

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Listrik menjadi kebutuhan utama yang sangat berperan dalam berbagai bidang di kehidupan manusia termasuk transportasi. Seiring perkembangan teknologi, penggunaan pembangkit listrik berbahan fosil menurun karena ketersediaannya di bumi semakin menipis. Hal ini disebabkan oleh pembentukan bahan bakar fosil membutuhkan jangka waktu yang lama. Selain itu, penggunaan pembangkit listrik berbahan fosil menyebabkan berbagai kerusakan lingkungan [1]. Permasalahan tersebut mendorong peningkatan peralihan penggunaan kendaraan bermotor berbahan fosil menjadi penggunaan kendaraan listrik (*Electrical Vehicle/EV*). Selain itu, pemerintah telah mengambil berbagai langkah turunan untuk mendukung percepatan pengembangan kendaraan listrik di Indonesia. Di buktikan dengan adanya Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) Untuk Transportasi Jalan yang telah mendorong kemajuan perkembangan populasi kendaraan listrik termasuk infrastruktur pendukung kendaraan listrik berupa stasiun pengisian daya [2].

Kendaraan listrik menggunakan energi listrik berupa baterai, sehingga memerlukan proses *charging* untuk mengisi kembali daya baterai agar tetap dapat digunakan. Biasanya, proses *charging EV* dilakukan di lokasi pengisian kendaraan listrik. Terdapat tiga kategori dasar yaitu stasiun pengisian rumah, stasiun pengisian komersial, dan stasiun pengisian umum [2]. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 13 tahun 2020 Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum yang selanjutnya disingkat SPKLU adalah sarana pengisian energi listrik untuk KBL Berbasis Baterai untuk umum. Stasiun pengisian ini memperoleh energi listrik dari jaringan distribusi tenaga listrik yang ada di lokasi tersebut [3]. Stasiun pengisian kendaraan listrik terdiri dari sumber energi dari sistem tenaga, transformator, AC-DC konverter (*rectifier*), dan DC-DC konverter [4]. Salah satu komponen penting dalam peralatan pengisian kendaraan listrik adalah *rectifier*.

Penelitian sebelumnya yang relevan, mengenai topologi *rectifier* pada peralatan pengisian kendaraan listrik yaitu dibahas oleh (M. Srivastava dkk, 2017) yang menjelaskan tentang desain konverter dua tahap, dengan tahap I sebagai konverter AC-DC tanpa jembatan dan tahap II sebagai konverter dc-dc terisolasi. Konverter memastikan *Zero Voltage Switch* menyala untuk semua sakelar aktif dan *Zero Current Switch* mati untuk sakelar dioda keluaran. Topologi yang diusulkan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan dibandingkan dengan metode *gating* yang digunakan secara konvensional. Topologi ini bertujuan untuk mencapai efisiensi tinggi, kontrol sederhana, dan keandalan yang tinggi pada stasiun

kendaraan listrik. Selain itu, (V. Fernão Pires dkk, 2019) juga membahas tentang pengisi daya baterai terintegrasi tiga fase *on-board* untuk kendaraan listrik yang menggunakan mesin enam fase. Pengisi daya ini dirancang untuk terhubung ke inverter sembilan sakelar. Penelitian ini memberikan wawasan tentang desain, operasi, dan kontrol pengisi daya tersebut, serta efisiensi dan karakteristik kinerjanya. Lalu, ada juga (V. Monteiro dkk, 2016) yang membahas tentang topologi baru *Single Switch Three Level* untuk pengisi daya baterai kendaraan listrik. Penelitian ini menjelaskan prinsip pengoperasian *Single Switch Three Level* dan model kontrol arus prediktif yang digunakan untuk menyesuaikan arus jaringan suplai pengisi daya. Penelitian ini juga menyajikan hasil komputasi dan eksperimental yang memvalidasi pengoperasian penyearah aktif yang benar.

Sejalan dengan perkembangan zaman, PFC *rectifier* sangat umum digunakan pada stasiun pengisian kendaraan listrik karena memiliki banyak keunggulan. Jenis PFC *rectifier* yang berkembang saat ini adalah *rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss Rectifier* [5].

Penelitian penggunaan *Vienna rectifier* dibahas oleh (F. Dai dkk, 2020) yang berfokus pada *Vienna rectifier* dan strategi kontrolnya. Penelitian ini menjelaskan prinsip kerja, model matematika, dan struktur kontrol dari *Vienna rectifier*. Penelitian ini membahas keunggulan *Vienna rectifier* dan pentingnya dalam mengurangi harmonisa dan meningkatkan faktor daya. Untuk penelitian yang membahas *Vienna rectifier* pada peralatan pengisian kendaraan listrik dibahas oleh (H. C. Nannam dkk, 2018) yang memberikan penjelasan dan analisis rinci tentang dua strategi kontrol yang diterapkan pada *Vienna Rectifier* menggunakan kontrol arus histerisis dan kontrol *Space Vector Pulse Width Modulation*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *Vienna Rectifier* yang dikendalikan *Space Vector Pulse Width Modulation* menunjukkan kinerja yang unggul dalam mengurangi Total Harmonic Distorsi (THD) dan meningkatkan faktor daya pada stasiun kendaraan listrik.

Adapun penelitian penggunaan *Swiss Rectifier* dibahas (A. Salam dkk, 2019) menjelaskan prinsip operasi, strategi modulasi, dan persamaan yang relevan dari *Modular Multilevel Converter - Swiss Rectifier* untuk aplikasi yang membutuhkan tingkat tegangan dan arus yang berbeda, seperti turbin angin *High Voltage Direct Current* pada lepas pantai. *Swiss Rectifier* membuat arus *input* menjadi *sinusoidal* murni dengan menyuntikkan arus harmonik ketiga pada arus yang bersirkulasi dari sisi DC, sehingga mengurangi distorsi harmonik total (THD) dan meningkatkan kualitas daya. Penelitian ini memberikan penjelasan rinci tentang strategi modulasi dan persamaan untuk sakelar penyearah *Swiss Rectifier*. Untuk penelitian yang membahas *Swiss rectifier* pada peralatan pengisian kendaraan listrik dibahas oleh (T. B. Soeiro dkk, 2012) membahas tentang penyearah tiga fase tipe *buck* yang disebut *Swiss Rectifier*. Penelitian ini menjelaskan prinsip operasi, strategi modulasi, struktur kontrol, dan persamaan matematika pada penyearah. Penelitian ini juga membandingkan *Swiss Rectifier* dengan konversi daya AC-DC tipe *buck* 6

sakelar konvensional. *Swiss Rectifier* memiliki efisiensi yang lebih tinggi yang dapat dicapai dan dapat diimplementasikan sehingga topologi ini cocok untuk *interface* listrik PFC tipe *buck* pada stasiun kendaraan listrik. Lalu, (M.A. Ahmed dkk, 2014) juga mengeksplorasi penggunaan *Swiss Rectifier* untuk pengisian daya baterai kendaraan listrik yang cepat dan mengusulkan strategi peralihan yang disisipkan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi riak arus dan tegangan. Penelitian ini menganalisis dengan menggunakan simulasi dan studi perbandingan untuk mengevaluasi kinerja *Swiss Rectifier* pada pengembangan pengisian daya baterai untuk kendaraan listrik.

*Rectifier* dalam operasi penyearahan listrik AC menjadi listrik DC menghasilkan harmonisa pada sisi *input* sistem pengisian kendaraan listrik [6]. Harmonisa merupakan fenomena kualitas daya yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan dari gelombang sinusoidal arus dan tegangan [7]. Besarnya harmonisa yang diperbolehkan pada sistem tenaga listrik diatur berdasarkan standarisasi IEEE Std 519-2014 [8].

Untuk penelitian membahas harmonisa dijelaskan (B. Chae dkk, 2015) membahas usulan strategi modulasi lanjutan untuk penyearah tipe *buck* tiga fase tiga sakelar yang digunakan dalam sistem pengisian daya kendaraan listrik. Strategi modulasi, yang disebut *Carrier Based PWM*, bertujuan untuk mereduksi harmonisa. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan analisis terperinci tentang strategi modulasi dan potensi aplikasinya dalam sistem pengisian daya kendaraan listrik. Ada juga (J. Guo dkk, 2018) membahas simulasi dan analisis karakteristik harmonik stasiun pengisian daya, serta cara mereduksinya. Penelitian ini memberikan wawasan tentang dampak pengisian daya kendaraan listrik pada jaringan listrik dan dapat membantu dalam pengembangan strategi untuk mengurangi dampak harmonisa yang dihasilkan.

Namun, penelitian terhadap harmonisa berdasarkan standarisasi IEEE Std 519-2014 dengan nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian terkait identifikasi besaran harmonisa berdasarkan standarisasi IEEE Std 519-2014 berdasarkan nilai THD pada stasiun pengisian kendaraan listrik dengan *Rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss rectifier*. Penelitian ini dilakukan dalam bentuk simulasi pada *software Simulink/MATLAB*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana variasi besaran harmonisa yang di hasilkan *rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss Rectifier* dengan berubahnya tingkat pembebanan?
2. Bagaimana menunjukkan dan membandingkan distorsi yang dihasilkan dari topologi *rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss Rectifier* pada berbagai tingkat pembebanan?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi variasi nilai besaran harmonisa yang dihasilkan *rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss Rectifier* dengan berubahnya tingkat pembebanan.
2. Mendapatkan perbedaan dan perbandingan distorsi yang dihasilkan dari topologi *rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss Rectifier* dengan berubahnya tingkat pembebanan.

### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, diantaranya adalah:

1. Pemodelan dan simulasi menggunakan *software Simulink/MATLAB 2020a*.
2. Melakukan analisa harmonisa disisi *input rectifier* berdasarkan standarisasi IEE Std 519-2014 berdasarkan *Total Harmonic Distortion (THD)*
3. Level Pembebanan *Vienna* dan *Swiss Rectifier* disesuaikan dengan level pembebanan pada sistem peralatan pengisian kendaraan listrik sebesar 1-10kW.

### **1.5 Manfaat Penulisan**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

Penelitian ini akan memperlihatkan bagaimana variasi besaran harmonisa yang dihasilkan *rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss Rectifier* pada sistem peralatan pengisian kendaraan listrik, mendapatkan perbedaan, dan perbandingan distorsi yang dihasilkan dari topologi *rectifier* jenis *Vienna* dan *Swiss Rectifier* pada sistem peralatan pengisian kendaraan listrik dengan berubahnya tingkat pembebanan. Pelaksanaan analisis harmonisa dilakukan melalui simulasi dengan menggunakan *software Simulink/MATLAB* sehingga dapat menghemat waktu dan biaya tanpa harus merealisasikannya secara langsung.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika tertentu, sistematika laporan ini sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini mencakup tentang landasan teori yang mendukung yang berkaitan dengan penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini mencakup tentang metode penelitian yang digunakan, diagram alir (*flowchart*) berisi tahapan dalam pengerjaan tugas akhir ini dimulai dari literatur, pengumpulan data di lapangan, dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini terdiri dari hasil yang diperoleh berupa perancangan, hasil analisa kelayakan finansial, dan pembahasan mengenai hasil.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Terdiri dari kesimpulan penelitian yang dilakukan dan saran untuk kesempurnaan dan lanjutan dari penelitian

### **DAFTAR PUSTAKA**

