

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi sistem tenaga modern seperti pembangkit terinterkoneksi, konversi energi, hingga penyimpanan energi memiliki beberapa tantangan untuk dapat diaplikasikan. Aplikasi tersebut memerlukan aliran daya dua arah yang efisien untuk optimalisasi penggunaan energi serta fleksibilitas sistem dengan desain yang ringkas untuk meminimalisir kerugian energi [5]. Tantangan-tantangan di atas dapat diatasi dengan kemajuan teknologi elektronika daya yang dapat membuat konverter dengan frekuensi tinggi sehingga dapat mengatasi permasalahan yang ada. Konverter *dual-active-bridge* (DAB) menjadi salah satu topologi yang cocok mengatasi permasalahan tersebut.

Konverter DAB adalah topologi konverter DC-DC yang memanfaatkan dua jembatan jenis *H-Bridge* yang dirangkai secara simetris. Konverter ini memiliki banyak keunggulan, yaitu dapat dioperasikan untuk dua arah (*bi-directional*) dan memiliki isolasi *galvanis* antara masukan dan keluarannya [5]. Selain itu, konverter DAB dapat melakukan *zero voltage switching* (ZVS) untuk meminimalisir rugi-rugi daya walaupun menggunakan frekuensi yang tinggi. Hal ini menjadikan efisiensi dan kepadatan dayanya tinggi sehingga dapat mengurangi berat dan ukurannya [6]. Berkat teknologi tersebut, konverter DAB cocok untuk diterapkan di banyak aplikasi seperti konverter untuk sumber energi terbarukan, stasiun pengisian kendaraan listrik [7], dan manajemen baterai [8].

Sistem pengendali diperlukan dalam operasi konverter DAB untuk meregulasi tegangan keluaran dengan memodulasi sudut-sudut yang sesuai. Metode modulasi yang umum digunakan adalah *single phase shift* (SPS), *dual phase shift* (DPS), *triple phase shift* (TPS), dan banyak lainnya [9]. Jenis metode modulasi yang paling sering digunakan adalah metode SPS karena sederhana dan mudah diaplikasikan [10]. Sistem kendali digunakan untuk memberikan nilai sudut yang sesuai pada sebuah modulasi agar menghasilkan tegangan keluaran yang diinginkan. Metode kendali *feedforward* merupakan metode termudah untuk diimplementasikan tetapi memerlukan perhitungan manual yang rumit dan harus akurat. Metode yang umum digunakan adalah kendali PI [11] yang mana merupakan jenis kendali yang kurang andal terlebih untuk sistem *non-linear* seperti konverter DAB. Kendali tersebut juga memiliki parameter yang perlu disesuaikan dengan perhitungan atau metode *tuning* yang rumit dan perlu dilakukan secara berulang ketika parameter konverter DAB berubah karena terjadinya perubahan beban atau akibat waktu penggunaan. Terdapat metode lain yang memiliki performa lebih baik dari kendali PI seperti menggunakan logika fuzzy [12], namun rentan terhadap fluktuasi dan *model reference control* (MRC) yang menggunakan dua model NN sehingga lebih rumit untuk

diimplementasikan [13]. Metode-metode kendali tersebut perlu dilakukan *tuning* saat parameter sistem konverter DAB berubah.

Salah satu alternatif kendali yang sekarang marak digunakan pada elektronika daya adalah kendali dengan penggunaan *artificial intelligence* (AI) [14]. AI dapat merumuskan hal kompleks dengan pelatihan yang cukup sehingga dapat membantu menyelesaikan masalah-masalah pada elektronika daya, salah satunya kendali pada konverter DAB. AI memungkinkan kendali konverter DAB dapat dilakukan lebih mudah, efisien, cepat, dan andal. AI juga dapat belajar secara kontinu sehingga dapat menyesuaikan perubahan parameter konverter DAB. AI yang sering digunakan untuk menjadi sistem kendali adalah *neural network* (NN) dan *reinforce ment learning* (RL). Penelitian ini menggunakan NN sebagai dasar sistem kendali mengingat NN dilatih secara *supervised* sehingga lebih aman dalam implementasi nyata dibandingkan RL yang berlatih secara *unsupervised*. Hal tersebut didukung oleh kemudahan akuisisi data konverter DAB yang dapat dilakukan dengan melakukan pengacakan pergeseran fase pada rentang yang sesuai. NN dapat digunakan karena kemampuannya memodelkan sebuah persamaan matematika yang kompleks melalui komputasi yang sederhana melalui banyak *neuron*. Salah satu jenis NN yang cocok untuk digunakan sebagai sistem kendali adalah jenis *long-short-term memory* (LSTM) karena kemampuannya dalam memodelkan sistem dinamis [15].

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, identifikasi masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara mendapatkan model kendali melalui *neural network* untuk mengatur tegangan keluaran konverter DAB?
2. Bagaimana cara mengoptimalkan model kendali *neural network* sehingga dapat menghasilkan sistem kendali andal yang sesuai dengan konverter DAB?
3. Apakah *neural network* efektif mengatasi masalah ketidaklinieran dan perubahan yang terjadi pada konverter DAB dibandingkan kendali PI konvensional?
4. Apakah *neural network* dapat mengurangi kerumitan dalam proses kendali konverter DAB dibandingkan kendali PI konvensional?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan kendali regulasi tegangan keluaran konverter DAB dengan memanfaatkan AI melalui LSTM untuk mendapatkan sistem kendali yang lebih mudah, efisien, cepat, dan andal. Beberapa tujuan spesifik dari penelitian ini adalah:

1. Merancang model kendali melalui LSTM untuk mengatur tegangan keluaran kon-

2. Mengoptimalkan model kendali berbasis LSTM sehingga dapat menghasilkan sistem kendali andal yang sesuai dengan konverter DAB.
3. Mengatasi masalah ketidaklinieran dan perubahan yang terjadi pada konverter DAB dibandingkan kendali PI konvensional.
4. Mengurangi kerumitan dalam proses kendali konverter DAB dibandingkan kendali PI konvensional.

1.4 Batasan Penelitian

Mengingat luasnya pembahasan, maka penelitian perlu dibatasi pada:

1. Objek penelitian: Konverter DAB dengan model LSTM sebagai kendali tegangan keluaran.
2. Metode penelitian: Penelitian eksperimental dalam simulasi dengan menggunakan dua program secara bersamaan melalui fitur *co-simulation*. Program PLECS digunakan untuk mensimulasikan rangkaian konverter DAB sedangkan VSCode digunakan untuk mensimulasikan kendali menggunakan LSTM.
3. Waktu dan tempat penelitian: Waktu penelitian adalah Februari-Juni 2024 di Fas-Lab Solid State Transformer (SST).
4. Populasi dan sampel: Populasi penelitian berupa kendali tegangan keluaran konverter DAB dengan sampel berupa model kendali hasil eksperimen.
5. Variabel dan hipotesis: Variabel bebas meliputi parameter konverter DAB yang digunakan dalam simulasi, arsitektur LSTM dan nilai parameter yang digunakan, data yang digunakan untuk pelatihan, dan pengaturan sistem kendali berbasis LSTM. Variabel terikat-nya adalah tingkat keberhasilan model dalam mengendalikan konverter DAB untuk menghasilkan tegangan keluaran dan dinamika yang dikehendaki.
6. Keterbatasan Penelitian: Seluruh proses penelitian ini hanya akan menggunakan simulasi dan program komputer sehingga tidak ada implementasi pada konverter DAB di dunia nyata. Jenis tugas yang diberikan masih sederhana yaitu regulasi tegangan keluaran DAB dalam kondisi variasi referensi (*tracking*), variasi beban (*load disturbance*), variasi parameter, dan variasi sumber. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi performa konverter DAB tidak akan dibahas secara mendalam.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sistem kendali konverter DAB menggunakan LSTM dapat mengatasi perhitungan yang rumit untuk menentukan nilai pergeseran fase atau parameter kendali yang sesuai.
2. Dengan adanya sistem kendali konverter DAB menggunakan LSTM, penyesuaian sistem kendali atas perubahan beban dan perubahan parameter konverter DAB seiring berjalannya waktu dapat dilakukan secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan kecepatan, efisiensi, dan keandalan sistem kendali.
3. Penelitian ini dapat menjadi sarana untuk mengembangkan pengetahuan dan teknologi pada bidang elektronika daya modern dengan memanfaatkan AI, khususnya pada sistem kendalinya. Penelitian ini dapat membuka jalan untuk riset lebih lanjut pada bidang terkait mengingat penelitian kendali LSTM masih jarang dilakukan dan belum pernah ada yang menerapkannya pada konverter DAB.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulis menyusun sistematika yang terdiri dari lima bab dengan penjelasan masing-masing aspek relevan untuk memudahkan penyelesaian pada penelitian ini.

1. Bab I: Pendahuluan

Bab ini membahas pendahuluan yang berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, dan manfaat yang diharapkan dari penelitian *kendali DAB menggunakan LSTM* ini.

2. Bab II: Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Bab II berisi tinjauan pustaka dengan melakukan studi literatur pada penelitian-penelitian terdahulu yang sudah mengembangkan kendali DAB menggunakan NN secara umum dan berisi dasar-dasar teori yang akan menjadi acuan dalam melakukan penelitian dan analisis hasil. Tinjauan pustaka tersebut diharapkan dapat menjadi dasar pengetahuan yang kuat untuk melakukan pendekatan penelitian yang sesuai.

3. Bab III: Metode Penelitian

Bab ini berisi alat dan metode penelitian, alur penelitian yang akan dilakukan, kriteria keberhasilan yang digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan penelitian, serta masalah dan keterbatasan yang dialami dalam penelitian.

4. Bab IV: Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas proses penelitian yang dilakukan dan analisis dari hasil penelitian tersebut serta penilaian mengenai berhasil tidaknya penelitian yang dilakukan

5. Bab V: Kesimpulan dan Saran

Bab terakhir ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan juga saran yang berisi kemungkinan topik dan pengembangan bagi penelitian selanjutnya. Kesimpulan dan saran yang disajikan diharapkan dapat memberikan wawasan dan arah bagi penelitian masa depan untuk melakukan penyempurnaan dari apa yang sudah dilakukan dan ditemukan dalam penelitian ini