

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang paling penting dalam kehidupan sehari-hari. Listrik adalah salah satu bentuk energi yang sangat berguna, dengan salah satu penggunaan utamanya adalah untuk penerangan. Instalasi listrik penerangan digunakan untuk berbagai kebutuhan, termasuk untuk rumah tangga, industri, dan penerangan jalan umum. Penerangan jalan umum (PJU) merupakan elemen penting dalam menjaga keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jalan, terutama pada malam hari. Seiring dengan perkembangan infrastruktur dan meningkatnya volume kendaraan, kebutuhan akan sistem penerangan yang efisien dan andal juga semakin meningkat. PJU tidak hanya berfungsi sebagai sarana penerangan, tetapi juga memiliki peran strategis dalam mencegah kecelakaan dan tindak kriminalitas di jalan raya. Dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut, sistem penerangan jalan umum (PJU) dapat dioptimalkan dengan menggabungkan suplai energi *hybrid* [1].

Energi *hybrid* adalah kombinasi dua atau lebih sumber energi listrik [2]. Dalam menerapkan sistem energi *hybrid* ini, perhitungan jumlah energi yang dapat dihasilkan oleh sumber energi perlu dilakukan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk memastikan bahwa energi yang dihasilkan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi untuk digunakan pada alat tertentu [2]. Suplai energi *hybrid* yang digunakan pada penelitian ini yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber utama, piezoelektrik sebagai tambahan, dan PLN sebagai cadangan.

PLTS menjadi pembangkit energi yang sangat cocok digunakan di Indonesia, karena keadaan geografis di Indonesia yang mempunyai intensitas cahaya matahari langsung [3]. PLTS memiliki kemampuan untuk mengkonversi energi yang dihasilkan oleh radiasi matahari namun memiliki beberapa kekurangan, karena PLTS mengandalkan matahari sebagai sumber energi baru terbarukan maka dari itu PLTS hanya dapat memasok energi saat cuaca cerah dari pagi sampai sore hari saja [4].

Selain PLTS, teknologi piezoelektrik juga digunakan sebagai bagian dari suplai tenaga *hybrid*. Teknologi ini memanfaatkan energi mekanik yang dihasilkan dari tekanan atau getaran untuk diubah menjadi energi listrik [5]. Piezoelektrik memanfaatkan energi getar yang diakibatkan oleh intensitas kendaraan yang melintas dan hembusan angin [6]. Dengan bantuan tekanan dari kendaraan dan angin pada piezoelektrik, perangkat ini dapat menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, seperti penerangan jalan umum [7].

Namun demikian, PLTS dan Piezoelektrik memiliki keterbatasan dalam hal ketersediaan energi, terutama pada malam hari atau saat tidak ada getaran yang diterima [6]. Untuk mengatasi keterbatasan ini, suplai dari PLN digunakan sebagai sumber daya cadangan yang memastikan kontinuitas penerangan jalan [8]. Dengan adanya PLN sebagai backup, sistem PJU dapat terus berfungsi dengan baik tanpa terputus, meskipun suplai dari PLTS dan Piezoelektrik tidak mencukupi [8].

Media penyimpanan energi listrik pada PJU tenaga *hybrid* berupa baterai yang memerlukan sistem kontrol untuk dapat mengontrol sumber pengisian baterai sekaligus menjalankan beban lampu PJU. Energi yang terintegrasi pada baterai dikelola menggunakan sistem *switching charger* dapat menggunakan sistem kontrol cerdas untuk pengelolaan daya pada PJU tenaga *hybrid* [1]. *Fuzzy Logic Control* (FLC) diusulkan untuk sistem *switching charger* tenaga *hybrid* karena logika *fuzzy* mampu menangani ketidakpastian dan variabilitas dalam sumber daya energi, seperti fluktuasi intensitas sinar matahari dan pergerakan piezoelektrik [9]. Dengan logika *fuzzy*, sistem dapat melakukan pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan adaptif dalam mengelola transisi antara berbagai sumber energi, memastikan efisiensi dan kontinuitas pasokan daya secara optimal, bahkan dalam kondisi yang tidak menentu [10]. *Fuzzy Logic Control* (FLC) akan mengkonfirmasi efisiensi algoritma yang diusulkan untuk memastikan kontinuitas pasokan listrik yang stabil. Dengan demikian, FLC membantu memastikan bahwa PJU tetap beroperasi secara optimal dalam berbagai situasi.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dalam upaya mengoptimalkan energi untuk penerangan jalan umum (PJU), penggunaan suplai energi *hybrid* menjadi solusi yang menjanjikan. Sistem *hybrid* yang menggabungkan Pembangkit

Listrik Tenaga Surya (PLTS), piezoelektrik, dan PLN sebagai sumber cadangan, mampu memastikan kontinuitas penerangan yang optimal saat salah satu sumber energi mengalami keterbatasan. Pengelolaan energi yang terintegrasi pada baterai melalui sistem switching charger, yang dikendalikan oleh metode *Fuzzy Logic Control* (FLC), menjadi kunci untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya energi yang tersedia. Dengan metode FLC kontinuitas sumber listrik pada PJU dapat terjaga, sehingga sistem penerangan tetap beroperasi optimal dalam berbagai kondisi lingkungan. Hal ini mendukung upaya peningkatan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

1.2. Kajian Riset Terdahulu

Kajian riset terdahulu adalah bentuk keaslian karya ilmiah yang akan dibuat sehingga memungkinkan untuk tidak adanya tindakan plagiarisme sebagai bentuk pencurian karya ilmiah. Kajian riset terdahulu berisi uraian singkat dari penelitian sebelumnya yang memiliki kesesuaian dengan penelitian yang akan dilakukan, sehingga dapat memberikan masukan terhadap penelitian sebelumnya dan memperkuat alasan mengapa penelitian ini akan dilakukan. Adapun referensi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini terdapat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Daftar referensi.

NO	NAMA PENELITI	TAHUN	JUDUL PENELITIAN
1.	Arnold Rondonuwu, Willem Pomantow, Alfrets Wauran, Tjerie, Pangemanan, Ventje Lumentut.	2020	Manajemen Energi <i>Hybrid Power System</i> Menggunakan Panel Surya Dan Turbin Angin
2.	Smail Chtita, Aziz Derouich, Abdelaziz El Ghzizal, Saad Motahhir	2021	<i>An Improved Control Strategy for Charging Solar Batteries in Off-Grid Photovoltaic Systems</i>
4.	Fajar Nugraha Bimantoro, R.T. Subagio, M.A Sulhan.	2023	<i>Prototype Smart Street Light System</i> Berbasis Arduino Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i>
5.	Ilham Arif Firmansyah, Ali Husein Alasiry, Ardik Wijayanto	2023	<i>Fuzzy Logic-Based Control System for Solar Street Lighting</i>

Tabel 1.1 menunjukkan beberapa penelitian yang digunakan sebagai rujukan utama penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Arnold Rondonuwu dkk. [2] merancang manajemen energi *hybrid power system* menggunakan panel surya dan turbin angin. Penelitian ini menghitung dan mengoptimalkan energi yang dihasilkan oleh kombinasi panel surya dan turbin angin di area tertentu. Aspek yang membedakannya dengan penelitian ini yaitu sistem energi *hybrid* yang digunakan adalah PLTS dan Piezoelektrik.

Penelitian yang dilakukan oleh Fajar Nugraha Bimantoro dkk. [7] yang berjudul *Prototype Smart Street Light System* Berbasis Arduino Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* mengembangkan sebuah prototipe sistem *Smart Street Light System* berbasis Arduino dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Sistem penerangan jalan umum (PJU) ini memanfaatkan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) untuk mengukur tingkat kecerahan dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi objek di sekitar. Metode *fuzzy logic* diterapkan untuk mengatur tingkat pencahayaan pada PJU secara otomatis. Perbedaan utama dari penelitian ini terletak pada penggunaan *Fuzzy Logic Control* (FLC) sebagai metode pengendalian untuk sistem *switching charger* pada PJU *hybrid*.

Penelitian yang dilakukan oleh Smail Chtita dkk. [2] mengembangkan strategi kontrol untuk pengisian daya baterai surya dalam sistem *photovoltaic*. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada pengembangan strategi kontrol untuk menjaga keseimbangan daya yang lebih baik dalam sistem *photovoltaic* off-grid (PV), yang melibatkan beberapa mode operasi seperti *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), non-MPPT, mode malam, dan mode mati. Penelitian ini mengatasi tantangan terkait fluktuasi aliran daya PV yang dapat mengurangi efisiensi pengisian baterai akibat kondisi cuaca yang tidak stabil dan variasi permintaan beban. Dengan menggunakan perangkat lunak simulasi, penelitian ini menunjukkan efektivitas strategi kontrol yang diusulkan dalam hal efisiensi, stabilitas daya, dan waktu konvergensi. Perbedaan utama dengan penelitian ini adalah adanya tiga sumber suplai energi listrik, yaitu PLTS, PLN, dan piezoelektrik, yang digunakan dalam sistem PJU *hybrid*.

Penelitian yang dilakukan oleh Ilham Arif Firmansyah dkk. [10] mengembangkan sistem kontrol untuk PJU tenaga surya berbasis logika *fuzzy*. Penelitian ini memanfaatkan panel surya sebagai sumber utama energi dan menggunakan sistem kontrol berbasis logika *fuzzy* untuk mengatur penerangan jalan dengan tenaga surya, yang didukung oleh sensor ultrasonik HC-SR04 untuk aktivasi lampu adaptif. Sistem kontrol logika *fuzzy* yang dikembangkan mengatur kecerahan lampu dan durasi pencahayaan berdasarkan umpan balik dari arus beban serta mempertimbangkan *input* kecepatan pengguna jalan dan tegangan baterai. Perbedaan utama dari penelitian ini adalah penggunaan sistem kontrol logika *fuzzy* untuk mengatur *switching battery charger* dalam sistem PJU *hybrid*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, telah banyak peneliti yang merancang sistem kontrol energi dengan berbagai pendekatan, termasuk penggunaan metode *fuzzy logic* untuk mengoptimalkan energi. Namun, terdapat perbedaan pada penelitian yang dilakukan yaitu perancangan sistem menggunakan tiga suplai listrik DC dari PLTS, Piezoelektrik, dan PLN yang terintegrasi dengan teknik kendali *fuzzy logic control* untuk sistem *switching charger* yang diaplikasikan pada PJU. Penelitian ini berjudul "Rancang Bangun Sistem *Switching Charger* pada Penerangan Jalan Umum (PJU) Tenaga *Hybrid* Berbasis *Fuzzy Logic Control*".

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa hal berikut ini:

1. Bagaimana rancang bangun sistem *switching charger* pada PJU *hybrid* berbasis *fuzzy logic controller*?
2. Bagaimana kinerja sistem *switching charger* pada PJU *hybrid* berbasis *fuzzy logic controller*?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem *switching charger* pada PJU *hybrid* berbasis *fuzzy logic controller*.

2. Menganalisis kinerja sistem *switching charger* pada PJU *hybrid* berbasis *fuzzy logic controller*.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh manfaat dari segi praktis maupun akademisnya, diantaranya yaitu:

1. Manfaat Akademis

Manfaat akademis dari penelitian ini adalah dapat menambah referensi dan bahan masukan untuk peneliti lainnya dalam menerapkan system *switching charger* berbasis *fuzzy logic controller* pada pembangkit energi *hybrid*.

2. Manfaat Praktis

Adapun manfaat praktis yang didapatkan dari penelitian ini adalah dapat membantu dalam berbagai bidang yang membutuhkan kendali dalam pengoptimalan penggunaan energi baru terbarukan menggunakan *fuzzy logic controller*.

1.6. Batasan Masalah

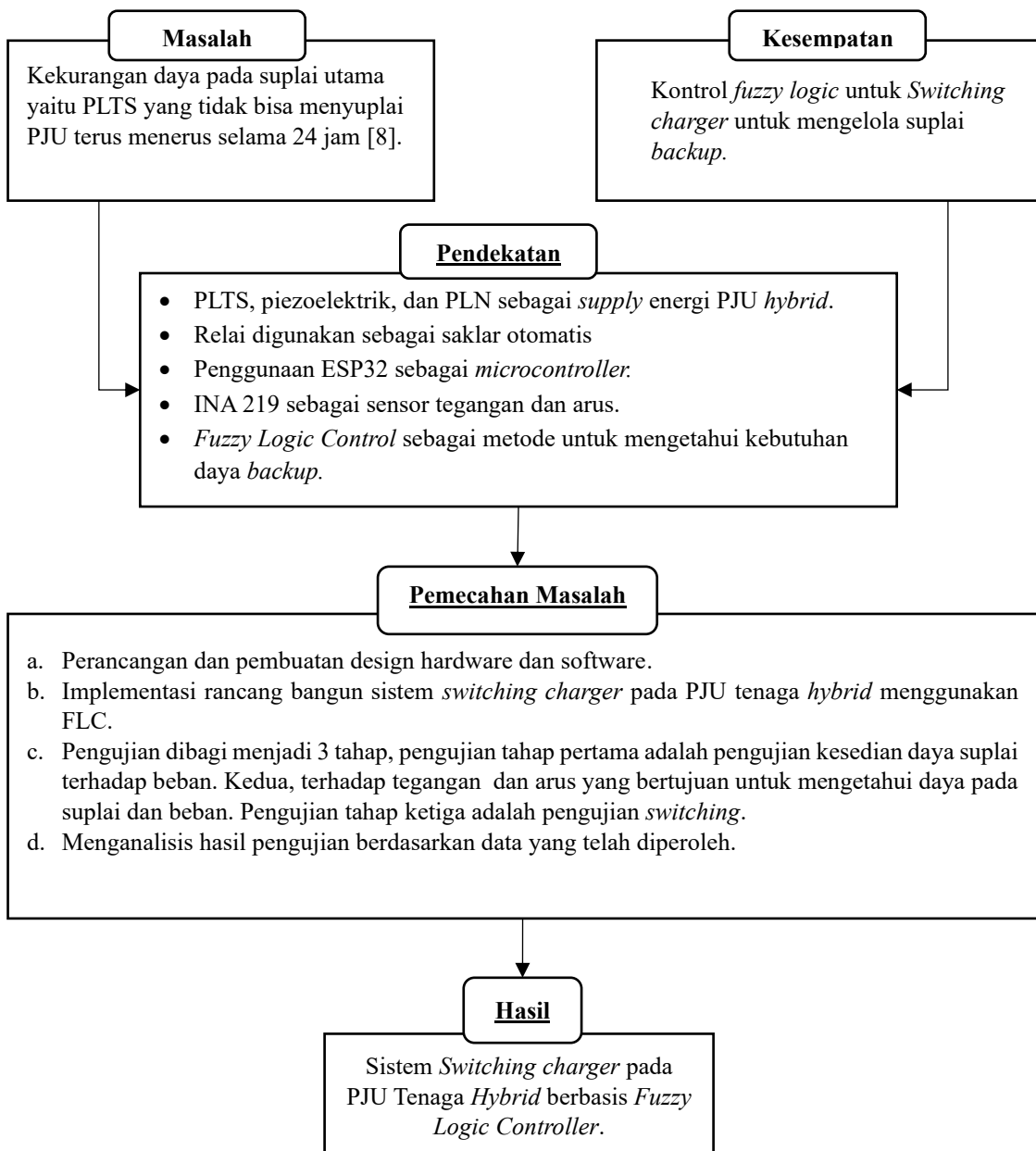
Batasan yang berhubungan dengan masalah ini sangat luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam penelitian ini, agar yang akan didapat lebih spesifik dan terarah. Batasan masalah ini menitik beratkan pada.

1. Terdapat 3 suplai listrik yang digunakan yaitu PLTS, piezoelektrik dan PLN.
2. Piezoelektrik dan PLN digunakan sebagai suplai *backup*.
3. Data yang diambil berupa tegangan dan arus dari sensor suplai dan beban.
4. Pembacaan tegangan dan arus dilakukan oleh sensor INA219.
5. Daya suplai dan beban dihitung menggunakan program Arduino IDE berdasarkan hasil pembacaan sensor tegangan dan arus.
6. *Input* dan *output* yang dihasilkan adalah tegangan dan arus DC.
7. Beban berupa baterai 12V 7Ah dan lampu DC 12V 30Watt.
8. *Microcontroller* yang digunakan adalah ESP32.
9. *Software* Arduino IDE digunakan untuk memprogram ESP32.
10. Metode FLC yang dipilih adalah mamdani.

11. *Relay* digunakan sebagai saklar otomatis.

1.7. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir memuat uraian sistematis mengenai alur pemikiran hasil perumusan masalah penelitian yang dirancang. Secara umum, kerangka berpikir penelitian ini digambarkan pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. Berikut sistematika penulisan tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, kajian riset terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian. karena menyangkut dengan penelitian perlu adanya penguasaan teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan mengenai konsep sistem manajemen energi dan sistem kendali pada PJU *hybrid*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode penelitian yang digunakan pada penyusunan tugas akhir ini diantaranya studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, analisis dan kesimpulan.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan alur tahap-tahap perancangan, mulai dari analisis kebutuhan, hingga implementasi untuk rancang bangun Sistem *Switching charger* pada PJU Tenaga *Hybrid* berbasis *Fuzzy Logic Control*.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang hasil pengujian yang telah dilakukan, serta menganalisis data yang diperoleh pada saat pengujian guna mengetahui kinerja alat yang telah dibuat.

BAB VI PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian. Bagian penutup terbagi menjadi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.