

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyediaan energi listrik merupakan kebutuhan mutlak yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia, terutama dalam kebutuhan sehari-hari antara lain sebagai penerangan, pekerjaan rumah tangga, pekerjaan industri dan lain sebagainya [1]. Kondisi saat ini, menjadikan energi listrik sebagai kebutuhan primer untuk meningkatkan kondisi sosial dan ekonomi yang ditandai dengan naiknya kebutuhan listrik masyarakat tersebut [2]. Namun tidak semua wilayah dapat dijangkau oleh jaringan transmisi Perusahaan Listrik Negara (PLN). Walaupun terjangkau memerlukan biaya yang sangat besar dan waktu yang lama untuk mengaliri listrik ke wilayah tersebut.

Dalam memberikan energi listrik dapat dengan mengembangkan energi terbarukan, menjadikan fokus utama untuk mengatasi keterbatasan akses listrik di daerah terpencil. Salah satu teknologi yang berpotensi bila diaplikasikan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan memanfaatkan aliran air sebagai sumber energi dapat memberikan kebutuhan energi listrik di daerah terpencil. Menurut data Kementerian ESDM (2024), terdapat 10.068 desa yang belum teraliri listrik dengan total 1.287.164 rumah tangga, dan membutuhkan modal sekitar Rp 50.01 triliun untuk elektrifikasi melalui jaringan transmisi konvensional (PLN) [3]. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan pembangkit berskala kecil, daya yang dihasilkan kurang dari 200 kW. Pembangkit ini juga memiliki biaya perawatan dan suku cadang yang relatif murah dari segi ekonomi dan mampu diterima baik oleh masyarakat [4]. Mekanisme kerja PLTMH sangat bergantung pada energi potensial pada ketinggian jatuh air, debit dan tekanan pada air. Dengan memanfaatkan aliran air dari saluran irigasi untuk menggerakkan turbin yang terhubung ke generator. PLTMH membutuhkan pengecekan atau pemantauan frekuensi secara berkala bertujuan untuk meminimalisir terjadinya fluktuasi frekuensi. Dikarenakan, terjadinya perubahan beban konsumen. Ketika beban konsumen berkurang mengakibatkan generator kelebihan daya sehingga generator menjadi lebih cepat dan frekuensi bertambah. Begitupun sebaliknya jika beban konsumen bertambah mengakibatkan generator menjadi lambat dan frekuensi berkurang. Maka diperlukan sebuah sistem governor untuk menyediakan sumber energi

yang berkualitas bagi konsumen [5]. bertujuan untuk menjaga batas frekuensi di 50 Hz agar dapat mencegah kerusakan peralatan konsumen.

Salah satu upaya untuk menjaga stabilitas frekuensi yang dikeluarkan generator dapat menggunakan sistem governor elektronik dengan menambahkan pengaturan beban, Istilah tersebut biasanya dikenal dengan *Electronic Load Control* (ELC). Prinsip kerjanya mengatur daya keluaran generator agar konstan walaupun terjadi perubahan beban pada daya konsumen dengan cara menambahkan *dummy load* Jika terjadi kelebihan daya, maka *dummy load* akan aktif dalam mengaktifkan tersebut melalui sistem ELC. Sehingga generator akan mengalirkan daya ke dua beban secara paralel antara beban konsumen dan *dummy load*. Pada sistem ELC diperlukan pemilihan algoritma dan komponen untuk meningkatkan performa dalam menstabilkan frekuensi yang memiliki respon yang lebih cepat dan harga lebih ekonomis [6]. Penelitian ini memakai metode *Binary combination switch* dengan bantuan algoritma *fuzzy logic* untuk mendapatkan suatu keputusan. Tujuan logika *fuzzy* untuk memecahkan permasalahan dari input menuju output yang diharapkan. Untuk mendapatkan output yang diharapkan dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani dalam memprosesnya dengan menggunakan kaedah linguistik dan dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami. Hasil dari *fuzzy* tersebut akan di ekstrak menggunakan *binary combination switch* sebagai pengatur dari *dummy load* dengan kombinasi biner sebesar 9 bit dengan bobot diantaranya 1W, 2W, 4W, 8W, 16W, 32W sampai 256W dengan total 512W. sehingga perpindahan beban lebih halus dan presisi dengan kedua metode tersebut dapat menstabilkan frekuensi yang diinginkan

Merujuk pada penelitian terdahulu, masih belum ada penelitian terkait sistem governor elektronik dengan mengintegrasikan algoritma *fuzzy logic* dan *binary combination switch*. Adapun penelitian oleh wahyu budi mursanto (2023) menunjukkan bahwa sistem perancangan ELC menggunakan driver biner yang digunakan pada relay yang memiliki prinsip kerja *ON-OFF* yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino Untuk mengatur relay. Penelitian tersebut dengan mengatur sudut fasa pada driver *phase angle* [7]. Dengan kata lain untuk perancangan sistem kontrol dari rangkaian metode biner dengan metode *phase angle*.

Oleh sebab itu, penulis akan merancang sebuah sistem kontrol pada governor elektronik dengan metode *binary combination switch* yang akan dihitung matematis dengan *fuzzy logic* untuk meningkatkan kualitas

daya terutama pada frekuensi. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung berapa lama keadaan *steady state* serta menunjukkan apakah ada *overshoot* pada frekuensi. sehingga akan menghasilkan sistem yang diharapkan dan dapat memberikan respon yang cepat, akurat, dan mudah diimplementasikan dengan biaya rendah dan kemudahan perawatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasikan dan merancang sistem kontrol pada sistem governor PLTMH dalam mengatasi ketidakstabilan antara daya beban dan daya turbin air untuk menjaga frekuensi yang telah ditetapkan?
2. Bagaimana pengaruh dari penerapan Binary Combination Switch dengan kombinasi 9 bit yang sudah berbasis fuzzy logic terhadap pengaturan daya pada dummy load untuk kestabilan frekuensi?
3. Bagaimana kinerja sistem governor elektrik yang dirancang dalam menstabilkan frekuensi, ditunjukkan dari parameter respon yakni overshoot, undershoot, dan steady state pada berbagai kondisi perubahan beban?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kualitas daya dalam kestabilan frekuensi pada generator PLTMH dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega serta menganalisis kinerja dari metode *binary combination switch* yang terintegrasi dengan algoritma *fuzzy logic*. Analisis ini dilakukan untuk meningkatkan efektivitas perubahan frekuensi yang terjadi dikarenakan perubahan beban dan perubahan kondisi eksternal. Hasil penelitian akan digunakan untuk sistem kontrol pada PLTMH yang paling sesuai dengan kebutuhan kestabilan frekuensi.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Pemerintah Daerah

Pemerintah daerah dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai salah satu referensi dalam mendapatkan kualitas daya energi listrik pada PLTMH secara mandiri terutama pada daerah yang jauh dari interkoneksi jaringan listrik.

1.4.2 Bagi Masyarakat

Masyarakat, baik perorang maupun pedagang dalam membuat sebuah energi listrik secara mandiri. Akan mendapatkan manfaat dari peningkatan kualitas energi listrik pada PLTMH sehingga penggunaan energi listrik pada masyarakat terhindar dari resiko fluktuasi frekuensi

1.4.3 Bagi Penelitian lain

Penelitian ini dapat menjadi acuan bagi peneliti lain yang tertarik dalam mengembangkan sistem kontrol pada governor. Selain itu penelitian ini juga dapat memberikan wawasan tentang tantangan dan solusi dalam mendapatkan energi listrik secara mandiri terutama pada PLTMH

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini tetap fokus dan terarah, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino mega 2560 sebagai pengendali utama sistem governor elektronik dan fluktuasi generator hanya dipengaruhi oleh perubahan beban konsumen,
2. Algoritma fuzzy logic menggunakan metode Mamdani dengan dua variabel input, yaitu error frekuensi dan delta error, variabel output berupa daya yang diserap dummy load.
3. Pengujian sistem beban dummy load menggunakan metode binary combination switch 9 bit yang dikendalikan dengan modul relay dan dummy load yang dirancang dibatasi kapasitas daya total sebesar 512 W. dan kapasitas total generator sebesar 440 W.
4. Parameter yang diukur frekuensi, konsumsi daya beban konsumen, dan dapat menganalisis besaran *overshoot* atau *undershoot*, dan *steady-state error*.

1.6 Sistematika Penulisan

Struktur dan penyusunan penelitian ini disusun secara sistematis agar mempermudah dalam memahami pembahasan laporan skripsi ini dan disusun dalam beberapa bab dan dijelaskan melalui pembahasan sesuai dengan aturan standar penulisan. Adapun urutan penyusunan skripsi adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini satu berisi tentang latar belakang mengenai perancangan sistem kontrol pada governor dalam menstabilkan frekuensi berdasarkan beban konsumen secara dinamis, terdapat pula rumusan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini, serta tujuan dari penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori dasar yang menjadi acuan dalam penelitian, termasuk konsep dari stabilitas frekuensi pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro, governor elektronik, *binary combination switch*, algoritma *fuzzy logic*, parameter analisis performa pada sistem kontrol, serta kajian penelitian sebelumnya yang relevan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan penelitian tentang bagaimana tahapan rancangan yang dilakukan, berupa: perancangan sistem, perancangan hardware, perancangan software, flowchart cara kerja sistem keseluruhan, dan flowchart cara kerja algoritma *fuzzy logic* dan *binary combination switch*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas hasil dari desain sistem kontrol governor serta pengujian alat dalam menstabilkan frekuensi dengan algoritma *fuzzy logic* serta sistem *Binary combination switch*, perbandingan frekuensi dengan alat pengukuran frekuensi, serta responsive pada sistem. Pembahasan dilakukan dengan menginterpretasikan data hasil pengujian untuk menjawab rumusan masalah

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan sebagai tindak lanjut untuk pengembangan penelitian selanjutnya berdasarkan hasil yang diperoleh

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN