

**IMPLEMENTASI ALGORITMA C4.5 TERHADAP DESAIN SISTEM
KENDALI PRIORITAS PENGGUNAAN PERANGKAT RUMAH
TANGGA UNTUK EFISIENSI DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN
ZMCT103C DAN ZMPT101B BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

(Skripsi)

Oleh
Mutiara Maharani
2017041033



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF THE C4.5 ALGORITHM FOR THE DESIGN OF HOUSEHOLD APPLIANCE PRIORITY CONTROL SYSTEM FOR ELECTRICITY EFFICIENCY USING ZMCT103C AND ZMPT101B BASED ON THE INTERNET OF THINGS

By

MUTIARA MAHARANI

This research was conducted to design a priority control system for efficient electricity usage by detecting current and voltage using ZMCT103C current sensor and ZMPT101B voltage sensor, then determining the priority sequence of household appliances using the C4.5 Algorithm. The designed tool utilizes ZMCT103C, ZMPT101B, NodeMCU8266, relay, and Arduino Uno. Monitoring and control can be performed in real-time using a website. Testing has shown that the priority control system tool has been successfully implemented and can measure current and voltage with high accuracy, as indicated by test data showing relative small errors in current and voltage values not exceeding $\pm 5\%$. The data obtained were processed using the C4.5 Algorithm, resulting in the highest gain when the washing machine is running at 0.918 and an entropy of 0.68 when the washing machine is off. The prioritization sequence of household appliances includes the washing machine as the primary priority, followed by the refrigerator and water pump as the second priority, and the iron as the third priority. However, the rice cooker can be turned on simultaneously due to its low gain and entropy, thus not causing thermal shutdown. Additionally, factors such as the quality of electrical installation, power usage, and the number of family members affect electricity efficiency. Good electrical installation quality and usage up to 2200 watts result in high electricity efficiency. However, if power usage is only 1300 watts, the electricity efficiency is low. For fairly good electrical installations and 4 family members, electricity efficiency is high; with 5 family members, electricity efficiency is moderate; and with 6 family members, electricity efficiency is low. Poor electrical installation quality results in moderate electricity efficiency.

Keywords : C4.5 Algorithm, Entropy, Gain, ZMCT103C, and ZMPT101B

ABSTRAK

IMPLEMENTASI ALGORITMA C4.5 TERHADAP DESAIN SISTEM KENDALI PRIORITAS PENGGUNAAN PERANGKAT RUMAH TANGGA UNTUK EFISIENSI DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN ZMCT103C DAN ZMPT101B BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Oleh

MUTIARA MAHARANI

Penelitian ini dilakukan untuk merancang sistem kendali prioritas untuk efisiensi penggunaan daya listrik dengan cara mendeteksi arus dan tegangan menggunakan sensor arus ZMCT103C dan sensor tegangan ZMPT101B, lalu menentukan urutan prioritas perangkat rumah tangga menggunakan Algoritma C4.5. Alat yang dirancang menggunakan ZMCT103C, ZMPT101B, NodeMCU8266, relay, dan Arduino Uno. Monitoring dan kontrol dapat dilakukan secara *real-time* menggunakan website. Pengujian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa alat sistem kendali prioritas telah terealisasi dapat mengukur arus dan tegangan dengan akurasi tinggi sesuai data pengujian yang menunjukkan nilai error arus dan tegangan relatif kecil tidak melebihi $\pm 5\%$. Data yang telah diperoleh, diolah menggunakan Algoritma C4.5, sehingga diperoleh *gain* tertinggi pada saat mesin cuci menyala sebesar 0,918 dan *entropy* saat mesin cuci padam sebesar 0,68. Urutan penentuan prioritas perangkat rumah tangga antara lain mesin cuci menjadi prioritas utama, kulkas dan pompa air sebagai prioritas kedua, serta setrika sebagai prioritas ketiga. Namun, penanak nasi dapat dinyalakan bersamaan karena memiliki *gain* dan *entropy* yang rendah, sehingga tidak menyebabkan termis mati. Selain itu, faktor-faktor seperti kualitas instalasi listrik, penggunaan daya, dan jumlah anggota keluarga mempengaruhi efisiensi daya listrik. Kualitas instalasi yang baik dan penggunaan daya hingga 2200 watt menghasilkan efisiensi dayanya tinggi. Namun, jika penggunaan daya hanya 1300 watt, efisiensi dayanya rendah. Untuk instalasi listrik yang cukup baik dan 4 anggota keluarga, efisiensi dayanya tinggi; dengan 5 anggota keluarga, efisiensi dayanya sedang; dan dengan 6 anggota keluarga, efisiensi dayanya rendah. Kualitas instalasi yang kurang baik menghasilkan efisiensi dayanya berada di tingkat sedang.

Kata Kunci : Algoritma C4.5, Entropy, Gain, ZMCT103C dan ZMPT101B

**IMPLEMENTASI ALGORITMA C4.5 TERHADAP DESAIN SISTEM
KENDALI PRIORITAS PENGGUNAAN PERANGKAT RUMAH
TANGGA UNTUK EFISIENSI DAYA LISTRIK MENGGUNAKAN
ZMCT103C DAN ZMPT101B BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Oleh

MUTIARA MAHARANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Lampung



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

Judul Skripsi : **Implementasi Algoritma C4.5 Terhadap Desain Sistem Kendali Prioritas Penggunaan Perangkat Rumah Tangga Untuk Efisiensi Daya Listrik Menggunakan ZMCT103C Dan ZMPT101B Berbasis *Internet Of Things***

Nama Mahasiswa : Mutiara Maharani

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041033

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

Pembimbing II



Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.
NIP. 196107231986031003

2. Ketua Jurusan Fisika



Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

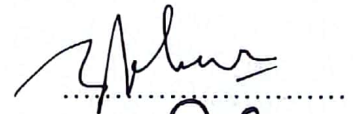
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



Sekretaris : **Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**



Penguji Bukan Pembimbing : **Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 4 April 2024

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Mutiara Maharani, lahir di Margomulyo, Kabupaten Pesawaran pada tanggal 28 Juli 2003. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Alm. Bapak Muhammad Romli dan Ibu Jumini. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Kosambi 1 Kabupaten Tangerang pada tahun 2014, SMP 17.1 Margomulyo pada tahun 2017 dan SMAN 2 Tegineneng pada tahun 2020.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Lampung melalui SBMPTN tahun 2020. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung pada organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2021, penulis menjadi Sekretaris bidang Sains dan Teknologi, Himpunan Mahasiswa Fisika FMIPA Unila.

Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2023 dengan judul “Penurunan Kandungan Air dalam Campuran Biodiesel dengan Adsorpsi Menggunakan *Potassium Polyacrylate* di Pusat Riset Konversi dan Konservasi Energi – BRIN, Serpong”. Penulis melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode II tahun 2023 di Kampung Timbul Rejo, Kecamatan Bangunrejo, Kabupaten Lampung Tengah. Selain itu, penulis pernah menjadi anggota peneliti pada penelitian Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) dan menjadi asisten Praktikum Fisika Dasar II dan Pemrograman Komputer untuk Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung tahun 2023. Penulis juga aktif dalam berbagai perlombaan, seperti ONMIPA Tingkat Universitas, lomba MIPA EXPO BEM-F MIPA Universitas Lampung pada tahun 2023.

MOTTO

*“Dan barangsiapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya
Dia akan mengadakan baginya jalan keluar, dan
memberinya rezeki dari arah yang tak disangka -
sangkanya”*

(Q.S. At-Talaq : 2-3)

“Jaga Allah, niscaya Dia akan menjagamu”

(H.R. At-Turmudzi)

*“Tidak masalah seberapa lambat Anda berjalan. Asalkan
Anda tidak pernah berhenti”*

(Confucius)

*“Hiduplah dengan penuh rasa syukur, nikmati setiap
momen dengan penuh kebahagiaan, jadilah cahaya dalam
kegelapan dan selalu memberikan inspirasi kepada orang
lain”*



PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT, karya ini kupersembahkan untuk

Orangtuaku

Bapak Alm. Muhammad Romli, Ayah Jumadi dan Ibu Jumini

Terimakasih atas segala kasih dan sayang serta dukungan baik materi atau non materi yang telah diberikan kepada aku.

Kakek Jaiman dan Nenek Suparmi

Terimakasih telah membesarkan, mendidik dan menguatkan aku sampai detik ini kepadaku.

Para Dosen dan Civitas Akademika

Terimakasih telah memotivasi, memberikan dukungan, ilmu dan membimbing hingga dapat menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana.

Almamaterku Tercinta
“UNIVERSITAS LAMPUNG”

KATA PENGANTAR

Segala puji atas rasa syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman, sehat dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Implementasi Algoritma C4.5 Terhadap Desain Sistem Kendali Prioritas Penggunaan Perangkat Rumah Tangga Untuk Efisiensi Daya Listrik Menggunakan ZMCT103C dan ZMPT101B Berbasis *Internet Of Things*”**. Shalawat serta salam penulis hanturkan kepada suri tauladan alam Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan para pengikutnya. Semoga kita semua dapat memperoleh pertolongan beliau di hari akhir kelak. Tujuan dari penulis skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyajian skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak untuk perbaikan dari skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi penambah referensi dan rujukan terhadap pengembangan riset sistem keamanan kendaraan berbasis android selanjutnya.

Bandar Lampung, 4 April 2024

Penulis

Mutiara Maharani

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbilalamin. Segala puji kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayat serta karunia-Nya dan tak lupa iringan sholawat senantiasa kita sanjung agungkan kepada Rasulullah Muhammad SAW., yang insya Allah kita akan mendapatkan syafaatnya diyaumil akhir kelak. Sehingga dalam pengerjaan, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul **“Implementasi Algoritma C4.5 Terhadap Desain Sistem Kendali Prioritas Penggunaan Perangkat Rumah Tangga Untuk Efisiensi Daya Listrik Menggunakan ZMCT103C dan ZMPT101B Berbasis Internet Of Things”**. Penulis menyadari penulisan skripsi ini dapat tersusun dan terselesaikan dengan adanya bantuan, motivasi dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan semangat selama pengerjaan skripsi kepada penulis.
2. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan semangat dan dukungan penuh dari awal perkuliahan hingga pengerjaan skripsi kepada penulis.
3. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan arahan, kritim dan saran yang membangun selama pengerjaan skripsi kepada penulis.
4. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.

5. Bapak dan Ibu Dosen serta staff Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu, pengalaman dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.
6. Orang tua dan Kakek-Nenek penulis, Bapak Alm. Muhammad Romli, Ayah Jumadi, Ibu Jumini, Kakek Jaiman dan Nenek Suparmi yang telah memberikan kasih sayang yang melimpah, dukungan, dan semangat yang tulus bagi penulis dari kecil hingga saat ini.
7. Kakak penulis, Iin Septiyani yang telah memberikan semangat penuh dan menghibur selama pengerjaan skripsi kepada penulis.
8. Teman – teman “Team Makan”, yaitu Delta Tiara Sukma, Juli Agustina Jahara, Reni Susilawati, Nofta Tri Antika, Selfa Safa Adelia dan Putri Kurnia Istiqomah yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis serta menjadi sahabat terbaik dari masa puti abu hingga saat ini.
9. Teman – teman dekat penulis, yaitu Taris Wulan Sari KA, Hanin Zakiyah Shafa, Herfira Salsabila, Agriffa Nuzra, dan Bella Agustin yang selalu memberikan dukungan penuh agar dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh teman – teman KBK Fisika Energi yaitu Indah Rahma, Yolla Armala, Siti Nurjannah, Deden Sudrajat, Annisa Urba, Fitri Ayu, Gusti Ayu, Liza Rahna, Lola Feberi, Tri Diana, Sephia Wulan, dan Wisnu yang selalu mendukung penuh dan menghibur selama pengerjaan skripsi kepada penulis.
11. Seluruh teman – teman Jurusan Fisika Angkatan 2020 yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Terakhir, lagu – lagu dari Denny Caknan, khususnya lagu “Gampil” dengan lirik “Biyen Tak Kiro Gampang”, sungguh mendorong penulis untuk lebih fokus dalam menyelesaikan skripsi ini. Meskipun liriknya berkaitan dengan percintaan, namun penulis tidak menghiraukan hal itu. Hal ini karena pesan lagu tersebut, begitu relevan dengan kesulitan penulis hadapi dalam menuntaskan tugas akhir ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini mampu

dijadikan sebagai referensi yang bermanfaat. Semoga Allah SWT. selalu memberikan rezeki serta karunia-Nya. *Aamiin*.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bandar Lampung, 4 April 2024
Penulis

Mutiara Maharani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	ii
ABSTRAK	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
 I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
 II. PENDAHULUAN	
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 <i>Internet of Thing (IoT)</i>	8
2.2.2 <i>Data Mining</i>	9
2.2.3 <i>Algoritma C4.5</i>	9
2.2.4 <i>NodeMCU ESP8266</i>	10

2.2.5	Arduino Uno	11
2.2.6	Modul Sensor Hall Efek ZMCT103C	13
2.2.7	Modul Sensor ZMPT101B	16
2.2.8	Modul <i>Relay</i>	17
2.2.9	<i>Software</i> Aplikasi Arduino IDE	18
2.2.10	<i>Software</i> Aplikasi <i>Waikato for Knowledge Analysis</i> (WEKA)	19
2.2.11	LCD I2C	20
2.2.12	Medan Magnet Induksi	20
2.2.13	Analisis Hubungan Arus, Tegangan, Daya, kWh dan Estimasi Biaya	21

III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	23
4.3.1	Alat Penelitian	24
4.3.2	Bahan Penelitian	24
3.3	Prosedur Penelitian	24
3.4	Perancangan Alat Sistem Kendali Prioritas	26
3.5	Tahap Pengujian	28
3.5.1	Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas Menggunakan Sensor Arus ZMCT103C dan Sensor Tegangan ZMPT101B	28
3.5.1.1	Pengujian Sensor Arus ZMCT103C	28
3.5.1.2	Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B	31
3.5.2	Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga	33
3.5.2.1	Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas	33
3.5.2.2	Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga Berdasarkan Kuisisioner	34

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Realisasi Alat Sistem Kendali Prioritas	37
4.2	Pengujian Alat dan Sistem Kendali Prioritas Menggunakan Sensor Arus ZMC103C dan Sensor Tegangan ZMPT101B	40
4.2.1	Pengujian Sensor Arus ZMCT103C	40

4.2.2	Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B.....	43
4.3	Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga	46
4.3.1	Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas	46
4.3.2	Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga Berdasarkan Kuisisioner	53
V. SIMPULAN		
5.1	Simpulan	59
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Node MCU.....	11
Gambar 2.2 Arduino Uno	12
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Terjadinya Hall Efek	13
Gambar 2.4 Bentuk Fisik Sensor ZMCT103C	15
Gambar 2.5 Konfigurasi Pin – Pin Sensor ZMCT103C	16
Gambar 2.6 Bentuk Fisik Sensor ZMPT101B.....	16
Gambar 2.7 <i>Relay</i>	17
Gambar 2.8 Struktur Sederhana <i>Relay</i>	18
Gambar 2.9 LCD dan Modul I2C	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Klasifikasi Data <i>Mining</i> Alat Sistem Kendali Prioritas.....	26
Gambar 3.3 Skema Alat Sistem Kendali Prioritas	27
Gambar 3.4 Diagram Blok Kontrol Perangkat Menggunakan Sambungan <i>Wireless Networking</i>	28
Gambar 4.1 Internal Rangkaian dan Kotak Alat Sistem Kendali Prioritas	37
Gambar 4.2 Listing program yang digunakan pada penggunaan ZMCT103C dan ZMPT101B	38
Gambar 4.3 Visualisasi Monitoring Listrik pada Kulkas	39
Gambar 4.4 Visualisasi Monitoring Listrik pada Setrika	39
Gambar 4.5 Visualisasi Monitoring Listrik pada Penanak Nasi	39
Gambar 4.6 Visualisasi Monitoring Listrik pada Pompa Air	40
Gambar 4.7 Visualisasi Monitoring Listrik pada Mesin Cuci.....	40
Gambar 4.8 Grafik Data Pengujian Sensor Arus Alat Sistem Kendali Prioritas.	43
Gambar 4.9 Grafik Data Pengujian Sensor Tegangan Alat Sistem Kendali	

	Prioritas	46
Gambar 4.10	Pohon Keputusan Perhitungan <i>Node</i> Pertama Alat Sistem Kendali Prioritas.....	48
Gambar 4.11	Pohon Keputusan <i>Node</i> Kedua Saat Mesin Cuci Menyala Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas.....	50
Gambar 4.12	Pohon Keputusan <i>Node</i> Kedua Saat Mesin Cuci Padam Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas.....	50
Gambar 4.13	Pohon Keputusan Perhitungan <i>Node</i> Ketiga Alat Sistem Kendali Prioritas.....	52
Gambar 4.14	Visualisasi Pohon Keputusan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas Menggunakan <i>Software</i> WEKA	52
Gambar 4.15	Pohon Keputusan Perhitungan <i>Node</i> Pertama Berdasarkan Kuisisioner	55
Gambar 4.16	Pohon Keputusan Perhitungan <i>Node</i> Kedua Berdasarkan Kuisisioner	57
Gambar 4.17	Visualisasi Pohon Keputusan Menggunakan Perangkat Lunak WEKA.....	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino ATmega328	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor ZMCT103C.....	15
Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor ZMPT101B	17
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	24
Tabel 3.2 Alat Penelitian	24
Tabel 3.3 Bahan Penelitian.....	24
Tabel 3.4 Data Pengujian Sensor Arus ZMCT103C	29
Tabel 3.5 Data Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B	31
Tabel 3.6 Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Pertama Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas.....	34
Tabel 3.7 Klasifikasi Data <i>Mining</i> Algoritma C4.5	35
Tabel 3.8 Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Pertama Berdasarkan Kuisisioner	35
Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor Arus ZMCT103C pada 13 Rumah.....	41
Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor Arus ZMPT101B pada 13 Rumah	44
Tabel 4.3 Atribut Data Penentuan <i>Node</i> 1 Pengujian Perangkat Sistem Kendali Prioritas	46
Tabel 4.4 Data Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Pertama Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas.....	47
Tabel 4.5 Atribut Data Penentuan <i>Node</i> 2 Pengujian Perangkat Sistem Kendali Prioritas	48
Tabel 4.6 Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Kedua Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas.....	49
Tabel 4.7 Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Kedua Saat Mesin Cuci Padam Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas	50

Tabel 4.8	Atribut Data Penentuan <i>Node</i> 3 Pengujian Perangkat Sistem Kendali Prioritas	51
Tabel 4.9	Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Ketiga Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas.....	51
Tabel 4.10	Klasifikasi Data <i>Mining</i> Algoritma C4.5 Berdasarkan Kuisioner....	53
Tabel 4.11	Atribut Klasifikasi Data Penggunaan Perangkat Rumah Tangga pada 13 Rumah.....	54
Tabel 4.12	Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Pertama Berdasarkan Kuisioner	54
Tabel 4.13	Atribut Data Setelah Penentuan <i>Node</i> 1 pada Pohon Keputusan	55
Tabel 4.14	Penentuan Pohon Keputusan pada <i>Node</i> Kedua Berdasarkan Kuisioner	56

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi sangat pesat merambah ke berbagai sektor seperti bidang kesehatan, transportasi, perdagangan, pendidikan hingga dalam kehidupan sehari – hari. Teknologi informasi memiliki potensi dalam mengolah data menjadi informasi dan mampu menyimpan data dalam kapasitas besar. Selain itu, teknologi informasi juga dapat mengendalikan barang – barang rumah tangga rumah tangga seperti yang sering didengar dengan istilah *Smart Home*. Istilah *Smart Home* merupakan salah satu teknologi yang saling terhubung dalam layanan yang dihubungkan melalui jaringan rumah untuk meningkatkan kualitas hidup menjadi lebih baik. Konsep dari teknologi *Smart Home* berasal dari desain teknis yang diterapkan untuk membangun sebuah rumah yang berkaitan dengan pemanfaatan teknologi yang tepat (Mukti *et al*, 2022).

Teknologi *Smart Home* saling terhubung secara elektrik dengan lingkungan sekitar yang tersistem secara otomatis. Aplikasi *Smart Home* berupa pengendali perangkat rumah tangga berbasis web yang dapat diawasi dengan jarak jauh berbasis *Internet of Things* (Masykur & Prasetyowati, 2016). Aplikasi ini berupa sistem kendali daya listrik dapat dioptimalkan dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem kendali prioritas dilengkapi dengan penggunaan *switch on* dan *switch off* pada perangkat listrik sehingga mempermudah pengguna dalam mengontrol untuk mematikan perangkat rumah tangga secara otomatis ketika berada diluar rumah atau di manapun pengguna berada.

Sistem kendali prioritas berbasis *Internet of Things* (IoT) mengacu pada koneksi jaringan internet dan sensor yang menghubungkan perangkat non-komputer dapat terhubung satu sama lain melalui jaringan internet. Perangkat ini mampu menghasilkan, mengirim, menerima, mengumpulkan dan bertukar data (Mulyati dan Sumardi, 2018). IoT yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk mengumpulkan data penggunaan daya setiap peralatan listrik rumah tangga. Dengan diperolehnya data penggunaan daya pada setiap peralatan listrik, dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai peralatan listrik yang memiliki daya besar dan daya kecil serta informasi mengenai lama waktu penggunaan peralatan tersebut.

Saat ini, kemampuan akan daya listrik yang terpakai pada beban listrik sangat terbatas tergantung kapasitas daya listrik yang dicatu oleh PLN, sedangkan kebutuhan energi listrik seringkali melampaui kapasitas daya yang terpasang. Setiap rangkaian listrik selalu menggunakan alat pengaman beban lebih dan arus lebih yang disebabkan oleh hubungan singkat. Pada instalasi listrik di perumahan biasanya menggunakan MCB (*Mini Circuit Breaker*) dengan kapasitas listrik rumah tangga ditentukan oleh daya listrik yang tersedia. Setiap rumah tangga memiliki kebutuhan daya listrik yang berbeda – beda tergantung pada peralatan dan jumlah penggunaan energi dengan kisaran daya listrik sebesar 450 watt, 900 watt, 1300 watt dan 2200 watt. Tegangan listrik yang digunakan untuk perangkat rumah tangga berada dalam kapasitas tegangan sebesar 100 – 240 V AC. Perangkat rumah tangga tersebut seperti mesin cuci, televisi, kulkas, setrika, *rice cooker* dan lain sebagainya (Noor *et al*, 2022).

Konsumsi penggunaan daya listrik perangkat rumah tangga yang berbeda – beda. Oleh karena itu, diperlukan sistem kendali prioritas rumah tangga penggunaan daya listrik menggunakan ZMPT101B sebagai sensor pendeteksi tegangan dan ZMCT103C sebagai sensor pendeteksi arus pada perangkat rumah tangga yang digunakan. Pengujian sistem kendali prioritas pada perangkat rumah tangga dapat diprediksi pola konsumsi penggunaan daya listrik menggunakan algoritma C4.5. Algoritma C4.5 merupakan salah satu klasifikasi pohon keputusan yang mudah

diinterpretasikan, memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima dan efisien dalam menangani atribut data. Dalam pembuatan pohon keputusan, algoritma C4.5 membaca seluruh sampel *data training* pada klasifikasi yang digunakan. Pohon keputusan akan diperoleh pada saat pengujian alat sistem kendali prioritas pada perangkat rumah tangga yang digunakan (Kamagi dan Hansun, 2014).

Setelah dilakukan pengujian pada alat sistem kendali prioritas, data diolah menggunakan algoritma C4.5 untuk menentukan prioritas perangkat rumah tangga yang penting agar tetap aktif, mampu mengoptimalkan kontrol prioritas perangkat rumah tangga, dan mengurangi dampak lingkungan serta biaya energi yang digunakan (Yulia dan Azwanti, 2018). Namun, pada situasi beban puncak, apabila terjadi arus pendek atau gangguan arus melebihi batas yang diatur pada mikrokontroler, maka *relay* akan melakukan pemutusan arus aliran listrik pada perangkat rumah tangga yang tidak prioritas daya sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada perangkat rumah tangga (Kurniawan dan Budiyanto, 2015). Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulis melakukan penelitian mengenai implementasi Algoritma C4.5 terhadap desain sistem kendali prioritas untuk efisiensi penggunaan daya listrik pada berbagai perangkat rumah tangga menggunakan ZMCT103C dan ZMPT101B berbasis *Internet of Things*. Dalam hal ini, alat sistem kendali prioritas dapat memprioritaskan beberapa perangkat rumah tangga yang menjadi kebutuhan utama akan tetap selalu beroperasi dan mematikan peralatan listrik yang bukan menjadi prioritas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan efisiensi daya penggunaan perangkat rumah tangga prioritas pada rumah tangga dan mendeteksi kebocoran arus yang menyebabkan borosnya pemakaian listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang membatasi aspek utama dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut.

- 1 Bagaimana cara merancang sistem kendali prioritas untuk efisiensi penggunaan daya listrik pada perangkat rumah tangga berbasis *Internet of Things* (IoT)?

- 2 Bagaimana cara mendeteksi arus dan tegangan pada alat sistem kendali prioritas menggunakan sensor ZMCT103C dan sensor ZMPT101B?
- 3 Bagaimana cara menentukan urutan prioritas penggunaan perangkat rumah tangga pada alat sistem kendali prioritas berdasarkan pengujian perangkat rumah tangga dan kuisioner menggunakan Algoritma C4.5?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1 Merancang dan membangun alat sistem kendali prioritas untuk efisiensi penggunaan daya listrik pada perangkat rumah tangga berbasis *Internet of Things* (IoT).
- 2 Mengetahui cara mendeteksi arus dan tegangan pada sistem kendali prioritas menggunakan sensor ZMCT103C dan sensor ZMPT101B.
- 3 Mengetahui cara menentukan urutan prioritas penggunaan perangkat rumah tangga pada alat sistem kendali prioritas berdasarkan pengujian perangkat rumah tangga dan kuisioner menggunakan Algoritma C4.5.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

- 1 Mampu mengelola penggunaan daya listrik pada perangkat rumah tangga prioritas rumah tangga secara efisien.
- 2 Mampu menghindari *overloading* untuk mencegah penggunaan beban berlebih dalam sistem kelistrikan rumah tangga.
- 3 Membantu memastikan keselamatan dan keandalan sistem kelistrikan dalam perangkat rumah tangga prioritas rumah tangga dengan mendistribusikan daya listrik secara teratur.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

- 1 Mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266.
- 2 Tampilan LCD I2C yang digunakan hanya menampilkan arus dan tegangan pada perangkat rumah tangga prioritas rumah tangga.
- 3 Bahasa pemrograman yang digunakan pada mikrokontroler Arduino Uno adalah bahasa pemrograman C dengan perangkat lunak Arduino IDE.
- 4 Penelitian ini hanya berfokus pada sistem kendali prioritas perangkat rumah tangga menggunakan ZMCT103C dan ZMPT101B.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian – penelitian sebelumnya. Beberapa penelitian terkait mengenai sistem kontrol untuk optimalisasi daya listrik dan mengembangkan sistem terbaru yang dapat digunakan sebagai acuan penelitian agar kemudian dapat dikembangkan kembali untuk penelitian yang akan datang. Sebelumnya, penelitian yang dilakukan oleh (Kurniawan dan Budiyanto, 2015) mengenai rancang bangun sistem pengendali beban listrik rumah tangga berbasis kapasitas daya terpasang sebesar 450 VA, 900 VA dan 1300 VA. Pembuatan alat sistem pengontrolan energi listrik untuk beban daya rumah tangga dengan mengoperasikan suplai energi listrik perangkat rumah tangga berupa sensor arus dan penjadwalan jam operasional peralatan listrik rumah tangga. Percobaan data hasil pengukuran besarnya arus yang mengalir pada rangkaian didapatkan rata – rata kesalahan pengukuran sensor arus sebesar 19,338% (Kurniawan dan Budiyanto, 2015).

Penelitian terkait yang dilakukan oleh (Tanjung *et al*, 2016) mengenai penentuan daya listrik rumah tangga menggunakan metode pohon keputusan. Penggunaan algoritma dari metode tersebut dengan algoritma ID3 maupun C4.5 dapat menentukan daya listrik rumah tangga. Hasil akurasi kedua algoritma menggunakan *confusion matrix* dengan data sejumlah 300 yang terdiri dari 150 data *training* dan 150 data *testing* menunjukkan algoritma C4.5 dengan akurasi 88% lebih akurat daripada algoritma ID3 yang memiliki akurasi 62% (Tanjung *et al*, 2016).

Penelitian terkait yang dilakukan oleh (Amir *et al*, 2018) mengenai rancang bangun purwarupa alat monitoring dan kontrol berbasis satu fasa yang dibangun dengan kombinasi perangkat mikrokontroler Arduino Uno, NodeMCU dan sensor arus ZMCT103C dan transformator 220V – 9V. Purwarupa alat tersebut dapat membaca nilai tegangan, arus, faktor daya dan daya pada perangkat rumah tangga dengan beban satu fasa dengan rata – rata nilai error yang didapat yaitu tidak lebih dari 5%. Alat tersebut di program agar dapat terkoneksi melalui jaringan internet dengan perangkat mikrokontroler NodeMCU sehingga dapat terhubung dengan platform *open source cayenne* (Amir *et al*, 2018).

Penelitian terkait yang dilakukan oleh (Rohman *et al*, 2020) mengenai perancangan sistem monitoring tegangan dan daya berbasis *Internet of Things*. Perancangan sistem stop kontak termonitor yang dapat memberikan informasi parameter tegangan dan arus yang terhubung dengan *socket* secara *real time* dan mobile menggunakan ESP32, sensor ZMPT101B dan sensor ZMCT103C. Pada pengukuran faktor daya terjadi perbedaan setiap variabel karena perhitungan yang dilakukan dengan program pengambilan data sensor pada perangkat rumah tangga sehingga daya yang dihasilkan semakin kecil menyebabkan semakin besarnya nilai error yang akan mempengaruhi sensitivitas sensor (Rohman *et al*, 2020).

Penelitian terkait yang dilakukan oleh (Nasibu *et al*, 2022) mengenai rancang bangun power meter berbasis arduino. Power meter dirancang menggunakan sensor tegangan ZMPT101B dan sensor ZMCT103C pada perangkat rumah tangga dengan keluaran dari sensor akan masuk ke arduino lalu ditampilkan melalui LCD. Hasil pengukuran menghasilkan error presentasi untuk tegangan sebesar 0,33%, arus sebesar 0,26%, daya sebesar 0,63% sehingga menghasilkan nilai pengukuran dengan akurat (Nasibu *et al*, 2022).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) dicetuskan pertama kali oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Kelvin menjelaskan mengenai suatu gagasan bahwa semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu sama lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet (Rachma dan Salam, 2022). Secara sederhana, IoT dapat menyatukan dunia virtual teknologi informasi dengan benda nyata dan dapat bekerja dengan mengambil data dari pembacaan sensor yang diletakkan pada benda nyata, kemudian dikirimkan ke server. Terdapat beberapa sensor – sensor yang dapat dihubungkan ke jaringan internet seperti sensor tegangan, arus, tekanan, suara dan lain – lain (Setiadi dan Muhaemin, 2018).

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu infrastruktur global yang menghubungkan benda – benda fisik dan non-fisik melalui rekam data dengan adanya kemampuan komunikasi yang dilengkapi sensor yang terhubung dengan internet. IoT dapat diterapkan pada berbagai sensor dengan fungsinya sebagai pembaca data dan koneksi internet yang menggunakan aneka topologi jaringan dan *radio frequency*. Konsep dasar penggunaan IoT berupa adanya perangkat sistem cerdas tertanam (*embedded*) yang dapat mengendalikan aneka macam objek fisik (Muzawi *et al*, 2018).

Internet of Things (IoT) dapat digambarkan sebagai penghubung dari berbagai perangkat pintar, komputer pribadi, sensor, aktuator maupun perangkat lain yang dapat terhubung dengan internet sehingga dapat menghasilkan informasi yang dapat diakses dan digunakan oleh manusia atau sistem lainnya sehingga dapat diterapkan untuk kebutuhan monitoring, kontrol dan otomatisasi sebuah program. Terdapat beberapa platform yang mendukung teknologi IoT dengan menggunakan bahasa pemrograman, salah satu diantara platformnya adalah Ubidots. Ubidots menyediakan tempat penyimpanan data, analisis data dan menampilkan data secara live (*live dashboard*) dengan berbagai tampilan *widget*, sehingga memungkinkan pengguna untuk melihat data yang dikirim melalui platform tersebut (Soedjarwanto dan Nama, 2019).

2.2.2 Data Mining

Data *mining* adalah kegiatan yang meliputi pengumpulan, pemakaian data historis untuk menemukan keteraturan, pola dan hubungan dalam sejumlah besar data. Maksud dari pengertian ini yaitu proses pencarian informasi yang tidak diketahui sebelumnya dari sekumpulan data besar. Secara umum ada dua jenis metode pada data *mining*, metode *predictive* dan metode *descriptive*. Metode *predictive* adalah proses untuk menemukan pola dari data yang menggunakan beberapa variabel untuk memprediksi variabel lain yang tidak diketahui jenis atau nilainya. Teknik yang termasuk dalam *predictive mining* antara lain klasifikasi, regresi dan deviasi. Metode *descriptive* adalah proses untuk menemukan suatu karakteristik penting dari data dalam suatu basis data. Teknik data *mining* yang termasuk dalam *descriptive mining* adalah *clustering*, *association* dan *sequential mining* (Damuri *et al.*, 2021).

Data *mining* dapat dibagi menjadi beberapa tahap proses. Tahap – tahap data *mining* adalah sebagai berikut :

- a Pembersihan data (*data cleaning*) merupakan proses menghilangkan gangguan pada data yang tidak konsisten.
- b Integrasi data (*data integration*) merupakan penggabungan dari berbagai data menjadi satu basis data.
- c Seleksi data (*data selection*) merupakan pemilihan variabel yang akan digunakan dalam proses data *mining*.
- d Transformasi data (*data transformation*) merupakan pengubahan data diubah atau digabung ke dalam format yang sesuai untuk diproses dalam data *mining*.
- e Proses *mining* merupakan suatu proses utama saat metode diterapkan untuk menemukan pengetahuan berharga dan tersembunyi dari data (Edwin, 2022).

2.2.3 Algoritma C4.5

Algoritma C4.5 merupakan parameter untuk mengetahui tingkat akurasi suatu keputusan yang akan diambil agar lebih dapat diterima dalam penerapannya dengan menggunakan pendekatan teori *information gain*. Algoritma C4.5

mempunyai kelebihan karena dapat menghasilkan model berupa pohon keputusan. Pada algoritma C4.5, pemilihan atribut yang akan diproses menggunakan *information gain*. Jika dalam memilih atribut untuk memecah objek dalam beberapa kelas harus kita pilih atribut yang menghasilkan *information gain* paling besar. Ukuran *information gain* digunakan untuk memilih atribut uji pada setiap akar pada pohon. Ukuran ini digunakan untuk memilih atribut atau akar pada pohon. Atribut dengan nilai *information gain* tertinggi akan terpilih sebagai induk bagi akar selanjutnya. Sebelum menghitung *gain* harus dihitung terlebih dahulu nilai *entropy*-nya. *Entropy* adalah suatu parameter untuk mengukur heterogenitas (keberagaman) dari suatu kumpulan data sampel. Apabila sampel data semakin heterogen maka nilai dari entropinya semakin besar (Aldino *et al*, 2020).

Pemilihan atribut akar didasarkan pada nilai *gain* tertinggi dari atribut-atribut yang ada. Untuk menghitung *gain* digunakan rumus seperti yang tertera dalam **Persamaan 2.1** sebagai berikut :

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} \times Entropy(S_i) \quad (2.1)$$

Sementara itu, perhitungan nilai entropi dapat ditentukan pada **Persamaan 2.2** sebagai berikut :

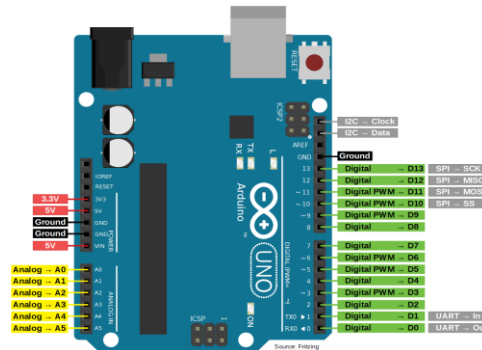
$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n -p_i \times \log_2 p_i \quad (2.2)$$

dengan S adalah himpunan kasus, A adalah atribut, n adalah jumlah partisi atribut A dan pi adalah proporsi dari entropy terhadap S (Yulia dan Azwanti, 2018).

2.2.4 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan platform *Internet of Things* (IoT) bersifat *open source* yang terdiri dari perangkat keras berupa sistem pada chip ESP8266. NodeMCU ESP8266 menjadi salah satu perangkat buatan *Espressif System*. Dalam hal ini, terdapat penggunaan *firmware* dengan bahasa pemrograman *scripting* Lua. NodeMCU secara istilah sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan dibanding dengan perangkat keras *development kit*. NodeMCU dapat dianalogikan sebagai papan arduino pada ESP8266. Pada seri tutorial ESP8266, mengulas

yang pertama kali diluncurkan adalah jenis Arduino Uno R3 yang dikeluarkan pada tahun 2011 dengan keluaran revisi ketiga. Arduino Uno merupakan salah satu jenis suatu papan (*board*) yang berisi mikrokontroler yang berukuran besar kartu kredit yang dilengkapi sejumlah pin yang digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain (Dharma *et al*, 2019).



Gambar 2.2 Arduino Uno (Dharma *et al*, 2019)

Arduino Uno merupakan *board* mikrokontroler berbasis Atmega328. Mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali yang dapat mengatur jalannya proses kerja dari sebuah rangkaian. Arduino Uno memiliki 14 pin digital *input* atau *output*, 6 pin tersebut dapat digunakan sebagai *output*, 6 *input* analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol *reset* (Simbar dan Syahrin, 2016). Mikrokontroler ini beroperasi pada tegangan 5V yang digunakan sebagai *USB to serial converter* untuk berkomunikasi serial dengan komputer melalui port USB (Hidayanti *et al*, 2020). Arduino Uno memiliki data teknis ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

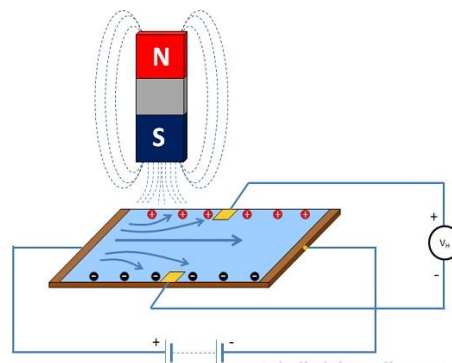
Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino ATmega328

Mikrokontroler	Spesifikasi
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Masukan (Rekomendasi)	7 – 12 V
Tegangan Masukan (Batas)	6 – 20 V
Pin Digital (I/O)	14 (6 dari pin PWM)
Pin Analog Masukan	6
Pin Arus DC per I/O	40 mA
Pin Arus DC untuk 3.3 V	150 mA
Kecepatan Memori	32 KB (0.5 KB untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frekuensi Kecepatan	16 MHz

Kelebihan arduino dibandingkan dengan pengendali mikro yang lainnya adalah harganya yang relatif murah, pemrogramannya yang bersifat sederhana, bebas karena bersifat terbuka, tidak memerlukan tambahan seperti chip. Arduino dapat langsung terkoneksi dengan modul lain seperti GPS dan internet. Dengan menggunakan dapat memudahkan penggunaan dalam berbagai bidang rumah tangga. Pembuatan aplikasi dengan menggunakan arduino akan menjadi lebih mudah, praktis dan murah (Rohmansyah dan Nurwasito, 2018).

2.2.6 Modul Sensor Hall Efek ZMCT103C

Hall efek merupakan suatu peristiwa berbeloknya aliran listrik (elektron) dalam pelat konduktor karena pengaruh medan magnet. Defleksi gerakan elektron dalam medium padat dengan mengalirkan arus pada suatu penghantar sekaligus menempatkannya pada medan magnet secara tegak lurus. Secara teoritik, hall efek disebabkan oleh gaya *Lorentz* yang bekerja pada muatan bebas. Akibatnya muatan – muatan positif dan negatif terakumulasi pada sisi – sisi plat sehingga timbul beda potensial. Instrumen hall efek dapat digunakan untuk menentukan linearitas antara arus listrik dan medan magnet, menentukan konsentrasi elektron pada logam dan mampu menunjukkan gejala hall efek dengan timbulnya tegangan hall pada kedua sisi pelat logam jika plat tersebut diletakkan dalam medan magnet yang dialiri arus. Pengukuran tegangan hall efek dapat ditemukan pada rangkaian penguat operasional untuk memperoleh pembacaan yang relatif tinggi (Rahmad, 2013).



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Terjadinya Hall Efek (Rahmad, 2013)

Awal mula terjadinya fenomena hall efek ditemukan pada tahun 1879, terdapat penguat tertentu yang diperlukan untuk mentransformasikan sinyal arus ke sinyal tegangan. Sensor Hall Efek memiliki kelebihan sebagai berikut.

- a Relatif lebih murah jika dibandingkan dengan sakelar mekanik dan lebih handal.
- b Dapat beroperasi hingga 100 kHz.
- c Tidak terpengaruh pada kondisi lingkungan karena sensor berada di dalam paket tertutup (dibungkus) sehingga dapat digunakan pada lingkungan yang kurang bersahabat.
- d Dapat mendeteksi rentang medan magnet yang luas.
- e Dapat mendeteksi kutub utara atau kutub selatan.
- f Berbentuk pipih atau datar sehingga dapat digunakan pada perangkat rumah tangga yang lebih tipis.

Namun sensor hall efek ini juga memiliki kelemahan antara lain tingkat akurasi pengukuran yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sensor sejenisnya seperti magnetometer ataupun sensor yang berbasis *magnetoresistance*. Sensor Hall Efek akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. *Hall efek sensor* dapat kita ketahui melalui **Persamaan 2.3**.

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (2.3)$$

dengan $\mathbf{F}$ adalah gaya lorentz, q adalah muatan, $\mathbf{E}$ adalah kuat medan listrik, $\mathbf{v}$ adalah kecepatan dan $\mathbf{B}$ adalah medan magnet (Rahmad, 2013).

Sensor Hall Efek terdapat sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Dengan metode tersebut, arus yang dilewatkan akan terbaca pada fungsi besaran tegangan berupa gelombang sinusoidal. Sensor arus keluaran *Zeming Company*, salah satunya adalah sensor ZMCT103C. Sensor ZMCT103C terdiri dari rangkaian IC sensor arus hall efek terintegrasi penuh yang memberikan sinyal tegangan keluaran (*output*) dengan kebisingan yang rendah dan akurat, sebanding dengan arus AC atau arus DC yang telah diukur. Sensor ini

telah digunakan dalam berbagai aplikasi pada inverter otomotif dan sistem EPS (*rumah tangga power steering*) dan inverter untuk konsumen industri.



Gambar 2.4 Bentuk Fisik Sensor ZMCT103C (Jumrianto, 2020)

Penggunaan sensor ZMCT103C bertujuan untuk mengumpulkan informasi dari arus listrik yang mengalir pada jaringan listrik lalu diteruskan ke mikrokontroler. Adapun spesifikasi dari sensor ZMCT103C dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor ZMCT103C

Sensor ZMCT103C	Spesifikasi
Rasio Arus	5 A – 5 mA
Arus Primer Terukur 50/60 Hz	5 A
Resistansi pada Kumparan saat 20°C	155 Ω
Arus Primer Maksimum pada 50/60 Hz	20 A
Rasio Putaran Trafo (Np:Ns)	1000 : 1
Tegangan Isolasi	4500 V
Suhu Operasi	-40 – 85°C
Panjang Pin Kumparan Sekunder	>3 mm

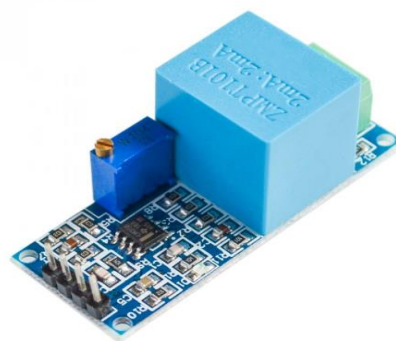
Pada modul sensor arus ZMCT103C terdapat VCC dan GND. VCC merupakan sumber tegangan catu daya positif, sedangkan GND merupakan sumber tegangan catu daya negatif. Tegangan keluaran analog terdapat pada kaki analog keluaran. Keluaran dari sensor arus ini dihubungkan dengan penyearah sehingga dapat dideteksi pada mikrokontroler. Konfigurasi untuk pin – pin modul sensor arus ZMCT103C dapat dilihat pada **Gambar 2.5**. Keluaran sensor ini berupa tegangan AC, diperlukan tegangan DC untuk dapat menerjemahkan nilai arus masuk. Oleh karena itu, diperlukan sebuah rangkaian penyearah agar tegangan yang masuk ke dalam mikrokontroler dapat terdeteksi secara *real time* (Jumrianto, 2020).



Gambar 2.5 Konfigurasi Pin – Pin Sensor ZMCT103C (Jumrianto, 2020)

2.2.7 Modul Sensor ZMPT101B

Sensor ZMPT101B merupakan sensor yang dirancang untuk mengukur tegangan maksimum 250 VAC. Sensor ini menggunakan penyaring diferensial 230 VAC rms dengan toleransi 5 VACpp dengan bentuk keluarannya 5 VAC dari tegangan naik pada tegangan DC sebagai pergeseran tegangan sekitar 2,5 V dan amplitudo dapat disesuaikan dengan potensiometer yang terdapat pada modul, namun tidak lebih besar dari 5V karena disesuaikan dengan tegangan input. Keluaran sensor dari rangkaian terhubung langsung ke pin ADC dari kontroler yang digunakan (Supriyadi dan Dinaryati, 2020).



Gambar 2.6 Bentuk Fisik Sensor ZMPT101B (Supriyadi dan Dinaryati, 2020)

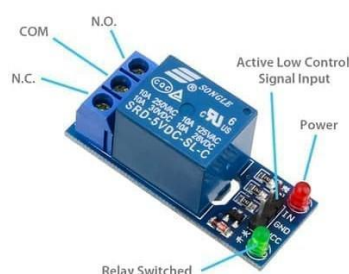
Penggunaan sensor ZMCT103C bertujuan untuk melihat tegangan AC dalam bentuk sinus dengan nilai besaran tegangan sesuai dengan ADC yaitu 0 – 5 V. Keluaran sensor ini adalah gelombang sinus yang memiliki nilai offset sebesar 2,5 – 5 Volt dengan rangkaian operational amplifier didalamnya. Adapun spesifikasi dari sensor ZMPT101B dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

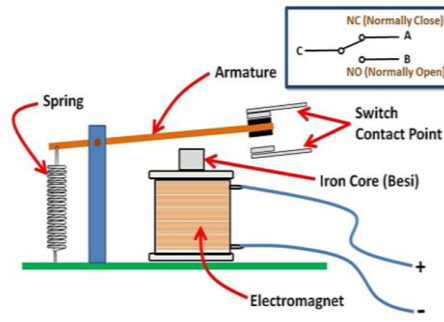
Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor ZMPT101B

Parameter	Spesifikasi
Arus Primer dan Arus Sekunder	2 mA
Kesalahan Fase Tunggal	<20°(50 Ω)
Jarak Arus	0 - 3 mA
Linearitas	0,1 %
Akurasi	0,2
Level Dielektrik	3000 VAC/Min
Resistansi DC	110 Ω

2.2.8 Modul Relay

Relay merupakan saklar (*switch*) yang dioperasikan melalui listrik dengan komponen mekanikal elektro yang mempunyai dua bagian utama yaitu elektromagnet (koil) dan mekanikal (kontak saklar *switch*). Prinsip yang digunakan *relay* yaitu elektromagnetik yang digunakan untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik (*low power*) akan menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Pada *relay* biasanya terdapat kumparan besi dan bilamana kumparan tersebut terkena aliran listrik, maka kumparan tersebut akan menjadi magnet dan akan menarik kontak sehingga terjadi kontak. Pada saat kontak terhubung, maka aliran akan mengalir (Budiyanto et al, 2020). Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan ketika dialiri arus listrik. Terdapat perbedaan dengan saklar kontaktor terbuka dan tertutup dilakukan manual tanpa perlu dialiri arus listrik (Artiyasa et al, 2020).

**Tabel 2.7** Relay (Budiyanto et al, 2020)



Gambar 2.8 Struktur Sederhana Relay (Teknik Rumah Tangga, 2022)

Relay memanfaatkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar dengan adanya arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Pada **Gambar 2.8**, terdapat besi yang disebut dengan *iron core* yang terlilit oleh sebuah kumparan yang memiliki fungsi sebagai pengendali arus sehingga ketika kumparan diberi arus listrik akan menghasilkan gaya elektromagnetik. Gaya tersebut akan menarik armatur yang berpindah posisi secara tertutup seperti posisi awal, sedangkan *coil* berfungsi sebagai komponen yang menarik arus utama ke posisi tertutup (Teknik Elektronika, 2022).

2.2.9 Software Aplikasi Arduino IDE

Integrated Development Environment (IDE). IDE memainkan peran yang penting dalam pemrograman, kompilasi biner dan unduhan memori mikrokontroler. Selain banyak modul pendukung untuk sensor, monitor, pembaca dan lainnya. Arduino memiliki sifat *open source*, baik perangkat keras maupun perangkat lunak (Santoso dan Wijayanto, 2022). Arduino menggunakan proses pada perangkat lunak yang digunakan untuk menulis program ke dalam Arduino. Arduino diciptakan untuk pemula yang bahkan tidak memiliki basis pemrograman karena menggunakan bahasa C++ dengan *library* yang dipermudah. Proses data yang digunakan dalam perangkat lunak arduino menggunakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. Arduino IDE dapat dipasang berbagai OS (*operating system*). Arduino IDE adalah sebuah perangkat lunak yang sangat berperan untuk menulis program dan mengkompilasi menjadi kode biner dan mengunggahnya ke dalam memori mikrokontroler. Arduino IDE terdiri dari 3 bagian antara lain :

- a. Editor program digunakan untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. Listing program pada arduino disebut *sketch*.
- b. *Compiler* berfungsi untuk mengubah bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner karena kode biner merupakan satu-satunya bahasa yang dipahami oleh mikrokontroler.
- c. *Uploader* berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.

Tujuan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian rumah tangga dapat membaca masukan, kemudian memproses masukan tersebut menjadi keluaran yang sesuai dengan keinginan. Sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai otak yang mengendalikan proses masukan dan keluaran dalam sebuah rangkaian rumah tangga (Sari dan Waliyuddin, 2021).

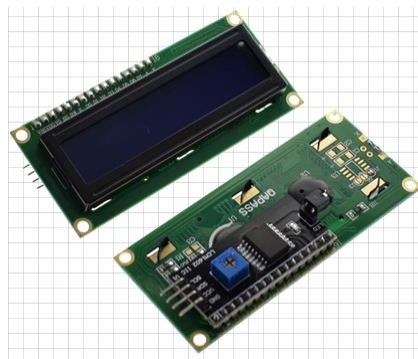
2.2.10 Software Aplikasi Waikato for Knowledge Analysis (WEKA)

Pengembangan WEKA dimulai pada awal 1980-an di Universitas Waikato, Selandia Baru. Professor Ian H. Witten bersama dengan mahasiswa doktoralnya, Eibe Frank, adalah tokoh utama dalam pengembangan WEKA. WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) adalah salah satu perangkat lunak sumber terbuka yang populer digunakan untuk tugas-tugas data mining, analisis data, dan pembelajaran mesin. WEKA awalnya dikembangkan sebagai alat eksperimen dalam penelitian pembelajaran mesin dan data mining. WEKA terus mengalami pengembangan dan pembaruan selama bertahun-tahun. Pengguna dan peneliti dari seluruh dunia telah berkontribusi pada proyek ini dengan menambahkan algoritma baru, fungsi tambahan, dan perbaikan ke aplikasi. Salah satu faktor penting dalam WEKA adalah perangkat sumber terbuka. Ini berarti kode sumber WEKA tersedia untuk umum, dan pengembang dapat mengakses, memodifikasi, dan mengembangkan ulang sesuai kebutuhan mereka. WEKA digunakan secara luas di dunia akademis dan industri. Selain antarmuka GUI, WEKA juga dapat digunakan melalui baris perintah (*command-line*) untuk otomatisasi tugas-tugas

analisis data. Hal ini dapat ditemukan dokumentasi resmi dan sumber daya lainnya di situs web WEKA untuk mempelajari lebih lanjut (Sianturi *et al*, 2019).

2.2.11 LCD I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan rangkaian rumah tangga yang berguna untuk menampilkan keterangan atau indikator yang diberikan dalam mikrokontroler. LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2x16 yang berfungsi sebagai penampil yang akan menunjukkan status kerja alat. Modul I2C pada LCD dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Modul LCD pada umumnya dikendalikan secara paralel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Namun, jika secara paralel akan memakan banyak pin pada arduino. Modul *converter* ini menggunakan chip ICPCF8574 produk dari NXP sebagai kontrolernya. IC ini berupa 8 bit I/O expander for I2C bus yang pada dasarnya adalah shift register (Suryantoro dan Budiyanto, 2019).



Gambar 2.9 LCD dan Modul I2C (Ditempel.com)

2.2.12 Medan Magnet Induksi

Medan magnet merupakan suatu daerah yang dipengaruhi oleh magnet. Dalam hal ini, jarak sangat mempengaruhi adanya medan magnet. Semakin jauh dari medan magnet, semakin cepat gaya magnet tersebut menghilang. Dengan kata lain, berbanding terbalik dengan kuadrat dari jaraknya. Adanya medan magnet selalu bergantung pada garis gaya. Semakin rapat garis gaya berarti semakin besar

medan magnetnya. Interaksi antara medan magnet dan medan listrik tersebut menghasilkan medan elektromagnetik. Medan elektromagnetik dihasilkan oleh medan listrik dan medan magnet. Medan elektromagnetik dapat dihasilkan dari arus bolak-balik (AC). Medan listrik dihasilkan oleh muatan listrik yang muncul ketika potensial listrik muncul dan menginduksi arus listrik. Medan listrik berasal dari tegangan listrik dan dapat dihasilkan walaupun tidak terdapat tidak ada aliran listrik sehingga medan listrik tetap ada walaupun listrik dalam keadaan mati. Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per ampere. Kekuatan medan listrik semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya dan kebanyakan material bangunan dapat menahan medan listrik dalam kekuatan tertentu (Wahyudi et al, 2013).

2.2.13 Analisis Hubungan Arus, Tegangan, Daya, KWh dan Estimasi Biaya

Kebutuhan daya listrik sudah menjadi hal yang mutlak, perlu adanya monitoring daya listrik agar pemakaian listrik dapat terpantau dengan mudah. Beban listrik merupakan salah satu yang ditanggung oleh pembangkit listrik yang membutuhkan energi untuk bekerja. Menurut Hukum Ohm, arus listrik yang mengalir melalui penghantar berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan. Persamaan Hukum Ohm ditunjukkan pada **Persamaan 2.4**.

$$V = I \times R \quad (2.4)$$

dengan V adalah tegangan, I adalah arus dan R adalah hambatan (Akbar, 2018).

Karakteristik beban listrik dengan sumber AC dibedakan menjadi tiga antara lain sebagai berikut.

- a Beban resistif merupakan beban yang terdiri dari komponen bersifat resisten seperti pemanas dan lampu pijar.
- b Beban induktif merupakan beban yang terbuat dari suatu inti yang dililit oleh kawat yang akan menyebabkan gesernya fasa terhadap arus sehingga bersifat terlambat (*lagging*). Dalam hal ini, mengakibatkan fasa arus tertinggal dari fasa tegangan karena energi yang tersimpan berupa medan magnet yang menggeser fasa arus. Beban induktif menyerap daya aktif dan daya reaktif.

- c. Beban kapasitif merupakan beban dengan kemampuan kapasitansi yang cukup besar sehingga memiliki penyimpan energi dari pengisian elektrik pada suatu sirkuit. Beban ini mengakibatkan arus yang mendahului tegangan (*leading*). Komponen jenis ini akan menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif.

Dalam analisis hubungan antara arus, tegangan dan daya pada suatu aliran listrik tentu saja diperlukan proteksi dengan memutuskan jaringan dengan sumber tenaga listrik. Proteksi harus bisa mengamankan rangkaian ketika terjadi arus lebih dan harus memiliki arus hambatan yang cukup agar terhindar dari kerusakan (Leny dan Haryudo, 2019). Penggunaan daya listrik dalam suatu aliran listrik rumah tangga bergantung pada pemakaian. Semakin banyak peralatan yang digunakan maka daya yang terpakai juga akan semakin besar sehingga dapat menyebabkan beban arus yang berlebih. Dalam melakukan manajemen listrik yang lebih baik dalam kasus rumah tangga, maka diperlukan suatu perangkat rumah tangga yang dapat memonitor pemakaian energi listrik pada perangkat listrik yang dianggap cukup boros seperti penanak nasi elektrik, dispenser, kulkas, televisi, mesin cuci. Diperlukan adanya alat monitoring yang dapat menghitung daya yang digunakan per jamnya serta menghitung estimasi biaya yang dikeluarkan. Alat ini mengolah arus dan tegangan yang masuk untuk diketahui berapa besar daya yg dikeluarkan. Sehingga kita dapat menghitung kWh nya untuk dikalikan dengan harga listrik per kWh nya agar di dapat estimasi biaya yang harus dibayarkan (Akbar, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 sampai dengan bulan Maret 2024. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan meliputi perancangan alat, pengujian sistem kontrol, perancangan aplikasi, pengambilan data dan analisis hasil. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan				
		Oktober	November	Desember	Januari	Februari
1.	Perancangan Perangkat					
2.	Pembuatan Perangkat					
3.	Perancangan Aplikasi					
4.	Pengujian Sensor					
5.	Pengambilan Data					
6.	Analisis Hasil					

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam pembuatan perangkat pada penelitian ini terdapat alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung berjalannya pembuatan perangkat sebagai berikut.

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No.	Alat Penelitian	Fungsi
1.	Perangkat Lunak Arduino IDE	Sebagai pengembang kode program perangkat berbasis arduino dengan menggunakan bahasa pemrograman.
2.	Perangkat Lunak Aplikasi WEKA	Sebagai alat untuk pemrosesan data dengan metode algoritma penentuan pohon keputusan.

3.2.2 Bahan Penelitian

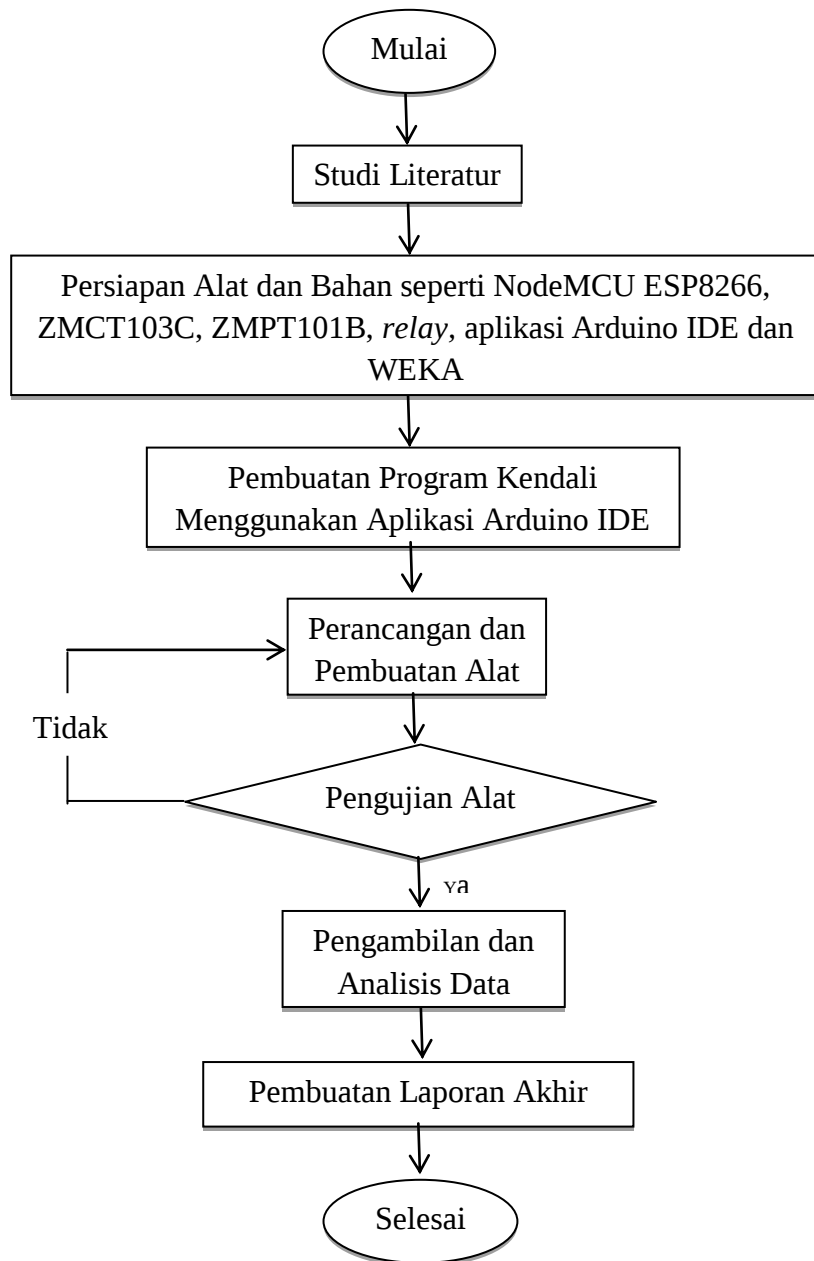
Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Bahan Penelitian

No.	Bahan Penelitian	Fungsi
1.	NodeMCU ESP8266	Sebagai pengendali untuk memantau perangkat yang terhubung.
2.	Arduino Uno	Sebagai pengendali yang bersifat <i>open source</i> dan merancang perangkat rumah tangga.
3.	Sensor ZMCT103C	Sebagai pengukur arus AC dan mendeteksi kebocoran arus yang berbahaya.
4.	Sensor ZMPT101B	Sebagai pengukur tegangan AC dan mendeteksi tegangan yang melampaui batas
5.	Relay	Sebagai pengendali aliran listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lain.
6.	LCD I2C	Sebagai layar yang mendukung tampilan hasil pengukuran sensor arus dan tegangan.

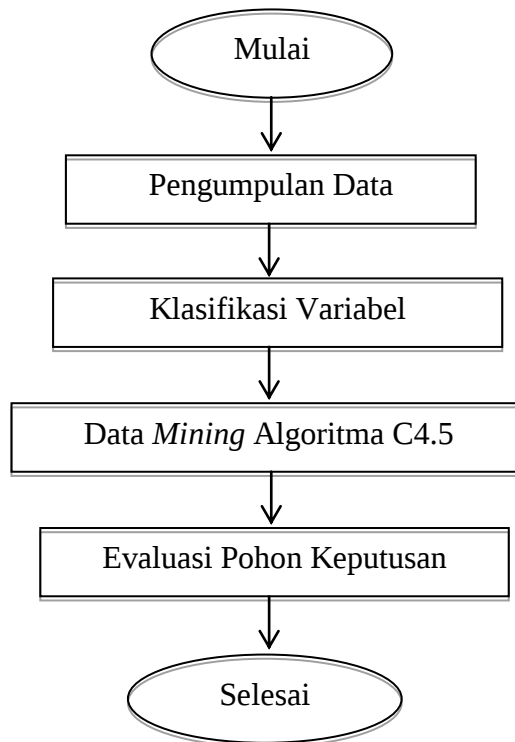
3.3 Prosedur Penelitian

Pembuatan perangkat ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan yaitu perancangan perangkat, pengujian kerja alat, dan pengambilan data pengukuran. Langkah – langkah yang dilakukan pada pembuatan perangkat ditunjukkan dalam diagram alir penelitian pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

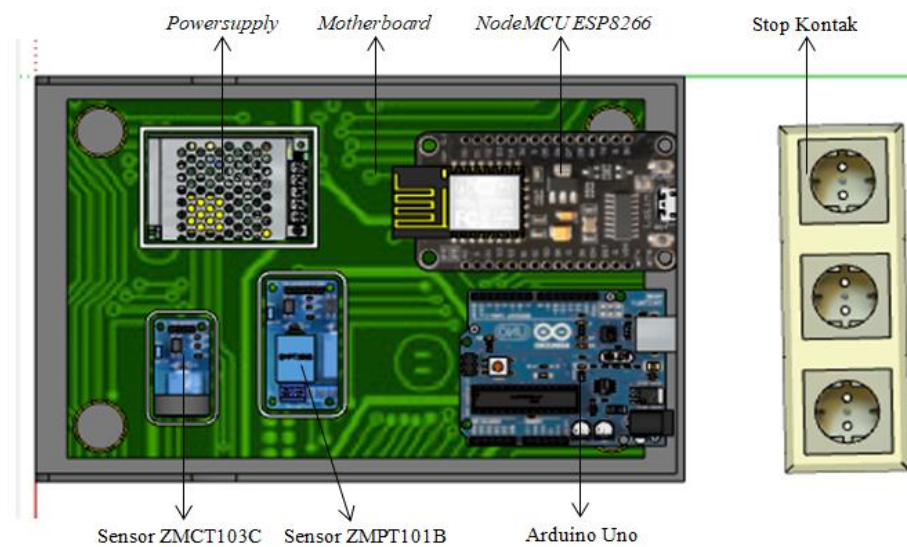
Selain itu, terdapat diagram alir klasifikasi data *mining* Algoritma C4.5 pada alat sistem kendali prioritas dijelaskan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Diagram Alir Klasifikasi Data *Mining* Algoritma C4.5 pada Alat Sistem Kendali Prioritas

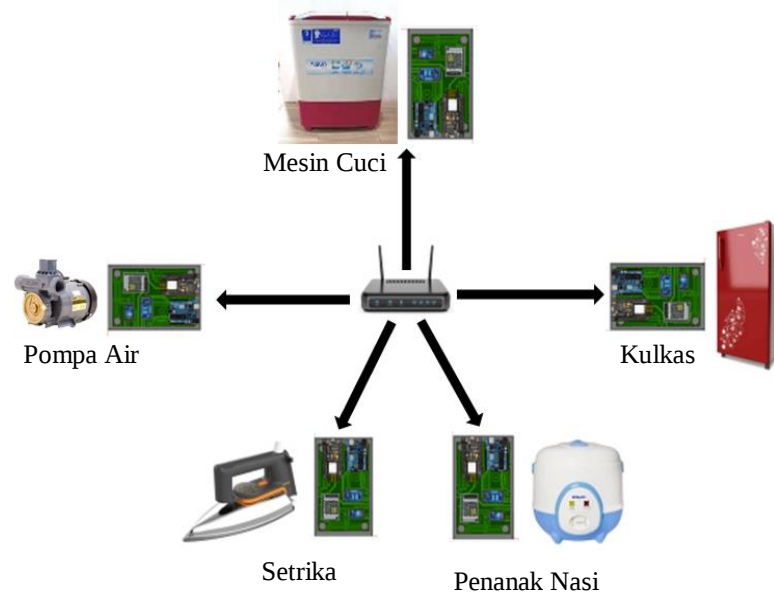
3.4 Perancangan Alat Sistem Kendali Prioritas

Tahap ini dilakukan perancangan alat sistem kendali prioritas berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan NodeMCU ESP 8266. Skema rancang bangun alat ditunjukkan pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Skema Alat Sistem Kendali Prioritas

Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring dan membangun alat sistem kendali prioritas guna efisiensi penggunaan daya listrik pada perangkat rumah tangga berbasis IoT dengan memanfaatkan kendali berupa NodeMCU ESP8266. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan informasi mengenai deteksi arus dan tegangan. Penelitian ini terdapat dua sistem yang digunakan yaitu sistem monitoring dan sistem kendali. Pada sistem monitoring terdiri dari NodeMCU ESP8266, sensor ZMCT103C, sensor ZMPT101B, TFT LCD ILI9341 dan *relay*. NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai mikrokontroler yang digunakan sebagai monitoring sekaligus sistem kendali. Sensor ZMCT103C yang digunakan sebagai deteksi arus pada sistem kendali prioritas. Sensor ZMPT101B yang digunakan sebagai deteksi tegangan pada sistem kendali prioritas. LCD I2C yang berfungsi untuk menampilkan nilai arus dan tegangan pada sistem kendali prioritas. Kemudian, *relay* yang digunakan sebagai saklar otomatis pada sistem kendali.



Gambar 3.4 Diagram Blok Kontrol Perangkat Menggunakan Sambungan *Wireless Networking*

Tahap pengujian alat dapat dilihat pada **Gambar 3.4**, tahap ini dilakukan untuk mengetahui sensor ZMCT103C dan sensor ZMPT101B telah bekerja baik dan hasil dari pembacaan sensor arus dan sensor tegangan sesuai dengan pengukuran. Selanjutnya, melakukan pengujian tampilan monitoring pada LCD I2C sudah bekerja dengan baik atau belum. Kemudian, pengujian tingkat akurasi dan error sistem saat bekerja terhadap pengukuran secara bersamaan.

3.5 Tahapan Pengujian

3.5.1 Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas Menggunakan Sensor Arus ZMCT103C dan Sensor Tegangan ZMPT101B

3.5.1.1 Pengujian Sensor Arus ZMCT103C

Pengujian sensor arus ZMCT103C dilakukan untuk mengukur arus listrik. Perangkat akan membaca dan nilai arus akan terbaca oleh alat sistem kendali prioritas. Pengujian sensor arus menggunakan metode perhitungan akurasi dan error yang terjadi pada sistem kendali prioritas ditunjukkan pada **Persamaan 3.1** dan **Persamaan 3.2** (Ardiansyah, 2020).

$$\text{Akurasi Arus} = |I_{\text{out}} \text{ Multimeter} - I_{\text{out}} \text{ Perangkat}| \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{Error} = 1 - \text{Akurasi Arus} \quad (3.2)$$

di mana I_{out} Multimeter adalah keluaran arus yang terbaca oleh multimeter, dan I_{out} Perangkat adalah keluaran arus yang terbaca oleh alat sistem kendali prioritas.

Perangkat ini akan menguji lima perangkat listrik rumah tangga yaitu kulkas, setrika, penanak nasi, pompa air dan mesin cuci. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pada 13 rumah yang berada di Desa Margomulyo dan Desa Gedung Gumanti, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan kapasitas daya 1300 – 2200 watt. Hasil pengujian pembacaan hasil keluaran sensor arus ZMCT103C dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Data Pengujian Sensor Arus ZMCT103C

Lokasi Pengujian	Prioritas Alat	I_{out} Multimeter (A)	I_{out} Perangkat (A)	Akurasi Arus	Error Arus
Rumah 1 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 2 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 3 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 4 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 5 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				

Lokasi Pengujian	Prioritas Alat	I_{out} Multimeter (A)	I_{out} Perangkat (A)	Akurasi Arus	Error Arus
Rumah 6 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 7 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 8 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 9 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 10 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 11 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 12 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 13 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rata – Rata					

3.5.1.2 Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Pengujian sensor tegangan ZMPT101B dilakukan untuk mengukur tegangan listrik. Perangkat akan membaca dan nilai tegangan akan terekam oleh alat sistem kendali prioritas. Pengujian sensor tegangan menggunakan metode perhitungan akurasi dan error yang terjadi pada sistem kendali prioritas ditunjukkan pada **Persamaan 3.3** dan **Persamaan 3.4** (Ardiansyah, 2020).

$$\text{Akurasi Tegangan} = |V_{\text{out}} \text{Multimeter} - V_{\text{out}} \text{Perangkat}| \times 100\% \quad (3.3)$$

$$\text{Error} = 1 - \text{Akurasi Tegangan} \quad (3.4)$$

di mana I_{out} Multimeter adalah keluaran arus yang terbaca oleh multimeter, dan I_{out} Perangkat adalah keluaran arus yang terbaca oleh alat sistem kendali prioritas.

Perangkat ini akan menguji lima perangkat listrik rumah tangga yaitu kulkas, setrika, penanak nasi, pompa air dan mesin cuci. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pada 13 rumah yang berada di Desa Margomulyo dan Desa Gedung Gumanti, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan kapasitas daya 1300 – 2200 watt. Hasil pengujian pembacaan hasil keluaran sensor tegangan ZMPT101B dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3.5 Data Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Lokasi Pengujian	Prioritas Alat	V_{out} Terukur (V)	V_{out} Sebenarnya (V)	Akurasi Tegangan (%)	Error Tegangan
Rumah 1 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 2 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 3 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				

Lokasi Pengujian	Prioritas Alat	V_{out} Terukur (V)	V_{out} Sebenarnya (V)	Akurasi Tegangan (%)	Error Tegangan
Rumah 4 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 5 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 6 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 7 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 8 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 9 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 10 (1300 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 11 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rumah 12 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				

Lokasi Pengujian	Prioritas Alat	V_{out} Terukur (V)	V_{out} Sebenarnya (V)	Akurasi Tegangan (%)	Error Tegangan
Rumah 13 (2200 watt)	Kulkas Setrika Penanak Nasi Pompa Air Mesin Cuci				
Rata – Rata					

3.5.2 Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga

3.5.2.1 Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas

Alat sistem kendali prioritas ini dirancang untuk memantau total daya listrik pada 5 perangkat rumah tangga yang digunakan, antara lain kulkas, setrika, penanak nasi, pompa air, dan mesin cuci. Data yang telah dikumpulkan dalam data pengujian sensor pada alat sistem kendali prioritas dan kuisioner harus diklasifikasikan untuk mempermudah dalam perhitungan. Metode yang digunakan saat pengujian berlangsung adalah penentuan entropi menggunakan algoritma C4.5 dengan menghitung *gain* untuk menentukan pohon keputusan. Metode tersebut dapat dihitung menggunakan **Persamaan 3.5** dan **Persamaan 3.6** (Yulia dan Azwanti, 2018).

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n - p_i \times \log_2 p_i \quad (3.5)$$

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} \times Entropy(S_i) \quad (3.6)$$

dengan S adalah himpunan kasus, A adalah atribut, n adalah jumlah partisi atribut A dan p_i adalah proporsi dari entropy terhadap S.

Alat sistem kendali prioritas dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan daya listrik dengan memungkinkan beberapa perangkat rumah tangga dihidupkan secara bersamaan, kemudian memeriksa kondisi *relay* apakah dalam keadaan menyala atau mati. Selanjutnya data tersebut, dilakukan pengujian menggunakan algoritma C4.5 untuk menentukan prioritas perangkat yang akan diutamakan dengan nilai *entropy* tertinggi dari salah satu perangkat rumah tangga. Data

penentuan pohon keputusan pada *node* pertama berdasarkan pengujian sensor perangkat rumah tangga ditunjukkan pada **Tabel 3.6**.

Tabel 3.6 Penentuan Pohon Keputusan pada *Node* Pertama Berdasarkan Pengujian Alat Sistem Kendali Prioritas

	Jumlah (S)	Ya (SI)	Tidak (Si)	Entropy	Gain
Total					
Kulkas					
Menyala					
Padam					
Setrika					
Menyala					
Padam					
Penanak Nasi					
Menyala					
Padam					
Pompa Air					
Menyala					
Padam					
Mesin Cuci					
Menyala					
Padam					

Setelah mendapatkan nilai *gain* yang tertinggi pada **Tabel 3.6**, selanjutnya ambil data *entropi* dengan nilai tertinggi. *Entropy* tertinggi digunakan untuk menentukan *node* selanjutnya pada pohon keputusan.

3.5.2.2 Penentuan Prioritas Perangkat Rumah Tangga Berdasarkan Kuisioner

Selain menggunakan metode penentuan prioritas perangkat rumah tangga dengan alat sistem kendali prioritas yang diuji secara bersamaan, terdapat juga beberapa faktor yang mempengaruhi prioritas perangkat rumah tangga berdasarkan kuisioner pada 13 rumah yang diklasifikasikan pada **Tabel 3.7**.

Tabel 3.7 Klasifikasi Data *Mining* Algoritma C4.5

Atribut Data	Klasifikasi Data
Efisiensi Daya Listrik	
Kualitas Instalasi Listrik	
Jumlah Anggota Keluarga	
Penggunaan Daya Listrik	

Atribut data yang telah diklasifikasikan, selanjutnya dilakukan pengambilan sampel berupa kuisioner pada 13 rumah lalu dilakukan perhitungan algoritma C4.5 untuk mencapai *entropy* dan *gain* tertinggi dari salah satu atribut data. Data penentuan pohon keputusan pada *node* pertama berdasarkan kuisioner ditunjukkan pada **Tabel 3.8**.

Tabel 3.8 Penentuan Pohon Keputusan pada *Node* Pertama Berdasarkan Kuisioner

	Jumlah (S)	Ya (SI)	Tidak (Si)	Entropy	Gain
Total					
Efisiensi Daya Listrik					
		Tinggi			
		Sedang			
		Rendah			
Kualitas Instalasi Listrik		Baik			
		Cukup Baik			
		Kurang Baik			
Jumlah Anggota Keluarga		4 orang			
		5 orang			
		6 orang			
Penggunaan Daya Listrik		2200 Watt			
		1300 Watt			

Setelah mendapatkan nilai gain yang tertinggi pada **Tabel 3.9**, selanjutnya ambil data *entropi* dengan nilai tertinggi. *Entropy* tertinggi untuk menentukan *node* selanjutnya pada pohon keputusan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan pembuatan alat sistem kendali prioritas yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- 1 Alat sistem kendali prioritas telah berhasil terealisasi menggunakan sensor arus ZMCT103C dan ZMPT101B dengan mengukur arus dan tegangan dengan akurasi tinggi sesuai data pengujian yang menunjukkan nilai *error* arus dan tegangan relatif kecil tidak melebihi $\pm 5\%$.
- 2 Alat sistem kendali prioritas berbasis *Internet of Things* ini mampu menentukan prioritas penggunaan perangkat rumah tangga yang berfokus pada perangkat rumah tangga seperti kulkas, setrika, penanak nasi, pompa air dan mesin cuci. Urutan penentuan prioritas perangkat rumah tangga antara lain mesin cuci menjadi prioritas utama, kulkas dan pompa air sebagai prioritas kedua, serta setrika sebagai prioritas ketiga. Namun, penanak nasi dapat dinyalakan bersamaan karena memiliki *gain* dan *entropy* yang rendah, sehingga tidak menyebabkan termis mati.
- 3 Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi daya listrik yaitu kualitas instalasi listrik, penggunaan daya listrik dan anggota keluarga. Kualitas instalasi yang baik dan penggunaan daya hingga 2200 watt menghasilkan efisiensi dayanya tinggi. Namun, jika penggunaan daya hanya 1300 watt, efisiensi dayanya rendah. Untuk instalasi listrik yang cukup baik dan 4 anggota keluarga, efisiensi dayanya tinggi; dengan 5 anggota keluarga, efisiensi dayanya sedang; dan dengan 6 anggota keluarga, efisiensi dayanya rendah. Kualitas instalasi yang kurang baik menghasilkan efisiensi dayanya berada di tingkat sedang.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan lebih lanjut adalah perlu melakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan efisiensi dan keakuratan alat sistem kendali prioritas menggunakan sensor arus ZMCT103C dan ZMPT101B. Penggunaan hasil analisis klasifikasi data dapat menjadi dasar untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik dalam rumah tangga, sehingga perlu untuk mengintegrasikan temuan ini dalam strategi pengembangan selanjutnya untuk mengidentifikasi faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi efisiensi penggunaan daya listrik.

Communication) dan Wi-Fi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 4(2):81-90.

Santoso, S. P. dan Wijayanto, F. 2022. Rancang Bangun Akses Pintu dengan Sensor Suhu dan *Hand Sanitizer* Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Elektro* 10(1): 20-31.

Sari, Y dan Waliyuddin, A. 2021. Alat Deteksi Polusi Udara dalam Ruangan Berbasis *Internet of Things* (IoT). *TEKINFO* 22(2):120-134.

Setiadi, D. dan Muhaemin, M.N.A. 2018. Penerapan Internet of Things (IoT) pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi). *Jurnal Infotronik* 3(2):95-102.

Sianturi, F.A., Hasugian, P.M., Simangunsong, A. dan Nadeak, B. 2019. *Data Mining : Teori dan Aplikasi Weka*. Sumatera Utara : CV. Rudang Mayang.

Simbar, R.S.V dan Syahrin, A. 2017. *Prototype* Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 dengan Komunikasi *Wireless*. *Jurnal Teknologi Elektro* 8(1):80-56.

Soedjarwanto, N. dan Nama, G.F. 2019. Monitoring Arus, Tegangan dan daya pada Transformator Distribusi 20 KV Menggunakan Teknologi *Internet of Things*. *Jurnal EECCIS* 13(3):128-133.

Supriyadi, E. dan Dinaryati, S. 2020. Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Listrik Rumah Tangga Berbasis ESP8266 NodeMCU. *Jurnal Sinusoida* 22(4):13-23.

Suryantoro, H. dan Budiyanto, A. 2019. Prototype Sistem Monitoring Air Berbasis *Labview* dan Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali. *Indonesian Journal of Laboratory* 1(3):20-32.

Tanjung, Y.P., Sentinuwo, S.R. dan Jacobus, A. 2016. Penentuan Daya Listrik Rumah Tangga Menggunakan Metode *Decision Tree* *Jurnal Teknik Informatika* 9(1):11-17.

Teknik Elektronika. 2022. Pengertian *Relay* dan Fungsinya. [Error! Hyperlink reference not valid.](#). Diakses pada tanggal 19 Mei 2023.

Wahyudi, J., Pauzi, G.A. dan Warsito. Desain dan Karakterisasi Penggunaan Sensor *Hall efek* UGN3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumparan Leybold P6271 Secara Non Destruktif. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* 1(2):185-190.

Yulia dan Azwanti, N. 2018. Penerapan Algoritma C4.5 untuk Memprediksi Besarnya Penggunaan Listrik Rumah Tangga di Kota Batam. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi* 2(2):584-590.