n adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

Rata – rata Accuracy (%) =

$$\frac{100,00 + 100,00 + 100,00 + 99,55 + 100,00 + 100,00 + 100,00 + 100,00 + 100,00}{9} (\%)$$
$$= 99,95 \%$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh persentase tingkat akurasi pengukuran tegangan alat monitoring dengan rata-rata sebesar 99,95%. Sehingga dapat disimpulkan pengukuran tegangan alat monitoring termasuk akurat.

4.6.2 Pengujian Pengukuran Arus

Pada pengujian pengukuran arus alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga dengan melakukan perbandingan hasil pengukuran arus alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan telah dikalibrasi. Berikut hasil perbandingan pembacaan pengukuran arus dengan alat ukur arus yang terstandarisasi yang sudah dikalibrasi.



Gambar 4. 13 Perbandingan Pengukuran Arus Alat Monitoring Dengan Alat Ukur Standarisasi

Pada gambar 4.13 terlihat bahwa pengujian pengukuran arus pada alat monitoring ini, dilakukan dengan membandingkan pengukuran arus antara yang terbaca oleh alat monitoring dibandingkan dengan pembacaan oleh alat ukur yang terstandar kalibrasi. Pengujian ini dilakukan pada Sembilan jenis beban rumah tangga yang berbeda. Data yang didapatkan pada perbandingan pembacaan arus yang dilakukan oleh alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pengukuran Arus

No	Beban Listrik	Arus Yang Diamati (Ampere)		<i>Error</i>
		Alat Monitoring	Wattmeter (taffware-KWE-PM01)	
1	Lemari Pendingin	0,96	0,95	0,0105
2	Kipas Angin	0,77	0,76	0,0132
3	Laptop	0,15	0,14	0,0714
4	Mesin Cuci	1,18	1,17	0,0085
5	Televisi	0,49	0,48	0,0208
6	Setrika	1,63	1,63	0
7	<i>Rice Cooker</i>	0,23	0,23	0
8	Pompa Air	1,14	1,13	0,0088
9	Lampu	0,18	0,17	0,0588
Rata-rata				0,0214

Data kesalahan atau *error* yang didapat dari hasil pengujian pengukuran arus alat monitoring dengan alat ukur standarisasi pada tabel 4.2, dilakukan perhitungan *error* dan persentase *error*(%) berdasarkan persamaan berikut:

$$Error = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}}$$

Dimana, *Error* adalah kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi.

Dalam menentukan persentase *Error* pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error\ (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

Dimana, *Error* (%) adalah persentase kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi kemudian dikali seratus persen (%).

Berdasarkan persamaan matematis diatas dilakukan perhitungan *error* dan persentase kesalahan pengukuran arus terhadap hasil pengukuran alat ukur standarisasi pada beban lemari pendingin sebagai berikut:

$$Error = \frac{0,96 - 0,95}{0,95}$$

$$= 0,0105$$

$$Error\ (\%) = \frac{0,96 - 0,95}{0,95} \times 100\%$$

$$= 1,05\%$$

Dapat dilihat pada table 4.2 hasil pengujian pengukuran. Hasil rata-rata *error* pada table 4.2 diperoleh rata-rata *error* berdasarkan persamaan berikut:

$$Rata - rata\ Error\ (\%) = \frac{\Sigma Error\ (\%)}{n}$$

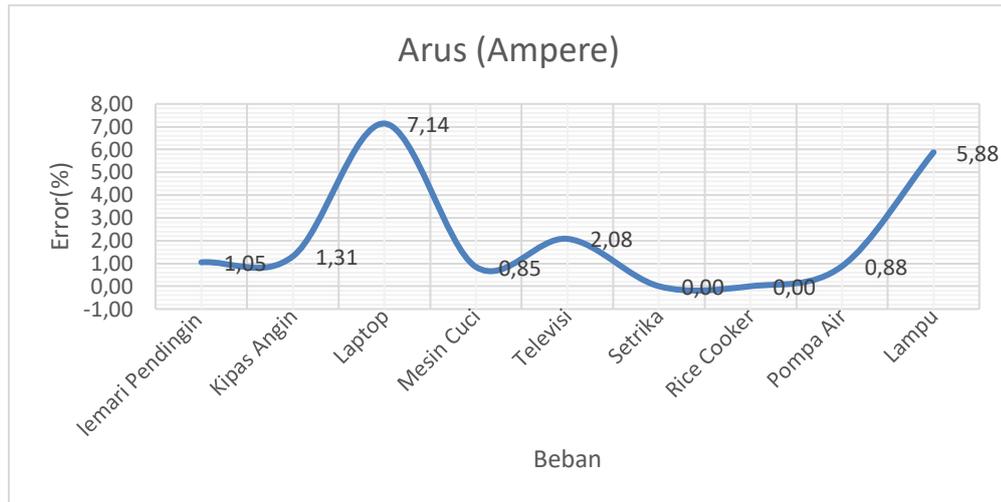
Dimana, *Rata - rata Error* (%) adalah rata-rata persentase kesalahan ukur alat monitoring, $\Sigma Error$ (%) adalah jumlah seluruh hasil persentase kesalahan yang telah dihitung dan *n* adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

$$Rata - rata\ Error =$$

$$\frac{0,0105 + 0,0132 + 0,0714 + 0,0085 + 0,0208 + 0 + 0 + 0,0088 + 0,0588}{9} = 0,0214$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh rata-rata *error* pengukuran tegangan alat monitoring sebesar 0,0214.

Pada tabel 4.2 merupakan hasil pengujian dengan membandingkan pembacaan pengukuran arus alat monitoring dengan alat yang terstandarisasi. Berdasarkan perhitungan diperoleh persentase kesalahan atau *error* (%) pengukuran arus alat monitoring dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 14 Grafik Persentase *Error* Pengukuran Arus Alat Monitoring

Hasil perhitungan persentase kesalahan pengukuran arus alat monitoring dapat dilihat pada gambar 4.14. Berdasarkan gambar 4.14 persentase kesalahan pengukuran arus alat monitoring terhadap jenis beban lemari pendingin, kipas angin, mesin cuci, televise, setrika, *rice cooker*, dan pompa air dapat disimpulkan baik dengan persentase kesalahan dibawah 5%. Sedangkan pembacaan arus alat monitoring terhadap jenis beban laptop, lampu dapat disimpulkan tidak baik dengan persentase kesalahan diatas 5%. Dari hasil persen tertinggi karena pengukuran arus kecil. Jika arus semakin besar maka *error%* semakin kecil.

Persentase akurasi yang didapat dari hasil pengujian pengukuran arus alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan sudah kalibrasi pada tabel 4.2, dilakukan perhitungan persentase akurasi setelah memperoleh hasil kesalahan atau *error* pengukuran berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$Accuracy (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - Error}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

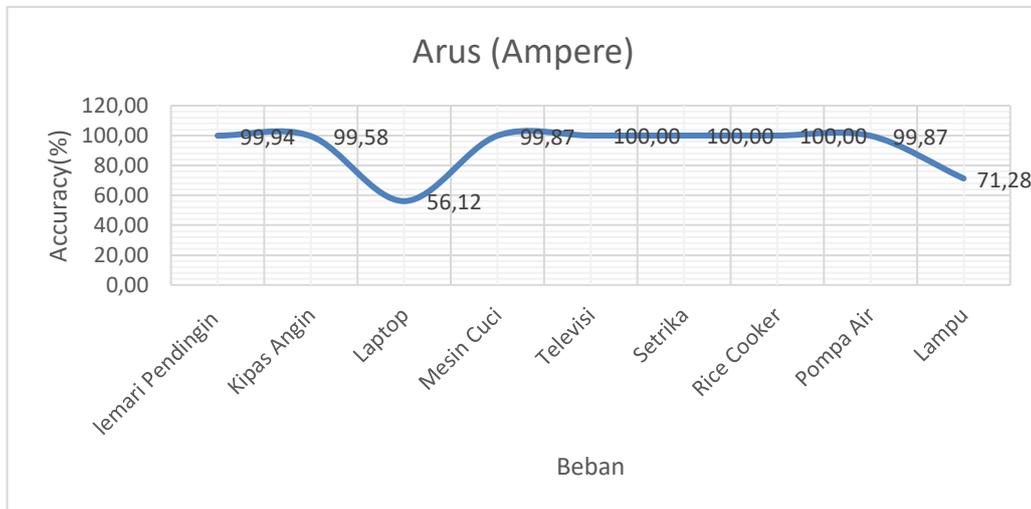
Dimana, *Accuracy (%)* adalah tingkat akurasi alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan pengukuran alat monitoring, *Error* adalah hasil kesalahan pengukuran alat monitoring, $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan pengukuran dengan standarisasi yang sudah dikalibrasi.

Berdasarkan persamaan dilakukan perhitungan persentase akurasi pada jenis beban lampu.

$$Accuracy (\%) = \frac{0,18 - 0,0588}{0,17} \times 100\%$$

$$= 71,28\%$$

Hasil pengujian pengukuran arus alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan sudah kalibrasi pada tabel 4.2, dilakukan perhitungan persentase akurasi. Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil tingkat persentase akurasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 15 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Arus Alat Monitoring

Dapat dilihat pada gambar 4.15 grafik persentase akurasi pengukuran arus alat monitoring. Hasil persentase tingkat akurasi pada gambar 4.15 diperoleh rata-rata persentase tingkat akurasi berdasarkan persamaan berikut:

$$Rata - rata Accuracy (\%) = \frac{\Sigma Accuracy (\%)}{n}$$

Dimana, *Rata - rata Accuracy (%)* adalah rata-rata persentase tingkat akurasi baca alat monitoring, $\Sigma Accuracy (\%)$ adalah jumlah seluruh hasil persentase tingkat akurasi yang telah dihitung dan *n* adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata - rata Accuracy (\%)} &= \\
 &= \frac{99,94 + 99,58 + 56,12 + 99,87 + 100,00 + 100,00 + 100,00 + 99,87 + 71,28}{9} (\%) \\
 &= 91,90 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari sembilan beban diperoleh persentase tingkat akurasi pengukuran arus alat monitoring dengan rata-rata sebesar 91,90%. Dapat disimpulkan pengujian pada beban lemari pendingin, kipas angin, mesin cuci, televisi, setrika, *rice cooker*, pompa air dengan tingkat akurasi diatas 95%, Sedangkan pada beban laptop dan lampu dengan tingkat akurasi dibawah 95% dikarenakan beban memiliki arus yang kecil. Dari hasil perhitungan tingkat persentase akurasi terendah dikarenakan pengukuran arus kecil. Jika pengukuran arus semakin besar maka tingkat akurasi semakin besar.

4.6.3 Pengujian Pengukuran Faktor Daya

Pada pengujian pengukuran faktor daya alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga dengan melakukan perbandingan hasil pembacaan faktor daya alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan telah dikalibrasi. Berikut hasil pengujian perbandingan pengukuran faktor daya dengan alat ukur yang terstandarisasi yang sudah dikalibrasi.



Gambar 4. 16 Perbandingan Pengukuran Faktor Daya Alat Monitoring Dengan Alat Ukur

Pada gambar 4.16 terlihat bahwa pengujian pengukuran faktor daya alat monitoring ini, dilakukan dengan membandingkan antara yang terbaca oleh alat monitoring dengan pengukuran oleh alat ukur yang terstandar kalibrasi. Pengujian ini dilakukan pada sembilan jenis beban rumah tangga yang berbeda. Data yang didapatkan pada perbandingan pengukuran faktor daya yang dilakukan oleh alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi, dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Pengukuran Faktor Daya

No	Beban Listrik	Faktor Daya Yang Diamati		Error
		Alat Monitoring	Wattmeter (taffware-KWE-PM01)	
1	Lemari Pendingin	0,72	0,72	0
2	Kipas Angin	0,90	0,91	0,0110
3	Laptop	0,34	0,36	0,0556
4	Mesin Cuci	0,84	0,82	0,0244
5	Televisi	0,58	0,59	0,0169
6	Setrika	1	1	0
7	Rice Cooker	0,91	0,92	0,0109
8	Pompa Air	0,94	0,93	0,0108
9	Lampu	0,70	0,72	0,027
Rata-rata				0,0175

Data kesalahan atau *error* yang didapat dari hasil pengujian pengukuran faktor daya alat monitoring dengan alat ukur standarisasi pada tabel 4.3, dilakukan perhitungan *error* dan persentase *error* (%) dengan persamaan matematis.

Dalam menentukan hasil *Error* pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}}$$

Dimana, *Error* adalah kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi.

Dalam menentukan persentase *Error* pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error\ (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

Dimana, $Error$ (%) adalah kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi kemudian dikali seratus persen (%).

Berdasarkan persamaan diatas dilakukan perhitungan kesalahan dan persentase kesalahan atau $error$ (%) pengukuran faktor daya terhadap hasil pengukuran alat ukur standarisasi pada beban kipas angin sebagai berikut:

$$Error = \frac{0,90 - 0,91}{0,91}$$

$$= 0,0110$$

$$Error\ (\%) = \frac{0,90 - 0,91}{0,91} \times 100\%$$

$$= 1,09\%$$

Dapat dilihat pada table 4.3 hasil pengujian pengukuran faktor daya. Hasil rata-rata $error$ pada table 4.3 diperoleh rata-rata $error$ berdasarkan persamaan berikut:

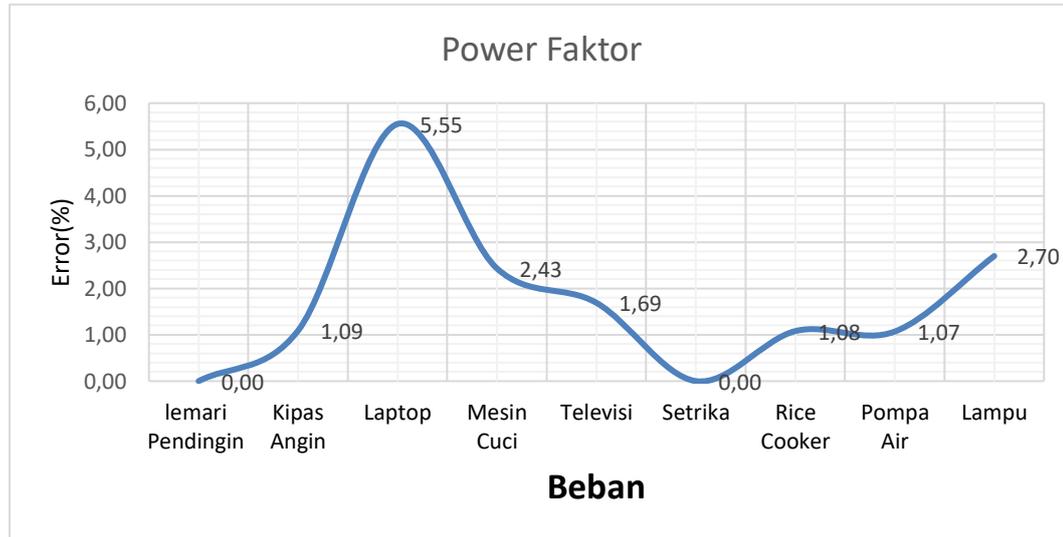
$$Rata - rata\ Error = \frac{\Sigma Error}{n}$$

Dimana, $Rata - rata\ Error$ adalah rata-rata kesalahan ukur alat monitoring, $\Sigma Error$ adalah jumlah seluruh hasil kesalahan yang telah dihitung dan n adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

$$Rata - rata\ Error = \frac{0 + 0,010 + 0,0556 + 0,0244 + 0,0169 + 0 + 0,0109 + 0,0108 + 0,027}{9} = 0,0175$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh rata-rata $error$ pengukuran faktor daya alat monitoring sebesar 0,0175.

Pada tabel 4.3 merupakan hasil pengujian perbandingan pengukuran faktor daya alat monitoring dengan alat yang terstandarisasi. Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil persentase kesalahan pengukuran faktor daya alat monitoring pada gambar berikut.



Gambar 4. 17 Grafik Persentase *Error* Pengukuran Arus Alat Monitoring

Hasil perhitungan persentase kesalahan pengukuran arus alat monitoring dapat dilihat pada gambar 4.17. Berdasarkan gambar 4.17 persentase kesalahan pembacaan faktor daya alat monitoring terhadap jenis beban lemari pendingin, kipas angin, mesin cuci, televisi, setrika, *rice cooker*, pompa air, dan lampu dapat disimpulkan baik dengan persentase kesalahan dibawah 5%. Sedangkan pengukuran faktor daya terhadap jenis beban laptop dapat disimpulkan tidak baik dengan persentase kesalahan diatas 5%. Dari hasil persen tertinggi karena pengukuran faktor daya kecil. Jika pengukuran faktor daya semakin besar maka *error%* semakin kecil.

Setelah memperoleh hasil *error* dilakukan menentukan tingkat persentase akurasi pengukuran alat monitoring. Dalam menentukan hasil persentase akurasi pada alat monitoring dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Accuracy (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - Error}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

Dimana, *Accuracy (%)* adalah tingkat akurasi alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan pengukuran alat monitoring, *Error* adalah

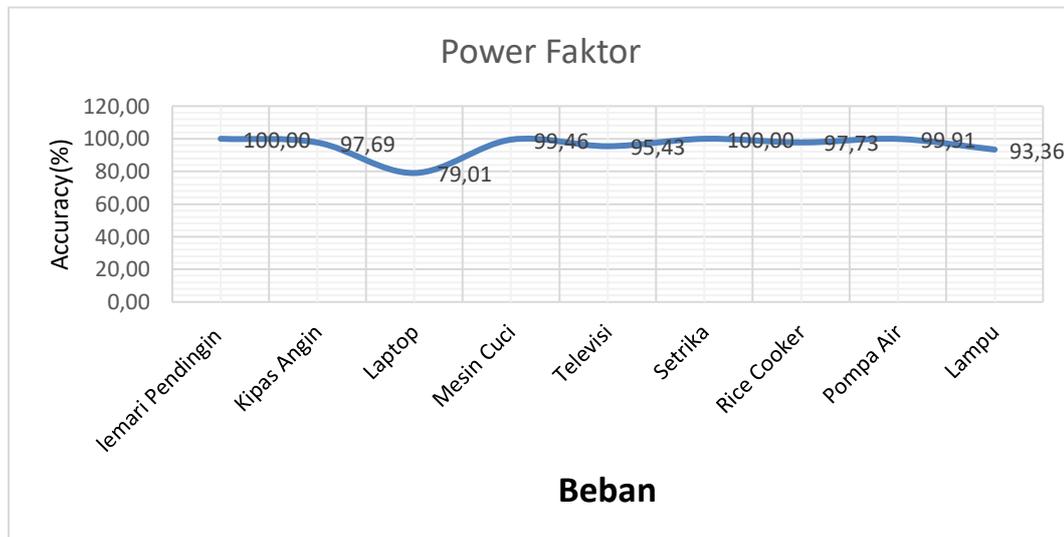
hasil kesalahan pengukuran alat monitoring, $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan pengukuran dengan standarisasi yang sudah dikalibrasi.

Persentase akurasi yang didapat dari hasil pengujian pengukuran faktor daya alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan sudah kalibrasi pada tabel 4.3, dilakukan perhitungan persentase akurasi setelah memperoleh hasil kesalahan pengukuran berdasarkan perhitungan. Berikut perhitungan persentase akurasi pada jenis beban kipas angin.

$$Accuracy (\%) = \frac{0,90 - 0,0110}{0,91} \times 100\%$$

$$= 97,69\%$$

Hasil pengujian perbandingan pembacaan faktor daya alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan sudah kalibrasi pada tabel 4.3. Setelah memperoleh hasil kesalahan pembacaan alat dari perhitungan, dilakukan perhitungan persentase akurasi. Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil tingkat persentase akurasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 18 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Faktor Daya Alat Monitoring

Dapat dilihat pada gambar 4.18 grafik persentase akurasi pengukuran faktor daya alat monitoring. Hasil persentase tingkat akurasi pada gambar 4.18 diperoleh rata-rata persentase tingkat akurasi berdasarkan persamaan berikut.

$$\text{Rata - rata Accuracy (\%)} = \frac{\Sigma \text{Accuracy (\%)}}{n}$$

Dimana, *Rata - rata Accuracy (%)* adalah rata-rata persentase tingkat akurasi baca alat monitoring, $\Sigma \text{Accuracy (\%)}$ adalah jumlah seluruh hasil persentase tingkat akurasi yang telah dihitung dan n adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata Accuracy (\%)} &= \\ \frac{100,00 + 97,69 + 79,01 + 99,46 + 95,43 + 100,00 + 97,75 + 99,91 + 93,36 (\%)}{9} & \\ &= 95,85 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh persentase tingkat akurasi pengukuran alat monitoring dengan rata-rata sebesar 95,85%. Sehingga dapat disimpulkan memiliki tingkat akurasi yang termasuk akurat.

4.6.4 Pengujian Pengukuran Daya

Pada pengujian pengukuran daya alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga dengan melakukan perbandingan hasil pembacaan daya alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan telah dikalibrasi. Berikut hasil pengujian perbandingan pengukuran daya dengan alat ukur yang terstandarisasi yang sudah dikalibrasi.



Gambar 4. 19 Perbandingan Pengukuran Daya Alat Dengan Alat Ukur

Pada gambar 4.19 terlihat bahwa pengujian pengukuran daya alat monitoring ini, dilakukan dengan membandingkan antara yang terbaca oleh alat monitoring dengan pembacaan oleh alat ukur yang terstandar kalibrasi. Pengujian ini dilakukan pada sembilan jenis beban rumah tangga yang berbeda. Data yang didapatkan pada perbandingan pengukuran daya yang dilakukan oleh alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi, dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Pengukuran Daya

No	Beban Listrik	Daya Yang diamati (Watt)		Error
		Alat Monitoring	Wattmeter (taffware-KWE-PM01)	
1	Lemari Pendingin	158,3	157,6	0,0044
2	Kipas Angin	157,8	157,6	0,0013
3	Laptop	10,5	10,9	0,0367
4	Mesin cuci	228	229,1	0,0048
5	Televisi	61,9	62,7	0,0128
6	Setrika	366	367	0,0027
7	Rice Cooker	48,7	48,9	0,0041
8	Pompa air	243	244	0,0041
9	lampu	28,6	29,2	0,0205
Rata-rata				0,0102

Data kesalahan atau *error* yang didapat dari hasil pengujian pengukuran daya alat monitoring dengan alat ukur standarisasi pada tabel 4.4, dilakukan perhitungan *error* dan persentase *error*(%) menggunakan persamaan matematis.

Dalam menentukan hasil *Error* pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}}$$

Dimana, *Error* adalah kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi.

Dalam menentukan persentase *Error* pada sistem dapat dituliskan dengan persamaan matematis sebagai berikut:

$$Error\ (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - R_{std\ Measurement}}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

Dimana, $Error$ (%) adalah kesalahan baca alat monitoring, $R_{self\ Measurement}$ adalah pembacaan alat monitoring dan $R_{std\ Measurement}$ adalah pembacaan alat ukur yang sudah terstandarisasi kemudian dikali seratus persen (%).

Berdasarkan persamaan diatas dilakukan perhitungan kesalahan dan persentase kesalahan atau $error$ (%) pengukuran daya terhadap hasil pengukuran alat ukur standarisasi pada jenis beban lemari pendingin sebagai berikut:

$$Error = \frac{158,3 - 157,6}{157,6}$$

$$= 0,0044$$

$$Error\ (\%) = \frac{158,3 - 157,6}{157,6} \times 100\%$$

$$= 0,44\%$$

Dapat dilihat pada table 4.4 hasil pengujian pengukuran daya. Hasil rata-rata $error$ pada table 4.4 diperoleh rata-rata $error$ berdasarkan persamaan matematis berikut:

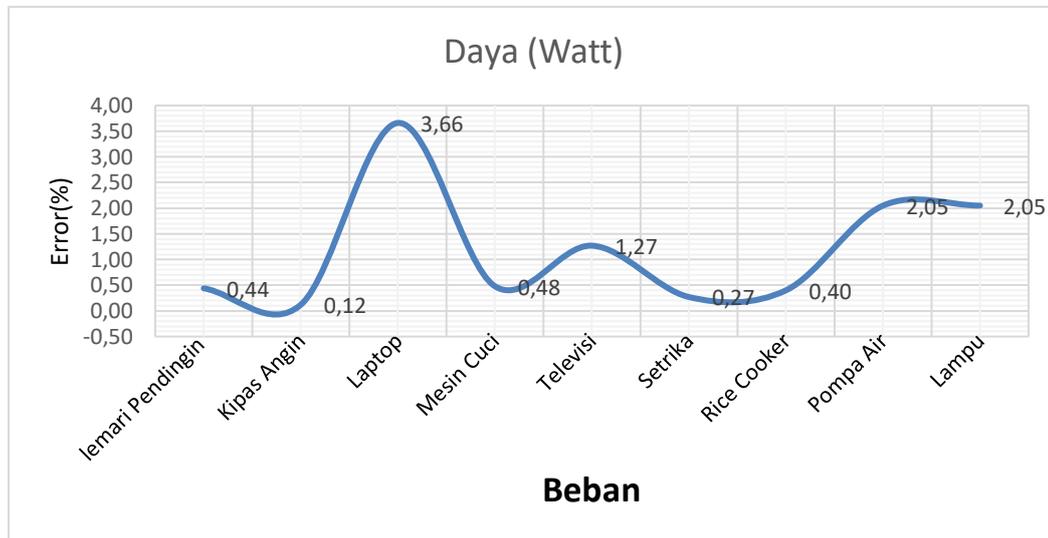
$$Rata - rata\ Error = \frac{\Sigma Error}{n}$$

Dimana, $Rata - rata\ Error$ adalah rata-rata kesalahan ukur alat monitoring, $\Sigma Error$ adalah jumlah seluruh hasil kesalahan yang telah dihitung dan n adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

$$Rata - rata\ Error = \frac{0,0044 + 0,0013 + 0,0367 + 0,0048 + 0,0128 + 0,0027 + 0,0041 + 0,0041 + 0,0102}{9} = 0,0102$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh rata-rata $error$ pengukuran daya alat monitoring sebesar 0,0102.

Pada tabel 4.4 merupakan hasil pengujian perbandingan pengukuran daya alat monitoring dengan alat yang terstandarisasi. Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan diperoleh hasil persentase kesalahan atau *error* (%) pengukuran daya alat monitoring pada gambar berikut.



Gambar 4. 20 Grafik Persentase *Error* Pembacaan Daya Alat Monitoring

Hasil perhitungan persentase kesalahan pengukuran daya alat monitoring dapat dilihat pada gambar 4.20. Berdasarkan gambar 4.20 persentase kesalahan pembacaan daya alat monitoring terhadap Sembilan jenis beban dapat disimpulkan baik dengan persentase kesalahan dibawah 5%.

Hasil pengujian perbandingan pengukuran daya alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan sudah kalibrasi pada tabel 4.4. Setelah memperoleh hasil kesalahan atau *error* pengukuran alat dari perhitungan, dilakukan perhitungan persentase akurasi menggunakan persamaan berikut:

$$Accuracy (\%) = \frac{R_{self\ Measurement} - Error}{R_{std\ Measurement}} \times 100\%$$

Dimana, *Accuracy* (%) adalah tingkat akurasi alat monitoring, *R_{self Measurement}* adalah pembacaan pengukuran alat monitoring, *Error* adalah hasil kesalahan pengukuran alat monitoring, *R_{std Measurement}* adalah pembacaan pengukuran dengan standarisasi yang sudah dikalibrasi.

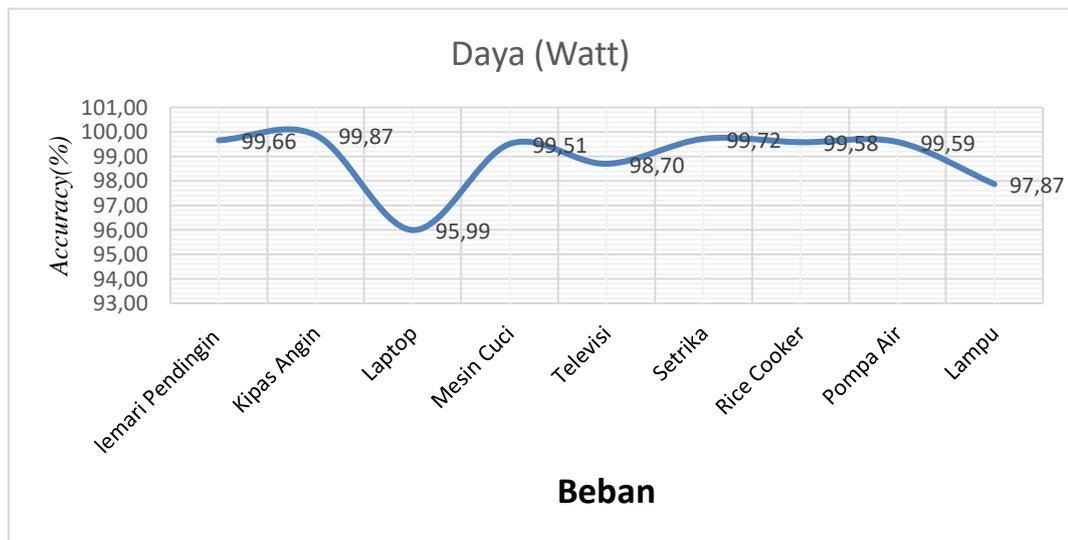
Persentase akurasi yang didapat dari hasil pengujian pengukuran daya alat monitoring dengan alat ukur yang terstandarisasi dan sudah kalibrasi pada tabel 4.4, dilakukan perhitungan persentase akurasi setelah memperoleh hasil kesalahan

pengukuran berdasarkan perhitungan. Berikut perhitungan persentase akurasi pada beban laptop.

$$Accuracy (\%) = \frac{10,5 - 0,0367}{10,9} \times 100\%$$

$$= 95,99\%$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil tingkat persentase akurasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 21 Grafik Persentase Akurasi Pengukuran Daya Alat Monitoring

Dapat dilihat pada gambar 4.21 grafik persentase akurasi pengukuran daya alat monitoring. Hasil persentase tingkat akurasi pada gambar 4.21 diperoleh rata-rata persentase tingkat akurasi menggunakan persamaan berikut:

$$Rata - rata Accuracy (\%) = \frac{\Sigma Accuracy (\%)}{n}$$

Dimana, *Rata - rata Accuracy (%)* adalah rata-rata persentase tingkat akurasi baca alat monitoring, $\Sigma Accuracy (\%)$ adalah jumlah seluruh hasil persentase tingkat akurasi yang telah dihitung dan *n* adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata Accuracy (\%)} &= \\
 &= \frac{99,66 + 99,87 + 95,99 + 99,51 + 98,70 + 99,72 + 99,58 + 99,59 + 97,87 (\%)}{9} \\
 &= 99,6 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh persentase tingkat akurasi pengukuran alat monitoring dengan rata-rata sebesar 99,6%. Sehingga dapat disimpulkan memiliki tingkat akurasi yang termasuk akurat.

4.7 Pengujian Sistem Alarm

Sistem alarm alat monitoring mempunyai dua jenis peringatan yang telah dirancang, dimana pada saat daya lebih besar dari 800 watt alat monitoring akan memberi peringatan menggunakan *buzzer*, dan pada saat daya lebih besar dari 830 watt alat monitoring akan memberi peringatan menggunakan *speaker*.

Pada tahap pengujian sistem alarm alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga dengan menguji kedua jenis peringatan sesuai kondisi yang telah diimplementasikan pada mikrokontroler Arduino Nano. Pengujian sistem alarm dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 5 Pengujian Sistem Alarm

NO	Pengukuran Daya (Watt)	<i>Buzzer</i>	<i>Speaker</i>
1	806,2	Berbunyi	Tidak Berbunyi
2	842,3	Tidak Berbunyi	Berbunyi

Pada table 4.5 merupakan hasil pengujian sistem alarm. Pada pengujian terdapat dua pengujian yaitu, pengujian sistem alarm pada *buzzer* dan pengujian sistem alarm pada *speaker*. Pengujian sistem alarm pada *buzzer* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 14 Pengujian Sistem alarm *buzzer*

Pada gambar 4.14 dapat dilihat pengujian sistem alarm *buzzer* pada alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga. *Buzzer* berbunyi saat daya lebih besar dari 800 watt yang dapat dilihat dilayar LCD (*Liquid Crystal Display*) pada gambar 4.14, Berdasarkan tabel 4.5 pengujian dengan kondisi saat daya 806,2 watt *buzzer* berbunyi, sehingga dapat disimpulkan sistem alarm ataupun pemberi peringatan dengan *buzzer* bekerja sesuai kondisi yang di implementasikan pada mikrokontroler Arduino Nano.

Adapun pengujian sistem alarm menggunakan *speaker* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 15 Pengujian Sistem Alarm *Speaker*

Pada gambar 4.15 dapat dilihat pengujian sistem alarm *speaker* pada alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga. *Speaker* berbunyi untuk memberikan peringatan saat daya lebih besar dari 830 watt yang dapat dilihat

dilayar LCD (*Liquid Crystal Display*) pada gambar 4.15, Berdasarkan table 4.5 sistem alarm ataupun pemberi peringatan dengan *speaker*, pada kondisi saat daya 842 watt *speaker* berbunyi sesuai kondisi yang di implementasikan pada mikrokontroler Arduino Nano. Sistem alarm alat monitoring penggunaan arus dan daya listrik rumah tangga dapat disimpulkan bekerja sesuai seperti yang diharapkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui tahap perancangan dan pengujian secara keseluruhan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan alat monitoring arus dan daya pada listrik rumah tangga menggunakan sensor Pzem 004-T berjalan sesuai dengan instruksi yang diprogram terhadap Mikrokontroler Arduino Nano.
2. Hasil pengujian alat yang telah dilakukan untuk tegangan memiliki rata-rata *error* 0,00045 dengan persentase *error* 0,045% dan tingkat akurasi sebesar 99,95%. Pada pengujian pengukuran arus memiliki rata-rata *error* 0,0214 dengan persentase *error* 2,14% dan tingkat akurasi sebesar 91,90%. Pada pengujian pengukuran faktor daya memiliki rata-rata *error* 0,0175 dengan persentase *error* 1,75% dan tingkat akurasi sebesar 95,85%. Pada pengujian pengukuran daya memiliki rata-rata *error* 0,0102 dengan persentase *error* 1,02% dan tingkat akurasi sebesar 99,06%. Berdasarkan hasil persentase tingkat akurasi semakin kecil nilai parameter pengukuran maka semakin kecil persentase tingkat akurasi pengukuran pada alat monitoring. Pada pengujian Sistem alarm *buzzer* berbunyi untuk memberi peringatan pada saat kondisi daya 806 watt dan *speaker* berbunyi memberi peringatan pada saat kondisi daya 842 watt.

5.2 Saran

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

1. Untuk mendapatkan tingkat pembacaan arus yang lebih akurat, diperlukan jenis sensor arus yang lebih baik dengan resolusi dan sensitifitas pembacaan arus yang lebih tinggi. Ini akan mengurangi tingkat penyimpangan atau *error* dalam pembacaan arus.
2. Agar kedepannya sistem monitoring dapat dikembangkan sebagai alat yang dapat mengidentifikasi masalah pada area kelistrikan rumah tangga yang membutuhkan perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- 'Aafi, A. M., Jamaaluddin, J., & Anshory, I. (2022). Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan Dan Daya Pada Instalasi Panel Surya Dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet Dan Smartphone. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, Dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 1(1), 191–196.
- Abidin, Z., & Baha'udin, M. (n.d.). *Monitoring Dan Proteksi Tegangan Panel 3 Fasa Dengan Menggunakan Sensor Tegangan ZMPT101B*. 1–8.
- Abiyasa, A. P., Sukadana, I. W., Utama, I. W., & Sugarayasa, I. W. (n.d.). *Datalogger Portabel Online Untuk Remote Monitoring Menggunakan Arduino Mikrokontroler*. 5–10.
- Alfith, Effendi, A., Bandri, S., & Gusnaidi, R. J. (2020). Rancang Bangun Pengontrolan Beban Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 9(2), 88–98.
- Arifin, J., Dewanti, I. E., & Kurnianto, D. (2017). Prototipe Pendingin Perangkat Telekomunikasi Sumber Arus DC menggunakan Smartphone. *Media Elekrika*, 10(1), 13–29.
- Arifin, J., Zulita, L. N., & Hermawansyah, H. (2016). Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 89–98. <https://doi.org/10.37676/jmi.v12i1.276>
- Berlianti, R., & Fibriyanti, F. (2020). Perancangan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Fasa Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Arduino Mega. *SainETIn*, 5(1), 17–26. <http://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/6398>
- Dalimunthe, R. A. (2018). Pemantau Arus Listrik Berbasis Alarm Dengan Sensor Arus. *Seminar Nasional Royal (SENAR)*, 1(1), 333–338.
- Fitriandi, A., Komalasari, E., dan, H. G.-J. R., & 2016, undefined. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan

SMS Gateway. *Academia.Edu*, 10(2).
<https://www.academia.edu/download/52674667/215-260-1-PB.pdf>

Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things. *Sigma Teknika*, 5(2), 285–294. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i2.4555>

Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Adam, M. (2020). Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 2(3), 347–361. <https://bircu-journal.com/index.php/birex/article/view/1074>

Hudan, Ivan Safril, R. T. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Teknik ELEKTRO*, 08(01), 91–99.

Lisiani, Razikin, A., & Syaifurrahman. (2020). Identifikasi dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi). *Jurnal Untan*, 1(3), 1–9.

Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. *Jurnal Ampere*, 4(1), 187. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2745>

Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Harahap, P. (2017). Varistor in the Inverter Circuit Starting Energy Saver to Reduce Water Pump Electric Current. *BirEx*, 3(4), 244–253.

Pasaribu, F. I., Roza, I., & Sutrisno, O. A. (2020). Sistem Pengamanan Perlintasan Kereta Api Terhadap Jalur Lalu Lintas Jalan Raya Railway Crossing Security System Against Highway Traffic Lines. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 4(1).

Pratama, R. P., Mas'ud, A., Niswatin, C., & Rafiq, A. A. (2020). Implementasi DFPlayer untuk Al-Qur'an Digital berbasis Mikrokontroler ESP32. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 20(2), 51–58.

<https://doi.org/10.24036/invotek.v20i2.768>

- Rahman, N. (2023). *Analisis Perbandingan Kinerja Sensor Suhu Ds18b20, Sensor Suhu Lm35, Dan Sensor Suhu Pt 100 Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Air dengan Metode Kalibrasi Euramet Cg-13*.
<https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/72926>
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). Perancangan prototipe alat ukur arus listrik Ac dan Dc berbasis mikrokontroler arduino dengan sensor arus Acs-712 30 ampere. *Jurnal Sutet*, 7(2), 28–33.
- Riantiaro, A., Suryadi, D., & Saifurrahman. (2019). Rancang Bangun Alat Monitoring Arus Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan WEB Berbasis Arduino UNO R3. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1), 1–9.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/download/35505/7567658>
2854
- Satya, T. P., Puspasari, F., Prisyanti, H., & Meilani Saragih, E. R. (2020). Perancangan Dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor Acs712 Berbasis Arduino Uno Dengan Standard Clampmeter. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 39–44.
<https://doi.org/10.24176/simet.v11i1.3548>
- Syakur, A. (2021). *Pengujian Sensitivitas Sensor Arus dan Sensor Tegangan pada Sistem Pengukuran Electrical Tracking Test*. 1(2), 30–39.
- Taif, M., Hi. Abbas, M. Y., & Jamil, M. (2019). Penggunaan Sensor Acs712 Dan Sensor Tegangan Untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Dan Modul Gsm/Gprs Shield. *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 6(1). <https://doi.org/10.33387/protek.v6i1.1009>
- Umar Abdillah, M., Wahyu Jadmiko, S., Teknik Elektro, J., & Negeri Bandung, P. (2022). *Rancang bangun sistem monitoring daya listrik dan pengaman arus bocor berbasis arduino uno*. 645–651.

Zega, Y. J. S., Narasiang, B., & Sompie, S. (2022). Alat Monitoring Pemakaian Listrik Menggunakan Arduino Uno. *Repository Unsrat*, 1–12. <http://repo.unsrat.ac.id/3957/>

Zulmi, R. A., Suparyanto dan Rosad (2015, Puspitarini, Publikasi, N., Kesehatan, F. I., Nugroho, A., Latihan, P., Tungkai, P., Pendidikan, U., Kahfi, M. K., Wiyaja, F. J. M., & Diputra, R. (2018). ANALISA PERBAIKAN FAKTOR DAYA SISTEM KELISTRIKAN. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 2(6), 24–29. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results%0Amuhammadkahfi16060474066@mhs.unesa.ac.id>

LAMPIRAN

Script Program Pada Arduino Nano

```
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "DFRobotDFPlayerMini.h"
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h>

const int Buzzer = 4;
SoftwareSerial mp3(6, 5);
PZEM004Tv30 pzem(8, 9);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 20, 4);

unsigned long Songinterval=2000;
unsigned long Maininterval=1000;
unsigned long previousMillis=0;
float eplaseTime;

float V, I, P, E, pF, F;

float overVoltage = 235;
float underVoltage = 215;
float overCurrent = 50;
float noLoad = 0;
float overPowerbzr = 800;
float overPower = 850;

void setup() {
  mp3.begin(9600);
  mp3_set_serial(mp3);
  delay(5);
  mp3_set_volume(20);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  pinMode(Buzzer, OUTPUT);
  mp3_play(7);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Monitoring Arus dan Tegangan");
  delay(2000);
}
```

```

void loop() {
  PZEM(); LCD();
  if(V > overVoltage){
    //Notif(2);
    //mp3_play (1);
    delay (6000);
  }
  else if(V < underVoltage) {
    // Notif(4);
  }else{

  }

  if(I > overCurrent){
    // Notif(1);
  }
  else if(I < noLoad){
    // Notif(3);
  }
  else{

  }

  if(P >= overPowerbzzr && P <= overPower){
    tone(Buzzer, 1000);
    delay (500);
    noTone (Buzzer);
    delay (1000);
  }
  else{
    digitalWrite(Buzzer, LOW);
  }
  if(P > overPower){
    mp3_play (6);
  // digitalWrite(Buzzer,LOW);
  }
  else{
  }
  delay(3000);
}

void PZEM(){
  V = pzem.voltage();
  I = pzem.current();
  P = pzem.power();
  E = pzem.energy();
  F = pzem.frequency();
  pF = pzem.pf();
}

```

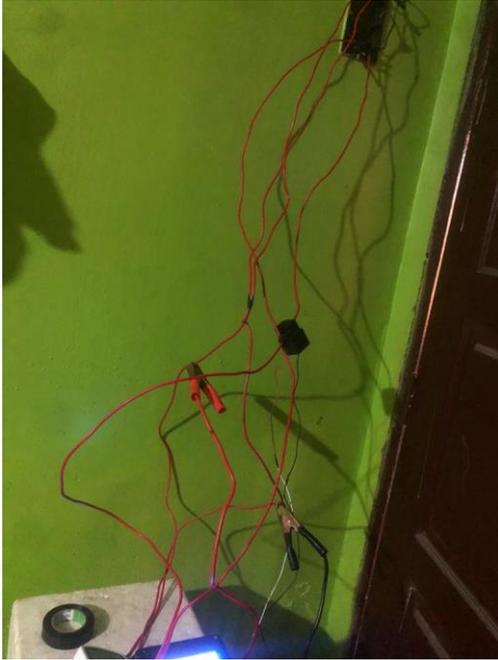
```

void LCD(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("V:");
  lcd.print(V);
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("I:");
  lcd.print(I);
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("P:");
  lcd.print(P);
  lcd.print("W");
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print("F : ");
  lcd.print(F, 1);
  lcd.print("Hz");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("PF: ");
  lcd.print(pF);
}

void Notif(int number){
  unsigned long Millis = millis();
  if ((unsigned long) (Millis - previousMillis) >= Songinterval){
    mp3_play(number);
    previousMillis = millis();
  }
}

```

Pengujian



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama : Hasanul Arifin
Tempat/ Tanggal Lahir : Padang Sidempuan/ 26-Agustus-2001
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tinggi Badan/ Berat Badan : 165cm/62kg
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Jl Bersama GG. Seroja No- 4A
No Hp : 081371470937
Email : hasanularifin90@gmail.com

Data Orang Tua

Nama Ayah : Hasanuddin
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Nama Ibu : Lisnawati Parinduri
Agama : Islam
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Jl Bersama GG. Seroja No- 4A

Latar Belakang Pendidikan

SDN 064037 Medan : Tahun 2005 - 2013
SMPN 12 Medan : Tahun 2013 - 2016
SMKN 1 Percut Sei Tuan : Tahun 2016 - 2019
Mahasiswa Prodi Teknik : Tahun 2019 - 2024
Elektro Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara

