

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menghadapi era perdagangan bebas dan meningkatnya persaingan di sektor industri, setiap perusahaan dituntut untuk menyesuaikan diri dengan perkembangan yang terjadi. Oleh karena itu, perusahaan perlu merancang serta menerapkan strategi yang efektif dan efisien guna mencapai tujuan yang diharapkan. Salah satu indikator keberhasilan suatu perusahaan dapat dilihat dari kemampuannya dalam memberikan pelayanan yang optimal kepada pelanggan, baik dalam sektor produksi maupun jasa. Dalam sektor jasa, kepuasan pelanggan dapat ditingkatkan melalui berbagai upaya, salah satunya dengan mengurangi gangguan layanan. PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero mengupayakan mengurangi gangguan layanan berupa meminimalkan pemadaman listrik yang menjadi aspek yang sangat penting agar aktivitas masyarakat dan dunia usaha berjalan dengan lancar (Murin, 2017).

Pada tahun 1972, berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18, Perusahaan Listrik Negara (PLN) ditetapkan sebagai Perusahaan Umum Listrik Negara dan diberikan mandat sebagai Pemegang Kuasa Usaha Ketenagalistrikan (PKUK) dengan tanggung jawab utama menyediakan tenaga listrik untuk kepentingan masyarakat. Seiring dengan kebijakan pemerintah yang membuka peluang bagi sektor swasta untuk terlibat dalam bisnis penyediaan listrik, pada tahun 1994 status PLN mengalami perubahan dari Perusahaan Umum menjadi Perusahaan Perseroan (Persero). Meskipun demikian, PLN tetap menjalankan perannya sebagai PKUK dalam menyediakan listrik bagi kepentingan umum hingga saat ini (PT PLN (Persero), 2025). Saat ini, listrik berperan penting dalam kehidupan masyarakat, tidak hanya sebagai sumber penerangan, tetapi juga sebagai energi utama dalam berbagai aktivitas operasional, termasuk pengelolaan jaringan komunikasi, informasi di perkantoran, sektor industri, serta kebutuhan rumah tangga. Di era modern, listrik telah menjadi kebutuhan dasar yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia, dimana hal tersebut membuat ketergantungan terhadap energi ini semakin tinggi (Silalahi, Purba, & Jamaluddin, 2022).

Gardu induk merupakan komponen penting dalam sistem kelistrikan di Indonesia yang berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik. Di dalamnya terdapat berbagai peralatan pendukung yang menunjang operasionalnya. Untuk memastikan stabilitas peralatan tersebut, diperlukan pemeliharaan rutin secara berkala. Pemeliharaan menjadi aspek krusial dalam pengoperasian sistem transmisi tenaga listrik karena dengan perawatan yang teratur, peralatan dapat

tetap berfungsi dengan optimal. Hal ini tidak hanya memastikan distribusi energi listrik kepada konsumen berjalan dengan baik, tetapi juga mengurangi risiko kerusakan pada peralatan yang memiliki nilai investasi tinggi, sehingga pemeliharaan berkala menjadi suatu kewajiban (Pranomo, 2019).

Berdasarkan Informasi yang peneliti peroleh di PLN UIP Sumbagsel, terdapat 13 gardu induk yang tersebar pada berbagai lokasi di Kota Palembang. Pemeliharaan gardu induk di PT PLN UIP Sumbagsel terdiri dari beberapa jenis, yaitu pemeliharaan preventif, pemeliharaan darurat, pemeliharaan korektif, serta pemeliharaan prediktif. Pada penelitian ini berfokus pada pemeliharaan preventif, dimana pemeliharaan ini bertujuan mencegah kerusakan mendadak dengan perawatan berkala sesuai jadwal. Tujuannya mengoptimalkan usia teknis dan menjaga performa peralatan. Pelaksanaan mengikuti jadwal dan panduan pabrikan, dengan standar operasional berdasarkan pengalaman dan prosedur industri. Secara umum pemeliharaan ini dilakukan setiap 6 bulan hingga 1 tahun sekali. Selama ini, pemeliharaan preventif oleh PT PLN Sumbagsel dilakukan secara acak pada 13 gardu induk.

Salah satu tantangan utama yang dihadapi dalam proses pemeliharaan gardu induk adalah bagaimana menentukan rute perjalanan yang paling optimal bagi tim teknisi, sehingga mereka dapat menjangkau setiap lokasi gardu induk dengan waktu yang sesingkat mungkin, biaya operasional yang minimal, serta pemanfaatan sumber daya yang efisien. Banyaknya gardu induk yang tersebar di berbagai lokasi membuat pemeliharaan harus dilakukan secara terjadwal. Pemilihan rute yang kurang optimal dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti keterlambatan dalam pelaksanaan pemeliharaan yang berisiko mengurangi keandalan sistem kelistrikan, meningkatnya biaya operasional akibat penggunaan bahan bakar dan tenaga kerja yang tidak efisien, serta potensi gangguan terhadap stabilitas pasokan listrik yang dapat berdampak pada pelanggan di berbagai sektor (Murin, 2017). Oleh karena itu, diperlukan suatu metode atau pendekatan yang mampu mengoptimalkan jalur pemeliharaan agar seluruh gardu induk dapat ditangani dengan efektif, sehingga kualitas layanan kelistrikan tetap terjaga dan operasional perusahaan dapat berjalan secara lebih efisien.

Penyelesaian permasalahan terkait optimasi rute pemeliharaan gardu induk, diperlukan suatu metode pencarian solusi yang tidak hanya efektif tetapi juga mampu memberikan hasil yang optimal dalam menentukan jalur terbaik bagi tim teknisi. Penelitian ini akan menggunakan dua pendekatan yaitu pendekatan heuristik dan analitik.

Penelitian ini menggunakan pendekatan heuristik dengan menggunakan algoritma *Steepest Ascent Hill Climbing* (SAHC). Algoritma *Steepest Ascent Hill Climbing* merupakan salah satu teknik optimasi dalam bidang matematika yang termasuk dalam pendekatan *local search*. Pendekatan ini disebut demikian karena pencarian solusi hanya dilakukan pada sejumlah state yang berada di sekitar posisi saat ini. Setelah sebuah state dipilih karena dianggap paling baik di antara yang tersedia, proses pencarian akan berlanjut berdasarkan state tersebut, hingga mencapai tujuan akhir (goal). Dengan kata lain, begitu satu jalur telah dipilih, jalur-jalur alternatif tidak akan dipertimbangkan kembali. Oleh karena itu, *Steepest Ascent Hill Climbing* dianggap sebagai metode pencarian yang cepat, karena hanya mengevaluasi sebagian kecil kemungkinan, khususnya yang dianggap menjanjikan dan mengabaikan alternatif lain di luar penilaian tersebut (Abraham, Permana, Nugraha, Alvian, & Hanif, 2015). Penelitian lain (Nurhasannah, Umaroh, & Ghoniyyah, 2021) juga menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengujian sistem, metode *Steepest Ascent Hill Climbing* yang diterapkan dalam penelitian tersebut dapat digunakan untuk menentukan rute paling efektif atau tercepat. Metode ini diimplementasikan menggunakan graf tidak berarah dalam proses pemilihan jalur optimal untuk perpindahan antar tempat wisata.

Selain menggunakan pendekatan heuristik, penelitian ini juga menggunakan pendekatan analitik yaitu metode *Binary Integer Linear Programming*. Pendekatan analitik berbasis perhitungan matematis yang sistematis dan logis. Biasanya menghasilkan solusi optimal, karena ruang solusi dianalisis secara lengkap. Pendekatan analitik memberikan hasil berupa solusi eksak. Untuk mendapatkan solusi eksak pada masalah ini, diperlukan algoritma yang menghitung semua kemungkinan rute yang mungkin terjadi, lalu memilih rute dengan jarak paling pendek. Namun, cara ini membuat waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan algoritma menjadi sangat lama, karena jumlah perhitungannya akan bertambah sangat banyak seiring dengan bertambahnya jumlah titik yang harus dikunjungi. Penyelesaian secara eksak terhadap permasalahan ini memerlukan algoritma yang menghitung seluruh kemungkinan rute yang dapat terbentuk, kemudian memilih rute dengan total bobot minimum. Hal tersebut menyebabkan kompleksitas waktu komputasi meningkat secara eksponensial terhadap ukuran data masukan. Sebagai contoh, apabila terdapat n kota yang harus dikunjungi, maka jumlah rute yang perlu dianalisis dapat mencapai $\frac{(n-1)!}{2}$. Akibatnya, waktu pemrosesan akan meningkat tajam seiring bertambahnya jumlah kota. Permasalahan semacam ini dikategorikan ke dalam kelas masalah *Nondeterministic Polynomial-time Complete* (NP-Complete), yaitu

masalah yang secara teoritis sulit diselesaikan secara optimal dalam waktu komputasi yang terbatas (Simbolon & Zarlis, 2017). Dalam permasalahan *Binary Linear Integer Programming*, variabel keputusan hanya dapat bernilai 0 atau 1. Dalam penerapannya pada kehidupan sehari-hari, metode ini sering digunakan dalam pengambilan keputusan, di mana nilai 1 menunjukkan pilihan “ya” dan nilai 0 berarti “tidak” terhadap suatu opsi yang tersedia (Paillin & Tupan, 2020). Berdasarkan hal diatas, penting untuk melakukan pengkajian terhadap kedua pendekatan dengan kasus yang sama.

Pengoptimalan rute pemeliharaan gardu induk di Kota Palembang dimulai dengan membuat pemodelan graf terhadap lokasi gardu induk. Graf yang digunakan dalam penelitian ini adalah graf lengkap tak berarah dan memiliki bobot, dimana setiap pasangan verteks yang berbeda di graf tersebut terhubung oleh sebuah sisi. Bobot dalam graf ini adalah jarak tempuh antara masing-masing gardu induk, yang dimana gardu induk tersebut diwakili oleh verteks. Pendekatan matematika diatas diharapkan dapat meminimalkan jarak tempuh, yang berdampak pada pengurangan biaya operasional dan peningkatan efisiensi pemeliharaan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian berjudul **“Pencarian Rute Pemeliharaan Optimal dengan Menerapkan Algoritma Steepest Ascent Hill Climbing (SAHC) Dan Pemodelan Binary Integer Linear Programming (BILP) (Studi Kasus: Gardu Induk di Kota Palembang)”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang akan diulas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model graf dari lokasi gardu induk di Kota Palembang?
2. Bagaimana rute optimal untuk pemeliharaan gardu induk di Kota Palembang dengan menggunakan algoritma *Steepest Ascent Hill Climbing* (SAHC)?
3. Bagaimana rute optimal untuk pemeliharaan gardu induk di Kota Palembang dengan menggunakan pemodelan *Binary Integer Linear Programming* (BILP)?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, maka diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Membangun model graf terhadap jarak antar gardu induk di Kota Palembang.
2. Menemukan rute optimal untuk pemeliharaan gardu induk di Kota Palembang dengan menggunakan algoritma *Steepest Ascent Hill Climbing* (SAHC).

3. Menemukan rute optimal untuk pemeliharaan gardu induk di Kota Palembang dengan menggunakan pemodelan *Binary Integer Linear Programming* (BILP).

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Manfaat yang dapat diperoleh oleh penulis adalah penelitian ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk menerapkan ilmu Teori Graf, khususnya dalam pencarian rute optimal menggunakan algoritma *Steepest Ascent Hill Climbing* (SAHC) dan pemodelan *Binary Integer Linear Programming* (BILP). Hasilnya diharapkan dapat meningkatkan efisiensi waktu tempuh teknisi dan mengurangi biaya operasional dalam pemeliharaan gardu induk.

2. Bagi PLN Unit Induk Pembangunan (UIP) Sumatera Bagian Selatan

Manfaat bagi PLN Unit Induk Pembangunan (UIP) Sumatera Bagian Selatan, yaitu penelitian ini dapat menjadi referensi bagi PLN dalam mengoptimalkan rute pemeliharaan gardu induk di Kota Palembang. Dengan menerapkan algoritma SAHC dan BILP, efisiensi waktu tempuh teknisi meningkat, dan biaya operasional dapat dikurangi.

3. Bagi Pembaca

Manfaat bagi pembaca adalah Penelitian ini menambah wawasan tentang penerapan Teori Graf dalam optimasi rute, khususnya dalam pemeliharaan gardu induk. Pembaca dapat memahami bagaimana algoritma SAHC dan BILP membantu merencanakan rute teknisi agar lebih efisien dan hemat biaya.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini, digunakan graf lengkap tak berarah dan memiliki bobot dengan gardu induk sebagai verteks (*node*), jalan yang dilalui sebagai sisi (*edge*), serta jarak tempuh antar gardu induk sebagai bobot (*edge weight*). Setiap pasangan gardu induk yang berbeda diwakili oleh dua verteks (*node*) yang terhubung dengan satu sisi (*edge*) tanpa arah. Hal ini berarti jarak tempuh antara dua gardu induk dianggap sama, terlepas dari arah perjalanan.
2. Pemeliharaan gardu induk diasumsikan dapat dilakukan dalam satu hari kerja, yang berarti setiap rute yang dioptimalkan harus memungkinkan seluruh gardu induk dapat dijangkau dalam satu hari. Jika total waktu pemeliharaan melebihi satu hari kerja, maka pemeliharaan akan dilaksanakan di hari berikutnya. Pemilihan rute dilakukan dengan

memperhitungkan jarak tempuh dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya.

3. Terdapat 13 gardu induk yang tersebar di beberapa lokasi di Kota Palembang. Setiap gardu induk tersebut akan diwakili oleh verteks dalam graf lengkap berbobot tak berarah, dan jarak tempuh antar verteks diukur berdasarkan jarak fisik atau waktu yang diperlukan untuk mencapai gardu induk tersebut.
4. Kriteria optimasi dalam penelitian ini hanya berfokus pada pengoptimalan jarak tempuh sebagai ukuran utama dalam menentukan rute optimal bagi tim pemeliharaan. Faktor lain seperti kondisi jalan, kemacetan lalu lintas, atau faktor cuaca tidak menjadi pertimbangan utama.
5. Pemeliharaan dilakukan oleh satu tim teknisi yang bertanggung jawab untuk menangani seluruh gardu induk dalam satu hari kerja. Tidak ada pembagian tugas kepada beberapa tim atau pemeliharaan tidak dilakukan secara serentak oleh beberapa tim teknisi.
6. Penelitian ini menggunakan data jarak tempuh yang diperoleh dari sumber sekunder (*Google Maps*). Perubahan dinamis seperti penutupan jalan atau perubahan rute mendadak tidak diperhitungkan dalam simulasi optimasi.
7. Penelitian ini bersifat simulasi dan tidak menguji penerapan langsung di lapangan. Evaluasi keberhasilan metode hanya dilakukan berdasarkan hasil perhitungan matematis dan analisis terhadap jalur yang dihasilkan oleh algoritma *Steepest Ascent Hill Climbing* (SAHC) dan *Binary Integer Linear Programming* (BILP).