

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya kebutuhan energi global telah memberikan tekanan besar pada cadangan energi fosil yang semakin menipis. Berdasarkan proyeksi Badan Energi Dunia (*International Energy Agency*), kebutuhan energi dunia akan meningkat secara signifikan sebesar 45% hingga tahun 2030. Dominasi bahan bakar fosil dalam memenuhi kebutuhan energi dunia, yakni sekitar 80%[1], menjadi tantangan utama dalam transisi energi. Untuk mengatasi tantangan ini dan menjaga kelestarian lingkungan, transisi energi dari sumber daya fosil ke sumber daya terbarukan menjadi solusi yang mendesak dan tidak dapat ditawar lagi. Penggunaan energi fosil memiliki dampak yang begitu besar bagi keberlangsungan kehidupan termasuk pemanasan global. Laporan IPCC 2018 memberikan gambaran yang sangat jelas tentang dampak serius perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global. Kenaikan suhu sebesar 1,1 derajat Celsius telah memicu berbagai peristiwa ekstrem seperti gelombang panas, badai, dan kenaikan permukaan air laut. Untuk membatasi dampak perubahan iklim yang lebih parah, IPCC menekankan pentingnya transisi cepat menuju energi bersih dan rendah karbon [2].

Seiring dengan peningkatan taraf hidup, industrialisasi, dan urbanisasi, permintaan listrik di terus meroket. Permintaan listrik di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Pertumbuhan ekonomi yang pesat, industrialisasi yang terus berkembang, serta peningkatan populasi telah mendorong kebutuhan akan energi listrik semakin tinggi. Semakin banyaknya rumah tangga, industri, dan infrastruktur baru membutuhkan pasokan listrik yang mampu mencukupi untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2023, rata-rata setiap individu di Indonesia mengonsumsi listrik sebesar 1.285 kWh, meningkat signifikan dibandingkan tahun sebelumnya yang hanya 1.173 kWh. Tren kenaikan ini menunjukkan peningkatan yang konsisten sejak tahun 2017 [3]. Namun sebagian besar pembangkitan energi listrik masih didominasi oleh pemakaian energi fosil yang tidak terbarukan [4].

Energi matahari dan angin merupakan sumber energi alami yang sangat melimpah dan terus-menerus tersedia. Pemanfaatan energi terbarukan tersebut dilakukan dengan mengubahnya menjadi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi. Indonesia memiliki potensi penyinaran matahari dan angin yang sangat besar. Dengan potensi energi surya yang sangat melimpah, mencapai sekitar 4.8 kWh/m². Ini setara dengan kapasitas potensial sebesar

112.000 GWp. Namun, hingga saat ini, baru sebagian kecil, yakni sekitar 10 MWp, dari potensi tersebut yang berhasil dimanfaatkan. Pemerintah telah menetapkan target ambisius untuk meningkatkan kapasitas pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpasang menjadi 0,87 GW pada tahun 2025, dengan rata-rata penambahan sekitar 50 MWp per tahun [5]. Sementara untuk energi angin, kecepatan rata-rata bisa mencapai 4 – 5 m/s. Tetapi di daerah tertentu kecepatan angin bisa mencapai 10 m/s seperti daerah pantai [6].

Pembangkit listrik tenaga matahari atau tenaga surya (PLTS) berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Proses ini memerlukan alat yaitu panel surya. Panel surya terdiri dari banyak sel surya. Sel surya adalah komponen kunci berbahan semikonduktor yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan. Proses ini terjadi karena efek fotolistrik yang mengubah cahaya menjadi listrik [7].

Pembangkit listrik tenaga angin atau bayu (PLTB) adalah adalah suatu sistem yang mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi listrik. Prosesnya menggunakan turbin angin yang berputar ketika tertiup angin. Putaran turbin ini kemudian menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Turbin angin terbagi menjadi dua jenis utama yaitu sumbu horizontal (HAWT) dan sumbu vertikal (VAWT). HAWT, dengan teknologi yang lebih mumpuni, umumnya lebih efisien dan digunakan pada PLTB skala besar [8]. VAWT sendiri terbagi lagi menjadi *Savonius* dan *Darrieus*. *Savonius*, dengan desain sederhana dan tahan lama, cocok untuk skala kecil dengan kecepatan angin rendah [9].

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* adalah suatu sistem pembangkit listrik yang menggabungkan dua atau lebih sumber energi untuk menghasilkan listrik. Tujuan utama dari sistem *hybrid* ini adalah untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi dalam penyediaan listrik, serta mengurangi ketergantungan pada satu sumber energi tunggal. Sehingga diharapkan kombinasi kedua energi terbarukan ini bisa lebih baik daripada hanya satu jenis pembangkit saja. Namun penggunaan PLTH memiliki kekurangan yaitu bergantung pada kondisi cuaca, sehingga diperlukan sistem pintar yang dapat memilih daya dari sumber energi mana untuk digunakan sebagai pengisian baterai.

Sistem *fuzzy* adalah sebuah metode komputasi yang didasarkan pada logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* sendiri merupakan perluasan dari logika *Boolean* tradisional yang hanya ada nilai kebenaran antara 0 dan 1. Dalam kehidupan sehari-hari, seringkali dihadapkan pada situasi yang tidak pasti atau kabur. Sistem *fuzzy* dirancang untuk mengatasi ketidakpastian tersebut dengan cara meniru cara berpikir manusia yang lebih fleksibel dan intuitif.

Oleh karena itu penulis menggunakan logika *fuzzy* yang mampu menangani ketidakpastian dalam data *input*, seperti fluktuasi tegangan dan perubahan cuaca. Logika

fuzzy dapat mengatasi ketidakpastian pada *input* pembangkit, sehingga dapat melakukan kontrol secara adaptif [10]. Penggunaan kontrol *fuzzy* diharapkan mampu menjaga tegangan *output* untuk pengisian baterai tetap stabil [11].

Beberapa penelitian mengenai pembangkit listrik *hybrid* PLTS dan PLTB selama ini. Diantaranya yang berfokus pada perancangan mekanik dan sistem kontrol yang dapat memaksimalkan pemanfaatan energi dari kedua sumber tersebut. Penelitian oleh Deni, menunjukkan bahwa perencanaan PLTH dengan panel surya 50 Wp dan turbin angin *Savonius*, dapat menghasilkan daya sebesar 746,5 Wh. Namun penelitian ini masih bersifat konsep yang belum terealisasi di lapangan [12]. Penelitian oleh Augusta dkk, mengimplementasikan generator RPM rendah pada turbin angin vertikal jenis *savonius* dengan 3 sudu. Turbin ini mulai berputar pada kecepatan angin 1 m/s. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi aliran angin, hasilnya pada kecepatan angin 6m/s tegangan generator sebesar 4,8 V dan putaran sebanyak 67 RPM. Penelitian ini hanya menggunakan 1 jenis pembangkit dan tidak diimplementasikan pada pengisian baterai [13]. Penelitian oleh Wardana dkk, merancang kombinasi PLTS 50 WP sebanyak 4 buah dan PLTB dengan turbin tipe *darrieus* menghasilkan daya keluaran yang optimal, untuk sistem *charge* PLTH dengan menggunakan *multiple input charge controller* tipe MPPT, sehingga suplai energi tidak terputus [14]. Penelitian oleh Triyanto dkk, membuat prototipe pembangkit listrik *hybrid* surya dan bayu untuk menyuplai daya pada tanaman hidroponik. Prototipe tersebut dilengkapi dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS), sehingga jika cuaca tidak mendukung, daya akan dialihkan menggunakan PLN [15].

Berdasar pada latar belakang diatas, penulis melakukan penelitian dengan judul "*Smart Controlling Hybrid System* Pembangkitan Listrik Tenaga Surya Dan Tenaga Angin Untuk Optimalisasi Potensi Energi Listrik Berbasis *Fuzzy Sugeno*". Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe PLTH yang optimal dengan menggunakan panel surya 100 Wp dan turbin angin tipe *Savonius* dengan jumlah sudu 3 buah. Sistem *charge* menggunakan *Automatic Transfer Switch* yang bertujuan agar pengisian baterai bisa optimal. Sistem *switching* dirancang secara otomatis melalui proses fuzzifikasi. Tegangan dari PLTS, PLTB dan SOC baterai digunakan sebagai parameter masukan dan *auto switch relay* digunakan sebagai keluaran. Hanya pembangkit dengan tegangan yang mencukupi yang diizinkan tersambung ke sistem pengisian baterai yaitu PLTS, PLTB atau gabungan keduanya. Dengan dilakukannya penelitian ini, harapannya pemanfaatan energi terbarukan sebagai pembangkit listrik akan semakin meningkat serta dapat mengurangi penggunaan energi fosil sebagai bahan bakar pembangkit. Dan diharapkan penggunaan metode *fuzzy logic* sebagai

kendali saklar pintar dari dua buah pembangkit dapat bekerja optimal sehingga akan dapat meningkatkan efisiensi energi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan analisis terhadap latar belakang masalah, permasalahan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang sistem *smart controlling hybrid system* pembangkitan listrik tenaga surya dan tenaga angin untuk optimalisasi potensi energi listrik berbasis *fuzzy Sugeno*?
- b. Bagaimana implementasi metode *fuzzy Sugeno* pada sistem *smart controlling hybrid system* pembangkitan listrik tenaga surya dan tenaga angin untuk optimalisasi potensi energi listrik?
- c. Bagaimana pengujian sistem *smart controlling hybrid system* pembangkitan listrik tenaga surya dan tenaga angin untuk optimalisasi potensi energi listrik berbasis *fuzzy Sugeno*?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a. Menghasilkan prototype *smart controlling hybrid system* pembangkitan listrik tenaga surya dan tenaga angin untuk optimalisasi potensi energi listrik berbasis *fuzzy Sugeno*.
- b. Dapat mengimplementasikan metode *fuzzy Sugeno* pada sistem *smart controlling hybrid system* pembangkitan listrik tenaga surya dan tenaga angin untuk optimalisasi potensi energi listrik.
- c. Mengetahui kelayakan prototipe *smart controlling hybrid system* pembangkitan listrik tenaga surya dan tenaga angin untuk optimalisasi potensi energi listrik berbasis *fuzzy Sugeno*.

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- d. Diketahui kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan kapasitas 100 Wp.
- e. Diketahui bagaimana desain turbin angin yang dapat beroperasi pada kecepatan angin rendah.
- f. Diketahui performa pembangkit listrik tenaga *hybrid* PLTS dan PLTB dalam menyuplai daya untuk baterai dan beban.
- g. Diketahui bagaimana rancangan sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* untuk *auto transfer switch* pengisian baterai berdasarkan daya yang mencukupi.

1.4 Batasan Masalah

- a. Jenis panel surya yang digunakan adalah monokristalin 100 Wp.
- b. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega dan ESP8266.

- c. Jenis turbin yang digunakan adalah savonius tipe-u dengan jumlah sudu 3.
- d. Wilayah penelitian di area Universitas Trunojoyo.
- e. *Fuzzy logic* yang digunakan adalah *fuzzy Sugeno*.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi dalam pengerjaan skripsi memiliki lima tahapan pengerjaannya, diantaranya: tahap persiapan, tahap perancangan, tahap uji coba, tahap pengumpulan dan analisis data, tahap evaluasi dan pembuatan laporan.

a. Tahap persiapan

Tahap ini adalah tahap awal penelitian skripsi ini dimulai dengan menentukan topik dan judul yang akan diambil dalam penelitian. Untuk mendalami teori ini diperlukan studi literatur dari berbagai referensi yang ada. Selanjutnya dilakukan penyusunan jadwal kegiatan penelitian sehingga akan mendapatkan hasil pada setiap target yang telah ditentukan sesuai waktu yang telah ditentukan.

b. Tahap perancangan

Setelah pengajuan proposal diterima dan disetujui untuk layak dijadikan sebagai topik penelitian maka masuk ke tahap selanjutnya yaitu perancangan skripsi. Pada tahap ini dilakukan desain dan pembuatan sistem dengan gambaran dari tahap sebelumnya.

c. Tahap Uji Coba

Ketika tahap pembuatan alat yang telah dirancang selesai selanjutnya adalah uji coba pada perancangan alat. Uji coba dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah bahwa alat yang telah dirancang berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

d. Tahap Pengumpulan Analisis Data

Pada tahap ini setelah melakukan uji coba pada alat, kemudian data yang diperoleh dikumpulkan. Selanjutnya data tersebut akan di analisa yang nantinya akan menghasilkan suatu kesimpulan dari hasil uji coba.

e. Tahap Evaluasi dan Pembuatan Laporan Akhir

Tahap ini merupakan tahap akhir yaitu evaluasi dari hasil uji coba sistem secara keseluruhan yang didapat pada proses analisis sistem dan hasil dari objek penelitian. Ketika semua tahap telah tercapai selanjutnya adalah proses pembuatan laporan akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mengetahui gambaran ringkas mengenai isi laporan skripsi serta untuk mempermudah pemahaman penelitian yang dilakukan, maka laporan skripsi ini dibagi menjadi beberapa bab. Bab yang ada dalam laporan skripsi ini antara lain :

a. Bab I. Pendahuluan

Bab ini berisi pendahuluan yang menjelaskan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat melakukan penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan penelitian yang dilakukan.

b. Bab II. Teori Penunjang

Pada bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas pada penelitian ini. Teori-teori ini digunakan sebagai dasar dalam penelitian untuk memecahkan masalah

c. Bab III. Perancangan Sistem

Bab ini berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan meliputi blok diagram sistem secara keseluruhan, diagram alir sistem keseluruhan, perhitungan matematis atau parameter pemodelan sistem dan analisis kebutuhan

d. Bab IV. Hasil Penelitian dan Analisa

Bab ini berisi tentang pembahasan. Hasil penelitian berisi laporan analisis data yang berhasil didapatkan dari penelitian.

e. Bab V. Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran. Berisi kesimpulan penelitian dan saran untuk peneliti selanjutnya yang akan melakukan penelitian dengan subjek serupa.

1.7 Jadwal Pelaksanaan

Tabel 1. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No.	Nama kegiatan	Bulan ke-					
		I	II	III	IV	V	VI
1.	Studi Literatur						
2.	Pengajuan Proposal Skripsi						
3.	Pelaksanaan Penelitian						
4.	Penyusunan Laporan Skripsi						
5.	Pemeriksaan Laporan Skripsi						
6.	Sidang Skripsi						
7.	Revisi Laporan Skripsi						