



Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Pengaman Beban Lebih untuk Sistem Distribusi Kos-Kosan

Laporan Tugas Akhir

**Oleh:
Daniel Praymadya Pasaribu
(4212431022)**

**Program Studi Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Lembar Pengesahan

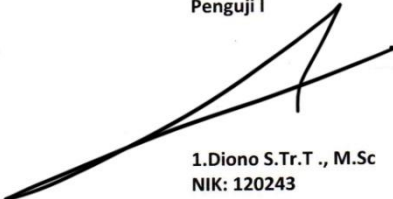
Laporan Tugas Akhir disusun untuk digunakan sebagai rencana kerja pada pelaksanaan Tugas Akhir

Disusun oleh:
Daniel Praymadya Pasaribu
(4212431022)

Tanggal Sidang: 14 Juli 2025

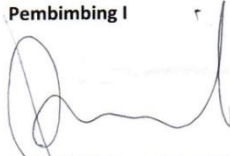
Disetujui oleh :

Penguji I



1. Diono S.Tr.T., M.Sc
NIK: 120243

Pembimbing I



1. Daniel Sutopo Pamungkas,
S.T., M.T., Ph.D
NIK : 100006

Penguji II



2. Dr. Abdurahman Dwijotomo, S.ST, M.Sc
NIK: 122257

[Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Pengaman Beban Lebih untuk Sistem Distribusi Kos-Kosan]

Abstrak

Penggunaan energi listrik yang tidak terkendali di lingkungan kos-kosan sering menyebabkan kerugian bagi pemilik, terutama akibat beban berlebih dari penggunaan perangkat berdaya tinggi oleh penyewa. Sistem pengaman konvensional seperti Miniature Circuit Breaker (MCB) bekerja secara statis dan kurang adaptif terhadap variasi beban maupun indikasi kecurangan. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan logika fuzzy pada sistem pengaman beban lebih untuk meningkatkan efisiensi distribusi listrik di kos-kosan. Sistem dirancang untuk memantau arus dan tegangan secara real-time, serta memungkinkan pemilik mengatur nilai setpoint batas arus sesuai kebutuhan. Pengujian dilakukan dengan variasi beban mulai dari 100 Watt hingga 1200 Watt. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi beban berlebih dengan tingkat akurasi 95% dan memutus aliran listrik secara otomatis ketika arus melebihi batas toleransi. Rata-rata waktu respon sistem adalah 1,2 detik setelah terdeteksi pelanggaran batas arus. Dengan algoritma fuzzy, sistem dapat menyesuaikan keputusan berdasarkan variasi input sensor, sehingga bekerja lebih adaptif dibandingkan MCB konvensional. Implementasi sistem ini terbukti efektif dalam mengurangi risiko kerugian, mencegah potensi kecurangan, dan meningkatkan manajemen energi listrik yang lebih efisien, adil, dan aman bagi pemilik kos-kosan.

Kata Kunci: Logika Fuzzy, Sistem Pengaman Beban Lebih, Distribusi Listrik, Kos-kosan, Arduino, Manajemen Energi

[Implementation of Fuzzy Logic on Overload Safety System for Kos-Kosan Distribution System]

Abstract

Uncontrolled electricity usage in boarding houses often causes financial losses for owners, mainly due to overload conditions from tenants using high-power devices. Conventional protection systems such as Miniature Circuit Breakers (MCBs) operate statically and are less adaptive to load variations or indications of misuse. This study aims to implement fuzzy logic in an overload protection system to improve the efficiency of electricity distribution in boarding houses. The system is designed to monitor current and voltage in real time, while allowing the owner to set the current limit setpoint as needed. Testing was conducted with load variations ranging from 100 Watts to 1200 Watts. The results show that the system can detect overload conditions with 95% accuracy and automatically cut off power when the current exceeds the tolerance limit. The system's average response time is 1.2 seconds after detecting a current limit violation. Using the fuzzy algorithm, the system can adjust decisions based on variations in sensor input, making it more adaptive compared to conventional MCBs. This implementation has proven effective in reducing the risk of financial losses, preventing potential misuse, and improving electricity management to be more efficient, fair, and safe for boarding house owners.

Keywords: Fuzzy Logic, Overload Protection System, Power Distribution, Boarding House, Arduino, Energy Management

Daftar Isi

Lembar Pengesahan	i
Abstrak	ii
<i>Abstract</i>	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1 Penelitian Tedahulu	4
2.2 Daya Listrik	11
2.3 Logika Fuzzy (Tsukamoto)	11
2.3.1 Inference Fuzzy	14
2.4 Gambaran Perkembangan Produk	15
2.4.1 Mikrokontroller	15
2.4.2 Relay	16
2.4.3 Sensor ACS712	16
2.4.4 Sensor ZMPT101	17
2.4.5 Buzzer	17
2.4.6 Keypad	18
2.4.7 LCD 16x2	18
2.4.8 I2C	19
Bab 3. Metodologi Penelitian	20

3.1. Perancangan.....	20
3.1.1. Perancangan Alat.....	21
3.1.2. Perancangan Desain Elektrikal	22
3.2. Alat dan Bahan	23
3.3. Pengujian	24
3.3.1. Pengujian Tegangan Tanpa Beban.....	24
3.3.2. Pengujian Tegangan dengan Beban.....	24
3.3.3. Pengujian Arus.....	25
3.3.4. Pengujian Alat.....	25
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	27
4.1. Hasil.....	27
4.1.1. Hasil Pengujian Tegangan Tanpa Beban	27
4.1.2. Hasil Pengujian Tegangan dengan Beban	28
4.1.3. Hasil Pengujian Arus	29
4.1.4. Hasil Pengujian Alat	30
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	33
Daftar Pustaka	35
LAMPIRAN	37

Daftar Gambar

Gambar 1. Logika Fuzzy	11
Gambar 2. Variabel Input Fuzzy	12
Gambar 3. Variabel Output Fuzzy	13
Gambar 4. Arduino	15
Gambar 5. Relay	16
Gambar 6. Sensor ACS712	16
Gambar 7. Sensor ZMPT101	17
Gambar 8. Buzzer	17
Gambar 9. Keypad	18
Gambar 10. LCD 16X2	19
Gambar 11. I2C	19
Gambar 12. Flowchart Perancangan Sistem	20
Gambar 13. Flowchart Perancangan Alat	21
Gambar 14. Perancangan Desain Elektrikal	22
Gambar 15. Gambar Pengujian Tegangan Tanpa Beban	27
Gambar 16. Pengujian Tegangan dengan Beban	28
Gambar 17. Pengujian Arus	29
Gambar 18. Pengujian Alat	30
Gambar 19. Grafik Pengujian Alat	32

Daftar Tabel

Table 1. Penelitian Terdahulu.....	5
Table 2. Domain Fuzzy.....	15
Table 3. Alat dan Bahan.....	23
Table 4. Pengujian Tegangan Tanpa Beban.....	24
Table 5. Pengujian Tegangan dengan Beban.....	25
Table 6. Pengujian Arus.....	25
Table 7. Tabel Pengujian Alat Kombinasi.....	26
Table 8. Pengujian Tegangan Tanpa Beban.....	27
Table 9. Pengujian Tegangan Dengan Beban	29
Table 10. Pengujian Arus.....	30
Table 11. Pengujian Alat.....	31
Table 12. Pengujian Alat Kombinasi	31

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Energi listrik sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Dimulai dari penggunaannya untuk menyalakan alat penerangan, pendingin, maupun pemanas pastinya membutuhkan pasokan energi listrik. Dalam penggunaan energi listrik suatu bangunan membutuhkan sebuah alat pembatas daya yang biasa disebut dengan *Miniature Circuit Breaker (MCB)*. MCB juga berfungsi sebagai pengaman pada sebuah bangunan. MCB digunakan untuk membatasi arus listrik dan juga bisa digunakan sebagai saklar. Dalam penggunaannya, pengaman ini harus disesuaikan dengan besar listrik yang terpasang. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga agar listrik dapat berguna sesuai dengan kebutuhan. Apabila terjadi beban berlebih atau *short circuit* maka MCB akan memutuskan aliran listrik. Untuk pendistribusian daya dapat didistribusikan secara merata dan efisien pada tiap bangunan.

Batam terkenal sebagai kawasan industri di Kepulauan Riau Indonesia. Karena banyak nya perantau yang bekerja dikota batam sehingga banyak rumah yang dialihfungsikan menjadi kos/indekos. Sewa menyewa kos seringkali dimulai dengan kesepakatan antara penyewa dan pemilik. Salah satu diantaranya adalah kesepakatan pemakaian listrik yang berlaku sesuai aturan. Seringkali dalam hal sewa menyewa kos banyak temuan pengguna kos kosan melakukan kecurangan dengan menambahkan perangkat elektronik yang berdaya tinggi sehingga menimbulkan peningkatan penggunaan arus listrik yang dimana menjadi sebuah kerugian bagi pemilik kamar kos.

Pemilik kos sering sekali merasakan kerugian yang berasal dari penggunaan arus yang berlebihan. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis mencoba melakukan rancang bangun sistem yang memonitoring dan juga dapat membatasi penggunaan arus secara otomatis. Yaitu dengan cara memutuskan arus ketika sistem mendeteksi kecurangan oleh pengguna kos.

Penelitian seputar monitoring daya pada rumah sebelumnya sudah dikembangkan oleh beberapa peneliti. Salah satunya adalah Nursalim, dkk yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Proteksi Dan Monitoring Arus Dan Tegangan Listrik Berbasis Telegram" [1] kekurangan daripada alat penulis adalah alat tidak dapat memonitor kondisi penggunaan daya serta memutuskan arus listrik ketika sesuatu terjadi.

Riset selanjutnya ada pada penelitian kedua milik Josserio, dkk yang berjudul "Sistem Kendali Jarak Jauh Untuk Pemutusan dan Penyambungan kWh Meter Dengan Ponsel" [2] kekurangan daripada alat ini sistem hanya berfungsi sebagai saklar *on/off* yang dikendalikan dari jarak jauh. pada alat yang dibuat memiliki kekurangan yaitu hanya dapat melakukan manual kontrol, sehingga membuat pengguna (pemilik kos) harus seringkali melakukan pemeriksaan secara manual

Untuk melengkapi riset penulis, penulis menemukan jurnal pada penelitian ketiga milik Alfith, dkk yang berjudul “Rancang Bangun Pengontrolan Beban Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler” [3]. Pada alat ini terdapat sistem cerdas yang dapat memutuskan secara otomatis tetapi kekurangannya adalah menggunakan threshold atau ambang batas dalam mengambil keputusan, sehingga dapat saja melakukan kesalahan dalam mendeteksi ketika terjadi lonjakan arus setara singkat akibat dari beban elektronik yang dinyalakan secara bersamaan.

Keterbatasan utama dari MCB konvensional adalah sifatnya yang non-komunikatif dan tidak mampu memberikan informasi real-time kepada pengguna mengenai kondisi kelistrikan yang terjadi dan juga MCB konvensional memiliki nilai limit yang tidak dapat di

Berdasarkan penelitian diatas penulis menyimpulkan adanya keterbatasan dari alat yang telah dibuat, sehingga penambahan riset penulis dapat melengkapi kekurangan dari pada kebutuhan yang ada seperti monitor tegangan dan arus dan juga ada relay untuk pemutus yang digunakan untuk melakukan kontrol terhadap arus, memasukkan nilai input setpoint yang diinginkan. Selain itu nantinya juga ada sistem cerdas untuk mengotomasi pemutusan arus, sistem cerdas yang dipilih menggunakan logika fuzzy sebab dapat menerima input yang terdidi dari variasi nilai sensor dan diproses menggunakan aturan fuzzy sehingga dapat memprediksi penggunaan secara otomatis dan dapat menghindari kesalahan deteksi yang dijelaskan di artikel Alfith menggunakan threshold, dan artikel Josserio yang hanya melakukan kendali on/off switch button manual, serta penelitian Nursalim yang hanya dapat melakukan monitoring

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka ada beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem pengaman beban lebih berbasis logika fuzzy yang adaptif dan akurat untuk mengatasi ketidakpastian dan variasi beban listrik di sistem distribusi kos-kosan, sehingga dapat mengurangi risiko pemadaman dan kerusakan peralatan?
2. Seberapa efektif implementasi logika fuzzy dalam sistem pengaman beban lebih, dibandingkan dengan metode pengaman konvensional dalam hal kecepatan respon, akurasi deteksi beban lebih, dan pengurangan frekuensi pemadaman listrik pada sistem distribusi kos-kosan?

1.3. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, berikut adalah tujuan dari Tugas Akhir yang akan dibuat, yaitu:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pengaman beban lebih berbasis logika fuzzy yang mampu secara adaptif mendeteksi dan merespons perubahan beban listrik pada sistem distribusi kos-kosan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti tegangan, arus, dan waktu.
2. Mengevaluasi dan menganalisis kinerja sistem pengaman beban lebih berbasis logika fuzzy dalam mengurangi pemborosan penggunaan listrik.

1.4. Manfaat

Tugas akhir ini memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem distribusi listrik di kos-kosan melalui penerapan logika fuzzy. Sistem pengaman beban lebih yang adaptif ini mampu mendeteksi dan merespon perubahan beban secara akurat, meminimalkan risiko pemadaman listrik yang mengganggu aktivitas penghuni, serta mencegah kerusakan peralatan akibat beban berlebih. Selain itu, penelitian ini menyediakan alternatif yang lebih cerdas dan fleksibel dibandingkan sistem pengaman konvensional, yang pada akhirnya dapat mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan sistem distribusi listrik di lingkungan kos-kosan.

1.5. Batasan

Adapun batasan masalah dalam pembuatan alat ini adalah implementasi logika fuzzy pada sistem pengaman beban lebih khusus untuk sistem distribusi listrik di kos-kosan, dengan fokus pada beban listrik yang umum digunakan seperti lampu, kipas angin, AC, dan perangkat elektronik lainnya. Pengujian dilakukan dalam lingkungan simulasi, tidak mencakup pengujian langsung di lapangan. Parameter yang digunakan dalam logika fuzzy dibatasi pada variabel-variabel yang relevan dengan beban lebih, seperti arus, tegangan, dan daya, serta penelitian dilakukan dalam periode waktu tertentu tanpa mempertimbangkan perubahan teknologi di masa depan.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Tedahulu

Terdapat penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Pengaman Beban Lebih untuk Sistem Distribusi Kos-Kosan". Dalam penelitian ini penulis menggunakan sumber ganda yang berasal dari artikel dan jurnal yang diterbitkan oleh peneliti terdahulu. Dari sumber-sumber yang diperoleh terdapat tiga sumber yang dijadikan referensi.

Artikel Alfith, dkk, Jurnal Teknik Elektro ITP dengan judul: Merancang bangun prototipe alat pengontrolan beban listrik rumah tangga tahun 2020. Perancangan dan pengujian yang telah dilakukan menyimpulkan bahwa alat yang dibuat sudah berhasil dirancang dan dibuat sehingga dapat mengontrol pemakaian beban listrik agar tidak melebihi batas tertentu menggunakan mikrokontroler Arduino R3, sensor arus ACS712, LCD 16x2, modul DF Player Mini (MP3) + Speaker, dan relay. Sistem ini memberikan peringatan saat pemakaian mencapai 80% dan memutuskan beban saat mencapai 95%, namun masih ada perbedaan pengukuran antara alat pengontrol dan amper meter dikarenakan pemrograman alat yang belum sempurna.

Artikel Nursalim, dkk, Jurnal Media Elektro dengan judul: Merancang, membangun, dan menguji sistem proteksi dan monitoring arus serta tegangan listrik menggunakan modul ESP8266 tahun 2022. Perancangan dan pengujian yang telah dilakukan menyimpulkan bahwa alat yang dibuat sudah berhasil dirancang dan dibuat sehingga dapat memonitor dan melindungi arus serta tegangan listrik menggunakan sensor PZEM004T, solid state relay, dan aplikasi Telegram untuk kontrol dan notifikasi. Sistem ini diuji dalam skala laboratorium dan memiliki kemampuan proteksi arus yang terbatas oleh spesifikasi relay yang digunakan (8 Ampere).

Artikel Sanggid Putra Pratama, Jurnal Teknik Elektro Terapan dengan judul: Pengembangan prototipe sistem monitoring biaya listrik pascabayar dan pengamanan instalasi listrik 1 fasa tahun 2020. Perancangan dan pengujian yang telah dilakukan menyimpulkan bahwa alat yang dibuat sudah berhasil dirancang dan dibuat sehingga dapat mengukur biaya beban pascabayar, mendeteksi hubung singkat, dan mendeteksi kebakaran menggunakan pendekatan hybrid microcontroller (Arduino Nano dan NodeMCU ESP8266). Sistem ini memiliki akurasi pembacaan biaya pascabayar yang bergantung pada akurasi sensor arus

dan metode kalkulasi tarif, serta kompleksitas sistem yang meningkat karena penggunaan dua mikrokontroler.

Kesimpulan dari ketiga jurnal yang telah dipilih menunjukkan bahwa sistem pengaman beban lebih untuk sistem distribusi kos-kosan dapat ditingkatkan dengan implementasi logika fuzzy. Logika fuzzy memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan yang lebih adaptif dan akurat dalam mengontrol beban listrik, sementara teknologi IoT memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh yang lebih efisien. Penyederhanaan sistem dengan menggunakan mikrokontroler yang lebih canggih juga dapat mengurangi kompleksitas dan biaya produksi, menjadikan sistem lebih praktis dan ekonomis untuk diterapkan. Dengan pembaharuan ini, diharapkan sistem pengaman beban lebih yang dikembangkan dapat memberikan solusi yang lebih efektif dan inovatif dalam mengatasi masalah beban lebih pada instalasi listrik, serta meningkatkan kenyamanan dan keamanan bagi penghuni kos-kosan.

Table 1. Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	2021	Dolly H. Manik, Reza Nandika, Pamor Gunoto.	Sigma Teknika, Vol. 4, No.2 : 255 - 261	Perancangan dan pembuatan prototipe sistem monitoring penggunaan daya listrik rumah tangga. Menggunakan sensor arus (SCT-013), mikrokontroler (Arduino Uno R3), Ethernet Shield (W5100) untuk koneksi LAN, database (MySQL via XAMPP), dan website (PHP) untuk visualisasi data secara real-time. Data dikirim ke server setiap 1 menit.	1. Alat bergantung pada koneksi LAN yang memungkinkan sistem tidak dapat bekerja jika tidak ada koneksi LAN atau internet yang stabil. 2. Sistem hanya menampilkan informasi, tidak dapat memutuskan daya listrik. 3. Sistem monitoring pemakaian daya tidak dapat

					dikendalaikan dari jarak jauh.
2	2023	Aldy Putra Prasetyo, Budhi Irawan, Faisal Candrasyah Hasibuan.	e – Proceeding of Engineering, Vol 10, No.1.	Campuran Kuantitatif pada pengukuran data, pengujian komponen dan sistem, dan analisis data, dan evaluasi sistem kontrol pembatas daya. Implementasi sistem kontrol & pemantauan daya listrik berbasis IoT (LoRa) untuk PLTA. Menggunakan ESP32, sensor PZEM-004T, relay (pembatas daya >350W), modul LoRa untuk komunikasi ke Raspberry Server, sistem daya baterai/solar charger. Kualitatif pada deskripsi sistem dan evaluasi fungsional sistem.	1. Rata-rata error pembacaan sensor arus relatif tinggi (5.64%), yang dapat mempengaruhi akurasi data pemantauan daya. 2. Sistem kontrol daya hanya dapat membatasi pemakaian daya listrik maksimal 350 watt pada setiap jalur listrik. 3. Menggunakan komunikasi LoRa yang sulit dijangkau untuk daerah terpencil.
3	2023	Yugerita Firmance, Sitti Amalia, Kartiria.	ELKHA : Jurnal Teknik Elektro	Mendesain sistem monitoring dan kontrol untuk 3 soket listrik berbasis IoT. Menggunakan NodeMCU ESP8266 V3, sensor PZEM-004T (untuk V, I, P), modul relay (untuk kontrol). Antarmuka pengguna dibuat dengan	1. Tingkat kesalahan (error rate) pada pembacaan arus dan daya relatif tinggi, terutama saat beban yang diukur terlalu kecil. 2. Ketidakstabilan tegangan yang

				MIT App Inventor (Android), platform server menggunakan Thingspeak. Data disimpan dalam format .csv.	memperaruhi akurasi pembacaan secara keseluruhan.
4	2023	Candra Irawan, Yudi Prana Hikmat, Hari Purnama	IRWNS	Campuran Kuantitatif pada data-data yang dianalisis secara statistik untuk mengevaluasi kinerja alat dan memvalidasi rancangan sistem. Kualitatif pada interpretasi terhadap hasil pengujian dan analisis data untuk menarik kesimpulan tentang kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut.	Akurasi atau sensitivitas alat berkurang saat digunakan dengan beban yang kecil atau rendah.
5	2022	Ya'aro Jose Sebastian Zega, Benefit Narasiang, Sherwin Sompie	-	Membuat prototipe alat monitoring pemakaian listrik (kWh) dan biaya harian. Menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler, sensor arus SCT-013-000, sensor tegangan ZMPT101B, modul WiFi ESP8266 untuk konektivitas IoT, dan aplikasi Blynk untuk tampilan data (kWh, biaya) pada smartphone.	Sistem hanya bisa memonitoring pemakaian energi listrik tanpa mengontrol beban alat yang dibuat belum bisa mengontrol atau membatasi konsumsi daya.

6	2020	Alfith, Asnal Effendi, Seoannur Bandri, Rano Jemi Gusnaidi	Jurnal Teknik Elektro ITP Vol. 9, No. 2	Merancang bangun prototipe alat pengontrolan beban listrik rumah tangga. Menggunakan mikrokontroler Arduino R3, sensor arus ACS712, LCD 16x2, modul DF Player Mini (MP3) + Speaker, dan relay. Sistem diprogram untuk mengontrol pemakaian beban agar tidak melebihi batas (berdasarkan 900 VA dengan asumsi Cos phi 0.85). Memberikan peringatan (Warning) saat pemakaian mencapai 80% dan memutus beban (Overload) saat mencapai 95%. Dilakukan pengujian dengan berbagai beban rumah tangga.	Masih ada perbedaan pengukuran antara alat pengontrol dan amper meter dikarenakan pemograman alat yang masih belum sempurna.
7	2022	Nursalim, Wellem F Galla, Sudirman Syam, Sri Kurniati, A	Jurnal Media Elektro	Metode Eksperimen yaitu Merancang, membangun, dan menguji sistem proteksi dan monitoring arus serta tegangan listrik menggunakan modul ESP8266, sensor PZEM-004T, solid state relay, dan aplikasi Telegram sebagai kontrol/notifikasi.	1. Pengujian sistem masih dalam skala laboratorium. 2. Kemampuan proteksi arus terbatas oleh spesifikasi relay yang digunakan (disebutkan 8 Ampere dalam pembahasan).
8	2023	Josserio A. Lilihata,	TEKNIKA	Membuat prototipe sistem kendali jarak jauh untuk	1. Kapasitas daya dibatasi oleh

		Hanny H. Tumbelaka, Handry Khoswanto		pemutusan/penyambungan kWh meter. Menggunakan Arduino Uno, Modul GSM SIM808 (untuk komunikasi SMS dan GPS), Relay (Normally Closed), dan sensor tegangan. Kontrol dilakukan via SMS, monitoring via SMS dan Thingspeak.	spesifikasi relay yang digunakan (disebutkan 10A / 2200VA). 2. Ketergantungan pada ketersediaan sinyal jaringan GSM/seluler. 3. Ketergantungan pada ketersediaan pulsa pada SIM Card di perangkat (meskipun disebut tanggung jawab PLN).
9	2019	Wahyu Sulistiyo, Slamet Handoko, Avin Riyan Triyanto, Farda Hamida	JTET (Jurnal Teknik Elektro Terapan)	Metode Waterfall: Membangun sistem kos pintar berbasis NodeMCU dan aplikasi Android (AKOSPIN). Meliputi analisis, perancangan (block diagram, ERD, flowchart, wiring), pemrograman, dan pengujian (black box, kuesioner kepuasan, uji efektifitas). Fitur: kontrol lampu (manual/otomatis via PIR), kontrol kran air (manual/otomatis via PIR), hitung tarif listrik & air, login QR code. Komponen: NodeMCU, sensor arus ACS712, sensor water flow, relay, solenoid valve,	1. Toleransi kesalahan pengukuran arus dan volume di bawah 10% (tidak 100% akurat). 2. Ketergantungan pada koneksi internet (untuk NodeMCU, Firebase, dan aplikasi Android). 3. Hasil uji efektifitas 57%, menunjukkan ada ruang peningkatan.

				sensor PIR, Firebase, aplikasi Android	4. Membutuhkan smartphone Android bagi pengguna.
10	2020	Sanggid Putra Pratama	-	Pengembangan prototipe sistem monitoring biaya listrik pascabayar dan pengamanan instalasi listrik 1 fasa. Menggunakan pendekatan hybrid microcontroller (Arduino Nano dan NodeMCU ESP8266). Fitur: pengukuran biaya beban pascabayar, deteksi hubung singkat (otomatis mengamankan + notifikasi IoT), deteksi kebakaran (sensor asap MQ2 dengan alarm + notifikasi IoT). Komponen utama: Arduino Nano, NodeMCU ESP8266, Relay, Sensor Asap MQ2, Sensor Arus SCT-013.	1.. Akurasi pembacaan biaya pascabayar bergantung pada akurasi sensor arus (SCT-013) dan metode kalkulasi tarif yang mungkin tidak 100% akurat (validasi terhadap tagihan riil mungkin terbatas). 2. Penggunaan dua mikrokontroler (hybrid) mungkin menambah kompleksitas sistem dibandingkan solusi single-board. 3. Pengujian sistem kemungkinan terbatas pada lingkungan laboratorium atau simulasi.

2.2 Daya Listrik

Daya listrik merupakan tingkat konsumsi energi dalam suatu sirkuit atau rangkaian listrik [4]. Salah satu fungsi mengetahui daya pada suatu rangkaian elektrik yaitu berhubungan dengan efisiensi dan hemat energi. Misalnya dalam pembuatan sebuah alat elektronik harus benar-benar memperhitungkan efisiensi daya dari input ke output. Jika tidak diperhatikan, hal ini akan mengakibatkan kerugian daya yang besar. Maka itu perlu mengetahui daya yang terjadi pada rangkaian elektrik.

Daya listrik juga merupakan jumlah energi yang diserap atau yang dihasilkan dalam suatu rangkaian. Sumber energi listrik dan arus akan menghasilkan daya listrik pada suatu rangkaian sedangkan beban yang terhubung dengan rangkaian akan menyerap daya listrik tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya listrik dari sebuah rangkaian listrik adalah [5],

Rumus : $P = V \times I$

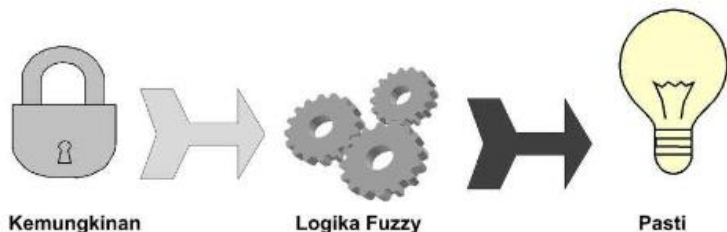
Keterangan :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

2.3 Logika Fuzzy (Tsukamoto)



Gambar 1. Logika Fuzzy

Logika Fuzzy merupakan salah satu logika yang pembentuk softcomputing yang digunakan diberbagai perangkat lunak. Logika fuzzy memiliki banyak peran di industri seperti bidang Kesehatan, Ilmu Ekonomi, Psikolog, dan Teknologi

yang dapat membantu manusia dalam memecahkan suatu masalah dalam kehidupan. Dalam penerapan logika fuzzy terdapat beberapa proses, salah satunya yaitu sistem inferensi. Sistem inferensi merupakan kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk IF-THEN, dan penalaran fuzzy. Metode Fuzzy Tsukamoto merupakan salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk menarik kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti seperti yang terlihat pada gambar 1.

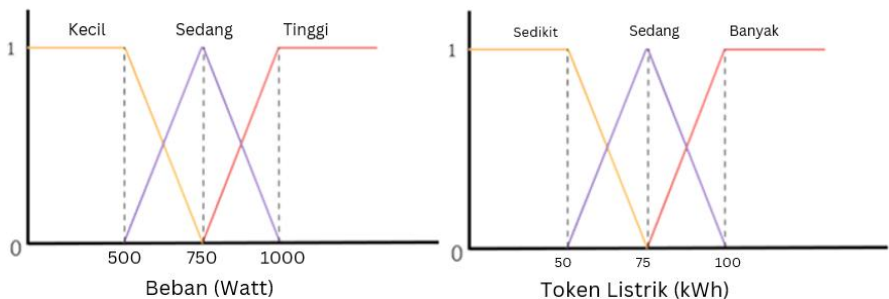
- Input:

Beban (Watt): Rendah, Sedang, Tinggi.

Token Listrik (Kwh): Sedikit, Sedang, Banyak

- Output:

Kondisi: Aman, Siaga, Darurat



Gambar 2. Variabel Input Fuzzy

Grafik yang ada pada gambar 2 diatas, menunjukkan fungsi keanggotaan fuzzy dari dua variabel input utama, yaitu Beban (Watt) dan Token Listrik (kWh). Kedua variabel ini digunakan sebagai input dalam sistem logika fuzzy untuk menentukan kondisi sistem kelistrikan berbasis pengendalian cerdas.

1. Variabel Beban (Watt)

Variabel ini merepresentasikan besarnya konsumsi daya listrik yang digunakan oleh perangkat-perangkat elektronik. Fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel beban dibagi menjadi tiga himpunan linguistik, yaitu:

1. Kecil: untuk nilai beban di bawah ± 600 Watt,
2. Sedang: mencakup rentang nilai sekitar 500–1000 Watt, dan
3. Tinggi: untuk beban di atas ± 850 Watt.

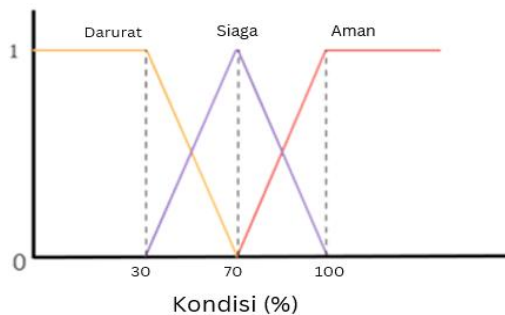
Setiap himpunan fuzzy ditampilkan dalam bentuk fungsi segitiga (triangular membership function), yang menunjukkan transisi bertahap antar tingkat beban dari nol hingga satu (derajat keanggotaan penuh).

2. Variabel Token Listrik (kWh)

Variabel ini menggambarkan sisa token listrik prabayar dalam satuan kilowatt-hour (kWh). Seperti variabel beban, token juga dibagi ke dalam tiga kategori linguistik:

1. Sedikit: untuk nilai token di bawah ± 60 kWh,
2. Sedang: mencakup kisaran sekitar 50–100 kWh, dan
3. Banyak: untuk nilai token di atas ± 85 kWh.

Fungsi keanggotaan fuzzy ini memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dalam data input dan memberikan penilaian berbasis derajat keanggotaan, bukan batasan pasti. Hal ini penting untuk menciptakan sistem pengendalian yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap perubahan nilai input yang bersifat gradual.



Gambar 3. Variabel Output Fuzzy

Gambar 3 menunjukkan representasi grafik fungsi keanggotaan fuzzy dari variabel output sistem, yaitu Kondisi (%), yang digunakan untuk menentukan status akhir sistem berdasarkan analisis logika fuzzy terhadap beban listrik dan sisa token.

Variabel output ini dibagi ke dalam tiga himpunan linguistik utama, yaitu:

1. Darurat

Menunjukkan kondisi di mana sistem mengalami beban berlebih atau token hampir habis, yang dapat menyebabkan gangguan pasokan listrik. Fungsi keanggotaan Darurat bernilai penuh (1) untuk kondisi di bawah 30%, dan menurun hingga nol pada 70%.

2. Siaga

Menandakan kondisi sistem berada dalam status waspada, di mana penggunaan daya listrik masih dalam batas wajar namun mendekati ambang batas. Fungsi keanggotaan Siaga memiliki bentuk segitiga dengan nilai keanggotaan tertinggi pada 70%, dan memudar pada 30% serta 100%.

3. Aman

Menunjukkan bahwa sistem dalam kondisi stabil, baik dari sisi konsumsi daya maupun sisa token listrik. Fungsi keanggotaan Aman bernilai penuh pada kondisi di atas 100%, dan mulai meningkat.

2.3.1 Inference Fuzzy

Inference fuzzy merupakan keseluruhan nilai yang ada didalam pembahasan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy [7]. Tabel 2 menggambarkan aturan logika fuzzy (rule base) yang digunakan dalam sistem pengambilan keputusan. Tabel ini menunjukkan bagaimana kombinasi antara beban daya (Watt) dan jumlah token listrik (kWh) akan menentukan status kondisi sistem, yaitu output dari sistem fuzzy. Dua variabel input digunakan:

1. Beban (Watt) diklasifikasikan menjadi: Rendah, Sedang, dan Tinggi
2. Token Listrik (kWh) diklasifikasikan menjadi: Sedikit, Sedang, dan Banyak

Setiap kombinasi nilai input akan menghasilkan satu kategori kondisi output: Darurat, Siaga, atau Aman. Detail domain Fuzzy dapat kita lihat pada tabel 2 dibawah ini.

Table 2. Domain Fuzzy

kWh Watt	Sedikit	Sedang	Banyak
Rendah	Siaga	Aman	Aman
Sedang	Darurat	Siaga	Aman
Tinggi	Darurat	Darurat	Siaga

2.4 Gambaran Perkembangan Produk

Untuk mendukung “Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Pengaman Beban Lebih untuk Sistem Distribusi Kos-Kosan” membutuhkan beberapa komponen untuk pembuatan alatnya yaitu sebagai berikut.

2.4.1 Mikrokontroller

Perkembangan teknologi informasi, khususnya pada sistem embedded, mendorong munculnya berbagai platform mikrokontroler yang fleksibel dan mudah digunakan. Salah satu mikrokontroler populer adalah Arduino Uno, yang berbasis chip ATmega328P seperti yang tertera pada gambar 4 .



Gambar 4. Arduino

Arduino Uno dapat dioperasikan sebagai sistem terintegrasi yang mengontrol berbagai perangkat melalui input dari sensor dan memberikan output ke aktuator. Board ini memiliki 14 pin digital I/O, 6 input analog, serta dilengkapi port USB untuk pemrograman dan catu daya. Arduino Uno mendukung bahasa pemrograman C/C++ melalui Arduino IDE, menjadikannya pilihan ideal untuk

prototipe sistem otomatisasi, termasuk implementasi logika fuzzy untuk proteksi beban lebih.

2.4.2 Relay

Modul relay merupakan salah satu komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar yang dikendalikan oleh arus listrik. Relay yang digunakan berkapasitas 10A 1 Channel. Komponen ini digunakan untuk mengontrol beban arus bolak-balik (AC) melalui rangkaian kendali arus searah (DC), di mana terdapat perbedaan antara tegangan beban dan tegangan pada sistem kontrol. Dalam sistem elektronika, modul relay berperan penting sebagai eksekutor sekaligus sebagai antarmuka yang menghubungkan antara beban dan sistem kendali elektronik, khususnya ketika keduanya menggunakan sumber tegangan yang berbeda bentuk relay dapat dilihat pada gambar 5 [9].



Gambar 5. Relay

2.4.3 Sensor ACS712

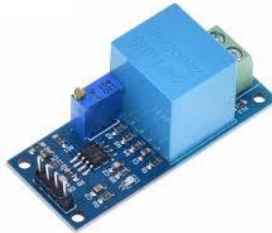
Sensor ACS712 berfungsi untuk mendeteksi arus listrik baik arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Prinsip kerja dari sensor ini didasarkan pada efek Hall, yaitu suatu fenomena pada transduser yang menghasilkan tegangan output yang berubah-ubah sebagai respons terhadap pengaruh medan magnet. Bentuk Sensor tertera dibawah pada gambar 6 [10].



Gambar 6. Sensor ACS712

2.4.4 Sensor ZMPT101

Modul sensor ZMPT101 merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan listrik, dengan rentang pengukuran hingga 0–1000 volt. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip penurunan tegangan input melalui transformator step-down. Tegangan yang telah diturunkan kemudian diproses melalui rangkaian operational amplifier (op-amp) untuk menghasilkan sinyal keluaran yang stabil, yang nilainya bergantung pada besarnya tegangan yang masuk . Bentuk Sensor tertera dibawah pada gambar 7 [11].



Gambar 7. Sensor ZMPT101

2.4.5 Buzzer

Buzzer merupakan salah satu komponen elektronik yang berfungsi untuk menghasilkan suara melalui getaran dari sebuah membran. Komponen ini umumnya digunakan dalam rangkaian elektronik yang memerlukan sinyal audio sebagai indikator atau peringatan, seperti pada sistem alarm, perangkat permainan elektronik, maupun sistem keamanan. Bentuk buzzer tertera dibawah pada gambar 8 [12].



Gambar 8. Buzzer

2.4.6 Keypad

Keypad merupakan komponen vital dalam perangkat elektronika yang memerlukan interaksi langsung dengan pengguna. Komponen ini berperan sebagai antarmuka antara manusia dan mesin (Human Machine Interface/HMI), memungkinkan pengguna untuk memberikan perintah atau input secara manual ke dalam sistem. Salah satu jenis keypad yang umum digunakan adalah keypad matriks 4x4 seperti yang terlihat pada gambar 9 dibawah, yang memiliki susunan sederhana serta efisien dalam hal penggunaan pin atau port pada mikrokontroler, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan banyak tombol dengan keterbatasan jumlah input [13].



Gambar 9. Keypad

2.4.7 LCD 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan salah satu jenis tampilan elektronik yang menggunakan teknologi CMOS logic, di mana perangkat ini tidak menghasilkan cahaya sendiri, melainkan bekerja dengan memantulkan cahaya dari sumber eksternal (front-lit) atau mentransmisikan cahaya dari belakang (back-lit). LCD digunakan untuk menampilkan informasi dalam berbagai bentuk, seperti karakter, huruf, angka, maupun grafik.

Salah satu jenis LCD yang umum digunakan adalah LCD 16x2, yang mampu menampilkan hingga 32 karakter, terdiri atas dua baris dengan masing-masing baris menampung maksimal 16 karakter. Umumnya, LCD 16x2 memiliki 16 pin kontrol, yang jika digunakan seluruhnya dapat mengakibatkan penggunaan pin mikrokontroler menjadi tidak efisien. Seperti yang terlihat pada gambar 10 dibawah. Mikrokontroler NodeMCU, koneksi ke LCD 16x2 melalui modul I2C dilakukan sebagai berikut:

- GND: Dihubungkan ke ground
- VCC: Dihubungkan ke tegangan 5V
- SDA: Jalur data I2C, terhubung ke pin D2
- SCL: Jalur clock I2C, terhubung ke pin D1 [14]



Gambar 10. LCD 16X2

2.4.8 I2C

Modul I2C merupakan protokol komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran khusus untuk mentransfer data, baik untuk pengiriman maupun penerimaan. Sistem I2C terdiri dari dua saluran, yaitu SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data), yang berfungsi untuk mentransmisikan informasi antara perangkat I2C dan pengontrolnya. Pada perangkat NodeMCU, port I2C dapat ditemukan pada pin D1 untuk SDA. Berikut adalah gambar yang menunjukkan bentuk fisik dari I2C [15]. Bentuk I2C tertera dibawah pada gambar 11.



Gambar 11. I2C

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan

Alur perancangan alat ini dimulai dari tahap studi literatur, di mana peneliti mengkaji berbagai referensi dan teori yang relevan guna memperoleh dasar pengetahuan dalam merancang alat. Setelah itu, dilakukan perancangan alat secara konseptual, meliputi penentuan komponen dan sistem kerja alat. Tahap berikutnya adalah pengumpulan alat dan bahan, yaitu pengadaan semua komponen yang dibutuhkan sesuai dengan rancangan yang telah disusun.

Setelah semua komponen tersedia, dilakukan proses perakitan dan pengujian alat. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat berfungsi sesuai dengan yang dirancang. Jika alat belum menunjukkan hasil yang diharapkan, maka dilakukan evaluasi dan perbaikan rancangan, kemudian diuji kembali hingga diperoleh hasil yang optimal. Apabila alat telah berhasil, maka dilanjutkan ke tahap pengambilan data, yaitu proses pencatatan performa alat berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

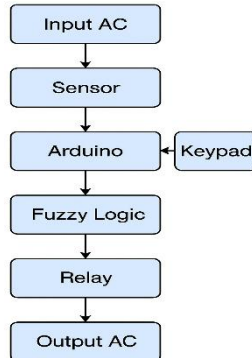
Data yang diperoleh digunakan sebagai bahan dalam penyusunan laporan akhir, yang berisi seluruh proses perancangan, hasil pengujian, analisis data, serta kesimpulan dari penelitian. Dengan demikian, seluruh proses ini diselesaikan secara sistematis dan berurutan untuk menjamin keandalan alat yang dirancang. Proses keseluruhan dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Flowchart Perancangan Sistem

3.1.1. Perancangan Alat

Berikut adalah diagram blok perancangan alat yang akan digunakan pada produk penelitian ini.



Gambar 13. Flowchart Perancangan Alat

Diagram blok pada gambar 13 menggambarkan alur kerja sistem dari penerimaan daya listrik hingga pengambilan keputusan oleh logika fuzzy dan eksekusi oleh aktuator.

1. Input AC

Daya listrik dari jaringan PLN masuk sebagai sumber energi utama. Tegangan AC ini akan dialirkan ke sistem untuk didistribusikan ke beban dan untuk diproses oleh rangkaian pengendali.

2. Sensor

Sensor tegangan dan arus berfungsi mendeteksi nilai tegangan (Volt) dan arus (Ampere) pada beban. Data sensor ini menjadi parameter utama yang dianalisis oleh sistem.

3. Arduino

Arduino Uno bertindak sebagai pengendali utama. Data dari sensor diterima dan diproses. Arduino juga menerima input setpoint batas arus dari keypad untuk digunakan sebagai parameter pembanding dalam logika fuzzy.

4. Keypad

Keypad digunakan pemilik untuk memasukkan nilai setpoint batas arus. Nilai ini akan menentukan titik batas kapan sistem harus memberikan peringatan atau memutus daya.

5. Fuzzy Logic

Logika fuzzy memproses data dari sensor (tegangan dan arus) serta setpoint dari keypad untuk menentukan status sistem: Aman, Siaga, atau Bahaya.

6. Relay

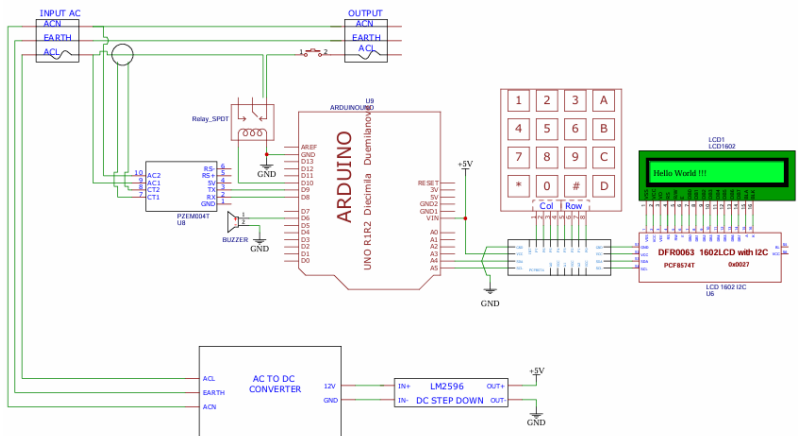
Relay berfungsi sebagai saklar otomatis yang akan memutus atau menghubungkan aliran listrik menuju beban berdasarkan keputusan fuzzy.

7. Output AC

Output AC adalah keluaran daya menuju beban. Jika kondisi aman, listrik tetap tersalurkan. Jika terdeteksi beban lebih atau pelanggaran setpoint, listrik diputus secara otomatis.

3.1.2. Perancangan Desain Elektrikal

Berikut adalah perancangan desain elektrikal yang akan digunakan pada produk penelitian ini.



Gambar 14. Perancangan Desain Elektrikal

Perancangan desain elektrikal pada gambar 14 menunjukkan rancangan rangkaian elektrikal sistem pengaman beban lebih berbasis logika fuzzy. Sumber

tegangan berasal dari listrik rumah tangga AC 220–230 V yang masuk melalui terminal input ACL dan ACN, serta dilengkapi dengan jalur ground (earth) sebagai sistem proteksi. Tegangan AC ini pertama-tama dikonversi menjadi tegangan DC 12 V menggunakan modul AC to DC converter. Selanjutnya, tegangan 12 V tersebut diturunkan menjadi 5 V melalui modul step down LM2596 untuk memberikan suplai daya ke komponen logika seperti Arduino Uno, LCD I²C, dan keypad.

Untuk memantau penggunaan daya listrik, sistem menggunakan dua buah sensor arus berbasis Current Transformer (CT) yang terpasang secara seri pada jalur input dan output beban. Nilai arus dari sensor ini akan diubah menjadi sinyal analog dan dibaca oleh pin analog A0 dan A1 pada mikrokontroler Arduino. Data ini selanjutnya diproses dengan metode logika fuzzy guna menentukan kondisi sistem berdasarkan variabel input berupa daya beban dan jumlah token listrik yang tersedia. Hasil pemrosesan fuzzy menghasilkan variabel output berupa status kondisi sistem: "Aman", "Siaga", atau "Darurat".

Jika sistem berada pada kondisi Siaga atau Darurat, maka Arduino akan memberikan sinyal kontrol ke rangkaian driver transistor untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay SPDT. Relay ini berfungsi sebagai saklar otomatis untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik ke beban. Selain itu, buzzer akan aktif sebagai alarm peringatan ketika terdeteksi kondisi tidak aman. Pengguna juga dapat melakukan interaksi melalui keypad 4x4, misalnya untuk mengatur parameter atau melakukan reset. Seluruh informasi hasil pengolahan, status sistem, dan pesan peringatan ditampilkan secara real-time melalui LCD 16x2 berbasis I²C yang terhubung ke Arduino.

Dengan alur kerja ini, sistem mampu melakukan deteksi dini terhadap penggunaan daya berlebih dan mengambil tindakan pengamanan otomatis guna menghindari kondisi berbahaya, seperti pemadaman mendadak atau kerusakan pada instalasi listrik.

3.2. Alat dan Bahan

Untuk membuat suatu alat penelitian, penulis menggunakan beberapa komponen, komponen-komponen berikut ada yang digunakan sebagai mikrokontroler, komponen input, ataupun komponen output. Komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Table 3. Alat dan Bahan

No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan
1	Arduino	Rp. 57.900	1	Rp. 57.900	Dana Pribadi
2	Relay	Rp. 16.500	1	Rp. 16.500	Dana Pribadi
3	Sensor ACS712	Rp. 16.000	1	Rp. 16.000	Dana Pribadi

4	Sensor ZMPT101	Rp. 21.000	1	Rp. 21.000	Dana Pribadi
5	Buzzer	Rp. 1.500	1	Rp. 1.500	Dana Pribadi
6	Keypad	Rp. 7.500	1	Rp. 7.500	Dana Pribadi
7	LED 16x2	Rp. 16.000	1	Rp. 16.000	Dana Pribadi
8	I2C	Rp. 16.000	1	Rp. 16.000	Dana Pribadi
9	LED Indikator	Rp. 1.200	5	Rp. 6.000	Dana Pribadi
10	Kabel Jumper	Rp. 10.000	1	Rp. 10.000	Dana Pribadi
11	Box	Rp. 15.000	1	Rp. 15.000	Dana Pribadi
Total				Rp. 183.400	Dana Pribadi

3.3. Pengujian

Pada bagian ini pengujian akan dibagi menjadi beberapa tahapan. Sebelum dilakukan pengujian alat secara keseluruhan beberapa tahapan pengujian adalah sebagai berikut. Peralatan yang digunakan dalam pengujian meliputi: Prototipe sistem pengaman beban lebih berbasis logika fuzzy Beban uji: Mixer, Rice Cooker, Kipas Angin, Hair Dryer, Alat Pijet, Catokan, Setrika, Charger Laptop, Charger Handphone, Alat ukur: Multimeter digital (Avo Meter) untuk pengukuran tegangan dan arus sebagai acuan pembanding. Sumber daya: PLN 220 V AC

3.3.1. Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Pengujian ini bertujuan memastikan pembacaan sensor tegangan akurat dalam kondisi tanpa beban. Sistem dinyalakan tanpa perangkat terhubung. Sensor membaca nilai tegangan, dibandingkan dengan pengukuran Avo Meter. Hasil dicatat untuk menghitung error rate. Tabel pengujian dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Table 4. Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Pengujian ke-	Sensor Value (Volt)	Avo Meter (Volt)	Error Rate
1			
2			
3			
4			
5			
Rata-rata			-

3.3.2. Pengujian Tegangan dengan Beban

Pengujian ini bertujuan memastikan sensor tegangan tetap akurat pada kondisi berbeban. Langkah pengujian meliputi, menghubungkan beban uji satu per satu ke sistem, membaca nilai tegangan dari sensor dan Avo Meter, mencatat hasil pengukuran dan menghitung error rate, mengevaluasi kestabilan tegangan

(tidak terjadi drop voltage signifikan) tabel pengujian dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Table 5. Pengujian Tegangan dengan Beban

Beban	Sensor Value (Volt)	Avo Meter (Volt)	Error Rate (%)
1			
2			
3			
4			
5			
Rata-rata	-	-	-

3.3.3. Pengujian Arus

Pengujian arus dilakukan untuk memverifikasi ketepatan sensor arus dalam mendeteksi berbagai variasi beban. Langkah pengujian meliputi: mengoperasikan beban uji sesuai urutan, mencatat pembacaan arus dari sensor dan Avo Meter, menghitung error rate untuk setiap beban, menilai apakah pembacaan masih dalam batas toleransi. Tabel pengujian dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

Table 6. Pengujian Arus

Beban	Sensor Value (Ampere)	Avo Meter (Ampere)	Error Rate (%)
1			
2			
3			
Rata-rata			-

3.3.4. Pengujian Alat

Pengujian ini bertujuan mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan serta fuzzy dalam mengatur pemutusan daya sesuai kondisi beban. Langkah pengujian meliputi: Menyalakan beban secara bergantian dan mencatat data tegangan, arus, dan daya, memeriksa output fuzzy (kategori Aman, Siaga, atau Bahaya), mengamati tindakan sistem (Relay ON/OFF, buzzer aktif), menilai kesesuaian tindakan dengan kategori yang dihasilkan oleh fuzzy logic. Tabel pengujian dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini.

Table 7. Tabel Pengujian Alat Kombinasi

NO	JENIS PERANGKAT ELEKTRONIK	JUMLAH PEMAKAIAN DAYA (Watt)	LIMIT PEMAKAIAN DAYA (Watt)	OUTPUT LCD/FUZZY	TINDAKAN FUZZY	BUZZZER
1						
2						
3						
4						
5						

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil

Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka mendapatkan hasil seperti dibawah ini. Pada bagian ini pengujian akan dibagi menjadi beberapa tahapan. Sebelum dilakukan pengujian alat secara keseluruhan beberapa tahapan pengujian adalah sebagai berikut.

4.1.1. Hasil Pengujian Tegangan Tanpa Beban



Gambar 15. Gambar Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Pada gambar 15 diatas menunjukan tampak konektor stop kontak AC yang terhubung dengan multimeter digital sebagai alat ukur eksternal guna menguji akurasi tegangan input sistem. Multimeter pada gambar menunjukkan nilai tegangan sebesar 224 V AC, yang sesuai dengan tegangan standar listrik rumah tangga. Dua probe merah dan hitam dari multimeter digunakan untuk mengukur langsung tegangan pada output sistem guna memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan tidak mengalami kehilangan daya secara signifikan.

Pengujian sensor ketika tidak ada beban hasil menunjukan bahwa error rate yang didapat adalah 0 yang berarti sensor berfungsi dengan baik.

Table 8. Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Pengujian ke-	Sensor Value (Volt)	Avo Meter (Volt)	Error Rate
1	224	224	0
2	224	224	0

3	224	224	0
4	224	224	0
5	224	224	0
6	224	224	0
7	224	224	0
8	224	224	0
9	224	224	0
10	224	224	0
Rata-rata	224	224	0

4.1.2. Hasil Pengujian Tegangan dengan Beban



Gambar 16. Pengujian Tegangan dengan Beban

Pada gambar 16 diatas menunjukan tampak konektor stop kontak AC yang terhubung dengan beban charger handphone dan kabel multimeter sebagai alat ukur eksternal guna menguji akurasi tegangan input sistem. Multimeter pada gambar menunjukkan nilai tegangan sebesar 224 V AC, yang sesuai dengan tegangan standar listrik rumah tangga. Dua probe merah dan hitam dari multimeter digunakan untuk mengukur langsung tegangan pada output sistem guna memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan tidak mengalami kehilangan daya secara signifikan.

Pengujian sensor ketika ada beban hasil menunjukan bahwa error rate yang didapat adalah 0.9% yang berarti sensor berfungsi dengan baik. Hal ini juga menunjukan bahwa tidak terjadi drop voltage (stabil)

Table 9. Pengujian Tegangan Dengan Beban

	Beban	Sensor Value (Volt)	Avo Meter (Volt)	Error Rate (%)
1	Mixer	223	225	0.9
2	Rice Cooker	223	225	0.9
3	Kipas Angin	223	225	0.9
4	Hair Dryer	223	225	0.9
5	Alat Pijat Electric	223	225	0.9
6	Catokan 1	223	225	0.9
7	Catokan 2	223	225	0.9
8	Setrika	223	225	0.9
9	Charger Laptop	223	225	0.9
10	Charger Handpone	223	225	0.9
	Rata-rata	223	225	0.9

4.1.3. Hasil Pengujian Arus



Gambar 17. Pengujian Arus

Pada gambar 17 diatas menyatakan pembuktian pengujian arus yang dimana pembacaan sensor dan pengukuran pada multimeter memiliki tingkat eror ratau toleransi yang rendah.

Pengukuran dilakukan dengan metode langsung dengan membandingkan nilai pada alat standart dengan nilai alat rancangan. Pengukuran dilakukan untuk dapat memperoleh hasil data percobaan dengan benar. Pengujian pada sensor yang

digunakan pada alat rancangan dan alat ukur multimeter dapat kita bandingkan pada tabel berikut ini.

Table 10. Pengujian Arus

	Beban	Sensor Value (Ampere)	Avo Meter (Ampere)	Error Rate (%)
1	Mixer	0.5	0.52	4.0
2	Rice Cooker	0.14	0.149	6.4
3	Kipas Angin	0.23	0.24	4.3
4	Hair Dryer	3.18	3.182	0.1
5	Alat Pijat Electric	0.06	0.0643	7.2
6	Catokan 1	0.95	0.96	1.1
7	Catokan 2	0.02	0.0215	7.5
8	Setrika	1.94	1.95	0.5
9	Charger Laptop	0.18	0.182	1.1
10	Charger Handpone	0.05	0.053	1.1
Rata-rata				3.33

4.1.4. Hasil Pengujian Alat

Pengujian dilakukan menggunakan alat dan menguji menggunakan beban real sebagaimana perangkat elektronik yang digunakan pada kehidupan sehari-hari.



Gambar 18. Pengujian Alat

Pada gambar 18 menunjukkan pengujian alat monitoring dan pengendali beban listrik berbasis logika fuzzy pada beberapa peralatan rumah tangga seperti setrika, kipas angin, dan rice cooker. Alat ini mendeteksi konsumsi daya listrik dari beban yang terhubung, kemudian menampilkan status kondisi seperti “Aman”, “Siaga”, atau “Darurat” pada layar LCD berdasarkan hasil perhitungan fuzzy.

Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons secara real-time terhadap perubahan beban dan memberikan informasi kondisi secara akurat sesuai klasifikasi daya masing-masing perangkat.

Table 11. Pengujian Alat

No	Beban	Beban (Watt)	LIMIT PEMAKAIAAN DAYA (Watt)	Output Fuzzy	Tindakan Fuzzy
1	Mixer	110	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
2	Rice Cooker	30	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
3	Kipas Angin	50	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
4	Hair Dryer	700	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
5	Alat Pijat Electric	13	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
6	Catokan 1	209	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
7	Catokan 2	5	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
8	Setrika	427	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
9	Charger Laptop	39	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)
10	Charger Handpone	12	1000	Aman	Relay Aktif (Listrik Menyala)

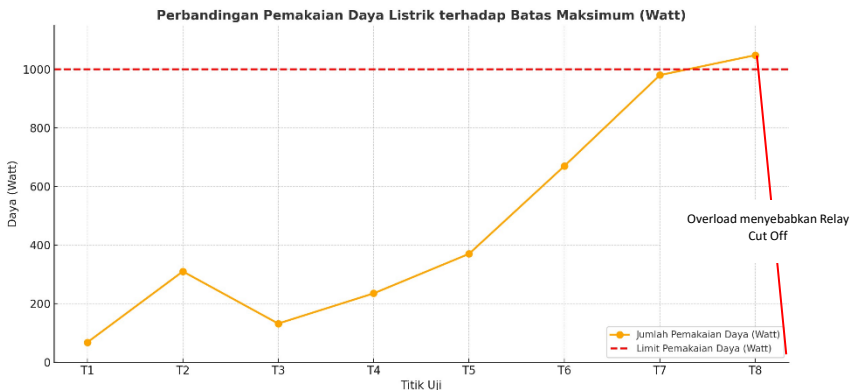
Pengukuran dilakukan dengan metode langsung dengan menggunakan beban dari perangkat elektronik yang digunakan dalam kehidupan pengguna kos sehari hari. Pengujian dilakukan untuk dapat memperoleh hasil data percobaan dengan benar dengan menguji secara keseluruhan, arus, relay, dan fuzzy. Hasil menunjukan bahwa alat berfungsi dengan baik.

Table 12. Pengujian Alat Kombinasi

NO	JENIS PERANGKAT ELEKTRONIK	JUMLAH PEMAKAIAAN DAYA (Watt)	LIMIT PEMAKAIAAN DAYA (Watt)	OUTPUT LCD/FUZZY	TINDAKAN FUZZY	BUZZZER
1	Charger Laptop	68	1000	AMAN	RELAY N/C (LISTRIK MENYALA)	OFF
2	Setrika	310	1000	AMAN	RELAY N/C (LISTRIK MENYALA)	OFF
3	Hairdryer Mode : Speed 1	132	1000	AMAN	RELAY N/C (LISTRIK MENYALA)	OFF
4	Hairdryer Mode : Speed 2	235	1000	AMAN	RELAY N/C (LISTRIK MENYALA)	OFF
5	Hairdryer Mode : Speed 1,Heat	370	1000	AMAN	RELAY N/C (LISTRIK MENYALA)	OFF
6	Hairdryer Mode : Speed 2,Heat	670	1000	SIAGA	RELAY N/C (LISTRIK MENYALA)	ON
7	Hairdryer Mode : Speed 2,Heat + Setrika	980	1000	DARURAT	RELAY N/C (LISTRIK MENYALA)	ON

8	Hair Dryer Mode : Speed 2, Heat + Setrika + Charger laptop	1048	1000	WARNING OVERCURRENT	RELAY N/O (LISTRIK MATI)	ON
---	---	------	------	------------------------	-----------------------------	----

Gambar 19 di bawah ini menunjukkan hubungan antara jumlah pemakaian daya dari berbagai kombinasi perangkat elektronik dengan batas maksimum daya yang telah ditentukan. Grafik ini bertujuan untuk mengilustrasikan bagaimana sistem mendeteksi kondisi beban berlebih berdasarkan total konsumsi daya pada sistem distribusi kos-kosan.



Gambar 19. Grafik Pengujian Kombinasi Perangkat

Sumbu horizontal (X) pada grafik merepresentasikan waktu jenis atau kombinasi perangkat elektronik yang diuji, mulai dari T1 Charger Laptop, T2 Setrika, T3 Hairdryer Speed 1, T4 Hairdryer Speed 2, T5 Hairdryer Speed 3, T6 Hairdryer Speed 3 + Heat, T7 Hairdryer Speed 3 + Heat+ Setrika, T8 Hairdryer Speed 3 + Heat+ Setrika + Charger Laptop, hingga kombinasi kompleks seperti Hairdryer Speed 2 + Heat + Setrika + Charger. Sedangkan sumbu vertikal (Y) menunjukkan nilai daya (dalam satuan Watt) yang dikonsumsi oleh masing-masing kombinasi perangkat tersebut.

Terdapat dua elemen penting dalam grafik:

1. Garis Oranye dengan titik-titik menunjukkan jumlah total pemakaian daya dari kombinasi perangkat yang diuji.
2. Garis Putus-Putus Merah Horizontal merupakan batas maksimum daya (limit daya) yang telah ditetapkan, yakni sebesar 1000 Watt.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta evaluasi sistem pengaman beban lebih berbasis logika fuzzy pada sistem distribusi kos-kosan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengaman berbasis logika fuzzy mampu mendeteksi dan merespons perubahan beban listrik secara adaptif, dibuktikan dengan pengujian terhadap 10 jenis peralatan listrik dengan daya bervariasi antara 5 Watt hingga 700 Watt. Seluruh pengujian menunjukkan keluaran Output Fuzzy dalam kondisi “Aman” “Siaga”, “Darurat” dan tindakan fuzzy berupa buzzer aktif (kondisi listrik menyala) selama total beban tidak melebihi batas limit 1000 Watt tetapi bunyi daripada buzzer menunjukkan bahwa sistem telah mendeteksi dini secara responsif pada kondisi Siaga, Darurat untuk mencegah kondisi selanjutnya melalui evaluasi pribadi secara mandiri oleh pengguna. Hal ini membuktikan bahwa sistem bekerja sesuai parameter tegangan, arus, dan waktu yang telah dirancang.
2. Evaluasi kinerja menunjukkan bahwa sistem fuzzy efektif dalam mencegah pemborosan penggunaan listrik dan meminimalkan risiko beban lebih. Data pengujian memperlihatkan bahwa meskipun terdapat variasi daya dari perangkat yang berbeda (contoh: Hair Dryer 700 Watt, Setrika 427 Watt), sistem tetap menjaga konsumsi daya di bawah ambang batas, jika beban melebihi daripada limit daya yang diatur pada setpoint (1000 Watt) maka relay akan terputus karena daya melebihi daripada ambang batas seperti yang dijelaskan pada tabel 12 yang dimana beban dengan daya 1048 Watt telah melebihi ambang batas sehingga output fuzzy menjadi overcurrent atau melebihi ambang batas.

Hasil pengujian menunjukkan perubahan jumlah pemakaian daya (watt) saat berbagai kombinasi perangkat elektronik digunakan, dengan batas limit daya konstan di 1000 Watt.

Pemakaian Daya Rendah:

1. Charger Laptop (68W) dan Hairdryer Speed 1 (132W) berada jauh di bawah batas.
2. Setrika (310W) dan Hairdryer Speed 2 (235W) juga masih aman digunakan secara individual.

Pemakaian Daya Sedang:

1. Kombinasi Hairdryer Speed 2 + Heat (670W) masih dalam batas aman.

2. Namun mulai mendekati ambang batas.

Pemakaian Daya Tinggi (Mendekati/Melebihi Limit):

1. Kombinasi Hairdryer + Heat + Setrika (980W) hampir menyentuh batas.
2. Hairdryer + Heat + Setrika + Charger (1048W) melewati batas pemakaian (melebihi 1000W). Hal ini berpotensi menyebabkan overload atau pemutusan daya otomatis (misalnya pemutusan relay).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan multi-sensor: Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor arus dan tegangan pada beberapa titik distribusi agar mampu melakukan deteksi beban lebih secara terdistribusi.
2. Integrasi Internet of Things (IoT): Sistem pengaman dapat diintegrasikan dengan platform IoT untuk pemantauan jarak jauh dan notifikasi real-time, sehingga pengelola dapat segera mengambil tindakan jika terjadi anomali.

Daftar Pustaka

- [1] Nursalim, W. F. Galla, S. Syam, and S. Kurniati, "View of RANCANG BANGUN SISTEM PROTEKSI DAN MONITORING ARUS DAN TEGANGAN LEBIH BERBASIS TELEGRAM," 2022.
- [2] J. A. Lilihata and H. H. H. K. Tumbelaka, "Sistem Kendali Jarak Jauh Untuk Pemutusan dan Penyambungan kWh Meter Dengan Ponsel," 2023.
- [3] Alfith, A. Effendi, S. Bandri, and R. J. Gusnaldi, "Tampilan Rancang Bangun Pengontrolan Beban Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler," 2020.
- [4] N. Setiaji, Sumpena, and A. Sugiharto, "Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik," *J. Tekonologi Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [5] R. Hendra, E. Yadie, and A. Arbain, "Analisis Konsumsi Daya Mobil Listrik Dengan Penggerak Motor Brushed DC," *PoliGrid*, vol. 2, no. 1, p. 24, 2021, doi: 10.46964/poligrid.v2i1.721.
- [6] A. Wantoro, A. Verdian, R. Rusliyawati, and Y. T. Utami, "Penerapan Logika Fuzzy Dengan Fis Mamdani Untuk Kontrol Volume Televisi," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–48, 2023, doi: 10.33365/jtikom.v4i1.2693.
- [7] I. Ummah, N. Yannuansa, and I. Mufarrihah, "Pengaruh Penentuan Domain, Fungsi Keanggotaan Dan Rule Dalam Membangun Sistem Fuzzy," *J. Tecnoscienza*, vol. 6, no. 1, pp. 165–175, 2021, doi: 10.51158/tecnoscienza.v6i1.607.
- [8] H. H. Abrianto, K. Sari, and I. Irmayani, "Sistem Monitoring Dan Pengendalian Data Suhu Ruang Navigasi Jarak Jauh Menggunakan WEMOS D1 Mini," *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–49, 2021, doi: 10.32672/jnkti.v4i1.2687.
- [9] M. T. S. Pratika, I. N. Piarsa, and A. A. K. A. C. Wiranatha, "Rancang Bangun Wireless Relay dengan Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things," *J. Ilm. Teknol. dan Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 515–523, 2021.
- [10] M. H. R. Asyhari, "Analisa kebutuhan daya pada robot krai tahun 2020 menggunakan sensor arus acs712 dan sensor voltage," 2024.
- [11] D. A. Ratnasari, B. Suprianto, and F. Baskoro, "Monitoring Daya Listrik Pada Panel Surya Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram," *Indones. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet/article/view/19101%0Ahttps://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet/article/download/19101/8404>
- [12] M. A. Prasetyo and N. Paramytha, "Pengembangan Sistem Pendeteksi

- Kebocoran Gas LPG dengan Teknologi IoT dan Sensor MQ5,” *J. Ampere*, vol. 8, no. 2, pp. 103–115, 2023, doi: 10.31851/ampere.v8i2.9240.
- [13] A. P. Selokaton, A. Herwanto, T. Informatika, U. E. Unggul, and S. D. Lock, “PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK MERANCANG SISTEM KEAMANAN PADA BRANKAS MENGGUNAKAN ESP32-CAM DAN KEYPAD,” vol. 8, no. 5, pp. 10870–10878, 2025.
- [14] E. Darmawan, “Prototype Pembuatan Alat Penghitung Jumlah Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno,” vol. 1, no. 5, pp. 1582–1590, 2025.
- [15] A. Dwi Andaru, M. Hannats Hanafi Ichsan, and R. Primananda, “Prototype Alat Seleksi Pompa Cadangan dengan Algoritma K-Nearest Neighbour berdasarkan Transmisi Data I2C,” vol. 5, no. 12, pp. 5660–5664, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>

LAMPIRAN





