



ANALISIS EFISIENSI PENERAPAN LEG EXTENSION TOWER PADA KONSTRUKSI SUTT 150 KV MANNA-BINTUHAN

Rahma Doni^{*}, Herri Purwanto, Agus Setiobudi

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Palembang

^{*}Corresponding Author, Email : rahma.doni14012012@gmail.com

ABSTRAK

Proyek Pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan bertujuan meningkatkan keandalan sistem ketenagalistrikan, khususnya di Kabupaten Kaur dan umumnya di Provinsi Bengkulu, yang melintasi Kabupaten Bengkulu Selatan dan Kaur. Tantangan utama proyek ini adalah kondisi geografis berupa lereng dan perbukitan yang tidak ideal untuk pembangunan pondasi tower. Umumnya digunakan metode Cut and Fill, namun metode ini mengganggu stabilitas alami lereng, berisiko longsor, dan memerlukan Dinding Penahan Tanah (DPT) dalam volume besar. Permasalahan ini dianalisis menggunakan metode Root Cause Problem Solving (RCPS) untuk mencari solusi yang tepat. Evaluasi dilakukan pada tower-tower di lokasi kritis, seperti Tower No. 02, 31, 34, 125, 156, dan 179, guna mempertimbangkan alternatif teknis selain Cut and Fill. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan metode Leg Extension Tower lebih efektif dibandingkan metode Cut and Fill, baik dari segi mutu, waktu, maupun biaya, serta lebih menjaga stabilitas lereng. Pendekatan ini diharapkan dapat mengoptimalkan penyelesaian proyek dan mengurangi risiko kerusakan lingkungan akibat gangguan pada topografi alami.

Kata Kunci : *Root Cause Problem Solving (RCPS), Leg Extention Tower, Cut and Fill.*

ABSTRACT

The 150 kV Manna–Bintuhan Transmission Line (SUTT) development project aims to enhance the reliability of the electricity system, particularly in Kaur Regency and generally in Bengkulu Province, passing through the administrative areas of South Bengkulu and Kaur Regencies. The main challenge in this project is the unfavorable geographical conditions, which consist of slopes and hilly terrain that complicate the construction of tower foundations. The commonly used Cut and Fill method tends to disrupt the natural stability of slopes, increasing the risk of landslides and requiring large volumes of Retaining Walls (DPT). These construction issues were analyzed using the Root Cause Problem Solving (RCPS) method to identify appropriate solutions. Evaluations were conducted on towers located in critical areas, such as Tower No. 02, 31, 34, 125, 156, and 179, to explore alternative technical options beyond the Cut and Fill method. The evaluation results showed that the Leg Extension Tower method is more effective compared to Cut and Fill in terms of quality, time, and cost, while also better preserving slope stability. This approach is expected to optimize project completion and reduce the risk of environmental damage due to disruption of the natural topography.

Keywords : *Root Cause Problem Solving (RCPS), Leg Extention Tower, Cut and Fill.*

PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang ketenagalistrikan dan menjadi pelaku utama dalam penyediaan energi listrik di Indonesia. Seiring meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi, kebutuhan masyarakat terhadap listrik juga terus meningkat setiap tahunnya. Untuk menjamin keandalan pasokan listrik, PT PLN (Persero) membentuk beberapa Unit Induk, salah satunya adalah Unit Induk Pembangunan (UIP) yang bertugas melaksanakan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan. UIP menugaskan Unit Pelaksana Proyek (UPP) untuk mengelola dan mengawasi pelaksanaan proyek pembangunan pembangkit serta jaringan transmisi dan gardu induk.

Pembangunan jaringan transmisi, khususnya Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), menjadi komponen penting dalam memastikan distribusi listrik yang stabil dan merata di seluruh wilayah Indonesia. Berdasarkan Laporan Statistik PT PLN (Persero) Tahun 2023, rasio elektrifikasi nasional telah mencapai 98,33%, dengan peningkatan jumlah pelanggan rumah tangga dari 78.328.012 pada akhir 2022 menjadi 81.556.202 pelanggan pada akhir 2023. Namun demikian, beberapa wilayah masih menghadapi kendala dalam hal keandalan dan kontinuitas pasokan listrik. Proyek pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan merupakan salah satu proyek strategis yang bertujuan untuk meningkatkan stabilitas sistem ketenagalistrikan di Provinsi Bengkulu, khususnya di Kabupaten Kaur.

Kendala utama dalam pembangunan proyek ini adalah kondisi geografis yang tidak ideal, berupa lereng curam dan daerah perbukitan. Topografi yang tidak merata menyulitkan pembangunan tapak tower, khususnya jika menggunakan metode *cut and fill* yang umum dipakai. Metode ini cenderung mengganggu kestabilan lereng alami dan meningkatkan risiko longsor, sehingga seringkali memerlukan tambahan konstruksi berupa Dinding Penahan Tanah (DPT) dalam volume besar, yang berdampak pada meningkatnya biaya dan waktu pelaksanaan. Meski demikian, metode ini memiliki keunggulan dari sisi efisiensi desain karena menggunakan tipe tower standar tanpa perlu modifikasi struktur.

Sebagai solusi terhadap kendala tersebut, diterapkan teknologi *leg extension tower*, yaitu perpanjangan kaki tower untuk menyesuaikan elevasi tapak yang tidak rata. Menurut Abdelfattah et al. (2020), *leg extension tower* berfungsi untuk mendukung kestabilan struktur tower terutama di daerah dengan kontur tanah yang kompleks. *Leg extension* dinilai mampu memberikan fleksibilitas dalam desain struktur, efisiensi material, serta pengurangan kebutuhan lahan untuk DPT (Rajalakshmi et al., 2018). Berdasarkan Standar PLN SPLN T5.0114-1 Tahun 2021, panjang *leg extension tower* diperbolehkan antara -2 meter hingga +4 meter. Namun demikian, metode ini juga menuntut adanya desain khusus dan koordinasi teknis tambahan yang berdampak pada waktu serta biaya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan metode *leg extension tower* pada pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan, khususnya pada tower yang berada di lokasi dengan kemiringan tinggi, seperti Tower No. 02, 31, 34, 125, 156, dan 179. Dengan membandingkan metode *leg extension tower* dengan metode *cut and fill*, penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode yang paling optimal dari segi mutu, waktu, dan biaya, serta mendukung keberhasilan proyek secara keseluruhan.

Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini antara lain: (1) Penelitian

Aprianto (2020) tentang analisis topografi untuk desain sagging SUTT 150 kV di Bangkalan, yang menyimpulkan daerah survei memiliki elevasi +3 m sampai +57 m dan kemiringan yang relatif sedikit; (2) Penelitian Rajalakshmi et al. (2018) tentang analisis dan desain menara sirkuit ganda 110kV dengan ekstensi untuk mencapai jarak bebas vertikal menggunakan STAAD Pro V8i, yang menekankan pentingnya desain menara optimal untuk penghematan biaya; (3) Penelitian Fan et al. (2018) tentang dampak pergeseran pondasi pada degradasi kekuatan dan kerusakan elemen menara transmisi; (4) Penelitian Shea & Smith (2006) tentang optimasi topologi dan bentuk untuk meningkatkan efisiensi desain menara transmisi; dan (5) Penelitian Sukmawati & Budiman (2023) tentang analisis keandalan sistem distribusi 20 kV menggunakan metode *Root Cause Problem Solving* (RCPS) dengan parameter SAIDI, SAIFI, dan CAIDI.

Parameter keberhasilan suatu proyek dapat dilihat melalui efektivitas waktu dan biaya serta kualitas yang dihasilkan. Menurut Berampu (2014), efektif tidaknya pelaksanaan suatu proyek telah ditentukan melalui kriteria *triple constraint* yang meliputi: (1) kesesuaian besar biaya yang dikeluarkan dengan anggaran, (2) kesesuaian waktu penyelesaian dengan jadwal, dan (3) kesesuaian kinerja mutu pekerjaan dengan spesifikasi proyek

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama: pusat pembangkit, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Sistem transmisi listrik tegangan tinggi berperan sebagai tulang punggung infrastruktur ketenagalistrikan (Syahputra, 2021). Berdasarkan Laporan Statistik PT PLN (Persero) Tahun 2023, jaringan transmisi yang dioperasikan mencapai 87.691,48 kms, termasuk SUTT 150 kV sepanjang 69.075,92 kms. Pengembangan jaringan SUTT 150 kV menjadi perhatian dalam RUPTL PT PLN 2021-2030. SUTT didefinisikan sebagai saluran udara dengan kawat telanjang bertegangan di atas 35 kV sampai 245 kV (SPLN T5.0114-1, 2021). Standarisasi desain dan keamanan mengacu pada SNI dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2021. Implementasi teknologi seperti *Smart Grid* dan SCADA meningkatkan monitoring dan keandalan sistem. Aspek lingkungan juga dipertimbangkan, dimana SUTT 150 kV relatif efisien dalam penggunaan lahan (AMDAL).

Menurut Purwanto & Rifalka (2016), konstruksi tower merupakan kombinasi besi baja yang membentuk kerangka monolitik, dengan desain pondasi yang dipengaruhi jenis tower dan kondisi tanah. Berdasarkan Sofyan et al. (2018) dan Zakiah et al. (2019), jenis konstruksi tower berdasarkan fungsinya meliputi: (1) Tower Penegang (Tension Tower) yang terdiri dari Tower Sudut/*Angle* dan Tower Akhir/*Dead End*; (2) Tower Penyangga/*Suspension*; (3) Tower Penyekat/*Section*; (4) Tower; (5) Tower Portal/*Gantry*; dan (6) Tower Kombinasi. Semua gambar ilustrasi jenis tower merujuk pada Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT dan SUTET PT. PLN.

Kondisi geografis memainkan peran penting dalam perencanaan dan pembangunan SUTT. Faktor yang perlu dipertimbangkan menurut (Aprianto, 2020) meliputi: (1) Topografi, (2) Tanah dan Batuan, (3) Aksesibilitas Lokasi, dan (4) Perizinan dan Peraturan Lingkungan. Untuk mengatasi kondisi geografis yang kurang ideal, ada dua metode utama: *cut and fill* dan penggunaan *Leg Extension Tower*. Metode *cut and fill* adalah teknik mengubah topografi dengan memotong (*cut*) tanah di area tinggi dan menimbun (*fill*) di area rendah untuk mencapai elevasi tertentu (Sarya & Maulana, 2022). Tujuannya adalah meratakan permukaan tanah dan menyediakan akses. Langkah-langkahnya meliputi: (1) Pengukuran dan Perencanaan (menggunakan Theodolite atau GPS); (2) Perhitungan

Volume; (3) Penggalian (*cut*); (4) Penimbunan (*fill*); (5) Pengendalian Erosi dan Drainase; (6) Kompaksi Material; dan (7) Pemantauan dan Penilaian. Biaya dan tantangan metode ini bervariasi tergantung kondisi proyek (Ariansyah et al., 2022).

Leg Extension adalah penambahan atau pengurangan panjang kaki tower dengan kelipatan 1 meter untuk lokasi dengan elevasi tanah tidak sama, cocok untuk daerah perbukitan dengan batasan ketinggiannya adalah -2 meter sampai +4 meter. Metode ini dapat meminimalisir *cut and fill* (Rajalakshmi et al., 2018). Kelebihan leg extension menurut Rajalakshmi et al. (2018) antara lain: (1) Adaptif di tanah tidak rata, (2) Lebih hemat biaya, (3) Mengurangi kebutuhan dinding penahan tanah, (4) Meningkatkan stabilitas, (5) Memungkinkan penyesuaian jarak bebas. Kekurangannya: (1) Meningkatkan kompleksitas analisis momen lentur dan gaya geser, (2) Membutuhkan perhitungan dan pemasangan teliti. Aspek yang perlu dianalisis terkait leg extension meliputi: (1) Modifikasi Panjang Leg Tower, (2) Kebutuhan List Material, dan (3) Stabilitas Struktur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan *leg extension* tower pada proyek pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghasilkan data empiris yang objektif dan dapat dianalisis secara statistik untuk membandingkan metode *leg extension tower* dengan metode konvensional *cut and fill* berdasarkan parameter teknis, waktu, dan biaya.

Metode analisis yang digunakan adalah *Root Cause Problem Solving (RCPS)* untuk mengidentifikasi akar permasalahan dalam pembangunan tower di area lereng serta menentukan solusi teknis yang tepat. Setiap solusi dievaluasi menggunakan matriks prioritas berdasarkan dua indikator utama: kemudahan implementasi dan dampak terhadap penyelesaian proyek. Skoring dilakukan dengan rentang nilai 1 (rendah) hingga 3 (tinggi), berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

Data yang digunakan terdiri dari data primer, yaitu hasil observasi lapangan dan angket kepada personel proyek (PLN UPP SBS 2, PLN Pusmanpro UPMK III, dan kontraktor), serta data sekunder, berupa gambar desain, *approval leg extension*, kontur tapak tower, dan data kontrak.

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas dua metode konstruksi pondasi tower, yaitu metode *cut and fill* dan metode *leg extension tower*, dengan fokus pada parameter volume pekerjaan, estimasi waktu pelaksanaan, dan biaya berdasarkan harga satuan dalam kontrak proyek.

Analisis Metode Cut and Fill

Pada metode *cut and fill*, simulasi dilakukan berdasarkan data ukur lapangan dan gambar potongan tapak tower untuk enam titik lokasi (Tower No. 02, 31, 34, 125, 156, dan 179) dalam proyek pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan. Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak AutoCAD untuk memodelkan topografi dan perencanaan konstruksi. *Output* dari simulasi ini meliputi:

- a) Perhitungan volume pekerjaan tanah yang harus dipotong (*cut*) dan ditimbun (*fill*),
- b) Estimasi volume pekerjaan Dinding Penahan Tanah (DPT) yang diperlukan untuk menjaga kestabilan lereng.

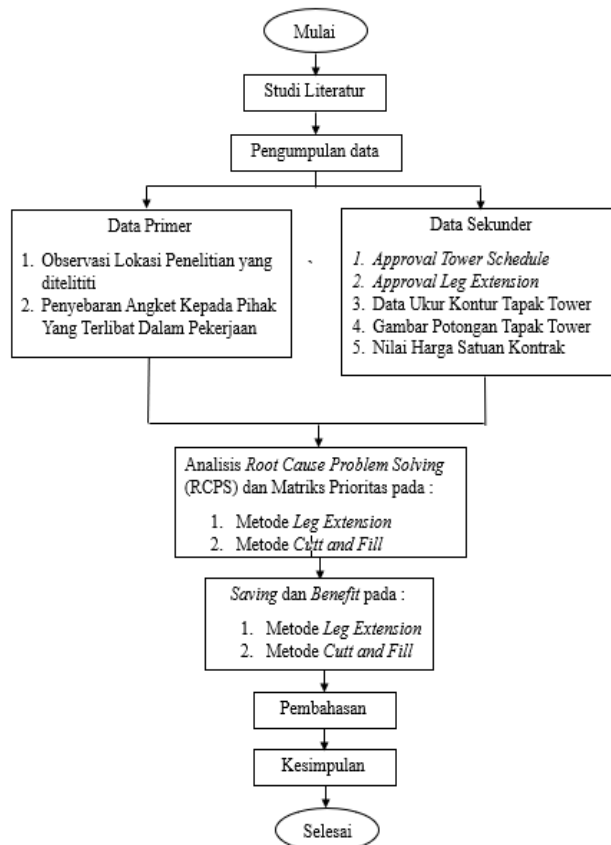
Selanjutnya, data volume tersebut digunakan untuk menghitung estimasi waktu pelaksanaan dan total biaya berdasarkan satuan harga pekerjaan dalam dokumen kontrak proyek.

Analisis Metode Leg Extension

Untuk metode *leg extension*, simulasi juga dilakukan menggunakan AutoCAD, dengan input data berupa gambar potongan tapak tower, data ukur lapangan, serta dokumen *approval leg extension tower* dari pihak perencana dan pelaksana proyek. Dari simulasi ini, dihitung:

- 1. Volume pekerjaan *cut and fill* yang tetap diperlukan meskipun menggunakan *leg extension*,
- 2. Volume pekerjaan DPT yang dapat diminimalkan melalui penyesuaian ketinggian kaki tower,
- 3. Berat material tambahan untuk komponen *leg extension tower* sesuai dokumen *approval*.

Data dari hasil simulasi digunakan untuk menghitung estimasi waktu pelaksanaan dan biaya konstruksi, termasuk penambahan biaya akibat material *leg extension tower*, lalu dibandingkan dengan metode konvensional *cut and fill* untuk menentukan metode yang lebih efektif secara teknis dan ekonomis.



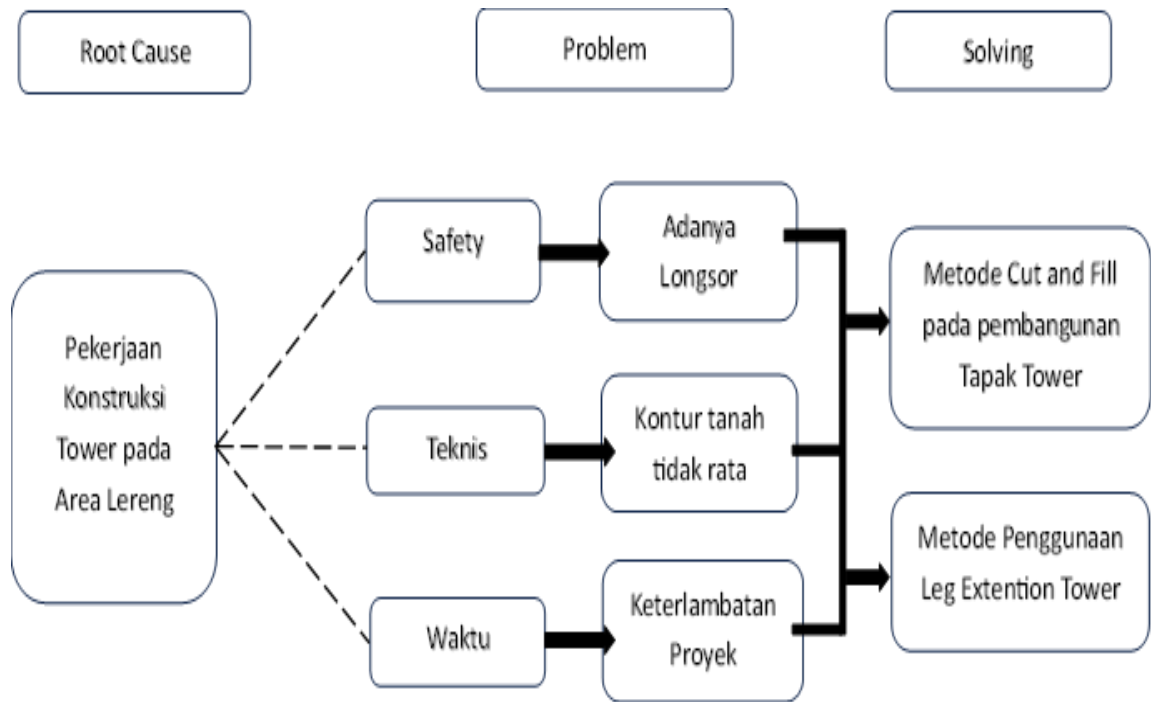
Gambar 1. Model Diagram Alir Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada enam tower kritis di wilayah perbukitan, yaitu Tower No. 02, 31, 34, 125, 156, dan 179, yang tersebar di Kabupaten Bengkulu Selatan dan Kabupaten Kaur, Provinsi Bengkulu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *Root Cause Problem Solving (RCPS)* digunakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan dalam pembangunan konstruksi tower pada area lereng curam dan perbukitan di proyek SUTT 150 kV Manna–Bintuhan. Analisis dilakukan berdasarkan data aktual di lapangan serta masukan dari tim pelaksana proyek, yaitu PLN UPP SBS 2, PLN Pusmanpro, dan kontraktor. Permasalahan utama yang ditemukan adalah kesulitan pembangunan konstruksi tower di area lereng, yang kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan pohon masalah (*problem tree*) untuk mengurai faktor-faktor penyebabnya.

Proses ini melibatkan kombinasi antara evaluasi teknis terhadap tower yang telah dibangun serta wawancara dengan beberapa responden dari berbagai pihak yang terlibat dalam proyek. Metode *Root Cause Problem Solving (RCPS)* membantu mengidentifikasi penyebab utama secara sistematis, serta merumuskan solusi efektif guna mencegah permasalahan serupa terulang. Metode ini juga memperkuat kemampuan analitis tim dalam pengambilan keputusan, sekaligus meminimalisasi pemborosan waktu dan sumber daya selama pelaksanaan proyek.



Gambar 2. Diagram Pohon Masalah Pada Pembangunan SUTT 150 kV Manna - Bintuhan

Berdasarkan diagram hasil analisis *Root Cause Problem Solving (RCPS)* pada pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan, ditemukan tiga faktor utama yang mempengaruhi permasalahan konstruksi tower di area lereng, yaitu: (1) aspek keselamatan, di mana kemiringan lereng menimbulkan risiko longsor yang membahayakan pekerja dan

infrastruktur; (2) aspek teknis, berupa ketidakrataan kontur tanah yang memerlukan tambahan konstruksi dinding penahan tanah (DPT) dalam volume besar; dan (3) aspek waktu, karena kondisi medan dan kebutuhan DPT tambahan menyebabkan keterlambatan signifikan dalam durasi pekerjaan konstruksi.

Analisis Matriks Prioritas

Untuk menentukan solusi yang paling efektif atas permasalahan konstruksi di area lereng, dilakukan analisis menggunakan matriks prioritas. Matriks ini membandingkan dua parameter utama: tingkat kemudahan implementasi dan tingkat dampak solusi terhadap penyelesaian masalah. Penilaian dilakukan oleh tiga pihak utama dalam proyek, yaitu PLN UPP SBS 2 (direksi pekerjaan), Pusmanpro (konsultan supervisi), dan PT Hasta Prajatama (kontraktor pelaksana).

Setiap solusi yang diusulkan dari hasil RCPS dianalisis menggunakan skala penilaian 1 hingga 3, dengan nilai 1 menunjukkan tingkat terendah dan 3 sebagai tertinggi. Penilaian didasarkan pada kondisi aktual lapangan dan ketersediaan fasilitas pendukung. Hasil dari analisis ini memberikan dasar pemilihan solusi yang tidak hanya berdampak besar terhadap penyelesaian masalah, tetapi juga realistis untuk diimplementasikan di lapangan. Matriks prioritas ini menjadi alat bantu pengambilan keputusan untuk memilih antara metode *cut and fill* atau *leg extension tower* dalam konteks geografis yang menantang.

Tabel 1. Penilaian Metode Solusi

| No | Metode Solusi | | Anggota Diskusi | | | | | | Rata - Rata |
|----|-------------------------------|---------------|-----------------|---|-----------|---|------------|---|-------------|
| | | | PLN UPP 2 | | Pusmanpro | | Kontraktor | | |
| | | | D | K | D | K | D | K | |
| 1 | <i>Cut and Fill/Levelling</i> | <i>safety</i> | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1.67 |
| 2 | | teknis | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1.50 |
| 3 | | waktu | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2.00 |
| 4 | <i>Leg Extention Tower</i> | <i>safety</i> | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3.00 |
| 5 | | teknis | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2.33 |
| 6 | | waktu | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2.83 |

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 2. Penilaian Skor Terkait Dampak Dan Kesulitan

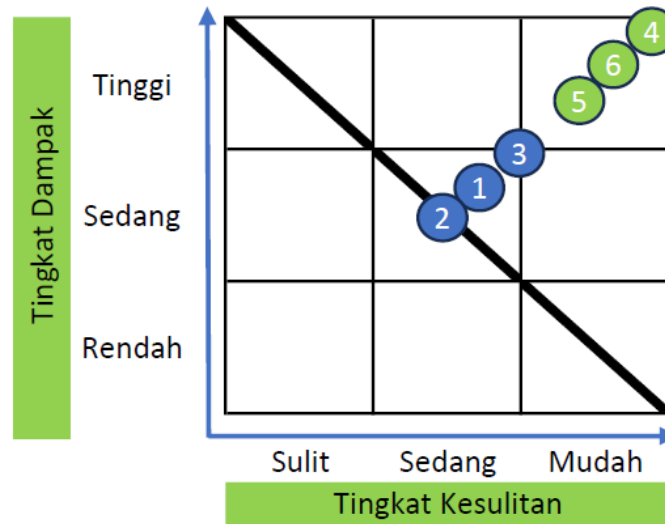
| Skor | Dampak | Kesulitan |
|------|--------|-----------|
| 3 | Tinggi | Mudah |
| 2 | Sedang | Sedang |
| 1 | Rendah | Sulit |

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 3. Rata-Rata Penilaian Skor Terkait Dampak Dan Kesulitan

| Metode | <i>Safety</i> | Teknis | Waktu | Rata-rata |
|---------------------|---------------|--------|-------|-----------|
| Cut and Fill | 1.67 | 1.50 | 2.00 | 1.72 |
| Leg Extension Tower | 3.00 | 2.33 | 2.83 | 2.72 |

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 3. Matriks Prioritas Penilaian Metode Solusi
 (Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025)

Berdasarkan hasil analisis matriks prioritas, metode *leg extension tower* menunjukkan keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan metode *cut and fill* pada tiga aspek utama: keselamatan, teknis, dan waktu. Metode *cut and fill* memperoleh skor rata-rata yang rendah pada aspek keselamatan (1,67) dan teknis (1,50), mengindikasikan tingginya risiko longsor serta kompleksitas pekerjaan tanah di area lereng. Dari sisi waktu, metode ini mendapat skor sedang (2,00), namun tetap memerlukan durasi pelaksanaan yang relatif panjang.

Sebaliknya, metode *leg extension tower* mencatat skor tertinggi pada aspek keselamatan (3,00), berkat pengurangan risiko longsor akibat minimnya pekerjaan penggalian. Aspek teknis memperoleh skor 2,33, menunjukkan implementasi yang lebih sederhana meskipun memerlukan penyesuaian desain. Pada aspek waktu, metode ini juga unggul dengan skor 2,83, mencerminkan efisiensi pelaksanaan yang lebih baik.

Dengan hasil evaluasi tersebut, metode *leg extension tower* dipilih sebagai solusi paling optimal untuk pembangunan tower pada enam lokasi lereng dalam proyek SUTT 150 kV Manna–Bintuhan.

Perhitungan Biaya Metode *Cut and Fill*

Tabel 4. Perhitungan Biaya Metode *Cut and Fill*

| Metode | Deskripsi | Satuan | Qty | Harga Satuan (Rp) | Total Price (Rp) |
|-------------------------------|------------------------|--------|----------|-------------------|-------------------------|
| <i>Cut and Fill/Levelling</i> | <i>Cut and Fill</i> | m3 | 2.613,99 | 159.460,00 | 416.826.845,40 |
| | DPT Pasangan batu kali | m3 | 1.528,49 | 2.321.490,00 | 3.548.374.250,10 |
| Total | | | | | 3.965.201.095,50 |

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025

Biaya *cut and fill* untuk total volume 2.613,99 m³ mencapai Rp 416.826.845,40. Biaya konstruksi DPT pasangan batu kali untuk volume 1.528,49 m³ mencapai Rp 3.548.374.250,10. Total biaya untuk metode *cut and fill* mencapai Rp 3.965.201.095,50.

Perhitungan Biaya Metode *Leg Extention Tower*

Tabel 5. Perhitungan Biaya Metode *Leg Extention Tower*

| Metode | Deskripsi | Satuan | Qty | Harga Satuan (Rp) | Total Price (Rp) |
|----------------------------|--|--------|----------|-------------------|------------------|
| <i>Leg Extention Tower</i> | Cut and Fil | m3 | 841,90 | 159.460,00 | 134.249.374,00 |
| | DPT Pasangan batu kali | m3 | 603,24 | 2.321.490,00 | 1.400.415.627,60 |
| | Pengadaan Material <i>Leg Extention Tower</i> | kg | 5.799,40 | 28.263,00 | 163.908.442,20 |
| | Pemasangan Material <i>Leg Extention Tower</i> | kg | 5.799,40 | 3.020,00 | 17.514.188,00 |
| Total | | | | | 1.716.087.631,80 |

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025

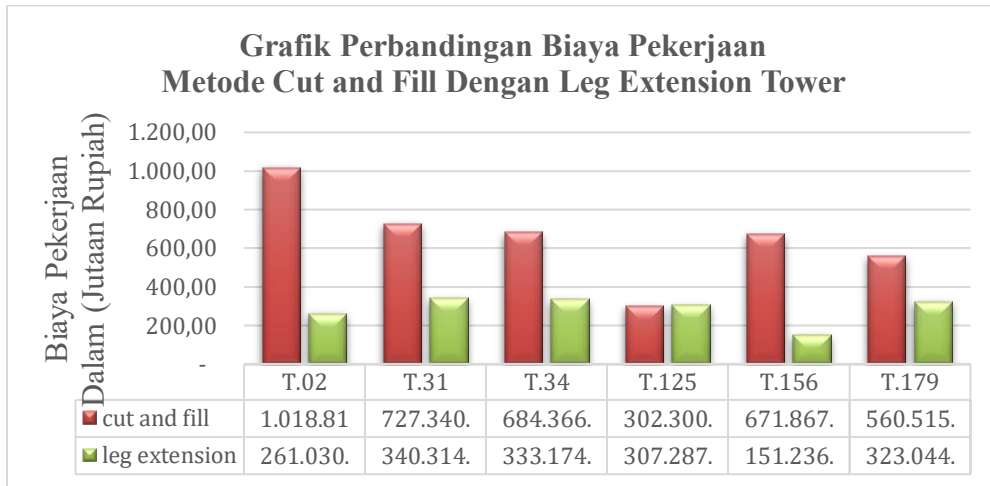
Biaya *cut and fill* untuk total volume 841,90 m³ mencapai Rp 134.249.374,00. Biaya konstruksi DPT untuk volume 603,24 m³ sebesar Rp 1.400.415.627,60. Untuk pengadaan material tambahan *leg extension tower* dengan berat 5.799,40 kg sebesar Rp 163.908.442,20 dan pemasangan material tambahan *leg extension tower* dengan berat 5.799,40 kg sebesar Rp 17.514.188,00. Total biaya untuk metode *leg extension tower* mencapai Rp 1.716.087.631,80.

Analisis Komparatif Biaya

Tabel 6. Perbandingan Biaya Metode *Cut and Fill* dengan *Leg Extention Tower*

| Komponen | Metode <i>Cut and Fill</i> (Rp) | Metode <i>Leg Extention Tower</i> (Rp) |
|--|---------------------------------|--|
| <i>Cut and Fill</i> | 416.826.845,40 | 134.249.374,00 |
| DPT Pasangan Batu Kali | 3.548.374.250,10 | 1.400.415.627,60 |
| Pengadaan Material <i>Leg Extention Tower</i> | - | 163.908.442,20 |
| Pemasangan Material <i>Leg Extention Tower</i> | - | 17.514.188,00 |
| Total Biaya | 3.965.201.095,50 | 1.716.087.631,80 |

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 4. Grafik Perbandingan Biaya Pekerjaan Metode Cut and Fill Dengan Leg Extension Tower

Perbandingan kedua metode menunjukkan bahwa implementasi *leg extension tower* menghasilkan efisiensi biaya yang signifikan sebesar Rp 2.249113.463,70 atau setara dengan penghematan 56,7% dari total biaya metode konvensional atau *Cut and Fill*. Selain itu, metode *leg extension tower* tidak hanya lebih ekonomis, tetapi juga mengurangi beban kerja lapangan secara drastis. Dampaknya adalah meningkatnya efisiensi logistik, lebih cepatnya waktu penyelesaian proyek, serta meningkatnya keselamatan kerja di lokasi konstruksi.

Efisiensi Waktu Pelaksanaan

Tabel 7. Perbandingan Kecepatan Pembangunan Konstruksi Tower

| Deskripsi | <i>Cut and Fill/Levelling</i> | <i>Leg Extension Tower</i> |
|---|-------------------------------|----------------------------|
| <i>Cut and Fill (m3)</i> | 2.613,99 | 841,90 |
| DPT (m3) | 1.528,49 | 603,24 |
| Hari Kerja (m3/hari) <i>Cut and Fill (hari)</i> | 40,00 | 40,00 |
| Hari Kerja (m3/hari) DPT (hari) | 15,00 | 15,00 |
| Total Hari Pekerjaan <i>Cut and Fill (hari)</i> | 65,35 | 21,05 |
| Kerja Pekerjaan DPT (hari) | 101,90 | 40,22 |

Note :
 - 1 team (10 orang) - Metode *Cut and Fill/Levelling*
 - 1 team (10 orang) - Metode *Leg Extension Tower*

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2025

Analisis produktivitas menunjukkan bahwa metode *leg extension tower* menghasilkan percepatan signifikan dalam durasi pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan asumsi kapasitas kerja standar 40 m³/hari (pekerjaan *cut and fill*) dan 15 m³/hari (pekerjaan DPT) untuk satu tim yang terdiri dari 10 orang pekerja, pekerjaan *cut and fill* dengan metode konvensional atau *cut and fill* memerlukan waktu 65,35 hari, sementara dengan metode *leg extension tower* hanya memerlukan 21,07 hari, menghasilkan percepatan 67,8%.

Untuk pekerjaan konstruksi DPT, metode konvensional atau *cut and fill* memerlukan 101,90 hari, sementara metode *leg extension tower* hanya membutuhkan 40,22 hari, menghasilkan percepatan 60,5%. Percepatan ini berdampak positif terhadap jadwal

penyelesaian proyek secara keseluruhan dan mengurangi risiko keterlambatan yang dapat mengakibatkan penalti kontraktual.

Metode *cut and fill* membutuhkan waktu lebih lama karena melibatkan berbagai tahapan yang kompleks, mulai dari penggalian, pemindahan material, penimbunan, pemadatan, hingga pembangunan struktur pendukung seperti DPT yang sangat besar volumenya. Selain itu, metode ini sangat bergantung pada kondisi cuaca karena pekerjaan tanah tidak bisa dilaksanakan secara optimal saat musim hujan.

Sebaliknya, metode *leg extension tower* mengandalkan prefabrikasi dan perakitan komponen struktural, yang dapat dipersiapkan lebih awal dan dipasang dalam waktu singkat. Hal ini memungkinkan pelaksanaan pekerjaan yang lebih terprediksi dan minim gangguan. Dengan demikian, target waktu proyek dapat lebih mudah dicapai, bahkan berpotensi untuk dipercepat dibandingkan jadwal yang telah direncanakan sebelumnya. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *leg extension tower* merupakan solusi konstruksi yang lebih efektif dibandingkan metode *cut and fill* dalam pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan, terutama pada area lereng dan perbukitan. Metode *cut and fill* memerlukan pekerjaan tanah masif dan konstruksi tambahan seperti dinding penahan tanah (DPT), yang meningkatkan risiko longsor, durasi pekerjaan, dan biaya

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *leg extension tower* merupakan solusi konstruksi yang lebih efektif dibandingkan metode *cut and fill* dalam pembangunan SUTT 150 kV Manna–Bintuhan, terutama pada area lereng dan perbukitan. Metode *cut and fill* memerlukan pekerjaan tanah masif dan konstruksi tambahan seperti dinding penahan tanah (DPT), yang meningkatkan risiko longsor, durasi pekerjaan, dan biaya.

Sebaliknya, metode *leg extension tower* menawarkan pendekatan yang lebih fleksibel dan efisien. Dari segi mutu, metode ini menjaga stabilitas struktur dengan menyesuaikan tinggi kaki tower terhadap kontur asli tanah. Dari aspek waktu dan biaya, metode ini mampu mengurangi kompleksitas pekerjaan dan menghasilkan efisiensi biaya lebih dari 50%, dengan penghematan total sebesar Rp 2,24 miliar untuk enam titik tower. Selain itu, metode ini juga lebih aman bagi pekerja dan minim dampak terhadap lingkungan karena mengurangi gangguan terhadap kontur alam.

Secara keseluruhan, *leg extension tower* terbukti sebagai metode konstruksi yang lebih unggul untuk proyek transmisi listrik di wilayah dengan topografi ekstrem.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelfattah, R., Wang, X., & Wang, S. (2020). *TTPLA: An Aerial-Image Dataset for Detection and Segmentation of Transmission Towers and Power Lines*. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 12627 LNCS, 601–618.
- Aprianto, P. D. (2020). *Studi Topografi Untuk Analisis Desain Sutt 150 Kv Di Bangkalan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ariansyah, A., Yulianto, Y., & Permana, E. S. (2022). *Pelaksanaan Pekerjaan Cut and Fill Pada Proyek Pembangunan Kawasan PT. Plie Kerawang Jawa Barat*. Jurnal Teknik, 6(2), 18–28.

- Berampu, L. T. (2014). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efektivitas Waktu Proyek Dan Dampaknya Terhadap Efektivitas Biaya Proyek Konstruksi (Studi Kasus: PT PAN Pasific Nesia Subang – Jawa Barat)*. 1(1), 9–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.31289/jkbm.v1i1.1396>
- Fan, Y., Mizoe, H., Masuda, M., Yamakawa, Y., & Ikeda, K. (2018). *Effect of Foundation Displacement on Strength Degradation and Member Damage of Electric Transmission Tower*. 14–17.
- Purwanto, H., & Rifalka, F. (2016). *Perbandingan Desain Kekuatan Struktur Dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Tower BTS Dengan Menggunakan Baja Profil Siku Dan Profil Pipa*. *Jurnal Deformasi*, 1(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.31851/deformasi.v1i2.916>
- Rajalakshmi, G., Shanmugavelu, V. A., & Ambalavanan, R. (2018). *Analysis and design of angle / tension type double circuit tower for 110kV transmission Line with extension for railway line crossing to achieve vertical clearance using STAAD Pro V8i*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 7(4), 3566–3580. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2018.0704050>
- Sarya, G., & Maulana, R. A. (2022). *Analisis Produktivitas Alat Berat Proyek Cut and Fill Pada Cluster Silver Sand Tahap 1 Puncak Tidar Malang*. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 5(1), 252. <https://doi.org/10.31602/jk.v5i1.7525>
- Shea, K., & Smith, I. F. C. (2006). *Improving Full-Scale Transmission Tower Design through Topology and Shape Optimization*. *Journal of Structural Engineering*, 132(5), 781–790. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(2006\)132:5\(781\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(2006)132:5(781))
- Sofyan, M., Purnama, D. D., & Rokhman, A. (2018). *Perilaku Struktur Tower Transmisi Tipe Suspension Terhadap Beban Angin*. *Forum Mekanika*, 7(1), 13–19. <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v7i1.90>
- Sukmawati, & Budiman, A. (2023). *Analysis of The Reliability of The 20kV Distribution System of PT PLN (Persero) ULP Tarakan Using Root Cause Problem Solving Methods*. *Journal of Emerging Supply Chain, Clean Energy, and Process Engineering*, 2(2), 145–159. <https://doi.org/10.57102/jescee.v2i2.70>
- Syahputra, R. (2021). *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*.
- Zakiah, S. S., Oemar, F., & Widayatie, S. (2019). *Perancangan Struktur Menara Transmisi Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi Kombinasi Beban 150 kV & 500 kV*. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur (JTSA)*, 18(2), 107–113. <https://doi.org/https://doi.org/10.54564/jtsa.v18i2.148>



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-Sharealike 4.0 International License