



TESIS - IT255402

**PEMILIHAN ALTERNATIF PENYELESAIAN
PEKERJAAN TIP 182 PROYEK TRANSMISI 70 KV
GI NAMLEA - GI NAMROLE DENGAN METODE
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)**

FIRMAN SYARIP

6032221055

Dosen Pembimbing:

Dr. Machsus, S.T, M.T

**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2025**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Firman Syarip

NRP: 6032221055

Tanggal Ujian: **Desember 2025**

Periode Wisuda: **Maret 2026**

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. **Dr. Machsus, S.T., M.T.,**
NIP : 197309142005011002

Penguji:

1. **Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc.,**
NIP : 195904301989031001

2. **Prof. Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D.,**
NIP : 197307101998021002

DEKAN SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI,

Prof. Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T

NIP: 197002121995121001

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**PEMILIHAN ALTERNATIF PENYELESAIAN PEKERJAAN
TIP 182 PROYEK TRANSMISI 70 KV GI NAMLEA – GI
NAMROLE DENGAN METODE *ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS* (AHP)**

Nama Mahasiswa : Firman Syarip
NRP : 6032221055
Pembimbing : Dr. Machsus, S.T., M.T.

ABSTRAK

Melalui PLN Unit Induk Pembangunan Maluku dan Papua, dilakukan perencanaan pembangunan infrastruktur sistem ketenagalistrikan di Pulau Buru, Maluku dengan pembangunan jaringan transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole sejauh ± 180 km dengan total 233 tower. Berdasarkan berita acara inspeksi Tahun 2023, setelah progress pembangunan telah mencapai 83%, terjadi longsor (*landslide*) pada pondasi *Tower Intersection Point* (TIP) 182 di koordinat 260846.615 mE dan 9589587.101 mS yang menyebabkan penurunan pondasi Leg C serta keretakan tanah pada area sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kriteria yang harus dipertimbangkan dalam memilih alternatif penyelesaian, menganalisa alternatif penyelesaian terbaik menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dan mengevaluasi sensitivitas kriteria yang dipertimbangkan terhadap alternatif yang dipilih dalam penyelesaian TIP 182.

Metode pengumpulan data dilakukan melalui *focus group discussion* (FGD) untuk merumuskan kriteria dan alternatif serta survei kuesioner untuk penilaian bobot kriteria. Analisis data menggunakan pendekatan *analytical hierarchy process* (AHP) untuk menentukan alternatif terbaik. Hasil pembobotan digunakan untuk menentukan prioritas dan peringkat alternatif. Hasil analisis AHP akan memberikan rekomendasi alternatif terbaik sebagai solusi penyelesaian proyek yang dapat mendukung implementasi di lapangan maupun penelitian lanjutan.

Hasil FGD menunjukkan bahwa 3 alternatif yaitu Relokasi TIP 182, Redesain TIP 183, dan *Cutting Slope* serta 5 kriteria yaitu teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan teknis dianalisis lebih dalam pada penelitian ini. Hasil pembobotan kriteria menunjukkan bahwa alternatif Redesain TIP 183 merupakan pilihan paling optimal untuk penanganan permasalahan pada tower TIP 182 di Pulau Buru. Hal ini diperkuat dengan hasil analisis sensitivitas dimana perubahan bobot prioritas kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan teknis tidak secara signifikan mengubah posisi alternatif Redesain TIP 183 sebagai alternatif paling unggul dalam penyelesaian TIP 182.

Kata kunci : analisis sensitivitas, *analytical hierarchy process* (AHP), konstruksi transmisi tenaga listrik, PLN, *tower intersection point* (TIP)

CHOICE OF ALTERNATIVES FOR COMPLETING WORK TIP 182 70 KV GI NAMLEA – NAMROLE GI TRANSMISSION PROJECT USING ANALYTICAL METHODS HIERARCHY PROCESS (AHP)

Student Name : Firman Syarip
NRP : 6032221055
Supervisor : Dr. Machsus, S.T., M.T.

ABSTRACT

Through the Maluku and Papua Development Main Unit of PLN, plans were made to develop electricity infrastructure on Buru Island, Maluku, with the construction of a 70 kV GI Namlea - GI Namrole transmission network spanning ± 180 km with a total of 233 towers. Based on the 2023 inspection report, after the construction progress had reached 83%, a landslide occurred at the foundation of Tower Intersection Point (TIP) 182 at coordinates 260846.615 mE and 9589587.101 mS, causing the Leg C foundation to sink and the ground to crack in the surrounding area. This study aims to identify the criteria that must be considered in selecting alternative solutions, analyze the best alternative solutions using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, and evaluate the sensitivity of the criteria considered to the alternatives selected in the TIP 182 solution.

Data collection methods were conducted through focus group discussions (FGD) to formulate criteria and alternatives, as well as questionnaire surveys to assess the weight of criteria. Data analysis used the analytical hierarchy process (AHP) approach to determine the best alternative. The weighting results were used to determine the priority and ranking of alternatives. The results of the AHP analysis will provide recommendations for the best alternative as a solution for project completion that can support implementation in the field and further research.

The FGD results showed that three alternatives, namely Relocation of TIP 182, Redesign of TIP 183, and Cutting Slope, and five criteria, namely technical, resources, cost, duration, and technical, were analyzed in more depth in this study. The results of the criteria weighting show that the Redesign TIP 183 alternative is the most optimal choice for handling problems at the TIP 182 tower on Buru Island. This is reinforced by the sensitivity analysis results, where changes in the priority weight of the technical, resource, cost, duration, and technical criteria did not significantly change the position of the TIP 183 Redesign alternative as the most superior alternative in resolving TIP 182.

Key words: sensitivity analysis, analytical hierarchy process (AHP), electric power transmission construction, PLN, tower intersection point (TIP)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	11
1.3 Tujuan Penelitian.....	12
1.4 Manfaat Penelitian.....	12
1.5 Batasan Masalah.....	13
1.6 Sistematika Penulisan.....	13
KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	15
2.1 <i>Decision Making</i>	15
2.2 <i>Multi Criteria Decision Making (MCDM)</i>	16
2.3 Metode Analytical Hierarchy Process (AHP).....	19
2.4 Analisis Sensitivitas.....	22
2.5 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).....	22
2.6 Desain <i>Sagging</i>	26
2.7 Ruang Bebas (<i>Clearance</i>).....	27
2.8 Alternatif Dalam Pemilihan Penyelesaian TIP 182.....	28
2.9 Kriteria Penyelesaian TIP 182.....	31

2.10	Posisi Penelitian.....	37
METODE PENELITIAN		42
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	43
3.2	Metode Pengumpulan Data	46
3.3	Perumusan Kriteria	47
3.4	Desain Penelitian	48
3.5	Objek dan Subjek Penelitian.....	52
3.6	Analisa Data	53
3.7	Rekomendasi Keputusan dan Kesimpulan	55
BAB 4.....		57
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		57
4.1	Hasil <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) dan Survei Pendahuluan pada Alternatif dan Kriteria.....	57
4.1.1	<i>Focus Group Discussion</i> (FGD) dan Survei Pendahuluan pada Alternatif	61
4.1.2	<i>Focus Group Discussion</i> (FGD) dan Survei Pendahuluan pada Kriteria .	65
4.2	Desain Hirarki AHP Pasca FGD dan Survei Pendahuluan.....	68
4.3	Hasil Analisis Matriks Perbandingan Berpasangan.....	70
4.3.1	Bobot Kriteria Penelitian	71
4.3.2	Bobot Alternatif Penelitian	74
4.4	Hasil Analisis Normalisasi dan Konsistensi Menggunakan <i>Super Decision</i> V3.2.....	79
4.5	Hasil Analisis Sensitivitas AHP pada Bobot Prioritas Kriteria Keputusan .	85
4.6	Diskusi Holistik Hasil Analisis	95
4.6.1	Keterkaitan Hasil Penilaian Kriteria dan Dominasi Alternatif.....	95
4.6.2	Konsistensi dan <i>Robustness</i> Keputusan dari Analisis Sensitivitas	97

4.6.3 Implikasi Manajerial Proyek	98
BAB 5	100
KESIMPULAN DAN SARAN.....	100
5.1 Kesimpulan.....	100
5.2 Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN.....	110

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Proyek Ketenagalistrikan di Pulau Buru	1
Gambar 1. 2 Longsoran Pondasi TIP 182	3
Gambar 1. 3 Koordinat Pondasi TIP 182	4
Gambar 1. 4 Hasil FoS Skema Kering	5
Gambar 1. 5 Hasil FoS Skema Hujan Normal	6
Gambar 1. 6 Standar Minimum FoS EM 1110-2-1902.....	6
Gambar 1. 7 Long Profil 181-184	7
Gambar 1. 8 Long Profil Alternatif Relokasi Tapak Tower TIP 182	8
Gambar 1. 9 Peta Situasi dan Perubahan Sudut T.182.....	9
Gambar 1. 10 Long Profil Alternatif Redesain Tower 183.....	9
Gambar 1. 11 Long Profil Alternatif Cutting Slope TIP 182.....	10
Gambar 2. 1 Proses Pengambilan Keputusan oleh Herbert Simon	15
Gambar 2. 2 Struktur Hirarki AHP	20
Gambar 2. 3 Konduktor ACSR SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole	23
Gambar 2. 4 Ilustrasi konduktor ACSR SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole	24
Gambar 2. 5 Isolator Polymer SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole	24
Gambar 2. 6 Tower SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole.....	26
Gambar 2. 7 Ilustrasi Tower SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole.....	26
Gambar 2. 8 Matriks Risiko (Sumber: Hotmasterman, 2022)	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 4. 1 Hirarki Desain Penelitian	68
Gambar 4. 2 Hasil Matrix Goal, Kriteria, dan Alternatif melalui Super Decission V3.2	80
Gambar 4. 3 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Teknis terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182	85

Gambar 4. 4 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Teknis terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183	86
Gambar 4. 5 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Teknis terhadap Perankingan Alternatif Cutting Slope.....	87
Gambar 4. 6 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Sumber Daya terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182	87
Gambar 4. 7 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Sumber Daya terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183	88
Gambar 4. 8 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Sumber Daya terhadap Perankingan Alternatif <i>Cutting Slope</i>	88
Gambar 4. 9 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Biaya terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182	89
Gambar 4. 10 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Biaya terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183	89
Gambar 4. 11 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Biaya terhadap Perankingan Alternatif <i>Cutting Slope</i>	90
Gambar 4. 12 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Durasi terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182	90
Gambar 4. 13 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Durasi terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183	91
Gambar 4. 14 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Durasi terhadap Perankingan Alternatif <i>Cutting Slope</i>	91
Gambar 4. 15 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Risiko terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182	92
Gambar 4. 16 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Risiko terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183	90
Gambar 4. 17 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Risiko terhadap Perankingan Alternatif <i>Cutting Slope</i>	93

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kondisi Sistem Kelistrikan Pulau Buru	2
Tabel 1. 2 Aktivitas Pekerjaan TIP 182 (Sumber: Laporan Kronologis Tower T.182 T/L 70 kV GI Namlea – GI Namrole, 2023)	8
Tabel 2. 1 Metode MADM dan MODM.....	16
Tabel 2. 2 Perbandingan metode Multi Criteria Decision Making	18
Tabel 2. 3 Matriks Penilaian Berdasarkan Kriteria	Error! Bookmark not defined.0
Tabel 2. 4 Deskripsi dan Skala Kepentingan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 5 Random Index	22
Tabel 2. 6 Tipe Tower SUTT 70 kV Berdasarkan Sudut Belok	25
Tabel 2. 7 Jarak Bebas Minimum Vertikal dari Konduktor	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu	38
Tabel 3. 1 Hasil Input Kuesioner	53
Tabel 3. 2 Pairwise Comparison Matrix Antar Alternatif.....	53
Tabel 3. 3 Matrix Pairwise Comparison Rasio Tiap Elemen.....	54
Tabel 3. 4 Matrix Vector	54
Tabel 4. 1 Hasil Pembobotan Kriteria.....	71
Tabel 4. 2 Hasil Pembobotan Alternatif terhadap Kriteria Teknis.....	74
Tabel 4. 3 Hasil Pembobotan Alternatif terhadap Kriteria Sumber Daya.....	76
Tabel 4. 4 Hasil Pembobotan Alternatif terhadap Kriteria Biaya	77
Tabel 4. 5 Hasil Alternatif terhadap Kriteria Durasi.....	77
Tabel 4. 6 Hasil Alternatif terhadap Kriteria Risiko	78
Tabel 4. 7 Hasil Analisis Normalisasi pada Alternatif.....	80
Tabel 4. 8 Hasil Analisis Konsistensi Kriteria	81

Tabel 4. 9 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Teknis	82
Tabel 4. 10 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Sumber Day.	82
Tabel 4. 11 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Biaya.....	83
Tabel 4. 12 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Durasi	83
Tabel 4. 13 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Risiko.....	84

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN (Persero) sebagai perusahaan milik negara yang bergerak di sektor ketenagalistrikan memegang peranan penting dalam perencanaan dan mengimplementasikan pembangunan infrastruktur kelistrikan nasional. Tanggung jawab tersebut mencakup pembangunan pembangkit listrik, perluasan jaringan transmisi dan gardu induk, serta pengembangan sistem distribusi. Hingga tahun 2022, PLN (Holding dan Anak Perusahaan) telah mengoperasikan 6.314 unit pembangkit dengan total kapasitas terpasang sebesar 44.939,88 MW, di mana sekitar 69,71% di antaranya terkonsentrasi di Pulau Jawa (Statistik PLN, 2023).

Ketimpangan sebaran kapasitas ini mendorong PLN untuk memperluas pembangunan ketenagalistrikan ke wilayah timur Indonesia. Pengembangan transmisi di Indonesia bagian timur pada umumnya bertujuan menghubungkan sistem-sistem yang selama ini terisolasi, membentuk tulang punggung (*backbone*) transmisi untuk menyalurkan energi dalam jumlah besar ke pusat beban yang lokasinya berjauhan (Pradinato, 2020). Rencana strategis untuk menjaga kontinuitas aliran daya dan memperbaiki keandalan suplai listrik di Indonesia timur adalah dengan membangun infrastruktur interkoneksi jaringan (*grid*) yang terdiri dari transmisi, gardu induk, dan pembangkit listrik (KKP PLN UIW MMU, 2019). Melalui salah satu unitnya yaitu PLN Unit Induk Pembangunan Maluku dan Papua, berdasarkan Perdir 0102.P/DIR/2023, ditugaskan untuk membangun infrastruktur sistem ketenagalistrikan di wilayah Indonesia bagian timur, salah satunya di Pulau Buru.



Gambar 1. 1 Peta Proyek Ketenagalistrikan di Pulau Buru

Pulau Buru terletak di provinsi Maluku yang terdiri dari Kabupaten Buru dan Buru Selatan. Berdasarkan Kabupaten Buru Dalam Angka (2021) bahwa Kabupaten Buru terdiri dari 10 Kecamatan dengan populasi terbesar berada di Kecamatan Namlea sebanyak 36.680 jiwa. Sementara itu menurut Kabupaten Buru Selatan Dalam Angka (2020), Kabupaten Buru Selatan terdiri dari 6 Kecamatan dengan penduduk terbesar berada di Kecamatan Namrole sebanyak 20.201 jiwa. Berdasarkan KKP *Grid* Buru (2019), sistem kelistrikan di Pulau Buru membentang dari Utara ke Selatan terdiri dari Sistem Namlea, Mako, Wamsisi hingga Namrole. Pusat beban berada di Kecamatan Namlea dan Namrole sejalan dengan jumlah penduduk terbesar pada masing-masing Kabupaten. Kondisi sistem yang mengalami defisit daya adalah sistem Namlea sebesar 0,4 MW dan Mako sebesar 0,1 MW. Sedangkan pada sistem Wamsisi dalam kondisi surplus daya sebesar 0,2 MW namun akan terjadi peningkatan beban rata-rata 6,9% pertahun dan Namrole 0,4 MW dengan peningkatan beban rata-rata pertahun sebesar 13,6% yang pada akhirnya tetap menjadi defisit kedepannya jika tanpa adanya tambahan infrastruktur ketenagalistrikan.

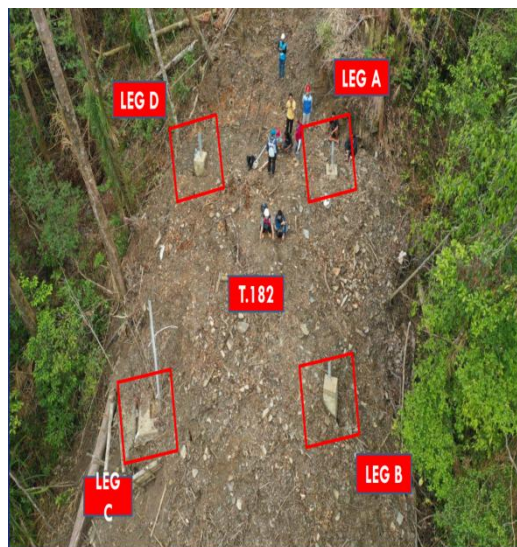
Tabel 1. 1 Kondisi Sistem Kelistrikan Pulau Buru

Sistem	Daya Mampu (MW)	Beban Puncak (MW)	Peningkatan Proyeksi Beban/Thn (%)
Namlea	5,7	6	6,7
Mako	3,4	3,5	7,7
Wamsisi	1,1	0,9	6,9
Namrole	1,6	1,2	13,6

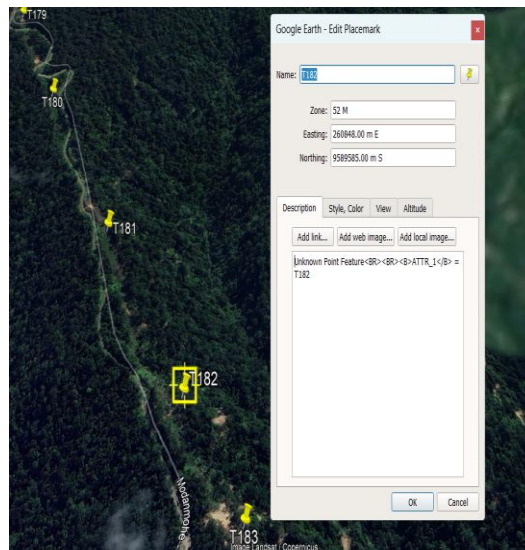
Kondisi eksisting saat ini, Pulau Buru memiliki keterbatasan dalam infrastruktur listrik, dengan banyak daerah yang masih bergantung pada sistem listrik *isolated*. Hal ini menyebabkan keterbatasan dalam suplai listrik dan sering terjadi pemadaman. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan inisiasi pembangunan sistem infrastruktur kelistrikan, salah satunya adalah pembangunan jalur transmisi SUTT 70 kV yang menghubungkan Gardu Induk (GI) Namlea

dengan kapasitas 30 MVA di Kabupaten Buru dan Gardu Induk (GI) Namrole dengan kapasitas 20 MVA di Kabupaten Buru Selatan (Kontrak Pembangunan T/L 70 kV GI Namrole-GI Namlea, 2019). Jalur transmisi ini membentang dari selatan hingga utara pulau Buru dengan jumlah *Tower Intersection Point* (TIP) sebanyak 233 tower dan panjang jalur transmisi sebesar +/- 180 km.

Berdasarkan dokumen kontrak Proyek T/L 70 kV GI Namlea – GI Namrole, proyek ini memiliki jangka waktu pekerjaan selama 540 hari sehingga rata-rata penyelesaian per proyek 2,3 hari/tower maka durasi penyelesaian tergolong relatif singkat. Proyek ini mulai efektif di bulan September 2019 ditargetkan selesai pada bulan Maret 2021. Namun hingga bulan Maret 2023, proyek masih belum selesai, status progres pekerjaan mencapai 83% dengan sebagian besar masih dalam pekerjaan konstruksi pondasi dan *erection tower* (*Statement Letter* Pembangunan T/L 70 kV GI Namrole – GI Namlea Periode Maret, 2023). Berdasarkan Berita Acara Inspeksi, 2023, terjadi kendala berupa longsoran (*landslide*) pada pondasi *Tower Intersection Point* (TIP) 182 di koordinat 260848.385 mE dan 9589585.189 mS yang menyebabkan penurunan pondasi Leg C, serta keretakan tanah pada area sekitar. Lokasi TIP tersebut berada di lereng bukit dan menyebabkan penurunan pondasi, sehingga menyebabkan keterlambatan pekerjaan *erection tower*.



Gambar 1. 2 Longsoran Pondasi TIP 182



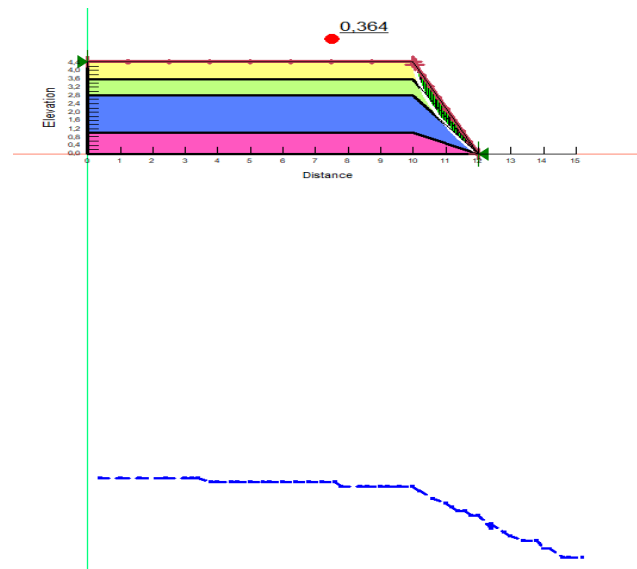
Gambar 1. 3 Koordinat Pondasi TIP 182

Berdasarkan laporan soil investigasi, *drawing* konstruksi dan hasil analisa kelongsoran pondasi TIP 182, didapatkan kondisi pertanahan, teknis operasi konstruksi, dan geometrik ruang TIP 182 sebagai berikut:

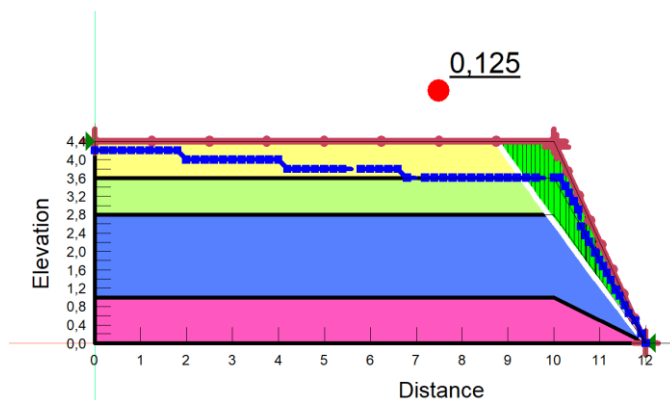
1. Berdasarkan Laporan Soil Investigation T/L 70 kV GI Namlea – GI Namrole (2019) diketahui bahwa jenis tanah dominan di area ini adalah lempung, dengan kisaran persentase antara 59.26% hingga 90.30% butir lolos ayakan no. 200 (LTA-72. 1987). Jenis tanah di lokasi adalah lempung pada lapisan 0-1,2 m atas dan pasir pada lapisan >1,2 m. Selain lempung, terdapat juga komponen pasir dengan persentase sekitar 9.42% hingga 36.01%, serta kerikil dengan kisaran persentase sekitar 0.28% hingga 6.67%. Secara umum, batuan pada lokasi TIP 182 tersusun atas litologi kompleks rana yang terdiri dari batuan filit, sabak, arkose meta, malih dan pualam.
2. Sesuai Kontrak Pembangunan T/L 70 kV GI Namrole – GI Namlea Buku 1/3 (PT PLN, 2019) Jangka waktu pekerjaan proyek untuk 233 tower adalah selama 540 hari sehingga rata-rata penyelesaian per proyek 2,3 hari/tower dimana durasi penyelesaian tergolong relatif singkat. Beberapa langkah untuk mempercepat penyelesaian adalah percepatan proses *soil investigation*. *Soil investigation* berdasarkan jadwal kontrak ditargetkan selesai selama 2 bulan untuk semua tower. Oleh karena itu

technical requirement pada *soil investigation* di Kontrak Pembangunan T/L 70 kV GI Namrole – GI Namlea Buku 2/3 (PT PLN, 2019) hanya menggunakan metode sondir/CPT untuk mempersingkat waktu. Metode sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) memiliki proses pelaksanaan yang relatif cepat sehingga mampu menyajikan data lapangan dalam waktu singkat dan biaya yang lebih ekonomis, hasil data yang kontinu terhadap kedalaman tanah, dan mampu memberikan gambaran mengenai daya dukung tanah dan kedalaman lapisan keras secara langsung di lapangan. Namun metode sondir umumnya bersifat empiris sehingga tidak bisa mendeskripsikan karakteristik tanah secara menyeluruh masih ada parameter tanah yang tidak didapatkan (kohesi, berat jenis, sudut geser yang diperoleh melalui korelasi bukan uji lab sehingga dirasa kurang akurat).

3. Selanjutnya dilakukan evaluasi kestabilan lereng dengan aplikasi Geostudio-Geoslope dengan mengacu pada data laporan *soil investigation* dan *calculation sheet* pondasi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kestabilan lereng pada saat kering maupun saat jenuh akibat hujan.



Gambar 1. 4 Hasil FoS Skema Kering



Gambar 1. 5 Hasil FoS Skema Hujan Normal

Hasil analisis adalah berupa nilai *Factor of Safety* (FoS) yaitu angka yang menunjukkan seberapa aman atau stabil suatu lereng/pondasi terhadap kemungkinan longsor. Standar yang direkomendasikan oleh *US Army Corps of Engineers* (EM 1110-2-1902 FoS kondisi kering minimal 1,3 sedangkan pada kondisi basah minimal 1,5. Artinya, jika nilai FoS lebih rendah dari standar tersebut maka lereng dianggap tidak stabil dan berisiko gagal menahan beban konstruksi.

EM 1110-2-1902
31 Oct 03

Table 3-1
Minimum Required Factors of Safety: New Earth and Rock-Fill Dams

Analysis Condition ¹	Required Minimum Factor of Safety	Slope
End-of-Construction (including staged construction) ²	1.3	Upstream and Downstream
Long-term (Steady seepage, maximum storage pool, spillway crest or top of gates)	1.5	Downstream
Maximum surcharge pool ³	1.4	Downstream
Rapid drawdown	1.1-1.3 ^{4,5}	Upstream

¹ For earthquake loading, see ER 1110-2-1806 for guidance. An Engineer Circular, "Dynamic Analysis of Embankment Dams," is still in preparation.

² For embankments over 50 feet high on soft foundations and for embankments that will be subjected to pool loading during construction, a higher minimum end-of-construction factor of safety may be appropriate.

³ Pool thrust from maximum surcharge level. Pore pressures are usually taken as those developed under steady-state seepage at maximum storage pool. However, for pervious foundations with no positive cutoff steady-state seepage may develop under maximum surcharge pool.

⁴ Factor of safety (FS) to be used with improved method of analysis described in Appendix G.

⁵ FS = 1.1 applies to drawdown from maximum surcharge pool; FS = 1.3 applies to drawdown from maximum storage pool.

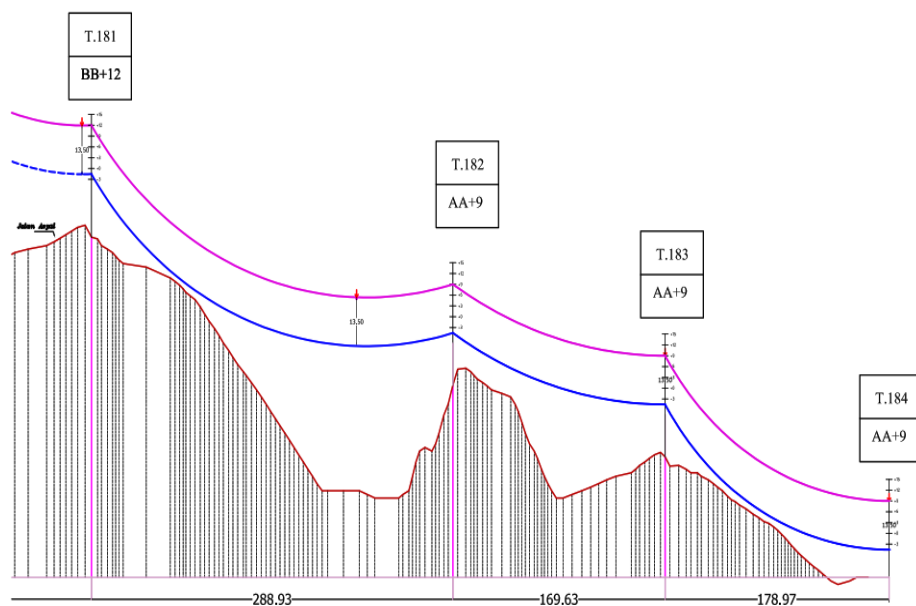
For dams used in pump storage schemes or similar applications where rapid drawdown is a routine operating condition, higher factors of safety, e.g., 1.4-1.5, are appropriate. If consequences of an upstream failure are great, such as blockage of the outlet works resulting in a potential catastrophic failure, higher factors of safety should be considered.

Gambar 1. 6 Standar Minimum FoS EM 1110-2-1902 (US Army Corps of Engineers, 2003)

Hasil *running* Geostudio menunjukkan bahwa nilai FoS pada kondisi kering sebesar 0,364 sedangkan pada kondisi jenuh akibat hujan sebesar 0,125. Kedua nilai tersebut berada jauh di bawah standar aman kestabilan

lereng. Hasil analisis kestabilan lereng ini sangat penting dalam analisis konstruksi karena secara langsung memengaruhi daya dukung pondasi tower transmisi.

4. Berdasarkan *approval drawing Long Profil T/L 70 kV GI Namlea – GI Namrole* (2019), tipe tower pada Tip 182 menggunakan AA+9 dengan status rencana tipe tower dan geografi sekitar TIP 182 terlampir pada Gambar 1.6. Pemilihan tipe tower AA+9 di lokasi TIP 182 berada di area dengan lereng curam dan perbedaan elevasi cukup besar. Selain daripada itu dengan dibangunnya konstruksi pondasi pada lokasi tersebut akan menambah beban yang harus di tahan oleh tanah pada TIP 182. Hal ini sejalan dengan hasil analisis Geostudio bahwa lereng di sekitar TIP 182 tidak stabil (FoS kurang dari 1,3 dan 1,5). Artinya, penempatan tower AA+9 pada TIP 182 memperbesar potensi kelongsoran.



Gambar 1. 7 Long Profil 181-184

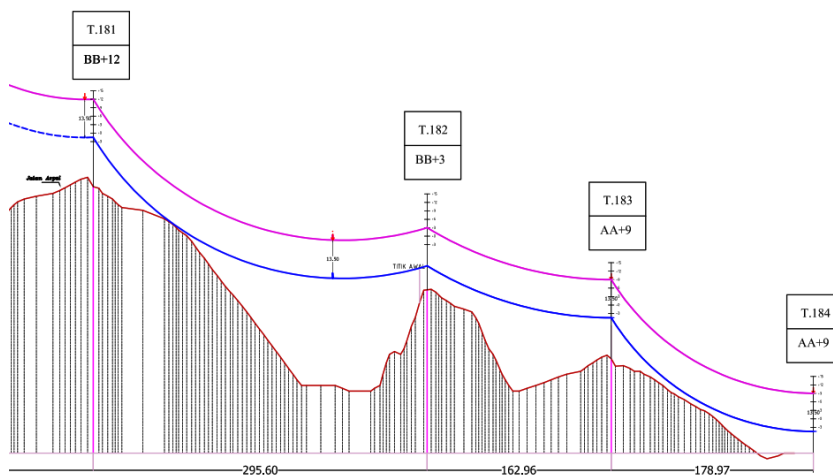
Status *idle* pada TIP 182 juga berdampak pada keberlangsungan pekerjaan di TIP pada section 180 – 190 dan akan berdampak pada keseluruhan proyek, termasuk penarikan kabel (*stringing*) dan komisioning, yang pada akhirnya menunda *Commercial Operation Date* (COD), sehingga *case* TIP 182 harus segera diselesaikan.

Tabel 1. 2 Aktivitas Pekerjaan TIP 182 (Sumber: Laporan Kronologis Tower T.182 T/L 70 kV GI Namlea – GI Namrole, 2023)

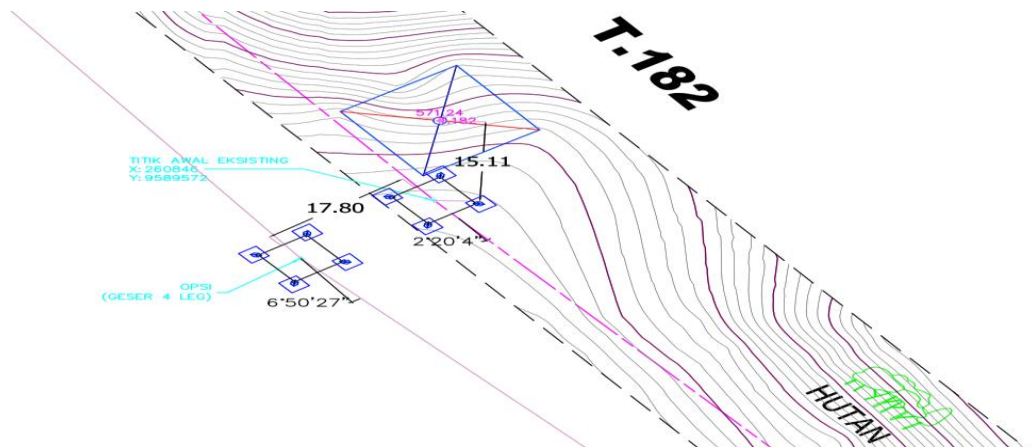
Aktivitas	2022			2023					
	November	Desember		Januari		Februari		Maret	
	M3-M4	M1-M2	M3-M4	M1-M2	M3-M4	M1-M2	M3-M4	M1-M2	M3-M4
Pondasi T 182									
Galian									
Formwork									
Concrete									
Final Check (Longsor)									
Join Survey Lapangan									
Join Survey Engineering									
Meeting Pembahasan									

Berdasarkan penelitian terdahulu dan kondisi aktual lapangan, diperlukan beberapa alternatif penyelesaian untuk masalah proyek TIP 182 akibat longsor dalam proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole di Pulau Buru. Alternatif-alternatif tersebut adalah:

1. Relokasi Tapak Tower TIP 182, direncanakan untuk menghindari risiko longsor dan memastikan stabilitas struktur dengan memindahkan tapak tower dari lokasi eksistingnya. Relokasi tower memerlukan pertimbangan teknis seperti luas tanah yang dibutuhkan, proses konstruksi, transportasi material, dan *clearance* konduktor. Langkah ini perlu dipertimbangkan untuk menghindari risiko longsor dan menjamin stabilitas struktur. Namun terjadi dampak dari relokasi TIP 182 adalah perubahan jenis tower pada TIP 182 AA+3 menjadi BB+3 akibat perubahan sudut

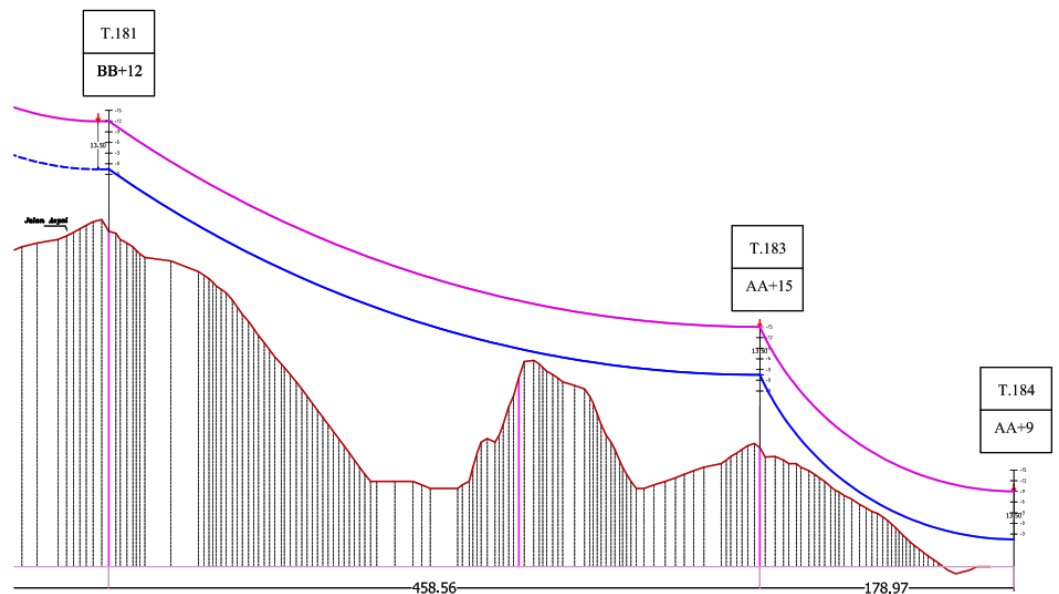


Gambar 1. 8 Long Profil Alternatif Relokasi Tapak Tower TIP 182



Gambar 1. 9 Peta Situasi dan Perubahan Sudut T.182

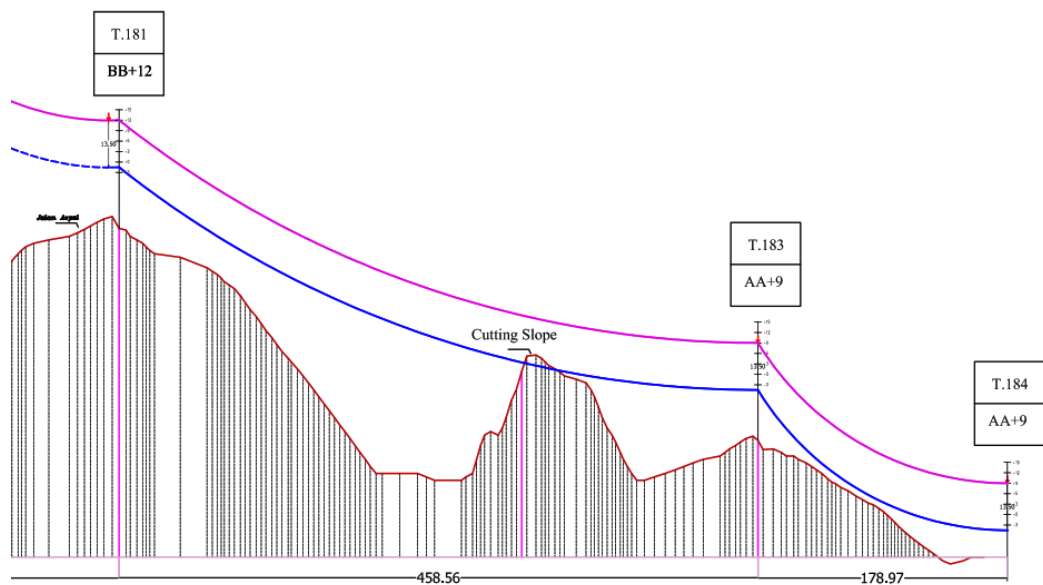
2. Redesain Tower 183. Alternatif ini melibatkan redesain Tower 183 dengan membatalkan/menghilangkan konstruksi di TIP 182, sehingga jalur transmisi dapat langsung menuju ke Tower 183. Redesain ini memungkinkan penyesuaian dengan topografi pegunungan yang curam. Tower 183 ditinggikan menjadi tipe AA+15 untuk memastikan ketinggian yang memadai dan *clearance* andongan.



Gambar 1. 10 Long Profil Alternatif Redesain Tower 183

3. *Cutting Slope*/Lereng TIP 182. Alternatif terakhir adalah melakukan pekerjaan *cutting slope* pada jalur span TIP 181 hingga TIP 183. TIP 182

ditiadakan terlebih dahulu sehingga jalur span *by Pass* dari TIP 181 menuju TIP 183 dengan tipe tower yang sama, akibatnya terjadi gagal *ground clearance* pada jalur span tersebut khususnya disekitar TIP 182 yang memang elevasinya terkena *clearance* andongan. Oleh karena itu dilakukan langkah *cutting slope* di lokasi tersebut agar tetap terpenuhi prasyarat *ground clearance*. Pekerjaan *cutting slope* ini memerlukan penggalian tanah yang tepat untuk mencapai ketinggian yang diinginkan dan memastikan stabilitas struktur.



Gambar 1. 11 Long Profil Alternatif Cutting Slope TIP 182

Pemilihan alternatif memerlukan pertimbangan kriteria-kriteria yang relevan. Oleh karena itu, penerapan model *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) sangatlah penting. Di antara berbagai pilihan Teknik dalam MCDM, metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dipilih karena kemampuannya dalam mengatasi masalah kompleks dengan cara menguraikan masalah menjadi elemen-elemen yang lebih sederhana, memungkinkan penilaian multikriteria, dan memberikan kerangka kerja terstruktur dalam bentuk hierarki (Parhusipa, 2019). Dengan AHP, pengambil keputusan dapat mempertimbangkan berbagai faktor seperti stabilitas tanah, biaya, waktu pelaksanaan, dan risiko lingkungan secara sistematis dan objektif.

Analytical Hierarchy Process (AHP) membantu membuat keputusan dengan menguraikan masalah multikriteria menjadi bentuk hirarki (Saaty, 2008). Metode AHP dipilih karena kemampuannya untuk mengatasi masalah kompleks dengan cara menguraikan masalah tersebut menjadi elemen-elemen yang lebih sederhana (Wulandari, 2019). Penelitian Mananoma (2024) membuktikan bahwa metode AHP terbukti sebagai alat yang efektif dalam pemilihan jenis pondasi dengan memberikan struktur yang sistematis untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, memungkinkan pengambilan keputusan yang objektif dan terukur. Hal serupa juga terbukti dalam penelitian Hartono (2016) yang menyelesaikan masalah pemilihan jenis pondasi dengan menggunakan metode AHP dan terbukti menjadi metode yang paling sesuai. Dengan demikian, penggunaan AHP dalam menentukan alternatif penyelesaian pekerjaan TIP 182 di proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole diharapkan dapat menghasilkan keputusan yang lebih akurat, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan.

Atas latar belakang tersebut, dilakukan penelitian “Pemilihan Alternatif Penyelesaian Pekerjaan TIP 182 Proyek Transmisi 70 kV GI Namlea – GI Namrole Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)” dengan lokasi penelitian di Pulau Buru untuk mengatasi permasalahan proyek pembangunan TIP 182 akibat longsor.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah utama yang dihadapi dalam proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole adalah longsoran tanah yang terjadi di lokasi *Tower Intersection Point* (TIP) 182. Longsoran ini mengakibatkan penurunan pondasi tower dan retakan tanah yang signifikan, menyebabkan gangguan serius terhadap jadwal penyelesaian proyek dan kerugian finansial yang signifikan dan bahkan mengancam keamanan infrastruktur listrik di Pulau Buru. Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Apa kriteria yang harus dipertimbangkan dalam memilih alternatif penyelesaian untuk mengatasi longsoran tanah pada *Tower Intersection Point* (TIP) 182 dalam proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole?

2. Bagaimana proses pengambilan keputusan terbaik dalam memilih alternatif penyelesaian TIP 182 dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)?
3. Seberapa sensitif kriteria yang dipertimbangkan terhadap alternatif yang dipilih dalam penyelesaian TIP 182?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi kriteria yang harus dipertimbangkan dalam memilih alternatif penyelesaian untuk mengatasi longsor tanah pada *Tower Intersection Point* (TIP) 182 dalam proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole.
2. Menganalisa alternatif penyelesaian terbaik untuk TIP 182 dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).
3. Mengevaluasi seberapa sensitif kriteria yang dipertimbangkan terhadap alternatif yang dipilih dalam penyelesaian TIP 182.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari temuan penelitian ini diharapkan dapat menyediakan informasi yang menjadi representatif tentang solusi terhadap permasalahan pada objek penelitian. Penelitian ini diharapkan mendatangkan kemanfaatan kepada berbagai pihak :

1. Menjadi pertimbangan yang rasional dalam rekomendasi penetapan keputusan untuk penyelesaian TIP 182 jalur transmisi 70 kV GI Namlea – GI Namrole bagi perusahaan
2. Metode ini dapat menjadi tambahan referensi dalam setiap kajian penetapan keputusan yang mengalami kejadian yang sama di unit kerja lain pada Perusahaan.
3. Penelitian ini dapat mempertajam setiap rencana eksekusi pekerjaan dan mengendalikan setiap tindaklanjut kegiatan sehingga kemungkinan adanya kejadian serupa dapat diselesaikan lebih cepat dengan pengalaman empiris untuk mengetahui faktor atau kriteria aktifitas.

4. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai wadah untuk pengembangan pengetahuan dan keilmuan pengambilan keputusan ataupun manajemen proyek. Selain daripada itu menjadi suatu kontribusi nyata kepada perusahaan dalam penyelesaian kendala yang terjadi di proyek tersebut sehingga penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi bagi perusahaan khususnya di unit lain sejenis yang mengalami kejadian serupa.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan kuesioner ataupun data yang tersedia (data proyek) dan juga data yang dikelola oleh peneliti sendiri dengan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada lokasi *Tower Intersection Point* (TIP) 182 dalam proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole di Pulau Buru, Provinsi Maluku, Indonesia.
2. Fokus utama penelitian adalah pada masalah longsoran tanah yang terjadi di TIP 182 dan dampaknya terhadap jadwal penyelesaian proyek serta keamanan infrastruktur listrik di Pulau Buru.
3. Penelitian ini membatasi pemilihan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai alat untuk memilih alternatif penyelesaian yang paling tepat.
4. Penelitian ini mempertimbangkan alternatif penyelesaian yaitu relokasi tapak tower TIP 182.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini akan disusun dalam 5 BAB dengan komposisi sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan : BAB ini menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan
2. BAB II Kajian Pustaka dan Dasar Teori : Pada BAB ini menjelaskan teori-teori pendukung yang terkait dengan penelitian beserta penjelasan mengenai pengenalan opsi alternatif yang akan diteliti. BAB ini juga akan

disajikan kajian-kajian terdahulu yang memiliki korelasi dengan penelitian ini untuk menjadi pertimbangan.

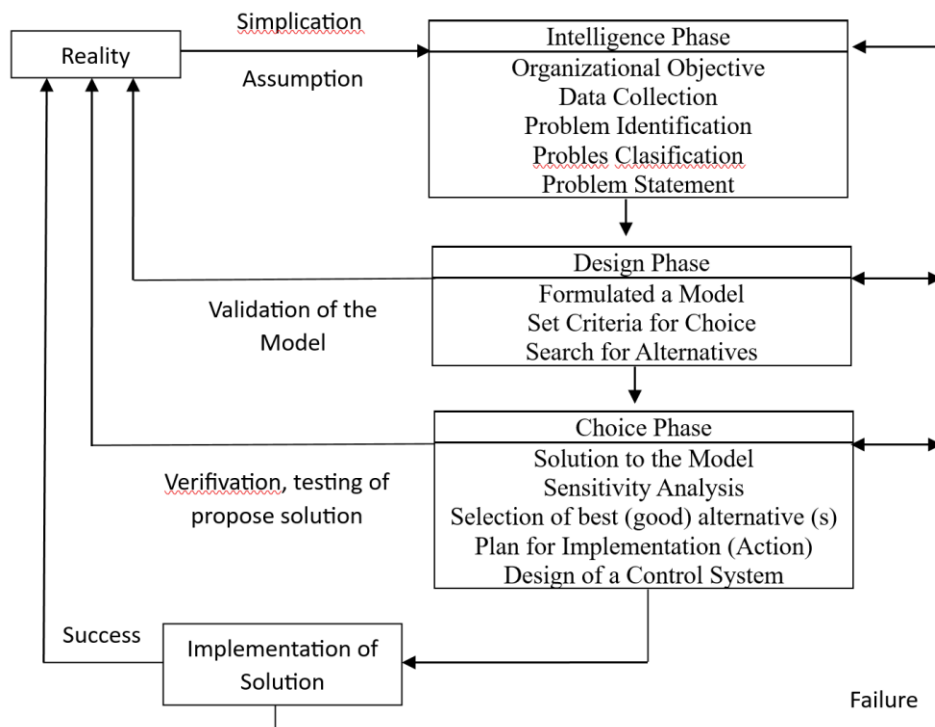
3. BAB III Metode Penelitian : BAB ini menggambarkan metode penelitian yang digunakan dalam menganalisis serta langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses analisis permasalahan.
4. BAB IV Pembahasan : Pada BAB ini menguraikan analisis yang dimiliki dengan menerapkan tahapan pada metode penelitian untuk mendapatkan keputusan terbaik.
5. BAB V Kesimpulan : Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari hasil analisis serta rekomendasi saran dari hasil penelitian.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 *Decision Making*

Proses pengambilan keputusan dibagi menjadi beberapa tahapan. Simon. H (1977) mempresentasikan model pengambilan keputusan yang terdiri dari 3 tahapan utama sebagaimana Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Proses Pengambilan Keputusan oleh Herbert Simon

(Sumber: Turban et al, 2005)

Menurut Ciptomulyono (2010) dalam menggambarkan proses pengambilan keputusan rasional berdasarkan model simon (Turban et al, 2005) sebagai berikut:

1. Fase Penelusuran (*Intelligence*)

Pengambil keputusan melakukan proses identifikasi atas semua lingkup masalah yang harus diselesaikan.

2. Fase Perancangan (*Design*)

Fase ini berupa melakukan pemodelan problem yang didefinisikan dengan terlebih dahulu menguraikan elemen keputusan, alternatif variabel keputusan, kriteria evaluasi yang dipilih. Pemaparan asumsi yang menyederhanakan realitas dan diformulasikan semua hubungan elemennya. Model kemudian divalidasi berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Pada tahap ini juga menetapkan nilai dan bobot yang diberikan kepada setiap alternatif.

3. Fase Pemilihan (*Choice*)

Fase ini merupakan tahapan pemilihan terhadap solusi yang dihasilkan dari model. Bilamana solusi bisa diterima pada fase terakhir ini lalu implementasi solusi keputusan pada dunia nyata.

2.2 *Multi Criteria Decision Making (MCDM)*

Pengambilan keputusan multikriteria (*Multiple Criteria Decision Making* atau disebut MCDM), adalah suatu metode proses pemilihan alternatif untuk mendapatkan solusi optimal dari beberapa alternatif keputusan dengan memperhitungkan kriteria atau objektif yang lebih dari satu yang berada dalam situasi yang bertentangan (Leksono, 2015). Hwang and Yoon (1981) membagi taksonomi keilmuan pengambilan keputusan menjadi 2 pendekatan berbeda sebagai berikut:

Tabel 2 1 Metode MADM dan MODM

Elemen Keputusan	Metode Multiatribut (MADM)	Metode Multiple Objektif (MODM)
Kriteria	Atribut	Objektif
Objektif	Implisit	Eksplisit
Atribut	Eksplisit	Implisit
Kendala	Pasif	Aktif
Alternatif	Jumlah terbatas	Jumlah tidak terbatas dan kontinu (integer)
Interaksi	Jarang	Lebih sering
Pemakaian	Problem seleksi dan pemilihan alternatif	Problem konsepsi dan rekayasa

Sumber: Hwang dan Yoon (1981)

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat dilihat perbandingan perspektif utama dalam penggunaan konsep MADM dan MODM. Pendekatan *Multiple Objective Decision Making* (MODM) berkenaan dengan penyelesaian model optimasi yang memiliki objektif kemajemuk dan objektifnya bersifat saling mengalami konflik. Pada metode MODM, aktifitas keputusan yang dirupakan sebagai variabel keputusan yang dicari (variabel kontinyu) tidak ditetapkan terlebih dahulu sehingga dalam penentuan alternatif dalam jumlah tidak terbatas. Fungsi objektif yang berjumlah lebih dari 2 objektif yang harus dioptimalkan secara simultan dan kendala sistem keputusan dibentuk oleh variabel ini dalam bentuk fungsi matematis (Ciptomulyono, 2010). Bila terdapat 2 fungsi objektif yang saling bertentangan maka pencapaian suatu solusi optimal pada fungsi objektif yang satu akan mengurangi pencapaian objektif yang lain. Proses penyelesaian MODM secara teknis memerlukan informasi mengenai preferensi subjektif dari pengambil keputusan (dalam bentuk pembobotan) sehingga persoalan pembobotan dan preferensinya menjadi peranan kunci dalam pengembangan dan riset penyelesaian model MODM.

Pendekatan *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) adalah Teknik penyelesaian multikriteria untuk persoalan pilihan atau seleksi dan tidak diperlukan pendekatan program matematik yang klasik. Variabel keputusan dipertimbangkan sebagai variabel yang terbatas. Pendekatan ini ditujukan sebagai alat bantu keputusan supaya bisa mempelajari dan memahami masalah yang dihadapi, menentukan prioritas, nilai-nilai sehingga dapat mempermudah pengambil keputusan dalam mengidentifikasi pilihan terbaik yang akan diambil (Ciptomulyono, 2010). Secara metodologis pada MADM, penggunaanya adalah berdasarkan cara melakukan agregasi dari kriteria pilihan (Maystre et al, 1994). Pendekatan untuk agregasi tersebut dapat dilakukan dengan metode AHP, ANP, TOPSIS dan metode lainnya.

Berdasarkan teori tersebut maka penelitian ini akan menggunakan jenis pendekatan MADM. Namun masih perlu adanya pemahaman dari masing-masing model sehingga untuk mengelaborasi pengembangan pemahaman dilakukan perbandingan antar metode seperti yang terdapat pada artikel da Silva et.al (2021) sebagaimana berikut:

Tabel 2. 2 Perbandingan metode Multi Criteria Decision Making

No	Metode	Fitur	Kekuatan	Kelemahan
1	AHP	Metode untuk mengevaluasi kriteria maupun alternatif dimana antar kriteria dilakukan perbandingan berpasangan. Hasilnya berupa vektor bobot kriteria dan vektor prioritas alternatif di masing-masing kriteria.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menghitung indeks inkonsistensi untuk memastikan penilaian yang konsisten dari pengambil keputusan; 2. Penerapan lebih cepat dibanding metode lain; 3. Mengubah masalah kompleks menjadi hirarki sederhana 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sulit dalam menafsirkan skala kuantitatif; 2. Akurasi sangat bervariasi tergantung subjektivitas; 3. Penerapan relatif tidak mudah karena kompleksitas dan menuntut kognitif
2	TOPSIS	Metode yang berdasarkan pada kalkulasi jarak <i>euclidean</i> untuk mengevaluasi jarak antar ideal positif dan solusi negatif. Klasifikasi akhir dari alternatif terjadi baik pada jarak terpendek ke solusi ideal positif maupun pada jarak terjauh solusi negatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bergantung pada bobot dan karakteristik intrinsik dari setiap alternatif; 2. Penerapan cepat, mudah diterapkan dan dimengerti 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak memberikan penjelasan dalam menentukan bobot untuk kriteria yang berbeda 2. Penggunaan jarak <i>euclidean</i> tidak mempertimbangkan korelasi antar masing-masing kriteria
3	ANP	Pemodelan dicirikan melalui sistem keputusan yang mengatasi masalah saling ketergantungan antar elemen di semua tingkat hirarki atau di tingkat yang sama dengan permodelan matematis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memiliki karakteristik yang sederhana, penggunaan kriteria kuantitatif dan kualitatif serta mampu untuk meninjau konsistensi; 2. Memungkinkan adanya ketergantungan dan memiliki kemampuan untuk memprioritaskan kelompok 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensitif terhadap beberapa kriteria, dengan bertambahnya jumlah kriteria maka bertambah pula matriksnya sehingga menyebabkan perluasan dan atau ketidakmungkinan proses penyelesaian; 2. Memiliki kelemahan yang sama dengan AHP
4	VIKOR	Memecahkan masalah pengambilan keputusan dengan kriteria yang bertentangan melalui solusi kompromi yang layak dan diperoleh dari input data (bobot dan kriteria)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toleransi terhadap penyimpangan nilai selama periode evaluasi; 2. Perhitungan dapat dilakukan tanpa campur tangan dari pengambil keputusan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memungkinkan adanya kesalahan dalam perhitungan; 2. Tidak menjelaskan cara menentukan bobot untuk kriteria yang berbeda
5	PROMETHE	Evaluasi digunakan dengan mengeliminasi alternatif yang tidak memenuhi batas ketentuan khusus dimana bobot preferensi menggambarkan tingkat kepentingan masing-masing alternatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mudah digunakan dan kompleksitasnya rendah; 2. Berguna ketika terdapat kesulitan dalam merekonsiliasi alternatif-alternatif 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak menjelaskan cara menentukan bobot untuk berbagai kriteria; 2. Sulit untuk mendapatkan gambaran jelas tentang masalah jika menggunakan banyak kriteria

2.3 Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

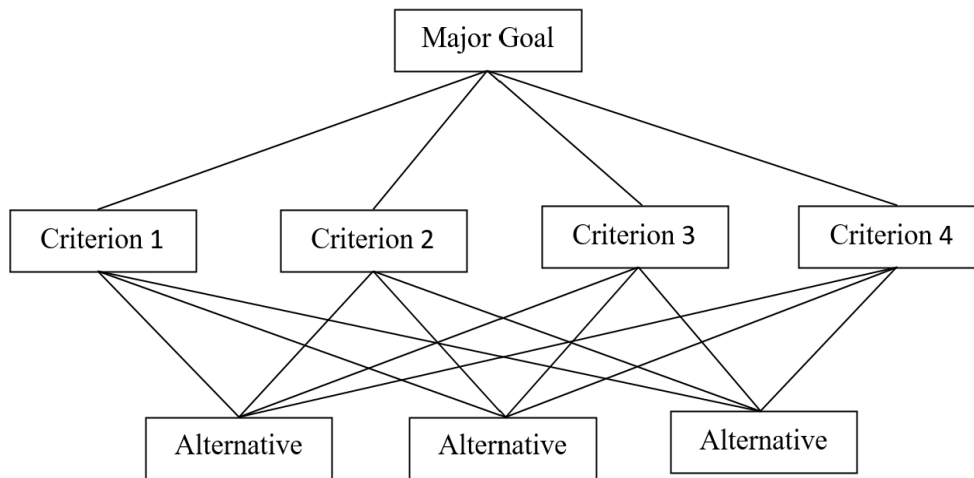
Metode AHP ditemukan pada tahun 70an oleh seorang ahli matematika bernama Thomas L. Saaty. AHP adalah sebuah prosedur sistematis yang merepresentasikan element dari beberapa masalah yang bersifat hirarki. Metode ini mengatur dasar rasionalitas dari turunan masalah menjadi bagian terkecil dan kemudian mengarahkan pengambil keputusan untuk melakukan penilaian perbandingan berpasangan (dimana didokumentasikan dan diteliti) sehingga mempercepat kekuatan atau intensitas dari dampak sebuah elemen dalam hirarki (Saaty, 1985). Keputusan ini diterjemahkan menjadi numerik. AHP melingkupi prosedur dan prinsip yang digunakan untuk mensintesis banyak keputusan demi memperoleh prioritas diantara kriteria dan alternatif solusi. Secara umum dilakukannya pendekatan AHP adalah untuk membantu mengambil keputusan terbaik berdasarkan kriteria-kriteria yang memiliki tujuan yang bertentangan (Leksono, 2015). Metode ini dapat mencegah terjadinya ketidakpastian atau inkonsistensi dalam penilaian yang dilakukan oleh pengambil keputusan (Menon & Ravi, 2022). Manfaat utama dari AHP (Sedghiyan et al, 2021) sebagai berikut:

1. Membantu dalam menangani masalah yang rumit, tidak terorganisir dan multiatribut
2. Memungkinkan pengambil keputusan untuk membagi masalah menjadi subsistem yang lebih sederhana dan mudah dipahami
3. Dapat digunakan untuk data kuantitatif maupun kualitatif
4. Menggunakan kerangka kerja hirarki untuk mengembangkan masalah keputusan yang kompleks
5. Memungkinkan pengambil keputusan untuk menghitung konsistensi prosedur evaluasi

Menurut Saaty (1980), AHP memiliki 3 prinsip utama yaitu:

1. Penyusunan Hirarki

Hirarki merupakan bagian pendefinisian kriteria dengan level yang berbeda. Tingkat paling atas adalah tujuan objek, level dibawahnya adalah kriteria dan subkriteria yang mana merupakan penjelasan dari level tujuan. Sedangkan level terbawah adalah alternatif yaitu pilihan yang akan dikaitkan dengan level diatasnya. Struktur hirarki AHP dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini



Gambar 2. 2 Struktur Hirarki AHP (Sumber: Saaty,1990)

2. Penentuan prioritas

Proses penentuan prioritas ini diawali dengan pemberian bobot untuk masing-masing kriteria/subkriteria dan alternatif sebagai fungsi tingkat kepentingan terhadap elemen korespondensi dari level tertinggi dimana akan dilakukan perbandingan berpasangan pada masing-masing kriteria/subkriteria dan alternatif dengan menggunakan bobot masing-masing. Semua kriteria yang berada di bawah kriteria yang sama disusun dalam rangka matriks persegi sehingga memungkinkan pengambil keputusan membandingkan kriteria tersebut satu sama lain (Alves, 2017). Matriks penilaian kriteria seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 sedangkan kriteria pembobotan AHP seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Matriks Penilaian Berdasarkan Kriteria

	C1	C2	...	Cn
C1	a11	a12	...	a1n
...
Cn		a _{n2}	...	a _n

Sumber: Alves (2017)

Tabel 2.4 Deskripsi dan Skala Kepentingan

Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Sama penting	Kedua elemen yang dibandingkan sama-sama berkontribusi terhadap tujuan
3	Sedikit lebih penting	Elemen yang dibandingkan sedikit lebih penting dibandingkan elemen lain
5	Penting	Pengalaman dan penilaian sangat mendukung elemen ini dibandingkan elemen lainnya
7	Sangat penting	Elemen yang dibandingkan jauh lebih kuat terhadap elemen yang lain dan dapat diamati prakteknya
9	Ekstrem	Memiliki pembuktian tertinggi dibanding yang lain
2, 4, 6, 8	Nilai perantara antara kedua penilaian, digunakan ketika pengambil keputusan mengalami kesulitan untuk memutuskan antara dua tingkat kepentingan yang berdekatan	

Sumber: Saaty (1985)

3. Konsistensi Logis

Konsistensi dalam AHP sangat diperlukan karena jika diketahui perbandingan faktor 1 dan faktor 2 maka perbandingan faktor 2 dan 1 bersifat kebalikannya sehingga nantinya akan membentuk objek yang homogen saling membenarkan secara logis. Rasio konsistensi digunakan untuk memutuskan apakah evaluasi sudah cukup konsisten (El Moaty et al, 2009). Pengukuran konsistensi dari perbandingan berpasangan dapat dirumuskan sebagai berikut (Saaty, 2015):

$$Consistency\ Index\ (CI) = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.1)$$

$$Consistency\ Ratio\ (CR) = \frac{CI}{RI} \quad (2.2)$$

Dimana,

n = ukuran matrix

RI = *Random Index*

Nilai *Random Index* didapat dari Tabel 2.5

Tabel 2.5 Random Index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

2.4 Analisis Sensitivitas

Penerapan analisis sensitivitas dalam proses MCDM sangat penting dilakukan untuk memastikan *robustness* dari keputusan akhir (Sihotang, 2023). Analisis sensitivitas pada kriteria keputusan dapat terjadi karena adanya informasi tambahan sehingga pengambil keputusan mengubah penilaiannya. Terjadinya perubahan penilaian tersebut menyebabkan berubahnya urutan prioritas alternatif (Widaningsih, 2017).

Ilustrasi perubahan penilaian seperti pada Hermawan. H (2001) sebagai berikut:

$$X = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$$

$$Y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$$

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4$$

Apabila dilakukan perubahan terhadap penilaian dimana bobot prioritas kriteria x_1 maka urutan prioritas berubah. Bobot prioritas kriteria x_1 dapat diubah lebih kecil dari x_1 atau lebih besar dari x_1 . Analisis sensitivitas ini juga dapat dilakukan terhadap kriteria-kriteria lainnya yaitu kriteria x_2 , x_3 , dan x_4 sehingga analisis ini menunjukkan perubahan terhadap urutan prioritas.

2.5 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) adalah sarana diatas tanah untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke Gardu Induk (GI) atau dari GI ke GI lainnya yang terdiri dari kawat/konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang melalui isolator-isolator dengan sistem tegangan tinggi (30 kV, 70 kV dan 150 kV) (Simposium Nasional RAPI XII-2013 FT UMS) sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 01.P/47/MPE/1992, SUTT adalah saluran tenaga listrik yang menggunakan kawat telanjang (penghantar) di udara

bertegangan diatas 35 s/d 245 kV sesuai standar dibidang ketenagalistrikan (Pasal 1 ayat 3).

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) saat ini merupakan jenis transmisi yang sangat lazim digunakan dan paling banyak digunakan di Indonesia untuk hal evakuasi daya listrik dari pembangkit ataupun dari gardu induk menuju gardu induk lainnya sampai ke pusat beban. Diantara pertimbangan dilakukannya pembangunan SUTT di Indonesia adalah adanya penambahan beban sistem tenaga listrik dan jarak lokasi pembangkit ke pusat beban pada umumnya sangat jauh sehingga untuk menyalurkan energi listrik harus dibangun transmisi tegangan tinggi. Dilain sisi material untuk transmisi jenis ini khususnya besi baja pada umumnya dapat dengan mudah ditemukan di Indonesia sehingga untuk bahan material utama yang digunakan yaitu material tower dan konduktor bukan jadi permasalahan utama dalam pelaksanaan pekerjaannya namun melihat sisi penyelesaian pekerjaan terhadap target penyelesaian, durasi pengiriman material yang dibutuhkan dari manufaktur ke lokasi proyek menjadi hal krusial khususnya di lokasi objek penelitian SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole.

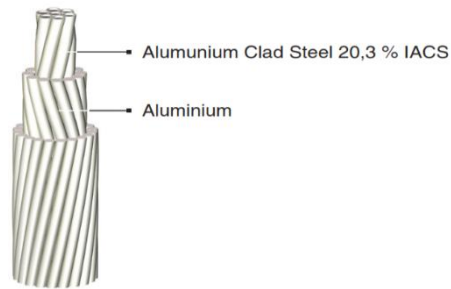
Menurut Purnomo (2016) Peralatan-peralatan yang penting pada saluran transmisi udara antara lain:

1. Kawat penghantar (konduktor)

Kawat penghantar adalah komponen yang memegang peranan penting dalam menyalurkan tenaga listrik dari satu tempat ke tempat yang lain. Pada saluran transmisi udara biasanya kawat penghantar yang digunakan adalah kawat penghantar telanjang (*base wire*).



Gambar 2. 3 Konduktor ACSR SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole



Gambar 2. 4 Ilustrasi konduktor ACSR SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole

2. Isolator

Isolator adalah komponen yang mengisolasikan kawat penghantar dengan menara transmisi agar tidak terjadi hubungan dengan tanah. Isolator harus mampu menahan gaya-gaya dari luar, maupun gaya mekanis karena berat dari kawat penghantar.



Gambar 2. 5 Isolator Polymer SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole

3. Peralatan pembantu kawat penghantar

Supaya pemasangan kawat penghantar pada pasangan isolator lebih praktis dan kuat, maka dalam pemasangan kawat penghantar dilengkapi dengan peralatan-peralatan pembantu pada saluran transmisi. Peralatan pembantu kawat penghantar antara lain sambungan penghantar (*joints*), batang pelindung (*armor rods*) dan peredam (*damper*).

4. Menara transmisi (tower)

Menara transmisi adalah komponen yang digunakan untuk menggantung kawat penghantar dan isolator agar tidak mengenai benda-benda dibawah

(manusia, bangunan dan sebagainya). Berdasarkan SPLN T.5.004.2010 tipe tower berdasarkan karakteristik kegunaannya dibagi sebagai berikut:

a. Tower gantung (*Suspension tower*)

Tower yang digunakan untuk menyangga penghantar atau konduktor pada kedua bentang untuk jalur transmisi yang relatif lurus dengan sudut belok antara 0 sampai dengan 3 derajat untuk SUTT atau 0 sampai 5 derajat untuk SUTT.

b. Tower sudut (*Tension tower*)

Tower yang digunakan untuk menyangga penghantar atau konduktor pada kedua bentang untuk jalur transmisi yang mempunyai sudut belok sampai dengan 90 derajat untuk SUTT.

c. Tower ujung (*Dead end tower*)

Tower yang digunakan untuk menyangga penghantar atau konduktor pada ujung jalur transmisi atau pada jalur transmisi dengan span pendek pada salah satu bentang (*slack span*) yang mempunyai sudut belok sampai dengan 60 derajat untuk SUTT.

d. Tower transposisi

Tower sudut (*tension tower*) yang digunakan untuk merubah posisi fasa penghantar atau konduktor pada kedua bentang untuk jalur transmisi yang lurus.

Sedangkan tipe tower berdasarkan pembagian besar sudut belok seperti pada Tabel 2.6 dibawah ini.

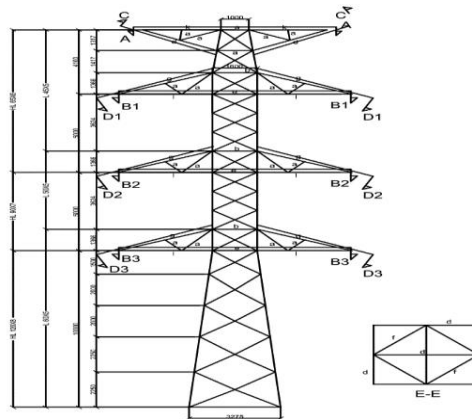
Tabel 2.6 Tipe Tower SUTT 70 kV Berdasarkan Sudut Belok

No	Tipe Tower	Sudut Belok Jalur	Tipe Insulator
1	AA	0° - 3°	Gantung
2	BB	0° - 20°	Tarik
3	CC	20° - 40°	Tarik dengan jumper
4	DD	40° - 60°	Tarik dengan jumper
5	EE	60° - 90°	Tarik dengan jumper
6	DDR	0° - 60°	Tarik dengan jumper

Sedangkan untuk gambar tower sendiri seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2. 6 Tower SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole



Gambar 2. 7 Ilustrasi Tower SUTT 70 kV GI Namlea – GI Namrole

Ilustrasi Gambar 2.7 adalah model desain SUTT tipe *lattice tower* yang umum digunakan di Indonesia termasuk di sistem Buru. SUTT 70 kV terbuat dari menara baja (*tower lattice*) atau sering disebut dengan *Over Head Lines* (OHL) dengan menggunakan jenis kawat penghantar ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced Cable*). SUTT ini pada umumnya jadi prioritas utama untuk daerah yang memiliki cakupan area luas dan dinilai lebih ekonomis secara umum.

2.6 Desain *Sagging*

Sagging atau kelendutan bentuk lengkung konduktor yang dikarenakan beratnya konduktor yang membentang diantara tower transmisi dan faktor-faktor lainnya (Irawan, 2016). Nilai *sag* harus diperhitungkan dengan cermat guna

melakukan *ground clearance* yang merupakan area bebas obyek di sekitar transmisi untuk alasan keselamatan masyarakat sekitar dan keamanan tower itu sendiri.

Nilai *sagging* ditentukan oleh berat konduktor, jarak rentang (*span*) dan kuat tarik konduktor. Pada posisi tower dengan elevasi yang berbeda, *sagging* dihitung dengan menggunakan rumus 2.3 (BN, 2002)

$$D = \frac{WS^2}{8T} \quad (2.3)$$

Keterangan rumus:

D : Sagging (m)

W : Berat penghantar per satuan Panjang (kg/m)

S : Jarak rentang (m)

T : Kuat Tarik penghantar (kg)

2.7 Ruang Bebas (*Clearance*)

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 13 Tahun 2021, ruang bebas adalah ruang yang dibatasi oleh bidang vertikal dan horizontal di sekeliling dan di sepanjang konduktor jaringan transmisi tenaga listrik dimana tidak boleh ada benda di dalamnya demi keselamatan manusia, makhluk hidup dan benda lainnya serta keamanan operasi jaringan transmisi tenaga listrik.

Jarak bebas minimum vertikal dari konduktor adalah jarak terpendek secara vertikal antara konduktor jaringan transmisi tenaga listrik dan permukaan bumi atau benda diatas permukaan bumi yang tidak boleh kurang dari jarak yang telah ditetapkan demi keselamatan manusia, makhluk hidup dan benda lainnya serta keamanan operasi jaringan transmisi tenaga listrik.

Jarak atau ruang bebas ini bertujuan untuk mewujudkan kondisi andal dan aman bagi instalasi tenaga listrik, aman dari bahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya serta ramah lingkungan. Perusahaan wajib memberikan kompensasi kepada pemegang hak atas tanah, bangunan dan tanaman yang berada di bawah ruang bebas dan berkurang nilai ekonomisnya akibat dilintasi jaringan transmisi tenaga listrik. Jarak bebas minimum vertikal dari konduktor seperti pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Jarak Bebas Minimum Vertikal dari Konduktor

No.	Lokasi	SUTT		SUTET		SUTTAS	
		66 kV (m)	150 kV (m)	275 kV (m)	500 kV (m)	250 kV (m)	500 kV (m)
1.	Lapangan terbuka atau daerah terbuka ^{a)}	7,5	8,5	10,5	12,5	7,0	12,5
2.	Daerah dengan keadaan tertentu						
	- Bangunan, jembatan ^{b)}	4,5	5,0	7,0	9,0	6,0	9,0
	- Tanaman/tumbuhan, hutan, perkebunan ^{b)}	4,5	5,0	7,0	9,0	6,0	9,0
	- Jalan/jalan raya/rel kereta api ^{a)}	8,0	9,0	11,0	15,0	10,0	15,0
	- Lapangan umum ^{a)}	12,5	13,5	15,0	18,0	13,0	17,0
	- SUTT lain, Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR), Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), saluran udara komunikasi, antena dan kereta gantung ^{b)}	3,0	4,0	5,0	8,5	6,0	7,0
	- Titik tertinggi tiang kapal pada kedudukan air pasang/tertinggi pada lalu lintas air ^{b)}	3,0	4,0	6,0	8,5	6,0	10,0
CATATAN							
^{a)} Jarak Bebas Minimum Vertikal dari Konduktor dihitung dari konduktor ke permukaan bumi atau permukaan jalan/rel							
^{b)} Jarak Bebas Minimum Vertikal dari Konduktor dihitung dari konduktor ke titik tertinggi/terdekatnya							

2.8 Alternatif Dalam Pemilihan Penyelesaian TIP 182

Pengambilan keputusan berbasis AHP tentunya diawali dengan penentuan alternatif. Untuk penelitian ini terdiri dari beberapa alternatif yaitu:

1. Dinding Penahan Tanah (DPT), merupakan suatu dinding yang berfungsi untuk menahan massa tanah agar tak bergerak seperti pada tepi terasering atau galian. Dinding penahan tanah juga merupakan struktur yang didesain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral tanah ketika terdapat perubahan elevasi tanah yang diinginkan dan melebihi sudut tenang tanah (Ching. F. D. K, 2020).

2. Relokasi Tapak Tower

Relokasi tapak tower merujuk pada proses memindahkan atau membangun kembali tower dari satu lokasi ke lokasi lain. Beberapa faktor yang memicu terjadinya relokasi tower transmisi diantaranya:

- a. Pengembangan Wilayah

Menurut penelitian Leumongkol, et al (2009) bahwa pertumbuhan populasi memaksa adanya peningkatan jumlah kebutuhan tenaga listrik. Area permukiman tersebar ke berbagai daerah tanpa adanya batasan. Beberapa wilayah mendekati dan berada pada perpotongan jalur transmisi. Penyelesaian dari hal ini dilakukan *reroute* jalur transmisi ke arah jarang penduduk dikarenakan memindahkan Masyarakat akan menjadi isu social dan sulit diselesaikan namun dengan memindahkan jalur transmisi menjadi pilihan terbaik.

b. Perubahan zona lahan (tata ruang) atau regulasi

Pembangunan konstruksi jalan tol tentunya banyak melewati jaringan transmisi. Pada titik perpotongan tersebut, jarak antara kawat konduktor dengan jalan tol pastinya akan mempengaruhi *clearance* konduktor. Konsekuensinya tower transmisi tersebut dilakukan relokasi atau ditambah ketinggiannya memenuhi standar *clearance* sehingga penyelesaiannya diperlukan pertimbangan lebih jauh dalam perhitungan nilai andongan untuk sesuai persyaratan jarak *clearance* seperti pada penelitian Tambunan dan Mulyono (2019).

c. Perbaikan atau penggantian infrastruktur

Pada penelitian Likadja et al (2021) adanya bencana alam yang tidak terduga memaksa munculnya kegagalan konstruksi pada tower terutama terjadinya *sliding* pada pondasi. Kejadian tersebut merusak struktur dan peralatan tower. Karena hal itu memaksa dilakukan relokasi tower ke area stabil. Peristiwa lain yang terjadi seperti penelitian Cornelis dan Rustendi (2022) dimana adanya kondisi ketidakstabilan daya dukung tanah menyebabkan beberapa jalur transmisi mengalami kegagalan struktur. Sehingga system interkoneksi jaringan Listrik menjadi terganggu. Beberapa tower terpaksa dilakukan perkuatan pondasi hingga relokasi.

3. Redesain Tower

Menurut Chen, et al (2021) tower transmisi adalah jenis struktur yang dirancang untuk mendukung saluran transmisi di udara. Jaringan listrik biasanya menggunakan menara baja berkisi-kisi tinggi untuk mendukung saluran transmisi. Karena struktur menara harus menjaga jarak tertentu antara saluran

transmisi dan tanah, maka struktur tersebut harus mematuhi peraturan keselamatan isolasi listrik (ruang bebas). Menara transmisi sendiri terdiri dari 4 bagian utama yaitu *upper body*, *lower body*, *body extension* dan *leg tower*. Setiap jenis *body tower* adalah identik baik yang digunakan atau tanpa *body extension*. Chen et al (2021) menambahkan bahwa dalam mendesain menara transmisi harus mempertimbangkan *ground clearance minimum*, maksimum lendutan andongan konduktor, jarak vertikal antara konduktor atas dan bawah serta jarak bebas vertikal antara kabel *ground* dengan konduktor atas. Oleh karena itu tidak menutup kemungkinan adanya desain khusus pada tower dengan ketinggian tertentu untuk menyesuaikan hal tersebut terutama terhadap topografi area. Desain khusus itu berupa tower spesial yang memiliki tinggi melebihi standar tower pada umumnya ataupun bisa juga dengan perbedaan struktur pada kaki tower.

4. *Cutting Slope*

Metode pemotongan lereng sudah umum diterapkan pada proyek konstruksi transmisi khususnya dalam memenuhi syarat *clearance* kabel. Pemotongan lereng sendiri merujuk pada modifikasi topografi atau kontur tanah untuk memfasilitasi pembangunan jaringan transmisi. Metode ini sebagai langkah dimana sejumlah tanah atau lereng dihilangkan atau dipotong untuk menciptakan koridor atau jalur transmisi. Volume *cutting* diukur berdasarkan perhitungan besaran andongan yang kandas menyentuh permukaan tanah menyesuaikan persyaratan ruang bebas.

Menurut Robson et al (2022) metode penggalian tergantung pada kekuatan batuan yang ditemui. Untuk batuan dan tanah yang sifatnya lemah, penggalian dilakukan secara mekanis dengan alat penggali sedangkan untuk batuan yang lebih kuat, penggalian lebih cepat dan murah dilakukan dengan cara peledakan. Namun beberapa teknik peledakan dapat secara signifikan mengurangi kekuatan batuan dan stabilitas tanah. Untuk mengatasi stabilitas tanah dampak pekerjaan *cutting* maka diperlukan kegiatan pemadatan tanah di lokasi pemotongan.

2.9 Kriteria Penyelesaian TIP 182

Menurut PMBOK 2021, proyek konstruksi memiliki karakteristik yang unik dan saling keterkaitan. Banyak faktor yang menentukan keberhasilan proyek selain dari kemampuan manajer proyek itu sendiri seperti lingkungan proyek (internal dan eksternal), kolaborasi stakeholder, team performance, komunikasi, *physical resources and procurement* ataupun *uncertainty performance* yang salah satunya adalah risiko. Selain daripada itu, hal utama dalam proyek adalah adanya *constraint* dari biaya, mutu, dan waktu. Untuk itu dalam penyelesaian TIP 182 ditentukanlah beberapa kriteria alternatif diantaranya:

1. Teknis

Kajian teknis merupakan hal utama dalam fase *engineering* dan *construction*. Kajian ini membutuhkan perhitungan yang sedemikian rupa menggunakan teori ataupun kalkulasi tertentu untuk menghasilkan desain optimal yang nantinya akan diimplementasikan. Aspek ini akan ditinjau dari beberapa subkriteria yaitu:

a. Struktur

Struktur ini berupa konstruksi yang berada di bawah permukaan tanah ataupun di atas permukaan tanah. Kontruksi dibawah permukaan tanah meliputi struktur pondasi sedangkan diatas permukaan tanah diantaranya mencakup perangkat atau peralatan-peralatan transmisi udara. Dalam menganalisis nantinya akan menggunakan *drawing sagging profil* untuk mengetahui adanya perubahan tipe tower yang akan digunakan ataupun *sagging* yang memenuhi jarak *clearance*

b. Kemudahan Pekerjaan

Pekerjaan suatu proyek konstruksi tentunya akan mempertimbangkan kemudahan pengerjaan dalam rangka mencapai tujuan proyek (Hermawan, 2023). Pemilihan metode yang meminimalisir resiko kegagalan proyek perlu dipertimbangkan walaupun hal ini bukan faktor utama ataupun penentu karena tergantung kebutuhan bisnis. Pelaksanaan konstruksi berkaitan erat dengan metode kerja ataupun prosedur yang digunakan terlebih lagi dilihat dari tingkat medan kerja. Pelaksanaan pekerjaan konstruksi SUTT sendiri meliputi beberapa tahapan sebagai berikut (Hotmasterman, 2022) :

a) Proses survey dan penentuan akses jalur masuk ke titik tower

Dalam hal ini dilakukan survey secara menyeluruh meliputi survey *topography* disepanjang jalur rute rencana SUTT dan pekerjaan soil *investigation* di setiap titik lokasi tapak tower. Dalam hal ini banyak permasalahan sosial yang terjadi saat proses awal dan membuat jalur akses masuk menuju titik tower dikarenakan pada umumnya jalur ini tidak dibebaskan namun terdapat pekerjaan didalamnya.

b) Proses mobilisasi dan langsir material dan personal

Dalam hal ini dilakukan mobilisasi peralatan-peralatan kerja, material dan *supporting* ke lokasi titik tower. Sebagian peralatan didatangkan dari luar seperti alat *stringing* ke lokasi jalur dan tenaga ahli spesialis untuk pekerjaan *erection* (perakitan struktur tower) dan *stringing* (memasang kabel konduktor pada tower).

c) Pekerjaan pondasi

Setelah peralatan dan material sudah dimobilisasi ke lokasi maka akan dilakukan pekerjaan pondasi untuk setiap titik tower beserta dengan persiapan langsir material besi tower untuk persiapan pekerjaan selanjutnya.

d) Pekerjaan *erection* tower (pemasangan struktur tower)

Setelah pondasi selesai dikerjakan dan material besi tower sudah dilokasi maka selanjutnya dilakukan pekerjaan *erection* tower untuk merakit besi tower sampai membentuk satu konstruksi tower yang utuh.

e) Pekerjaan *Right of Way* (ROW)

Seiring dengan pekerjaan *erection* dan pondasi, pada umumnya paralel dilakukan pekerjaan ROW yang meliputi proses pembersihan jalur yang berada dibawah rencana rute transmisi sehingga pada fase ini akan terjadi banyak permasalahan sosial yang harus dipertimbangkan mengingat tanah yang dilalui rute ini tidak dilakukan pembebasan lahan namun hanya berupa kompensasi sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 13 Tahun 2021 tentang ruang bebas dan jarak bebas minimum jaringan transmisi tenaga listrik dan kompensasi atas tanah, bangunan, dan/atau tanaman yang berada di bawah ruang bebas jaringan transmisi tenaga listrik. Menurut Pagi. A. F, Badgular. K. P, (2017) Biaya

pekerjaan transmisi secara langsung bergantung pada biaya tanah. Semakin sedikit lahan yang ditempati semakin sedikit pula biaya yang dikeluarkan. Biaya modal proyek transmisi berbanding lurus dengan biaya ROW dimana biaya modal meliputi total biaya konstruksi, ROW dan gardu induk. Biaya ROW berpengaruh yang lebih besar terhadap biaya modalnya.

f) Pekerjaan *stringing*

Setelah pekerjaan konstruksi tower selesai dilaksanakan dan proses ROW sudah selesai maka akan dilanjutkan dengan proses pekerjaan *stringing* untuk pemasangan kabel konduktor SUTT ke semua tower sehingga SUTT dapat beroperasi.

c. Pembebasan tanah

Pembebasan lahan menyebabkan beralihnya pemilikan lahan dan menjadi salah satu sebab hilangnya mata pencaharian masyarakat terutama yang menjadikan lahan sebagai modal utama dalam bekerja mencari nafkah. Hal ini selanjutnya akan menyebabkan penurunan tingkat pendapatan masyarakat (Bahrin et al, 2008). Kegiatan pembebasan lahan seringkali menyebabkan konflik antara pemilik dan pengguna/pembeli lahan meskipun lahan tersebut diperuntukan untuk kegiatan pembangunan atau kepentingan umum. Sumber konflik dalam pembebasan lahan umumnya bersumber dari ketidakpastian dalam penentuan nilai ganti rugi (Muhtar et al, 2015).

Sejak berlakunya UU No. 2 Tahun 2012 tentang pengadaan tanah bagi pembangunan untuk kepentingan umum, mekanisme pengadaan tanah telah diatur mulai dari tahap pertama perencanaan, persiapan, pelaksanaan dan penyerahan hasil. Namun dalam rangka efisiensi dan efektivitas pengadaan tanah untuk kepentingan umum yang luasnya tidak lebih dari 5 hektar dapat dilakukan secara langsung oleh instansi yang membutuhkan tanah dengan pemilik sebagaimana dalam Peraturan Presiden No. 148 Tahun 2015 tentang perubahan keempat Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2012 tentang penyelenggaraan pengadaan tanah untuk pembangunan kepentingan umum. Oleh karena itu dalam pelaksanaan pembebasan lahan tapak tower yang luasannya tergolong skala kecil dapat langsung dilakukan proses ganti rugi

dengan pemilik. Sedangkan khusus untuk lahan yang dilalui oleh jalur transmisi atau *right of way* (ROW) berlaku pembayaran kompensasi.

Lokasi pekerjaan TIP 182 sendiri dan sekitarnya berada dalam Kawasan hutan produksi yang dapat dikonversi (HPK) dimana proses penggunaan lahannya melalui mekanisme persetujuan penggunaan kawasan hutan (PPKH) dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan hidup dan Kehutanan No. 7 tahun 2021 yang mana pada pasal 380 terdapat beberapa komitmen yang harus dipenuhi oleh pemrakarsa. Selain dari hal tersebut karena di lokasi tersebut terdapat masyarakat adat yang mengelola maka perlu adanya penyelesaian teknis untuk mengakomodir hak masyarakat adat sesuai dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 33 tahun 2016.

2. Sumber Daya

Salah satu faktor penting dalam keberhasilan proyek adalah ketersediaan sumber daya termasuk bahan dan tenaga kerja (Hartman dan Ashrafi, 2002). Kompleksitas peralatan yang digunakan dan ketersediaan material di masing-masing kriteria memiliki peranan penting tersendiri dalam keberlangsungan penyelesaian proyek. Selain daripada itu pengiriman peralatan dan material ke lokasi menjadi salah satu hal yang perlu diperhitungkan terlebih lagi jika di daerah sekitar tidak memiliki ketersediaan material yang cukup.

3. Biaya

Biaya merupakan kriteria penting suatu keberhasilan proyek. Biaya menjadi kritikal dimana perencanaan anggaran dan estimasi biaya yang tepat sebagai faktor keberhasilan (Ahadzie et al, 2007). Biaya dalam pekerjaan bisa dikatakan sebagai besarnya pengeluaran yang berhubungan dengan upaya penyelesaian pekerjaan (Maruvanchery V, 2020). Pada penelitian ini biaya yang diperhitungkan sebagai kriteria adalah biaya yang diperlukan untuk keperluan penyelesaian dari aspek teknis maupun non teknis dan tidak menutup kemungkinan dari aspek lainnya yaitu sumber daya dan resiko.

4. Durasi

Durasi menjadi penting pada penelitian ini mengingat adanya *constrain* penyelesaian proyek sehingga durasi terpendek dari alternatif menjadi salah satu

pilihan kriteria terbaik. Penentuan durasi nantinya berdasarkan pada perhitungan ataupun dari penyelesaian di proyek sejenis dikarenakan aktifitas pekerjaan konstruksi tower pada umumnya bersifat tipikal. Analisa durasi ini melingkupi keseluruhan aspek kriteria.

5. Risiko

Risiko menurut PMBOK 2021 adalah peristiwa atau kondisi yang tidak pasti, bilamana terjadi mempunyai dampak positif atau negatif terhadap satu atau lebih tujuan proyek. Risiko negatif disebut ancaman sedangkan positif disebut peluang. Semua proyek mempunyai risiko karena sifatnya yang unik dengan ketidakpastian berbeda-beda.

Penentuan tingkat resiko berdasarkan pengukuran dampak risiko terhadap tingkat kemungkinan kejadian yang tertuang dalam matriks risiko sebagaimana gambar 2.6

Skala Level Kemungkinan**Skala Dampak****A = Sangat Jarang (Seldom)**

1 = Sangat Ringan (Low)

B = Jarang (Not Often)

2 = Ringan (Minor)

C = Sedang (Roughly)

3 = Sedang (Medium)

D = Sering (Often)

4 = Berat (Major)

E = Sangat Sering (Most Often)

5 = Sangat Berat (Disaster)

Kemungkinan	Sangat Sering	E	Sedang	Sedang	Tinggi	Ekstrim	Ekstrim
	Sering	D	Rendah	Sedang	Tinggi	Ekstrim	Ekstrim
	Sedang	C	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi	Ekstrim
	Jarang	B	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Ekstrim
	Sangat Jarang	A	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi
			1	2	3	4	5
			Sangat Ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
			Resiko				

Informasi	Rendah	Sedang	Tinggi	Ekstrim
-----------	--------	--------	--------	---------

Gambar 2. 8 Matriks Risiko (Sumber: Hotmasterman, 2022)

Menurut Ramli Soehatman (2010) bahwa risiko dihadapi oleh suatu organisasi atau perusahaan diakibatkan oleh banyak faktor baik dari dalam serta dari luar. Risiko pada organisasi amat beragam sesuai dengan sifat lingkup, skala dan jenis kegiatannya antara lain resiko finansial, operasional, alam, pasar, sosial dan keamanan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wantouw dan Mandagi (2014) terkait manajemen resiko pada proyek pembangunan SUTT 150 kV teridentifikasi menjadi 7 aspek dimana kategori *high risk* terdiri dari aspek teknis pengurusan proyek, *significant risk* terdiri dari aspek kecelakaan kerja tak terduga, aspek lingkungan, aspek penyesuaian dalam proyek dan *low risk* terdiri atas aspek permasalahan tenaga kerja, aspek kecelakaan kerja yang diperkirakan dan aspek penggunaan material. Namun untuk risiko yang digunakan pada

penelitian ini dibagi menjadi resiko yang bersifat teknis maupun non teknis. Resiko teknis terdiri dari kecelakaan kerja, implikasi biaya dan waktu, hingga pelaksanaan konstruksi itu sendiri sedangkan untuk non teknis meliputi sosial dan lingkungan.

2.10 Posisi Penelitian

Seperti penjelasan sebelumnya pada latar belakang, kasus dalam penelitian ini terkait pemilihan alternatif pada penyelesaian konstruksi di salah satu lokasi tower diakibatkan oleh kejadian kelongsoran pondasi khususnya pada proyek SUTT masih belum ditemui oleh peneliti meskipun aktualnya mungkin sering terjadi pada proyek transmisi. Penelitian ini berfokus pada pemilihan alternatif untuk pengambilan keputusan terbaik demi penyelesaian salah satu TIP tower pada objek penelitian yang diakibatkan oleh kelongsoran pondasi yang telah terjadi ke dalam bentuk 3 alternatif pilihan.

Penelitian mengesampingkan dan tidak mengulas faktor penyebab kejadian kelongsoran itu sendiri tetapi lebih mengarah kepada penanganan dampak dari kelongsoran salah satunya melalui penggantian tower yang lebih tinggi. Selain itu terdapat pula penelitian lain mengenai relokasi tower diakibatkan medan area yang tidak memungkinkan dilakukan pekerjaan. Sedangkan penelitian terkait pekerjaan *cutting slope* sudah banyak ditemui pada proyek pembangunan jalan raya. Namun pada penelitian ini, pekerjaan tersebut digunakan untuk pemenuhan jalur ruang bebas jalur transmisi. Sedangkan dari aspek pemilihan alternatif, terdapat beberapa penelitian yang mendekati dengan bahan penelitian ini khususnya dalam proyek transmisi namun penelitian tersebut ditinjau secara keseluruhan proyek yaitu penentuan rute jalur transmisi.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, peneliti menjadikannya sebagai referensi bagian alternatif pilihan pada metode AHP. Hingga kini belum ditemukan penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan aspek alternatif yang identik dengan penelitian yang akan dilakukan pada proyek transmisi. Sementara rangkuman penelitian terdahulu seperti pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	R. Sutjipto Tantyoni mpuno, Agustina Dwi Retnaning tias	Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp) Pada Proses Pengambilan Keputusan Pemilihan Jenis Pondasi (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Royal Plaza Surabaya)	Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp)	Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode AHP yang dilakukan, diperoleh prosentase prioritas kriteria pemilihan jenis pondasi dari yang tertinggi ke yang terendah, yaitu kondisi tanah dengan prosentase sebesar 46,17 %; kriteria teknis pondasi dengan prosentase bobot sebesar 21,37 %; kriteria efisiensi waktu dengan prosentase bobot 10,92 %; kriteria pelaksanaan sebesar 10,5 %; kriteria ekonomis dengan nilai prosentase bobot 8,22 %; dan yang terakhir yaitu kriteria lingkungan dengan prosentase bobot prioritas sebesar 2,82 %
2	Widi Hartono, Sugiyarti Lanjari	Pemilihan Alternatif Jenis Pondasi Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus Proyek Pembangunan Laboratorium Fakukultas Pertanian UNS Surakarta)	Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)	Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode AHP yang dilakukan, diperoleh prosentase prioritas kriteria pemilihan jenis pondasi dari yang tertinggi ke yang terendah
3	Redityo Januardi	Persepsi Pengguna Dalam Mengukur Kinerja Operasi Konstruksi Berbasis Sampling Menggunakan Analytical Hierarchy Process	Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)	Hasil analisis menggunakan AHP menunjukkan bahwa field rating menjadi peilihan pertama bagi para pengguna untuk digunakan dalam mengukur produktivitas operasi konstruksi dengan skor 53,9%, diikuti 5-minutes rating dan work sampling masing-masing sebesar 25,9% dan 20,2%.
4	Putri Suci Mawariza	Penggunaan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam Analisa Pemilihan Metode Erection PCI Girder	Analytical Hierarchy Process (AHP)	Dari hasil analisa Fuzzy AHP didapat urutan prioritas alternatif yang digunakan sebagai atribut kriteria yang diperlukan dalam pemilihan keputusan untuk menentukan metode pelaksanaan erection girder pada proyek pembangunan Fly Over
5	Tiny Mananom a, Joane Imanuela Lembong, Agatha N.E Naseriman	Pemilihan Alternatif Jenis Pondasi Bangunan Gedung Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)	Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)	Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode AHP yang dilakukan: Pondasi sumuran berada pada posisi pertama, pondasi bored pile berada pada urutan kedua dan pondasi tiang pancang berada pada urutan ketiga

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
6	Juara Mangapul Tambunan, Hary Mulyono	Reposisi dan Penggantian Menara Transmisi 150 kV	Penelitian terdiri dari variabel independen (pembangunan jalan tol yang melintasi ROW SUTT) dan variabel dependen (jarak <i>clearance</i> konduktor). Lalu perhitungan matematis menentukan nilai konduktor, tegangan dan andongan. Aspek lainnya adalah kebutuhan luas tanah, pengawasan pekerjaan, pengangkutan material dan kemudahan pengerjaan	Penelitian ini memberikan solusi terhadap masalah relokasi dan peninggian <i>clearance</i> tower transmisi yang terdampak oleh pembangunan jalan tol serta menekankan pentingnya perhitungan andongan dalam perencanaan penentuan lokasi
7	Moch. Aswanto	Desain Konstruksi Dinding Penahan Tanah Pasangan Batu-Kali dengan Metode Memotong Kaki-Lereng	Analisis stabilitas lereng dengan metode <i>limit equilibrium</i> , penggunaan rumus <i>terzaghi</i> , coulomb-kerisel dan penanganan beban gravitasi maupun gempa	Desain konstruksi dinding penahan tanah beton bertulang dengan menggunakan batuan alam untuk menstabilkan lereng curam menghasilkan angka keamanan telah memenuhi <i>global stability</i>
8	Yide Gan, Hongzhou Deng, Huafeng Liu, Qingbin Zhao	Experimental and Numerical Researches on a New Type of Tower for Steep Mountainous Areas	Penelitian ini menggunakan <i>full scale tower test</i> dan FEM.	Modifikasi <i>leg tower</i> memenuhi persyaratan teknik dan layak untuk konstruksi jaringan transmisi di daerah pegunungan curam. Menara ini memiliki keunggulan dalam hal pengurangan volume galian, beban material yang lebih ringan dan minimalisir kerusakan lingkungan
9	Blessing B. K, Tisano Tj. A, Jantje B. M	Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Pembangunan Tower SUTET Likupang - Paniki	Perhitungan alat berat melalui data primer dan sekunder	Excavator dapat memenuhi pekerjaan galian dalam waktu cepat namun perlu dipertimbangkan jenis alat berat yang digunakan menyesuaikan medan area kerja
10	Ferry Wantouw, Robert J. M. Mandagi	Manajemen Resiko Proyek Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Lopana-Teling	Analisa Risiko	Analisa kejadian dan konsekuensi pada lokasi penelitian terbagi ke dalam 7 aspek yaitu aspek teknis pengurusan proyek, kecelakaan kerja tak terduga, lingkungan, penyesuaian dalam proyek, permasalahan tenaga kerja, kecelakaan kerja dan penggunaan material

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
11	A Muis, B Santosa	Determining 150 kV Transmission Tower Route Using FAHP Method	FAHP	Kriteria biaya konstruksi, pemeliharaan, kondisi tanah, topografi, izin, pembebasan tanah, kemudahan instalasi, aktifitas masyarakat di sekitar lokasi, jarak dengan bangunan lain, sungai dan habitat flora fauna memberikan landasan kuat dalam evaluasi rute alternatif

Penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam berbagai konteks pengambilan keputusan teknis. R. Sutjipto Tanyonimpuno dan Agustina Dwi Retnaningtias menggunakan AHP untuk menentukan prioritas kriteria pemilihan jenis pondasi pada proyek pembangunan Royal Plaza Surabaya, yang menghasilkan urutan prioritas kriteria secara jelas. Widi Hartono dan Sugiyarti Lanjari juga menerapkan AHP dalam pemilihan jenis pondasi untuk pembangunan Laboratorium Fakultas Pertanian UNS Surakarta, dengan hasil yang mirip dalam penentuan prioritas kriteria.

Tiny Mananoma, Joane Imanuela Lembong, dan Agatha N.E Naseriman meneliti pemilihan jenis pondasi gedung menggunakan AHP, menemukan bahwa pondasi sumuran menjadi pilihan utama diikuti oleh bored pile dan tiang pancang. Juara Mangapul Tambunan dan Hary Mulyono menyelesaikan masalah relokasi dan peninggian menara transmisi 150 kV dengan pertimbangan matematis dan operasional. Moch. Aswanto menganalisis desain konstruksi dinding penahan tanah untuk stabilisasi lereng curam, menggunakan metode keseimbangan batas. Yide Gan dan rekan meneliti modifikasi menara untuk daerah pegunungan curam, menggunakan uji menara skala penuh dan metode elemen hingga, menemukan bahwa modifikasi tersebut memenuhi persyaratan teknis.

Blessing B. K, Tisano Tj. A, dan Jantje B. M menganalisis produktivitas alat berat dalam pematangan lahan pembangunan tower SUTET, menekankan pentingnya pemilihan alat berat sesuai medan. Ferry Wantouw dan Robert J. M. Mandagi mengevaluasi manajemen risiko dalam proyek SUTT 150 kV, mengidentifikasi tujuh aspek risiko utama. A. Muis dan B. Santosa menggunakan metode FAHP untuk menentukan rute tower transmisi 150 kV, mempertimbangkan berbagai kriteria penting seperti biaya, topografi, dan izin. Penelitian-penelitian ini

menunjukkan bahwa AHP dan variasinya merupakan alat yang sangat berguna untuk membantu pengambilan keputusan yang kompleks dengan mempertimbangkan berbagai kriteria dan faktor.

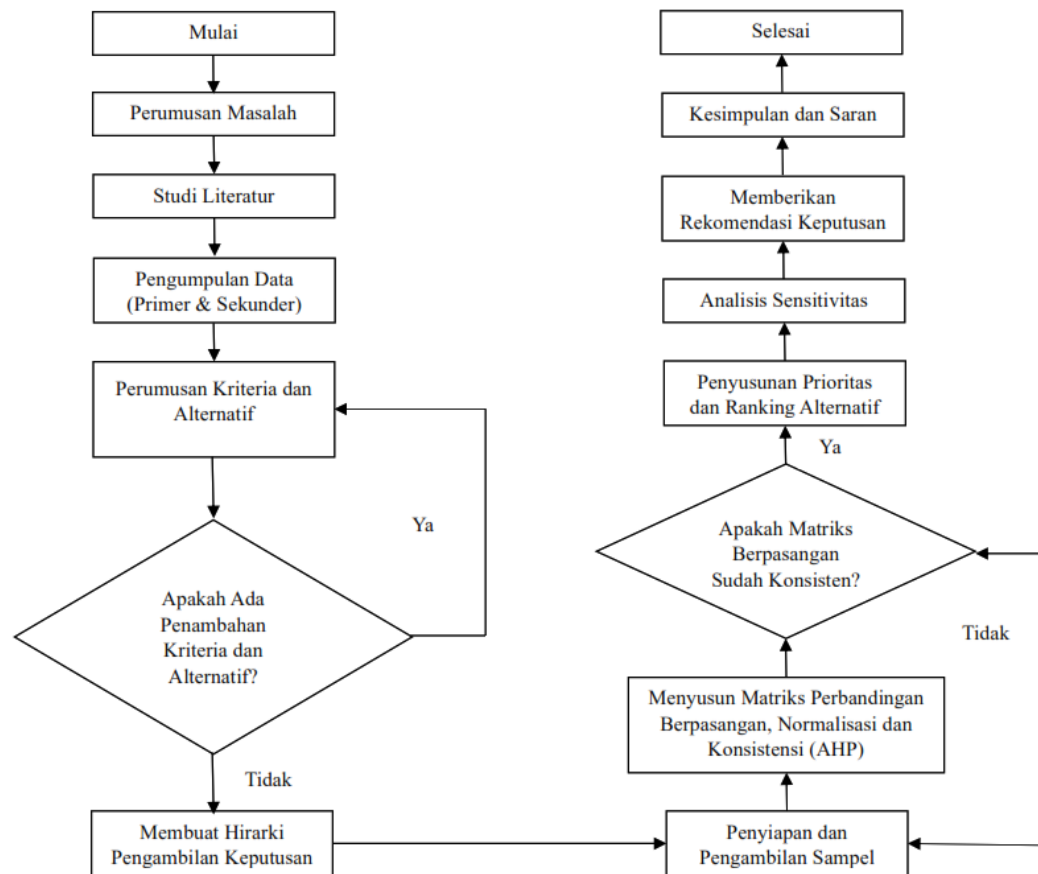
Berdasarkan penelitian-penelitian dengan variabel seperti yang diuraikan diatas, diperoleh menghasilkan kesimpulan bahwasanya penggunaan metode ataupun variabel pada penelitian tersebut berhasil memberikan nilai tambah untuk penyelesaian kasus yang serupa di kemudian hari. Dengan demikian melalui bahasan dan metode tersebut dapat menyelesaikan rumusan masalah TIP 182.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metodologi atau tata cara penelitian dalam menentukan alternatif penyelesaian pekerjaan TIP 182. Di dalamnya menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan secara rinci mulai dari proses pengambilan data, konsep dan cara pengolahan data yang ada dalam rangka menjelaskan pembahasan yang dilakukan sehingga memudahkan dalam memahami perspektif dan kerangka pikir dalam membahas suatu kasus yang sedang diteliti. Secara singkat metodologi penelitian ini dimulai dari pengumpulan data berdasarkan laporan terkait proyek dan selanjutnya memaparkan data apa saja yang diambil dan diolah. Setelah data tercukupi dilakukan penyusunan kriteria dari masing-masing alternatif, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap analisis yang ada. Setelah itu dilakukan pemodelan matriks keputusan hingga mendapatkan suatu rekomendasi. Penentuan pemodelan parameter keputusan menggunakan metode AHP.

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Berikut uraian detail dari setiap langkah dalam proses penelitian menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*:

1. Mulai

Proses penelitian dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan dan tujuan utama dari penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini berfokus pada pemilihan alternatif penyelesaian pekerjaan untuk proyek transmisi 70 kV GI Namlea – GI Namrole.

2. Perumusan Masalah

Masalah utama yang perlu diselesaikan adalah bagaimana memilih alternatif terbaik untuk menyelesaikan proyek transmisi berdasarkan berbagai kriteria

yang relevan. Masalah ini dipecah menjadi pertanyaan penelitian yang spesifik untuk memandu arah penelitian.

3. Studi Literatur

Melakukan tinjauan literatur untuk memahami konteks dan temuan sebelumnya yang relevan dengan proyek transmisi dan penggunaan metode AHP. Literatur yang direview mencakup studi kasus, teori dasar AHP, dan metode alternatif penyelesaian proyek infrastruktur.

4. Pengumpulan Data (Primer dan Sekunder)

a. Data Primer

Dikumpulkan melalui FGD dengan ahli dan survei kuesioner untuk penentuan alternatif dan kriteria dan pembobotan kriteria dari para ahli.

b. Data Sekunder

Meliputi dokumen kontrak, data engineering, laporan proyek, analisis risiko, dan dokumen pembayaran tanah yang relevan dengan proyek.

5. Perumusan Kriteria dan Alternatif

Berdasarkan data yang dikumpulkan, ditentukan kriteria yang relevan melalui FGD untuk penilaian alternatif.

6. Apakah Ada Penambahan Kriteria dan Alternatif?

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi untuk memastikan bahwa semua kriteria dan alternatif yang relevan telah teridentifikasi. Jika ada penambahan, maka kembali ke langkah 5 untuk memperbarui informasi tersebut. Hasil kriteria dan alternatif yang telah disepakati berdasarkan FGD dijadikan sebagai bahan dalam survei pendahuluan untuk menyaring daftar kriteria dan alternatif berdasarkan nilai mean/ranking.

7. Membuat Hirarki Pengambilan Keputusan

Kriteria dan alternatif hasil survei pendahuluan disusun ke dalam struktur hirarki yang jelas yang menunjukkan hubungan antara tujuan utama, kriteria, dan alternatif penyelesaian. Hirarki ini membantu dalam visualisasi dan penilaian secara sistematis.

8. Penyiapan dan Pengambilan Data

Mengumpulkan data kuantitatif diperlukan untuk mengisi matriks perbandingan berpasangan yang berasal dari survei utama sebagai bahan pembobotan AHP.

9. Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan, Normalisasi, dan Konsistensi (AHP)
 - a. Matriks Perbandingan Berpasangan
Dibuat untuk setiap kriteria, di mana alternatif dibandingkan satu sama lain berdasarkan skala yang ditentukan.
 - b. Normalisasi
Matriks kemudian dinormalisasi untuk mendapatkan bobot relatif dari setiap alternatif.
 - c. Konsistensi
Menghitung Rasio Konsistensi (CR) untuk memastikan bahwa perbandingan yang dilakukan konsisten. Jika CR kurang dari 0.1, maka matriks dianggap konsisten.
10. Apakah Matriks Perbandingan Sudah Konsisten?
Jika tidak konsisten, kembali ke langkah 8 untuk memperbaiki data dan mengulangi perhitungan.
Jika sudah konsisten, lanjut ke langkah berikutnya.
11. Penyusunan Prioritas dan Rangking Alternatif
Menggunakan bobot yang diperoleh dari matriks normalisasi untuk menyusun prioritas dan peringkat alternatif. Alternatif dengan nilai tertinggi dianggap sebagai solusi terbaik.
12. Analisis Sensitivitas
Melakukan analisis sensitivitas untuk melihat bagaimana perubahan dalam bobot kriteria mempengaruhi peringkat akhir alternatif. Ini membantu memahami robustnya keputusan yang diambil.
13. Memberikan Rekomendasi Keputusan
Berdasarkan hasil akhir dari AHP dan analisis sensitivitas, memberikan rekomendasi yang jelas tentang alternatif penyelesaian yang dipilih untuk proyek transmisi.
14. Kesimpulan dan Saran

Menyimpulkan temuan utama dari penelitian dan memberikan saran untuk implementasi keputusan atau penelitian lanjutan yang mungkin diperlukan.

15. Selesai

Proses penelitian ditutup dengan menyelesaikan semua dokumentasi dan penyampaian laporan akhir.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data untuk pembahasan terkait masalah pemilihan alternatif ini diperoleh dari hal sebagai berikut:

1. Data Primer

a. *Focused group discussion* (FGD)

FGD dilakukan dengan manajemen dan praktisi ahli yang memiliki pengalaman dan pengetahuan yang relevan dengan proyek. Diskusi difokuskan untuk mendapatkan masukan tentang model hirarki dan kriteria yang relevan untuk mengevaluasi alternatif-alternatif. Teknis pelaksanaan FGD pada penelitian ini dilakukan melalui forum rapat dengan peserta FGD. Fokus dari pelaksanaan FGD ini adalah mendapatkan model hirarki dan kriteria dari masing-masing alternatif.

b. *Survei* kuesioner

Survei kuesioner terdiri dari survei pendahuluan dengan skala Likert menyaring daftar tersebut berdasarkan nilai mean/ranking dan survei utama dengan output yang digunakan sebagai data pembobotan elemen-elemen untuk dilakukan *pairwise comparison* yang direkapitulasi dalam bentuk tabel. Responden yang menilai kriteria dan alternatif adalah praktisi yang dianggap ahli dengan pengalaman tertentu.

2. Data Skunder

a. Data Engineering

Data ini termasuk gambar teknik, lembar perhitungan, dan data survei tanah dan topografi. Gambar teknik memberikan informasi tentang desain struktural dan layout proyek secara keseluruhan, sedangkan lembar perhitungan dapat memberikan insight tentang parameter teknis

yang digunakan dalam perencanaan. Data survei tanah dan topografi penting untuk memahami karakteristik fisik dan lingkungan tempat proyek akan dilaksanakan.

b. Laporan Proyek

Laporan proyek mencakup evaluasi dan dokumentasi tentang kemajuan proyek serta tantangan atau masalah yang muncul selama pelaksanaannya. Ini memberikan pemahaman tentang realitas lapangan dan pengalaman yang relevan dalam manajemen proyek.

c. Data Analisis Risiko

Data analisis risiko mengidentifikasi potensi risiko yang mungkin dihadapi proyek dan strategi untuk mengelolanya. Ini termasuk analisis terhadap risiko teknis, keuangan, dan operasional yang dapat mempengaruhi keberhasilan proyek.

d. Dokumen Pembayaran Tanah

Dokumen pembayaran tanah mencakup informasi tentang status kepemilikan lahan yang digunakan untuk proyek, termasuk perincian pembayaran dan izin-izin yang terkait. Ini penting untuk memahami aspek hukum dan keuangan yang terkait dengan pengadaan lahan.

e. Dokumen Kontrak

Dokumen kontrak memberikan pandangan tentang perjanjian dan komitmen antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek. Ini termasuk persyaratan teknis, tenggat waktu, dan kewajiban finansial yang relevan untuk pemahaman tentang ruang lingkup dan batasan proyek.

3.3 Perumusan Kriteria

Tahapan Analisa dari AHP diawali dengan penentuan kriteria dan subkriteria sebagai landasan pemecahan masalah. Kriteria penelitian merupakan suatu atribut atau nilai atau sifat orang, objek atau kegiatan yang memiliki variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti guna dipelajari dan selanjutnya ditarik kesimpulan (Sugiyono, 2010). Adapun kriteria pada penelitian ini telah dijelaskan di Bab 2.

3.4 Desain Penelitian

Desain penelitian disusun untuk menggambarkan secara jelas alternatif dan kriteria apa saja yang akan diteliti. Penentuan kriteria dan alternatif dilakukan dalam melalui FGD (*Forum Group Discussion*) oleh para ahli.

Berdasarkan hasil studi literatur dan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan pembangunan tower transmisi, khususnya pada proyek TIP 182 di Pulau Buru, ditetapkan delapan kriteria awal dalam Forum Group Discussion (FGD) sebagai dasar penilaian alternatif. Kriteria tersebut meliputi:

1. Teknis: dinilai dari aspek struktur, daya dukung tanah, kalkulasi tower, sagging, ROW, kalkulasi cutting slope, acces materials & Tools.
2. Sumber Daya: jumlah pekerja pondasi, erection, stringing, ROW, atau cutting.
3. Biaya: pengadaan tower baru, pondasi, perbaikan pondasi, biaya galian/proteksi, erection part extension
4. Durasi: Right of Way (ROW), tambahan waktu pondasi, pengadaan tower, erection, stringing, cutting slope.
5. Kepuasan Stakeholder: tingkat penerimaan dan kepuasan pemangku kepentingan (PLN, kontraktor, pemerintah, masyarakat) terhadap hasil proyek, waktu, biaya, dan kualitas.
6. Regulasi: kepatuhan terhadap peraturan pemerintah, standar lingkungan, persetujuan UKL/UPL/AMDAL, serta perizinan dari instansi terkait.
7. Risiko: probabilitas kegagalan, keterlambatan, ketidaksesuaian hasil survei, mobilisasi alat berat, permit regulasi lingkungan.
8. Mutu: kesesuaian dengan spesifikasi teknis, standar kualitas konstruksi, dan minim pekerjaan ulang.

Sementara itu, alternatif-alternatif yang diusung adalah sebagai berikut:

1. Dinding Penahan Tanah (DPT), merupakan suatu dinding yang berfungsi untuk menahan massa tanah agar tak bergerak seperti pada tepi terasering atau galian. Dinding penahan tanah juga merupakan struktur yang didesain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral tanah ketika terdapat

perubahan elevasi tanah yang diinginkan dan melebihi sudut tenang tanah (Ching. F. D. K, 2020).

2. Relokasi Tapak Tower TIP 182, direncanakan untuk menghindari risiko longsoran dan memastikan stabilitas struktur dengan memindahkan tapak tower dari lokasi eksistingnya. Relokasi tower memerlukan pertimbangan teknis seperti luas tanah yang dibutuhkan, proses konstruksi, transportasi material, dan clearance konduktor.
3. Redesain Tower Spesial melibatkan redesain Tower 183 dengan membatalkan/menghilangkan konstruksi di TIP 182, sehingga jalur transmisi dapat langsung menuju ke Tower 183. Redesain ini memungkinkan penyesuaian dengan topografi pegunungan yang curam. Tower 183 ditinggikan menjadi tipe AA+15 untuk memastikan ketinggian yang memadai dan *clearance* andongan. Redesain tower bertujuan untuk mengatasi keterbatasan topografi dan memungkinkan jalur transmisi langsung menuju Tower 183. Dengan meningkatkan ketinggian Tower 183, desain ini mengatasi tantangan topografi pegunungan yang curam, memastikan ketinggian yang memadai dan *clearance* andongan yang aman.
4. *Cutting Slope* ditujukan untuk mengatasi tidak terpenuhinya ground clearance di jalur tersebut setelah TIP 182 ditiadakan. Pekerjaan ini diharapkan dapat mencapai ketinggian yang diinginkan dan memastikan stabilitas struktur, sehingga memungkinkan jalur transmisi yang aman dan stabil tanpa risiko gangguan atau kerusakan. *Cutting slope* dilakukan pada jalur span TIP 181 hingga TIP 183 agar tetap terpenuhi prasyarat ground clearance. Pekerjaan *cutting slope* ini memerlukan penggalian tanah yang tepat untuk mencapai ketinggian yang diinginkan dan memastikan stabilitas struktur.

Selanjutnya akan dilakukan penilaian menggunakan skala Likert pada kriteria dan alternatif melalui survei pendahuluan untuk menyaring daftar kriteria dan alternatif berdasarkan nilai *mean/ranking*. Proses ini dilakukan agar model keputusan hanya mencakup elemen-elemen yang relevan, signifikan, dan memiliki pengaruh nyata terhadap konteks permasalahan yang diteliti. Sesuai rekomendasi Saaty (1980), jumlah kriteria dalam AHP idealnya dibatasi pada elemen-elemen

yang benar-benar penting untuk menjaga konsistensi penilaian serta mengurangi kelelahan responden (*judgment fatigue*).

Kriteria dan alternatif yang telah disaring dijadikan sebagai material kriteria dan alternatif dalam survei utama yaitu survei AHP untuk pembobotan oleh para ahli. Hasil pembobotan AHP adalah alternatif yang paling optimal.

Hasil penelitian ini akan memberikan wawasan tentang alternatif penyelesaian terbaik untuk proyek transmisi 70 kV GI Namlea – GI Namrole berdasarkan analisis menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Berikut adalah perkiraan hasil yang diperoleh dari penelitian ini:

1. Peringkat Alternatif Penyelesaian

Penelitian ini akan menghasilkan peringkat dari alternatif-alternatif penyelesaian berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Alternatif yang mendapatkan bobot tertinggi akan diidentifikasi sebagai solusi yang paling optimal untuk mengatasi masalah yang dihadapi di lokasi TIP 182.

2. Kriteria yang Paling Berpengaruh

Penelitian ini akan mengidentifikasi kriteria yang paling berpengaruh dalam proses pengambilan keputusan. Hasil ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang aspek mana yang paling penting dalam menentukan alternatif penyelesaian terbaik.

3. Analisis Konsistensi

Hasil penelitian akan menunjukkan tingkat konsistensi dalam penilaian para ahli yang terlibat dalam proses pembobotan dan perbandingan berpasangan. Tingkat konsistensi yang tinggi akan meningkatkan kepercayaan terhadap validitas hasil penelitian.

4. Rekomendasi untuk Implementasi

Berdasarkan hasil analisis dan peringkat alternatif, penelitian ini akan memberikan rekomendasi konkret tentang alternatif penyelesaian yang sebaiknya diimplementasikan untuk proyek TIP 182. Rekomendasi ini akan mencakup langkah-langkah spesifik yang perlu diambil untuk melaksanakan alternatif yang dipilih, termasuk pertimbangan teknis, logistik, dan manajemen risiko.

5. Dampak Potensial dari Setiap Alternatif

Penelitian ini akan memberikan gambaran tentang dampak potensial dari setiap alternatif penyelesaian terhadap stabilitas tanah, biaya proyek, waktu pelaksanaan, dan keberlanjutan lingkungan. Ini akan membantu para pemangku kepentingan dalam memahami implikasi jangka panjang dari setiap pilihan yang tersedia.

6. Kontribusi Terhadap Pengembangan Infrastruktur di Pulau Buru

Hasil penelitian ini akan memberikan kontribusi berharga terhadap pengembangan infrastruktur listrik di Pulau Buru, dengan menawarkan solusi yang dapat meningkatkan keandalan pasokan listrik dan mendukung pertumbuhan ekonomi dan sosial di wilayah tersebut. Penelitian ini juga akan memberikan panduan bagi proyek-proyek serupa di masa depan, baik di Pulau Buru maupun di lokasi lain dengan kondisi geoteknikal yang menantang.

Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan solusi teknis yang optimal untuk proyek TIP 182 tetapi juga berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan infrastruktur dan kesejahteraan masyarakat di Pulau Buru.

Hasil penelitian akan menjadi landasan penting dalam menyelesaikan masalah yang diidentifikasi, yaitu ketidakstabilan tanah dan risiko longsor di lokasi proyek transmisi 70 kV GI Namlea – GI Namrole di Pulau Buru. Dengan memberikan peringkat dan rekomendasi terhadap alternatif-alternatif penyelesaian yang disediakan, hasil penelitian akan memberikan panduan yang jelas bagi para pemangku kepentingan dalam memilih solusi terbaik yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan. Selain itu, hasil penelitian juga akan memberikan wawasan tentang dampak dari setiap alternatif terhadap masalah yang dihadapi, memungkinkan pemangku kepentingan untuk mengantisipasi dan mengelola risiko yang mungkin timbul selama dan setelah pelaksanaan proyek. Dengan demikian, hasil penelitian akan menjadi alat yang efektif dalam mengarahkan keputusan dan tindakan yang tepat guna menyelesaikan masalah stabilitas tanah dan risiko longsor di lokasi proyek.

3.5 Objek dan Subjek Penelitian

Objek penelitian adalah kriteria yang menjadi fokus dalam penelitian sedangkan subjek penelitian merupakan tempat dimana kriteria tersebut melekat. Objek penelitian dalam penelitian ini adalah penyelesaian pekerjaan TIP 182 sedangkan subjek penelitian adalah para pemangku kepentingan proyek tersebut.

Pada penelitian ini subjeknya adalah para pemangku kepentingan terdiri dari klasifikasi ahli yang dianggap kompeten dengan memiliki pengalaman minimal 8 tahun (sesuai dengan prasyarat umum pada beberapa kerangka acuan kerja di perusahaan) meliputi unsur manajemen dan spesialis. Pada penelitian ini subjek penelitian untuk pembobotan sebagai berikut:

1. Senior Manajer Perencanaan, 1 orang
2. Manajer Perencanaan Sipil, 1 orang
3. Manajer Perencanaan Elektromekanikal, 1 orang
4. Manajer Perencanaan Survey, Pengukuran dan Perizinan, 1 orang
5. Manajer Perencanaan Pengadaan, 1 orang
6. Manajer
7. Asisten Manajer Perencanaan Sipil, 1 orang
8. Asisten Manajer Perencanaan Elektromekanikal, 1 orang
9. Asisten Manajer Survey, Pengukuran dan Perizinan, 1 orang
10. Senior Perencanaan Pengadaan, 1 orang

Para pemangku kepentingan yang terlibat dalam penelitian ini memiliki peran yang penting dalam memastikan kesuksesan dan keberlanjutan proyek. Dipilih sebagai subjek penelitian karena merupakan ahli yang memiliki pengalaman dan keahlian yang diperlukan dalam berbagai bidang terkait proyek. Dari senior manajer hingga asisten manajer, setiap individu memiliki kontribusi unik dalam perencanaan, pengadaan, dan implementasi proyek. Senior manajer perencanaan bertanggung jawab untuk merumuskan strategi keseluruhan proyek, sementara manajer perencanaan sipil dan elektromekanikal mengelola aspek teknisnya. Demikian pula, manajer perencanaan survey, pengukuran, dan perizinan bertanggung jawab atas pemetaan dan perizinan, sementara manajer perencanaan pengadaan mengatur pengadaan bahan dan layanan. Keberadaan subjek penelitian memastikan bahwa penelitian dilakukan dengan pemahaman yang komprehensif

tentang berbagai aspek proyek, dan hasilnya akan memberikan wawasan yang berharga untuk mendukung pengambilan keputusan yang tepat dan efektif dalam proyek tersebut.

3.6 Analisa Data

Setelah data kuesioner terkumpul maka dilakukan pengolahan data dengan metode AHP. Pada saat pengolahan data pembobotan terhadap masing-masing kriteria dilakukan secara manual penyusunan tabel kemudian menggunakan bantuan *software Super Decision V3.2* untuk memudahkan dalam menganalisa. Pada tahap ini, perhitungan konsistensi AHP dilakukan dengan melakukan pengukuran atas konsistensi matrik berdasarkan *eigen value maksimum* dan batasan konsistensi sebesar 10%.

Teknis analisis AHP diawali dengan menginput hasil kuesioner seperti pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Hasil Input Kuesioner

Responden	R1	R2	...	Rn	Vi
A - B	a1	a2	...	an	Via
A - C	b1	b2	...	bn	Vib
B - C	c1	c2	...	cn	Vic

Dimana $(Vi) = \sqrt[n]{a1. a2.. an}$

Vi = *Geometric Mean* Kriteria

a = Nilai elemen

n = Jumlah elemen

Selanjutnya membentuk matriks *pairwise comparison* dengan membandingkan antara berbagai pilihan alternatif dengan menggunakan prinsip kebalikan yang diisi dengan nilai *geometric mean* yang telah diperoleh seperti Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Pairwise Comparison Matrix Antar Alternatif

	A1	A2	...	An
A1	W1/W1	W1/W2	...	W1/Wn
A2	W2/W1	W2/W2	...	W1/W1

...
An	Wn/W	Wn/W2	...	Wn/Wn

Kemudian dilakukan perhitungan rasio tiap elemen terhadap nilai total elemen pada *pairwise comparison matrix* seperti Tabel 3.3

Tabel 3. 3 Matrix Pairwise Comparison Rasio Tiap Elemen

Alternatif		Kriteria		
		A	B	C
Kriteria	A			
	B			
	C			
Σ				

Kemudian setelah terpenuhi dilakukan transformasi ke dalam bentuk matriks *priority vector*. Bobot nilai setiap alternatif diperoleh dengan mencari nilai rata-rata baris dari matriks *priority vector*. Teknik pengukuran bobot alternatif dilakukan melalui perhitungan matematis perkalian *vector* seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Matrix Vector

Matriks		Kriteria			Vector
		A	B	C	
Kriteria	A	A11	A12	A13	A1*V1
	B	B21	B22	B23	B2*V2
	C	C31	C32	C33	C3*V3

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan konsistensi seperti yang dijelaskan pada bab 2 konsistensi logis. *Output* pengolahan data metode AHP akan didapatkan bobot dan prioritas dari kriteria dan subkriteria yang selanjutnya dapat dilakukan *ranking* alternatif sebagai rekomendasi keputusan.

Tahapan akhir adalah melakukan analisis sensitivitas berdasarkan *ranking* alternatif. Tujuan dilakukannya analisis ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana perubahan dalam bobot atau perbandingan relatif antar kriteria dapat mempengaruhi hasil akhir dari pengambilan keputusan. Analisis sensitivitas

dilakukan melalui perubahan secara iterasi pada nilai bobot preferensi dan nilai masing-masing kriteria yang direkapitulasi.

3.7 Rekomendasi Keputusan dan Kesimpulan

Rekomendasi keputusan dan kesimpulan disusun dengan mempertimbangkan temuan penelitian serta tujuan dari penelitian tersebut.

1. Meringkas Temuan Penelitian

Merangkum temuan utama yang ditemukan dalam penelitian. Menjelaskan hasil analisis data dan temuan yang relevan dengan pertanyaan penelitian.

2. Mengkaitkan dengan Tujuan Penelitian

Menghubungkan temuan penelitian dengan tujuan yang telah ditetapkan. Memastikan bahwa rekomendasi keputusan dan kesimpulan yang diajukan secara langsung terkait dengan pertanyaan penelitian dan tujuan penelitian.

3. Menyarankan Alternatif Keputusan

Berdasarkan temuan penelitian, mengajukan beberapa alternatif keputusan yang mungkin. meninjau kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif serta dampaknya terhadap tujuan penelitian.

4. Memprioritaskan Alternatif

Memprioritaskan alternatif keputusan berdasarkan kriteria tertentu yang relevan. Memberikan alasan mengapa satu alternatif lebih dipilih daripada yang lain.

5. Merekomendasikan Keputusan

Berdasarkan analisis dan pertimbangan, merekomendasikan satu atau beberapa keputusan yang dianggap paling sesuai dengan tujuan penelitian.

6. Membuat Kesimpulan

Membuat ringkasan kesimpulan utama dari penelitian, termasuk implikasi temuan untuk praktik, kebijakan, atau penelitian masa depan. Memastikan kesimpulan secara langsung menggambarkan jawaban terhadap pertanyaan penelitian.

7. Menyertakan Implikasi dan Saran

Mengakhiri rekomendasi keputusan dan kesimpulan dengan menyertakan implikasi praktis dari temuan penelitian serta saran untuk tindakan selanjutnya.

Menjelaskan bagaimana hasil penelitian dapat digunakan dalam konteks yang lebih luas atau dalam pengambilan keputusan di masa mendatang.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai proses, hasil, dan analisis setiap langkah penelitian. Langkah awal adalah dilakukan *focus group discussion* (FGD) dan survei pendahuluan untuk mengidentifikasi semua kemungkinan kriteria dan alternatif penyelesaian pekerjaan TIP 182, memastikan bahwa semua aspek lapangan sudah masuk, dan memperoleh insight ahli secara kualitatif. Hasil FGD yang menghasilkan kriteria dan alternatif yang akan digunakan dinilai kelayakan menggunakan Skala Likert 1-5 untuk menghasilkan alternatif dan kriteria yang relevan. Hasil alternatif dan kriteria dari survei pendahuluan dijadikan sebagai bahan survei utama sebagai material untuk pembobotan AHP untuk menghasilkan prioritas alternatif terbaik. Hasil pembobotan AHP selanjutnya dianalisis normalisasi dan konsistensi menggunakan Super Decision V3.2 untuk memastikan penilaian perbandingan berpasangan dapat diubah menjadi bobot prioritas yang objektif dan valid. Hasil pembobotan AHP yang telah diuji normalitas dan konsistensinya dilanjutkan dengan analisis sensitivitas pada bobot kriteria keputusan untuk menguji kekokohan (*robustness*) dan stabilitas hasil keputusan dengan melihat bagaimana perubahan pada bobot kriteria atau penilaian alternatif memengaruhi peringkat akhir, sehingga pengambil keputusan bisa mengetahui variabel mana yang paling kritis (sensitif) dan seberapa besar perubahan yang dibutuhkan untuk mengubah urutan prioritas. Pada bagian akhir disajikan sub bab diskusi holistik hasil analisis penelitian untuk memberikan pemahaman yang mendalam, terintegrasi, dan komprehensif mengenai temuan penelitian.

4.1 Hasil *Focus Group Discussion* (FGD) dan Survei Pendahuluan pada Alternatif dan Kriteria

Pada tahap awal penelitian ini dilakukan proses penyaringan (*screening*) kriteria dan alternatif untuk memastikan bahwa elemen-elemen yang masuk ke dalam model AHP benar-benar relevan dan layak dianalisis lebih lanjut. Proses penyaringan dilakukan melalui dua metode yaitu *Focus Group Discussion* (FGD)

dan survei pendahuluan berbasis skala Likert 1–5. FGD digunakan sebagai langkah eksploratif untuk mengidentifikasi kriteria dan alternatif awal melalui diskusi terarah dengan para ahli, sebagaimana disarankan oleh Saaty dan Vargas (2012) bahwa tahap identifikasi awal kriteria dalam AHP dapat dilakukan melalui diskusi kelompok ahli atau wawancara mendalam untuk memperoleh pemahaman kontekstual yang lebih komprehensif. Selanjutnya, dilakukan survei pendahuluan menggunakan skala Likert 1–5 untuk menilai kelayakan setiap kriteria dan alternatif. Penggunaan skala Likert untuk penyaringan awal sesuai dengan rekomendasi Sugiyono (2017) dan Joshi et al. (2015), yang menjelaskan bahwa skala Likert efektif digunakan untuk mengukur persepsi atau tingkat kepentingan dalam bentuk data ordinal yang dapat dirata-ratakan atau dianalisis secara deskriptif. Hasil survei kemudian digunakan untuk memilih kriteria dan alternatif dengan nilai rata-rata tertinggi sehingga layak dipertahankan untuk tahap pembobotan AHP. Pendekatan gabungan antara FGD dan survei pendahuluan ini merupakan teknik eksploratif kualitatif dikombinasikan dengan validasi kuantitatif untuk memastikan akurasi dan relevansi elemen yang dianalisis (Ishizaka & Labib, 2011).

Para peserta FGD pada penelitian ini adalah para pemangku kepentingan yang memang memiliki peran dan tanggung jawab pada penyelesaian proyek. Pengalaman menjadi salah satu kriteria peserta yang mana semua *participant* sudah berkecimpung dalam penyelesaian proyek sejenis lebih dari 9 tahun dan tak luput kompetensi teknis khususnya dibidang manajemen proyek menjadi hal utama. Profil para peserta FGD dan tanggung jawabnya berdasarkan peraturan organisasi di objek penelitian antara lain:

1. Senior Manajer Perencanaan

Peran senior manajer perencanaan dalam proyek SUTT diantaranya merencanakan strategi dan kebijakan dalam kontrak kinerja penyelesaian. Selain itu menjadi tupoksi untuk merencanakan pengelolaan dan analisa kajian teknis ataupun desain permasalahan sipil dan elektromekanikal. Senior manajer yang menjadi peserta

memiliki pengalaman di bidang manajemen proyek selama 15 tahun dengan latar belakang adalah seorang teknik mesin.

2. Manajer Perencanaan Sipil

Berdasarkan regulasi internal perusahaan, manajer perencanaan sipil memiliki tanggung jawab kepada senior manajer perencanaan dengan lingkup yang serupa namun khusus menangani permasalahan pekerjaan sipil dan desain. Profil dari manajer perencanaan sipil pada proyek ini memiliki pengalaman di bidang sejenis selama 9 tahun dan memiliki latar belakang teknik sipil.

3. Manajer Perencanaan Elektromekanikal

Serupa dengan manajer perencanaan sipil, bahwa secara garis besar manajer perencanaan elektromekanikal memiliki peranan dalam perencanaan proyek khususnya terkait pekerjaan elektromekanikal. Adapun latar belakangnya adalah seorang teknik elektro dengan pengalaman selama 16 tahun.

4. Manajer Perencanaan Umum

Berada di tingkat yang sama pada jajaran pemangku kepentingan dengan manajer perencanaan elektromekanikal. Tergolong dalam tupoksi perencanaan umum antara lain terkait survei seperti *soil investigasi* hingga merencanakan perijinan dan pembebasan tanah. Selain daripada itu, perencanaan kinerja proyek juga menjadi cakupan tanggung jawab level manajerial ini. Profil dari level manajemen ini adalah seorang teknik sipil dengan pengalaman 11 tahun.

5. Manajer Perencanaan Pengadaan

Level manajemen manajer perencanaan pengadaan memiliki tanggung jawab dalam penyusunan dokumen pengadaan, harga perkiraan *engineering* hingga mengevaluasi dokumen *engineering design*. Manajer perencanaan pengadaan khusus dalam proyek ini berperan saat penyusunan dokumen kerangka acuan ataupun pengadaan saat dilakukan lelang proyek SUTT sebelumnya. Selain itu ketika diperlukan pengadaan tambahan saat berjalannya proyek juga menjadi tupoksi dari manajer perencanaan pengadaan. Latar belakang dari manajer

perencanaan pengadaan adalah seorang teknik elektro dengan pengalaman selama 9 tahun.

6. Manajer keselamatan, Kesehatan kerja, lingkungan dan Keamanan

Manajer keselamatan, Kesehatan kerja, lingkungan (K3L) dan keamanan pada proyek SUTT ini memiliki peranan diantara lain menjamin kepatuhan regulasi tentang K3, pengawasan lapangan untuk pencegahan kecelakaan kerja hingga penerapan persyaratan perijinan lingkungan hidup. Manajer K3L & Keamanan pada proyek ini berlatar belakang seorang Teknik sipil dengan pengalaman kerja selama 10 tahun.

7. Asisten Manajer Perencanaan Sipil

Berada ditingkat dibawah manajer adalah seorang asisten manajer. Asisten manajer pada dasarnya membantu kinerja dari seorang manajer dalam hal ini adalah manajer perencanaan sipil. Asisten manajer sipil menjadi garda terdepan di level manajerial dalam hal koordinasi dan eksekusi. Asisten manajer sipil pada proyek ini memiliki latar belakang seorang teknik sipil dengan pengalaman 10 tahun

8. Asisten Manajer Perencanaan Elektromekanikal

Asisten manajer perencanaan elektromekanikal pada dasarnya memiliki peranan yang sama dengan asisten manajer perencanaan sipil, namun khusus menangani pekerjaan elektromekanikal. Profil asisten manajer perencanaan elektromekanikal pada proyek ini adalah teknik elektro dengan pengalaman selama 9 tahun.

9. Asisten Manajer Perencanaan Umum

Berada di tingkat yang sama dengan asisten manajer perencanaan elektromekanikal. Asisten manajer perencanaan umum memiliki hirarki tanggung jawab kepada manajer perencanaan umum. Latar belakang asisten manajer ini adalah seorang teknik mesin dengan lama pengalaman 9 tahun.

10. Senior Perencanaan Pengadaan

Senior perencanaan pengadaan adalah satu-satunya level fungsional dalam peserta FGD. Hal ini dikarenakan tidak ada level manajerial dibawah manajer perencanaan pengadaan pada hirarki struktur organisasi. Menjadi bagian peserta FGD adalah fungsional senior di tingkat bidang perencanaan pengadaan dan lama berkecimpung dalam pengawasan proyek. Profil senior perencanaan pengadaan yang menjadi *participant* pada FGD proyek ini memiliki latar belakang sebagai teknik mesin dengan pengalaman selama 12 tahun

Pembahasan hasil dari *Focus Group Discussion* (FGD) pada alternatif dan kriteria akan dibahas pada subbab berikutnya.

4.1.1 *Focus Group Discussion* (FGD) dan Survei Pendahuluan pada Alternatif

Tujuan dari FGD adalah untuk memperoleh kesepakatan mengenai alternatif yang relevan dalam penelitian penyelesaian TIP 182 pada proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole di Pulau Buru oleh ahli yang dianggap kompeten meliputi unsur manajemen dan spesialis berjumlah 10 orang. Alternatif-alternatif yang diusung dalam FGD adalah Dinding Penahan Tanah (DPT), Relokasi Tapak Tower TIP 182, Redesain Tower, dan *Cutting Slope* sebagaimana berikut:

1. Dinding Penahan Tanah (DPT), merupakan suatu dinding yang berfungsi untuk menahan massa tanah agar tak bergerak seperti pada tepi terasering atau galian. Dinding penahan tanah juga merupakan struktur yang didesain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral tanah ketika terdapat perubahan elevasi tanah yang diinginkan dan melebihi sudut tenang tanah (Ching. F. D. K, 2020).
2. Relokasi Tapak Tower TIP 182, direncanakan untuk menghindari risiko longsor dan memastikan stabilitas struktur dengan memindahkan tapak tower dari lokasi eksistingnya. Relokasi tower memerlukan pertimbangan teknis seperti luas tanah yang dibutuhkan, proses konstruksi, transportasi material, dan *clearance* konduktor.

3. Redesain Tower Spesial melibatkan redesain Tower 183 dengan membatalkan/menghilangkan konstruksi di TIP 182, sehingga jalur transmisi dapat langsung menuju ke Tower 183. Redesain ini memungkinkan penyesuaian dengan topografi pegunungan yang curam. Tower 183 ditinggikan menjadi tipe AA+15 untuk memastikan ketinggian yang memadai dan *clearance* andongan. Redesain tower bertujuan untuk mengatasi keterbatasan topografi dan memungkinkan jalur transmisi langsung menuju Tower 183. Dengan meningkatkan ketinggian Tower 183, desain ini mengatasi tantangan topografi pegunungan yang curam, memastikan ketinggian yang memadai dan *clearance* andongan yang aman.
4. *Cutting Slope* ditujukan untuk mengatasi tidak terpenuhinya *ground clearance* di jalur tersebut setelah TIP 182 ditiadakan. Pekerjaan ini diharapkan dapat mencapai ketinggian yang diinginkan dan memastikan stabilitas struktur, sehingga memungkinkan jalur transmisi yang aman dan stabil tanpa risiko gangguan atau kerusakan. *Cutting slope* dilakukan pada jalur span TIP 181 hingga TIP 183 agar tetap terpenuhi prasyarat *ground clearance*. Pekerjaan *cutting slope* ini memerlukan penggalian tanah yang tepat untuk mencapai ketinggian yang diinginkan dan memastikan stabilitas struktur.

Berdasarkan hasil diskusi terbuka dengan para ahli yang memiliki pengalaman berkecimpung dalam penyelesaian proyek sejenis lebih dari 9 tahun, hasil dari FGD yang dilakukan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi alternatif penyelesaian yang relevan bagi kasus pembangunan TIP 182 adalah tidak ada penambahan alternatif baru karena seluruh aspek yang relevan telah tercakup dan tidak terdapat isu signifikan yang belum terwakili dalam daftar awal tersebut. Dengan demikian, hasil FGD menjadi baseline awal untuk proses penyaringan lebih lanjut melalui survei pendahuluan untuk menyaring alternatif dari FGD.

Setelah FGD menghasilkan daftar awal, dilakukan survei pendahuluan untuk melakukan penyaringan terhadap alternatif yang akan digunakan pada tahap pembobotan AHP. Survei ini menggunakan skala Likert 1–5 untuk menilai tingkat kepentingan masing-masing alternatif dan diberikan kepada 10 responden. Hasil

survei kemudian diolah menggunakan nilai rata-rata (*mean*) sebagai dasar penentuan prioritas. Sesuai acuan umum penyaringan dalam studi pengambilan keputusan, kriteria atau alternatif dengan nilai rata-rata $\geq 3,00$ dianggap layak dipertahankan (Joshi et al., 2015; Boone & Boone, 2012). Hasil dari survei pendahuluan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Survei Pendahuluan Alternatif

Alternatif	Rata-rata	Ranking
Redesain Tower 183	4,2	1
Relokasi Tapak Tower TIP 182	4,1	2
Cutting Slope/Lereng TIP 182	3,2	3
Dinding Penahan Tanah (DPT)	1,9	4

Hasil survei pendahuluan pada alternatif pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa alternatif Redesain TIP 183 memiliki rata-rata tertinggi yaitu 4,2 dan menempati urutan ranking 1, diikuti oleh Relokasi TIP 182 dengan rata-rata 4,1, *Cutting slope* dengan rata-rata 3,2, lalu DPT dengan rata-rata 1,9. Mengacu pada acuan umum penyaringan dalam studi pengambilan keputusan yaitu dengan nilai rata-rata $\geq 3,00$ dianggap layak dipertahankan, maka alternatif Redesain TIP 183, Relokasi TIP 182, dan *Cutting Slope* dipertahankan dan digunakan dalam pemilihan alternatif pada proses selanjutnya. Berdasarkan nilai rata-rata atau ranking pada Tabel 4.1, alternatif dengan tingkat kepentingan rendah dapat dieliminasi untuk menjaga efisiensi instrumen sesuai dengan Joshi et al. (2015). Alternatif yang memiliki skor rendah dieliminasi karena dianggap tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap tujuan keputusan atau tidak realistis untuk direalisasikan di lapangan.

Hasil penilaian pada survei pendahuluan ini sesuai dengan evaluasi oleh para ahli yang berbasis pengalaman lapangan, khususnya terkait kondisi geoteknik, akses lokasi, urgensi sistem, dan standar konstruksi PLN. Pada TIP 182 terdapat keterbatasan lahan akibat kelongsoran yang terjadi sebelumnya, kondisi geoteknik dan morfologi lahan yang didominasi oleh lereng curam dengan material tanah lepas serta tingkat erosi yang tinggi, sehingga tidak memberikan kestabilan yang

memadai sebagai dasar konstruksi DPT. Selain itu, keterbatasan akses dan manuver alat berat serta sulitnya mobilisasi material konstruksi di wilayah tersebut membuat proses pembangunan DPT berpotensi memakan waktu lama dan biaya yang tinggi.

Berdasarkan hasil FGD dan survei pendahuluan, alternatif-alternatif yang dinilai layak dipertahankan dan dapat diterapkan dilapangan sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Relokasi tapak tower TIP 182, dengan mempertimbangkan pergeseran lokasi menuju area yang lebih stabil. Pemindahan ke lokasi yang lebih stabil memberikan peluang terbesar untuk mendapatkan pondasi yang aman secara struktur. Selain itu dari segi operasional, relokasi meminimalkan risiko kegagalan berulang, terutama pada musim hujan dan kondisi beban yang besar.
2. Redesain tower TIP 183 sebagai upaya menyesuaikan desain struktural terhadap perubahan elevasi dan jarak antar-tower agar kompatibel dengan konfigurasi baru sehingga beban mekanis dapat dihitung agar tidak melampaui kapasitas tower serta untuk menurunkan risiko kegagalan struktural.
3. *Cutting slope*, yaitu pemotongan lereng di jalur lokasi *right of way* (ROW) span transmisi yang belum memenuhi spesifikasi tinggi konduktor dari permukaan tanah (*ground clearance*) untuk memastikan jarak bebas konduktor dan kestabilan lereng di sepanjang jalur baru. *Cutting slope* adalah intervensi teknis paling efektif untuk mengoreksi topografi dan memastikan standar keselamatan terpenuhi. Pekerjaan ini relatif lebih mudah dilakukan dibandingkan pembangunan struktur penahan tanah besar seperti DPT.

Ketiga alternatif tersebut kemudian dijadikan dasar dalam desain hirarki dan survei utama atau survei AHP untuk analisis pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai langkah untuk menentukan alternatif

terbaik dalam penyelesaian permasalahan stabilitas pondasi pada tower TIP 182 di Pulau Buru.

4.1.2 Focus Group Discussion (FGD) dan Survei Pendahuluan pada Kriteria

Pada proyek TIP 182 di Pulau Buru, ditetapkan delapan kriteria awal dalam *Forum Group Discussion* (FGD) sebagai dasar penilaian alternatif. Kriteria-kriteria tersebut berasal dari literatur dan pengalaman proyek PLN. Para ahli mengevaluasi relevansi tiap kriteria berdasarkan kondisi khusus TIP 182 seperti kondisi lokasi rawan longsor, akses sulit, dan urgensi pekerjaan. Kriteria yang diangkat dalam FGD adalah Teknis, Sumber Daya, Biaya, Durasi, Kepuasan Stakeholder, Regulasi, Risiko, dan Mutu dengan rincian sebagai berikut:

1. Teknis: dinilai dari aspek struktur, daya dukung tanah, kalkulasi tower, sagging, ROW, kalkulasi cutting slope, acces materials & Tools.
2. Sumber Daya: jumlah pekerja pondasi, erection, stringing, ROW, atau cutting.
3. Biaya: pengadaan tower baru, pondasi, perbaikan pondasi, biaya galian/proteksi, erection part extension
4. Durasi: Right of Way (ROW), tambahan waktu pondasi, pengadaan tower, erection, stringing, cutting slope.
5. Kepuasan Stakeholder: tingkat penerimaan dan kepuasan pemangku kepentingan (PLN, kontraktor, pemerintah, masyarakat) terhadap hasil proyek, waktu, biaya, dan kualitas.
6. Regulasi: kepatuhan terhadap peraturan pemerintah, standar lingkungan, persetujuan UKL/UPL/AMDAL, serta perizinan dari instansi terkait.
7. Risiko: probabilitas kegagalan, keterlambatan, ketidaksesuaian hasil survei, mobilisasi alat berat, permit regulasi lingkungan.
8. Mutu: kesesuaian dengan spesifikasi teknis, standar kualitas konstruksi, dan minim pekerjaan ulang.

Berdasarkan hasil diskusi terbuka dengan para ahli yang memiliki pengalaman berkecimpung dalam penyelesaian proyek sejenis lebih dari 9 tahun, hasil dari FGD yang dilakukan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi kriteria

yang relevan bagi kasus pembangunan TIP 182 adalah diputuskan bahwa tidak ada penambahan kriteria baru karena seluruh aspek yang relevan telah tercakup dan tidak terdapat isu signifikan yang belum terwakili dalam daftar awal tersebut. Dengan demikian, hasil FGD ini menjadi baseline awal untuk proses penyaringan lebih lanjut melalui survei pendahuluan untuk menyaring kriteria yang akan digunakan dalam langkah selanjutnya.

Setelah FGD menghasilkan daftar awal, dilakukan survei pendahuluan untuk melakukan penyaringan terhadap kriteria yang akan digunakan pada tahap pembobotan AHP. Survei ini menggunakan skala Likert 1–5 untuk menilai tingkat kepentingan masing-masing alternatif dan diberikan kepada 10 responden. Hasil survei kemudian diolah menggunakan nilai rata-rata (*mean*) sebagai dasar penentuan prioritas. Sesuai acuan umum penyaringan dalam studi pengambilan keputusan, kriteria atau alternatif dengan nilai rata-rata > 3,00 dianggap layak dipertahankan (Joshi et al., 2015; Boone & Boone, 2012). Hasil dari survei pendahuluan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil Survei Pendahuluan Kriteria

Kriteria	Rata-rata	Ranking
Biaya: pengadaan tower baru, pondasi, perbaikan pondasi, biaya galian/proteksi, erection part extension.	4,4	1
Durasi: Right of Way (ROW), tambahan waktu pondasi, pengadaan tower, erection, stringing, cutting slope, pembebasan tanah/kompensasi.	4,4	2
Teknis: dinilai dari aspek struktur, daya dukung tanah, kalkulasi tower, sagging, ROW, kalkulasi cutting slope, acces materials & Tools.	4,3	3
Sumber Daya: jumlah pekerja pondasi, erection, stringing, ROW, atau cutting.	3,4	4
Risiko: probabilitas kegagalan, keterlambatan, ketidaksesuaian hasil survei, mobilisasi alat berat, permit regulasi lingkungan.	3,3	5
Mutu: kesesuaian dengan spesifikasi teknis, standar kualitas konstruksi, dan minim pekerjaan ulang.	2,1	6
Regulasi: kepatuhan terhadap peraturan pemerintah, standar lingkungan, persetujuan UKL/UPL/AMDAL, serta perizinan dari instansi terkait.	2	7
Kepuasan Stakeholder: tingkat penerimaan dan kepuasan pemangku kepentingan (PLN, kontraktor, pemerintah, masyarakat) terhadap hasil proyek, waktu, biaya, dan kualitas.	1,7	8

Hasil survei pendahuluan pada kriteria pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kriteria biaya dan durasi memiliki rata-rata tertinggi yaitu 4,4 dan menempati urutan ranking 1 dan 2, diikuti teknis dengan rata-rata 4,3, sumber daya dengan rata-rata 3,4, risiko dengan rata-rata 3,3, mutu dengan rata-rata 2,1, regulasi dengan rata-rata 2, dan kepuasan *stakeholder* dengan rata-rata 1,7. Mengacu pada acuan umum penyaringan dalam studi pengambilan keputusan yaitu dengan nilai rata-rata $\geq 3,00$ dianggap layak dipertahankan, maka kriteria biaya, durasi, teknis, sumber daya, dan risiko dipertahankan dan digunakan survei selanjutnya untuk analisis pembobotan. Sementara itu kriteria dengan tingkat kepentingan rendah $< 3,00$ yaitu mutu, regulasi, dan kepuasan *stakeholder* dieliminasi untuk menjaga efisiensi instrumen sesuai dengan Joshi et al. (2015). Kriteria yang memiliki skor rendah dieliminasi karena dianggap tidak memberikan variasi penilaian, tidak relevan untuk perbedaan alternatif, atau sudah terwakili oleh kriteria lain dieliminasi melalui FGD ini.

Berdasarkan hasil FGD dan survei pendahuluan, kriteria-kriteria yang dinilai layak dipertahankan yaitu:

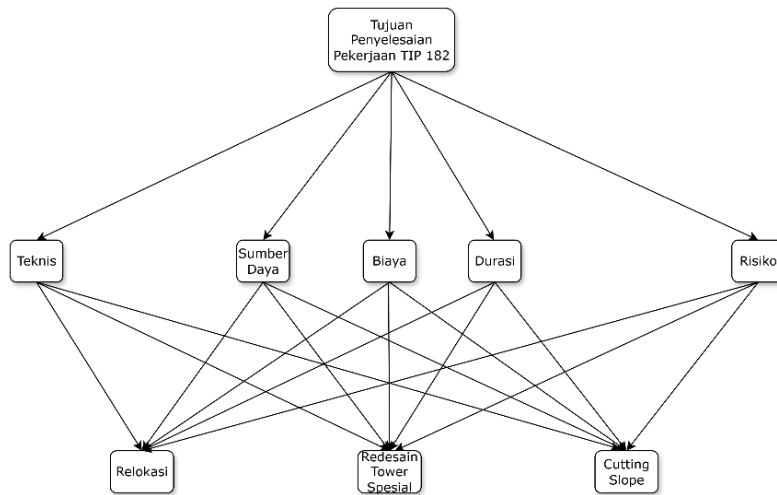
1. Teknis: dinilai dari aspek struktur, daya dukung tanah, kalkulasi tower, sagging, ROW, kalkulasi cutting slope, acces materials & Tools.
2. Sumber Daya: jumlah pekerja pondasi, erection, stringing, ROW, atau cutting.
3. Biaya: pengadaan tower baru, pondasi, perbaikan pondasi, biaya galian/proteksi, erection part extension
4. Durasi: Right of Way (ROW), tambahan waktu pondasi, pengadaan tower, erection, stringing, cutting slope.
5. Kepuasan Stakeholder: tingkat penerimaan dan kepuasan pemangku kepentingan (PLN, kontraktor, pemerintah, masyarakat) terhadap hasil proyek, waktu, biaya, dan kualitas.

Kelima kriteria tersebut kemudian dijadikan dasar dalam desain hirarki dan survei utama atau survei AHP untuk untuk analisis pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai langkah untuk menentukan

alternatif terbaik dalam penyelesaian permasalahan stabilitas pondasi pada tower TIP 182 di Pulau Buru.

4.2 Desain Hirarki AHP Pasca FGD dan Survei Pendahuluan

Hasil dari FGD dan survei pendahuluan adalah 3 alternatif dan 5 kriteria yang akan dianalisis lebih dalam pada penelitian ini. Alternatif yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi pembangunan relokasi tapak tower, *redesain* tower, dan *cutting slope*. Sementara itu kriteria penelitian yang terdiri dari aspek teknik, sumber daya, biaya, durasi dan risiko. Penentuan kriteria dan alternatif pasca FGD dan survei pendahuluan menghasilkan desain hierarki AHP pada penelitian sesuai pada Gambar 4.1. Struktur hirarki keputusan ini disusun untuk memilih alternatif penyelesaian paling efektif terhadap permasalahan longsor pada lokasi tower TIP 182. Hirarki terdiri dari tiga level utama: tujuan, kriteria, dan alternatif, yang masing-masing memiliki peran spesifik dalam proses pengambilan keputusan AHP.



Gambar 4. 1 Hirarki Desain Penelitian

Hirarki keputusan penyelesaian pekerjaan TIP 182 disusun untuk menentukan alternatif penanganan yang paling layak secara teknis, ekonomis, serta aman terhadap kondisi lapangan yang mengalami longsor. Pada level tertinggi, tujuan utama adalah memilih strategi penyelesaian yang mampu menjamin keberlanjutan konstruksi tower transmisi dengan mempertimbangkan faktor-faktor

yang ada (kriteria). Untuk mencapai tujuan tersebut, lima kelompok kriteria digunakan sebagai dasar penilaian, yaitu teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko. Kriteria teknis dipertimbangkan karena setiap alternatif memiliki kebutuhan rekayasa yang berbeda, seperti teknik pondasi, penggunaan tower khusus, atau modifikasi geometri yang berdampak langsung pada kelayakan konstruksi. Kriteria sumber daya digunakan untuk menilai kemampuan mobilisasi alat, tenaga kerja, dan material mengingat lokasi proyek berada pada kawasan dengan akses terbatas. Biaya dimasukkan sebagai kriteria penting karena masing-masing pilihan alternatif baik relokasi, redesain tower spesial, maupun *cutting slope* memiliki kebutuhan anggaran berbeda. Durasi menjadi unsur krusial karena penanganan TIP 182 berpengaruh pada jadwal keseluruhan pembangunan jaringan transmisi, sehingga alternatif yang memerlukan waktu lebih lama dapat berdampak pada keterlambatan proyek. Selain itu, risiko teknis dan keselamatan juga menjadi pertimbangan utama karena kondisi lereng yang tidak stabil dapat mempengaruhi tingkat bahaya saat konstruksi maupun operasi.

Tiga alternatif yang dibandingkan dalam hirarki ini dipilih karena merupakan solusi teknis yang realistis dan lazim digunakan dalam kasus gangguan konstruksi tower transmisi. Alternatif pertama, relokasi, menawarkan peluang untuk memindahkan titik tower ke lokasi yang lebih stabil sehingga dapat menurunkan tingkat risiko. Alternatif kedua, redesain tower spesial, memungkinkan penggunaan struktur dengan kapasitas dan konfigurasi khusus untuk menyesuaikan geometri yang sulit tanpa harus berpindah lokasi. Alternatif ketiga, *cutting slope*, berfokus pada perbaikan langsung terhadap kontur tanah dengan memotong dan menstabilkan lereng agar lokasi awal tetap dapat digunakan. Dengan demikian, hubungan antara setiap kriteria dan alternatif menunjukkan bahwa pemilihan penyelesaian TIP 182 membutuhkan pertimbangan multidimensi yang terintegrasi, sehingga metode AHP digunakan untuk mengevaluasi kontribusi relatif setiap faktor secara sistematis.

Langkah selanjutnya dilakukan pengisian kuesioner untuk menilai tingkat kepentingan kriteria dan alternatif hasil FGD oleh 10 responden yang memiliki kualifikasi dan pengaruh dalam pelaksanaan proyek.

4.3 Hasil Analisis Matriks Perbandingan Berpasangan

Proses analisis perbandingan berpasangan dilakukan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Penilaian dilakukan dengan menggunakan skala numerik 1, 3, 5, 7, dan 9 sebagaimana direkomendasikan oleh Saaty (1980) melalui penyebaran kuesioner kepada 10 orang ahli. Skala ini merepresentasikan intensitas kepentingan relatif antara dua elemen yang dibandingkan. Nilai 1 menunjukkan bahwa kedua elemen dianggap sama penting, nilai 3 menunjukkan bahwa satu elemen sedikit lebih penting, nilai 5 menunjukkan satu elemen lebih penting, nilai 7 menunjukkan satu elemen jauh lebih penting, sedangkan nilai 9 menunjukkan satu elemen sangat jauh lebih penting. Angka genap seperti 2, 4, 6, dan 8 tidak digunakan karena berfungsi hanya sebagai nilai kompromi di antara dua tingkatan penilaian utama (Saaty, 2008). Penggunaan skala ganjil ini dimaksudkan untuk menghindari ambiguitas dalam proses penilaian, sehingga responden terdorong untuk memberikan keputusan yang lebih tegas terhadap perbandingan antar kriteria atau alternatif (Forman & Selly, 2001).

Untuk mempermudah proses pengisian kuesioner, skala numerik 1, 3, 5, 7, dan 9 dalam AHP dikonversi ke dalam bentuk kualitatif menggunakan pernyataan perbandingan dua arah. Sebagai contoh “Teknis lebih penting dari Risiko” atau “Risiko sedikit lebih penting dari Teknis”. Pendekatan ini mengikuti rekomendasi dari Ishizaka dan Labib (2011) yang menyatakan bahwa penggunaan istilah linguistik membantu meningkatkan konsistensi dan pemahaman responden terhadap konteks penilaian.

Hasil kuesioner yang berupa data kualitatif lalu diubah menjadi data kuantitatif. Dikarenakan data hasil kuesioner adalah berupa rasio dan bukan data interval, data diolah dengan metode rata-rata geomean (*geometric mean*) untuk setiap total hasil penilaian pada kuesioner sebagai bobot penilaian yang akan dimasukkan ke dalam aplikasi Super Decission V3.2 untuk analisa lebih lanjut. Alternatif yang mendapatkan bobot tertinggi akan diidentifikasi sebagai solusi yang paling optimal untuk mengatasi masalah yang dihadapi di lokasi TIP 182.

4.3.1 Bobot Kriteria Penelitian

Hasil dari pembobotan kriteria untuk penentuan alternatif penyelesaian TIP 182 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Pembobotan Kriteria

KRITERIA							
	Teknis	Sumber Daya	Biaya	Durasi	Risiko	Rata-Rata	Ranking
Teknis	1,00	1,59	0,94	0,85	0,90	1,057	3
Sumber Daya	0,63	1,00	1,00	0,61	0,42	0,732	5
Biaya	1,06	1,00	1,00	0,90	0,82	0,956	4
Durasi	1,17	1,63	1,12	1,00	0,38	1,060	2
Risiko	1,12	2,37	1,21	2,65	1,00	1,670	1

Tabel 4.3 menunjukkan hasil perbandingan berpasangan antar kriteria yang digunakan dalam analisis *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, yaitu Teknis, Sumber Daya, Biaya, Durasi, dan Risiko. Penilaian diperoleh dari 10 responden ahli melalui kuesioner yang disusun menggunakan skala preferensi Saaty (1, 3, 5, 7, 9). Nilai dalam matriks mencerminkan tingkat kepentingan relatif antar kriteria dalam konteks pengambilan keputusan pada proyek yang diteliti.

Hasil perbandingan berpasangan pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kriteria Teknis memiliki nilai 1,59 terhadap Sumber Daya, yang mengindikasikan bahwa aspek teknis dinilai lebih penting dibandingkan dengan aspek sumber daya. Sebaliknya, nilai 0,63 pada hubungan Sumber Daya terhadap Teknis merupakan kebalikan yang sesuai dengan prinsip resiprokal dalam matriks perbandingan berpasangan. Kriteria Risiko memperoleh nilai relatif tinggi terhadap beberapa kriteria lainnya, seperti 2,37 terhadap Sumber Daya dan 2,65 terhadap Durasi, yang menunjukkan bahwa risiko dipandang memiliki pengaruh yang lebih dominan dalam proses pengambilan keputusan. Sementara itu, nilai 1,00 pada hubungan antara Biaya dan Sumber Daya menandakan bahwa kedua kriteria tersebut dianggap memiliki tingkat kepentingan yang setara oleh responden.

Hasil pembobotan menunjukkan bahwa risiko menjadi kriteria dengan nilai rata-rata tertinggi (1,670), menandakan bahwa responden memandang aspek keselamatan dan ketidakpastian geoteknik sebagai faktor yang paling menentukan dalam pemilihan alternatif penanganan TIP 182. Hal ini berkaitan dengan kondisi

lereng pada lokasi tower existing yang memiliki Faktor Keamanan (FoS) di bawah standar (FoS minimal 1,30–1,50 untuk lereng permanen). FoS rendah menandakan potensi longsor sekunder yang tinggi sehingga penanganan yang tidak tepat dapat menyebabkan failure ulang saat atau setelah konstruksi. Oleh karena itu, alternatif yang mampu meningkatkan stabilitas lereng atau menghindari area rawan longsor seperti relokasi atau redesain tower menjadi lebih diutamakan. Selain itu, risiko operasional jangka panjang dan risiko keselamatan pekerja selama konstruksi turut memperkuat posisi kriteria Risiko sebagai prioritas utama.

Kriteria durasi berada pada prioritas kedua (1,060), mencerminkan pentingnya penyelesaian pekerjaan TIP 182 terhadap *critical path* proyek transmisi secara keseluruhan. Banyak proyek transmisi di wilayah terpencil seperti Pulau Buru memiliki ketergantungan logistik tinggi, sehingga keterlambatan pada satu tower dapat menghambat penarikan konduktor, pekerjaan stringing, dan uji operasi. Alternatif yang memerlukan waktu konstruksi lebih lama misalnya relokasi yang membutuhkan pembangunan pondasi baru, dapat memberikan dampak signifikan terhadap jadwal proyek. Sebaliknya, alternatif seperti *cutting slope* dapat dilakukan lebih cepat, tetapi dengan risiko teknis yang lebih besar. Pembobotan durasi yang tinggi mengindikasikan bahwa percepatan penyelesaian menjadi salah satu fokus utama responden karena keterlambatan pada satu titik tower berpotensi berdampak domino pada keseluruhan jaringan transmisi.

Kriteria teknis berada pada peringkat ketiga (1,057), menunjukkan bahwa faktor teknis merupakan pertimbangan penting namun tidak sebesar risiko dan durasi. Aspek teknis mencakup kemampuan setiap alternatif untuk memenuhi kebutuhan struktur, daya dukung tanah, kalkulasi tower, sagging, ROW, kalkulasi *cutting slope*, *access materials & tools*. Alternatif yang menuntut perubahan besar pada struktur tower atau memerlukan perhitungan ulang *sagging dan clearance* biasanya mendapatkan penilaian teknis yang lebih rendah, sebab memerlukan verifikasi desain tambahan dan berpengaruh pada keamanan operasi jangka panjang.

Kriteria biaya berada pada posisi keempat (0,956), menandakan bahwa walaupun biaya tetap menjadi aspek penting, namun tidak menjadi prioritas utama dalam kasus ini. Pada proyek di daerah rawan geoteknik, biaya mitigasi seperti *soil reinforcement*, *retaining structure*, perbaikan akses, atau fabrikasi tower khusus seringkali cukup besar. Namun, kecenderungan responden menempatkan biaya di bawah risiko dan durasi menunjukkan bahwa Meskipun aspek biaya tetap menjadi pertimbangan, responden menilai biaya sebagai aspek yang lebih fleksibel karena risiko dan durasi memiliki konsekuensi yang lebih besar bagi keberhasilan proyek secara keseluruhan. Artinya, biaya yang lebih tinggi dapat diterima apabila alternatif tersebut memberikan tingkat keamanan dan kecepatan penyelesaian yang lebih baik.

Kriteria sumber daya berada pada prioritas terendah (0,732). Penilaian sumber daya mencakup jumlah pekerja yang dibutuhkan pada pekerjaan pondasi, *erection*, *stringing*, *ROW clearing*, maupun *cutting slope*. Hasil penilaian ini dapat dipahami mengingat pekerjaan transmisi umumnya bekerja dengan kontraktor yang sudah terbiasa bekerja di daerah sulit dan mampu menyesuaikan kebutuhan alat maupun tenaga kerja sehingga tidak menjadi faktor pembeda yang signifikan di antara alternatif. Selain itu, alternatif seperti penggunaan tower spesial atau relokasi tidak selalu menuntut perbedaan signifikan pada jenis alat berat, yang membuat sumber daya menjadi aspek yang dianggap paling fleksibel dibandingkan kriteria lainnya. Meskipun demikian, pada kondisi lapangan di Pulau Buru yang aksesnya terbatas, sumber daya tetap berpengaruh, terutama untuk mobilisasi alat berat atau material yang membutuhkan waktu tambahan. Walaupun kondisi lapangan di Pulau Buru memiliki keterbatasan akses dan logistik, responden menilai bahwa kendala sumber daya masih dapat diatasi dan tidak sepenting faktor risiko atau durasi.

Hasil pembobotan menunjukkan bahwa kriteria risiko memiliki bobot tertinggi, diikuti oleh durasi, teknis, biaya, dan sumber daya. Hal ini menggambarkan bahwa dalam pemilihan alternatif penanganan permasalahan tower TIP 182 di Pulau Buru, aspek risiko dan durasi proyek menjadi pertimbangan utama, sementara biaya dan ketersediaan sumber daya menempati prioritas yang lebih rendah.

Secara umum, hasil perbandingan ini menggambarkan adanya variasi persepsi responden terhadap tingkat kepentingan masing-masing kriteria, dengan kecenderungan bahwa risiko dan durasi menempati prioritas yang lebih tinggi dibandingkan kriteria lainnya. Matriks perbandingan berpasangan ini selanjutnya digunakan untuk menghitung bobot prioritas kriteria dan menguji rasio konsistensi (*Consistency Ratio*) menggunakan Super Decission V3.2 guna memastikan validitas dan konsistensi hasil penilaian.

4.3.2 Bobot Alternatif Penelitian

Selanjutnya dilakukan pembobotan pada tiga alternatif yaitu Relokasi TIP 182, Redesain TIP 183, dan *Cutting Slope*. Alternatif yang mendapatkan bobot tertinggi akan diidentifikasi sebagai solusi yang paling optimal untuk mengatasi masalah yang dihadapi di lokasi TIP 182. Pada sub bab penelitian ini dipaparkan data persepsi Saaty dari 10 responden terhadap alternatif-alternatif penelitian sebagai dasar pengambilan keputusan dari sudut pandang responden tim ahli.

Tabel 4. 4 Hasil Pembobotan Alternatif terhadap Kriteria Teknis

ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA TEKNIS					
	Relokasi	Redesain	Cutting Slope	Rata-Rata	Ranking
Relokasi	1,00	0,72	1,39	1,04	2
Redesain	1,39	1,00	2,03	1,47	1
Cutting Slope	0,72	0,49	1,00	0,74	3

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa alternatif Redesain memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua alternatif lainnya. Nilai perbandingan Redesain terhadap Relokasi sebesar 1,39 menunjukkan bahwa secara teknis, Redesain dinilai lebih unggul dibanding Relokasi dalam aspek struktur dan kesesuaian desain terhadap kondisi lapangan. Sementara itu, nilai Redesain terhadap *Cutting Slope* sebesar 2,03 menunjukkan bahwa Redesain dinilai dua kali lebih kuat secara teknis dibanding alternatif *Cutting Slope*. Sementara itu, alternatif *Cutting Slope* memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan Redesain (0,49) dan sedikit lebih rendah dibanding Relokasi (0,72), yang mengindikasikan bahwa alternatif ini dinilai memiliki risiko teknis yang lebih tinggi serta efektivitas yang lebih rendah dalam menjaga kestabilan struktur tower.

Keunggulan teknis utama dari redesain TIP 183 adalah kemampuan untuk mengubah konfigurasi mekanik sistem transmisi tanpa melakukan intervensi pada TIP 182 yang berada pada lokasi kritis. Dengan mengubah desain TIP 183, gaya tarik dan momen yang diterima TIP 182 dapat dioptimalkan sehingga struktur tetap stabil tanpa perlu memindahkan pondasi atau mengerjakan lereng dalam jumlah besar. Dari sisi struktur, redesain ini memungkinkan penyesuaian tipe tower, kapasitas komponen, dan elevasi sehingga bentang dapat kembali memenuhi standar *sagging* dan tegangan. Dari aspek stabilitas lereng, redesain memungkinkan rekalkulasi ulang TIP 183 secara presisi sehingga hanya dilakukan pada bagian yang diperlukan untuk menjaga kestabilan kontur tanpa mengubah geometri lereng secara ekstrem. Hal ini berkontribusi pada stabilitas pondasi dan mengurangi risiko pergerakan tanah. Dari sisi daya dukung tanah, redesain juga memberi ruang untuk menyesuaikan dimensi pondasi atau tipe pondasi terhadap kapasitas tanah aktual sehingga kestabilan struktur tetap terjaga. Secara geoteknis, pendekatan ini mengurangi kebutuhan pengerukan lereng atau rekonstruksi pondasi besar pada TIP 182, sehingga stabilitas lereng tetap terjaga dan gangguan terhadap kontur tanah diminimalkan.

Meskipun relokasi tidak menjadi alternatif unggul dalam analisis pembobotan, relokasi tetap memiliki keunggulan teknis tertentu. Relokasi memungkinkan pemindahan tower ke area dengan kondisi geoteknik yang lebih baik apabila ditemukan lokasi alternatif yang memiliki daya dukung tanah lebih stabil. Dari perspektif teknis murni, relokasi dapat menjadi solusi definitif apabila kondisi lereng pada lokasi awal sangat rawan longsor atau tidak memenuhi standar keamanan struktur transmisi. Namun demikian, keunggulan ini diimbangi dengan risiko teknis yang lebih tinggi, karena lokasi baru dapat memiliki ketidakpastian dalam akses, kondisi tanah, estimasi *sagging*, dan analisis ROW. Pekerjaan pondasi dan *erection* secara total juga meningkatkan beban teknis dan risiko keselamatan pekerja. Oleh karena itu, meskipun relokasi memiliki potensi teknis dalam menghadapi kondisi ekstrem, alternatif ini tetap menjadi pilihan dengan risiko paling tinggi dan efisiensi paling rendah.

Selanjutnya, alternatif *cutting slope* memiliki keunggulan dalam aspek teknis tertentu, terutama karena tidak membutuhkan perubahan total pada struktur tower atau perpindahan lokasi. *Cutting slope* dinilai paling rendah risikonya karena pekerjaan terbatas pada pengaturan ulang geometri lereng, tanpa intervensi besar pada elemen struktural tower. Pendekatan ini relatif cepat dan tidak memerlukan pengadaan tower baru atau tata ulang jalur transmisi. Secara teknis, keunggulan metode ini terletak pada kesederhanaan pekerjaan yang hanya berfokus pada menyesuaikan kemiringan lereng agar berada dalam batas aman untuk mendukung stabilitas pondasi. Risiko lapangan yang lebih rendah juga menjadi poin keunggulan karena pekerja tidak berhadapan dengan ketidakpastian tanah di lokasi baru atau kebutuhan mobilisasi alat berat secara masif.

Dengan demikian, berdasarkan aspek teknis, urutan preferensi alternatif menunjukkan bahwa *redesain* merupakan pilihan paling unggul, diikuti oleh relokasi, sedangkan *cutting slope* menjadi alternatif dengan tingkat kelayakan teknis paling rendah.

Tabel 4. 5 Hasil Pembobotan Alternatif terhadap Kriteria Sumber Daya

ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA SUMBER DAYA					
	Relokasi	Redesain	Cutting Slope	Rata-Rata	Ranking
Relokasi	1,00	0,45	0,80	0,75	3
Redesain	2,24	1,00	1,46	1,57	1
Cutting Slope	1,25	0,68	1,00	0,98	2

Berdasarkan hasil perbandingan antar alternatif terhadap kriteria sumber daya, diperoleh bahwa alternatif *redesain* memiliki tingkat prioritas tertinggi dibandingkan dua alternatif lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai perbandingan *redesain* terhadap relokasi sebesar 2,24 dan terhadap *cutting slope* sebesar 1,46, yang berarti *redesain* dinilai lebih efisien dalam pemanfaatan sumber daya. Alternatif *cutting slope* menempati posisi tengah dengan nilai relatif seimbang terhadap relokasi (1,25) dan sedikit lebih rendah dibanding *redesain* (0,68). Sementara itu, alternatif relokasi memiliki nilai terendah dalam perbandingan ini, menunjukkan bahwa opsi ini membutuhkan sumber daya lebih besar dibanding dua

alternatif lainnya. Dengan demikian, dari aspek sumber daya, redesain merupakan alternatif yang paling unggul untuk dipertimbangkan.

Tabel 4. 6 Hasil Pembobotan Alternatif terhadap Kriteria Biaya

ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA BIAYA					
	Relokasi	Redesain	Cutting Slope	Rata-Rata	Ranking
Relokasi	1,00	0,39	1,38	0,92	2
Redesain	2,58	1,00	1,87	1,82	1
Cutting Slope	0,72	0,53	1,00	0,75	3

Tabel di atas menunjukkan perbandingan antar alternatif terhadap kriteria biaya dengan hasil bahwa alternatif redesain memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dua alternatif lainnya. Nilai perbandingan menunjukkan bahwa redesain lebih efisien secara biaya dengan rasio 2,58 terhadap relokasi dan 1,87 terhadap *cutting slope*. Artinya, biaya yang dibutuhkan untuk redesain relatif lebih rendah dibandingkan relokasi maupun pekerjaan pemotongan lereng. Alternatif *cutting slope* menempati posisi kedua dengan nilai moderat terhadap relokasi (0,72) dan *redesain* (0,53), menunjukkan bahwa opsi ini masih cukup efisien, namun tidak sehemat *redesain*. Sementara itu, alternatif relokasi memiliki nilai terendah dalam aspek biaya karena memerlukan anggaran lebih besar untuk pemindahan tapak dan pembangunan ulang infrastruktur pendukung. Dengan demikian, dari sisi biaya, *redesain* menjadi alternatif paling ekonomis untuk diterapkan pada proyek tower TIP 182 di Pulau Buru.

Tabel 4. 7 Hasil **Pembobotan** Alternatif terhadap Kriteria Durasi

ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA DURASI					
	Relokasi	Redesain	Cutting Slope	Rata-Rata	Ranking
Relokasi	1,00	0,50	0,85	0,79	3
Redesain	1,98	1,00	1,78	1,59	1
Cutting Slope	1,17	0,56	1,00	0,91	2

Semakin tinggi nilai bobot alternatif dilihat dari aspek durasi, maka alternatif tersebut dianggap memiliki waktu penyelesaian proyek lebih cepat. Berdasarkan hasil perbandingan terhadap kriteria durasi pekerjaan, diperoleh bahwa alternatif *redesain* memiliki nilai tertinggi dibandingkan dua alternatif lainnya, dengan rasio 1,98 terhadap relokasi dan 1,78 terhadap *cutting slope*. Hal

ini menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan *redesain* lebih efisien dan dapat diselesaikan lebih cepat dibandingkan opsi lainnya. Alternatif *cutting slope* menempati posisi kedua, dengan nilai 1,17 terhadap relokasi dan 0,56 terhadap *redesain*, yang berarti durasinya sedikit lebih lama dari *redesain* namun masih lebih cepat dibandingkan relokasi penuh. Sementara itu, alternatif relokasi memiliki nilai terendah, menandakan bahwa proses pemindahan lokasi tower memerlukan waktu pelaksanaan paling lama karena melibatkan pekerjaan baru mulai dari penentuan lokasi, pembangunan pondasi, hingga instalasi ulang struktur. Berdasarkan kriteria durasi yang terpaparkan dalam tabel, alternatif *redesain* merupakan alternatif paling efisien untuk diterapkan pada tower TIP 182 di Pulau Buru.

Tabel 4. 8 Hasil **Pembobotan** Alternatif terhadap Kriteria Risiko

ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA RISIKO					
	Relokasi	Redesain	Cutting Slope	Rata-Rata	Ranking
Relokasi	1,00	1,06	1,45	1,17	3
Redesain	0,94	1,00	1,12	1,02	2
Cutting Slope	0,69	0,90	1,00	0,86	1

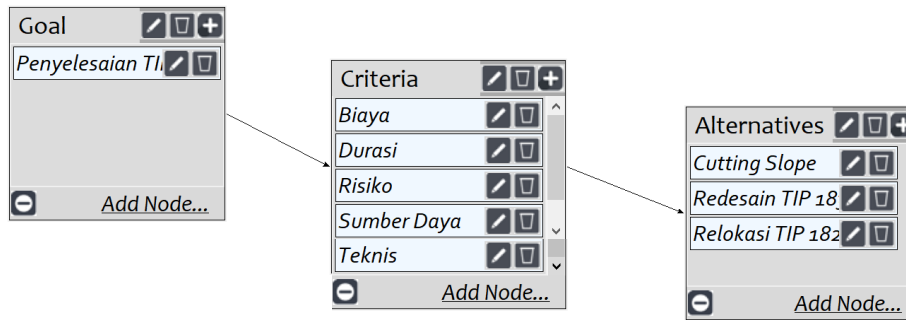
Tabel di atas menunjukkan perbandingan terhadap kriteria risiko. Semakin tinggi nilai pembobotan maka dapat dikatakan bahwa tingkat risiko semakin tinggi pula. Diketahui bahwa alternatif relokasi memiliki nilai tertinggi dibandingkan *redesain* dan *cutting slope*, dengan rasio 1,45 terhadap *cutting slope* dan 1,06 terhadap *redesain*. Hal ini menunjukkan bahwa relokasi memiliki tingkat risiko yang paling tinggi karena melibatkan pekerjaan baru pada lokasi berbeda yang berpotensi menghadapi ketidakpastian kondisi tanah, akses, serta perizinan. Alternatif *redesain* memiliki nilai risiko sedang dengan rasio 1,12 terhadap *cutting slope*, menandakan adanya risiko moderat yang masih dapat dikendalikan melalui penyesuaian desain struktur. Sementara itu, alternatif *cutting slope* memiliki nilai risiko terendah, sehingga dianggap paling aman untuk dilaksanakan karena hanya memerlukan penyesuaian pada kontur tanah tanpa perubahan besar terhadap desain tower. Dengan demikian, dari aspek risiko, *cutting slope* merupakan pilihan paling aman dan stabil dibandingkan dua alternatif lainnya.

Alternatif yang mendapatkan bobot tertinggi akan diidentifikasi sebagai solusi yang paling optimal untuk mengatasi masalah yang dihadapi di lokasi TIP 182. Dilihat dari Tabel 4.4 hingga 4.8, alternatif Redesain TIP 183 memiliki bobot alternatif relatif lebih tinggi dibandingkan 2 alternatif lainnya. Berdasarkan kriteria teknis, sumber daya, biaya, dan durasi, alternatif Redesain TIP 183 memiliki rata-rata pembobotan tertinggi yaitu 1,47; 1,57; 1,82; dan 1,59. Sementara itu dilihat dari sisi risiko, alternatif Redesain TIP 183 menempati posisi kedua sebagai alternatif dengan potensi risiko sedang dengan nilai 1,02 yang artinya alternatif Redesain TIP 183 tetap menunjukkan tingkat keterkendalian yang baik.

Secara faktual di lapangan, pihak pelaksana telah melakukan relokasi tapak tower karena keterbatasan waktu dan tuntutan penyelesaian proyek sesuai tenggat yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dimaksudkan untuk mengubah keputusan yang telah diambil, melainkan sebagai bahan evaluasi dan pertimbangan teknis untuk kasus serupa di masa mendatang, agar pemilihan alternatif dapat dilakukan lebih sistematis berdasarkan analisis multi-kriteria.

4.4 Hasil Analisis Normalisasi dan Konsistensi Menggunakan *Super Decision* V3.2

Hasil dari pembobotan kriteria dan alternatif selanjutnya dibuat matriks perbandingan berpasangan menggunakan aplikasi *Super Decision* V3.2 kemudian dianalisis lebih lanjut melalui uji normalisasi untuk meningkatkan integritas data dan uji konsistensi untuk memastikan data yang dikumpulkan bebas dari ketidakkonsistenan. Aplikasi *Super Decision* merupakan perangkat lunak pendukung keputusan yang mengimplementasikan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Gambar matriks perbandingan berpasangan di aplikasi *Super Decision* V3.2 ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 **Matrix Perbandingan Berpasangan** melalui *Super Decission V3.2*

Tabel 4. 9 Hasil Analisis Normalisasi pada Alternatif

Name	Raw	Normals	Ideals
Cutting Slope ROW TIP 191-183	0.144651	0.289302	0.659713
Redesain TIP 183	0.219263	0.438526	1.000000
Relokasi TIP 182	0.136086	0.272172	0.620653

Berdasarkan hasil normalisasi pada tabel di atas, diperoleh tiga alternatif dengan nilai yang berbeda pada kolom *Raw*, *Normals*, dan *Ideals*. Nilai *Raw* menunjukkan bobot awal hasil perhitungan perbandingan berpasangan antar alternatif sebelum dilakukan proses skala ulang. Setelah dinormalisasi, nilai tersebut dikonversi menjadi *Normals* agar total bobot seluruh alternatif bernilai 1, sehingga memudahkan interpretasi tingkat kepentingan relatif tiap alternatif. Pada hasil tersebut, alternatif *redesain* TIP 183 memiliki nilai *Normals* tertinggi sebesar 0,4385, menunjukkan bahwa alternatif ini menjadi pilihan paling prioritas dibanding dua alternatif lainnya. Sementara itu, *cutting slope* dan relokasi TIP 182 masing-masing memiliki bobot *Normals* sebesar 0,2893 dan 0,2722, yang berarti keduanya memiliki tingkat prioritas relatif lebih rendah. Nilai *Ideals* digunakan untuk menunjukkan rasio perbandingan terhadap alternatif terbaik (nilai tertinggi diberi 1,000), sehingga *redesain* TIP 183 menjadi acuan, sedangkan alternatif lain memiliki nilai di bawahnya sesuai jarak proporsional dari alternatif terbaik. Dengan

demikian, hasil normalisasi ini menunjukkan bahwa berdasarkan seluruh kriteria yang dipertimbangkan, alternatif “Redesain TIP 183” merupakan pilihan paling ideal untuk diterapkan.

Analisa dilanjutkan dengan analisa konsistensi untuk memastikan data yang dikumpulkan bebas dari ketidakkonsistenan dan untuk memastikan bahwa penilaian perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) yang diberikan oleh pengambil keputusan bersifat logis, rasional, dan tidak saling bertentangan. Dalam metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), nilai *Consistency Ratio* (CR) berfungsi sebagai parameter utama untuk memvalidasi kualitas dan keandalan penilaian dalam matriks perbandingan berpasangan. CR mengukur sejauh mana penilaian responden atau pengambil keputusan bersifat logis dan tidak bertentangan satu sama lain. Sebuah keputusan dikatakan valid dan dapat diterima apabila CR bernilai <10% (Saaty, 1980), yang berarti hubungan prioritas antar elemen baik antar kriteria maupun antar alternatif telah memenuhi prinsip konsistensi rasional. Hal ini memastikan bahwa bobot yang dihasilkan benar-benar mencerminkan preferensi yang stabil dan relevan untuk digunakan pada tahap sintesis akhir pemilihan alternatif.




Tabel 4. 10 Hasil Analisis Konsistensi Kriteria

Inconsistency: 0.02891		
Biaya		0.18316
Durasi		0.18538
Risiko		0.30212
Sumber Da~		0.13271
Teknis		0.19663

Berdasarkan hasil analisis konsistensi pada gambar di atas, diperoleh nilai Inkonsistensi sebesar 0,02891. Nilai ini menunjukkan tingkat konsistensi dari penilaian perbandingan berpasangan antar kriteria yang meliputi biaya, durasi, risiko, sumber daya, dan teknis. Karena nilai inkonsistensi tersebut berada di bawah batas toleransi yang direkomendasikan oleh metode AHP, yaitu $\leq 0,1$ (10%), maka dapat disimpulkan bahwa penilaian yang diberikan bersifat konsisten dan dapat diterima secara logis.

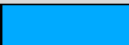


Bobot yang dihasilkan untuk setiap kriteria dianggap valid dan reliabel untuk digunakan dalam tahap sintesis dan pengambilan keputusan selanjutnya. Adapun hasil pembobotan menunjukkan bahwa kriteria risiko memiliki prioritas tertinggi dengan bobot 0,30212, diikuti oleh durasi sebesar 0,18538, biaya sebesar 0,18316, teknis sebesar 0,19663, dan sumber daya sebesar 0,13271. Pada hasil tersebut, kriteria risiko memiliki bobot tertinggi sehingga nilai tersebut mengindikasikan bahwa faktor risiko menjadi pertimbangan utama atau dapat dikatakan sebagai kriteria dengan pengaruh terbesar dalam menentukan alternatif terbaik, sementara sumber daya menjadi faktor dengan pengaruh relatif paling rendah.

Tabel 4. 11 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Teknis

Inconsistency: 0.05381		
Cutting S~		0.28456
Redesain ~		0.45622
Relokasi ~		0.25922

Hasil analisis konsistensi untuk kriteria teknis menunjukkan nilai Inkonsistensi sebesar 0,05381, yang masih berada di bawah batas toleransi 0,1, sehingga penilaian dianggap konsisten dan dapat diterima. Nilai prioritas tertinggi diperoleh oleh *redesain* TIP 183 yaitu sebesar 0,45622, diikuti *cutting slope* sebesar 0,28456 dan *relokasi* TIP 182 sebesar 0,25922. Artinya, berdasarkan aspek teknis, *redesain* TIP 183 merupakan alternatif paling unggul dan hasil perbandingan dapat dipercaya sebagai dasar pengambilan keputusan.

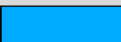


Tabel 4. 12 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Sumber Daya

Inconsistency: 0.00449		
Cutting S~		0.30208
Redesain ~		0.47221
Relokasi ~		0.22571

Hasil analisis pada kriteria Sumber Daya menunjukkan nilai Inkonsistensi sebesar 0,00449, yang berada jauh di bawah batas toleransi 0,1, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses penilaian antar alternatif dilakukan secara konsisten dan

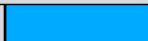


valid. Berdasarkan bobot prioritas, alternatif *redesain* TIP 183 memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,47221, diikuti oleh *cutting slope* sebesar 0,30208, dan relokasi TIP 182 sebesar 0,22571. Temuan ini mengindikasikan bahwa, dari perspektif pemanfaatan sumber daya, *redesain* TIP 183 merupakan alternatif yang paling optimal dan efisien dibandingkan dua alternatif lainnya.

Tabel 4. 13 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Biaya

Inconsistency: 0.04447		
Cutting S~		0.22568
Redesain ~		0.52305
Relokasi ~		0.25127

Hasil analisis untuk kriteria Biaya menunjukkan nilai Inkonsistensi sebesar 0,04447, yang masih berada di bawah batas toleransi 0,1, sehingga penilaian antar alternatif dinilai konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis. Berdasarkan bobot prioritas, alternatif *redesain* TIP 183 memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,52305, diikuti oleh relokasi TIP 182 sebesar 0,25127, dan *cutting slope* sebesar 0,22568. Hasil ini mengindikasikan bahwa dari aspek biaya, *redesain* TIP 183 dianggap sebagai alternatif yang paling ekonomis dan efisien dibandingkan dengan dua alternatif lainnya.




Tabel 4. 14 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Durasi

Inconsistency: 0.00027		
Cutting S~		0.27628
Redesain ~		0.48357
Relokasi ~		0.24015

Hasil analisis untuk kriteria Durasi menunjukkan nilai Inkonsistensi sebesar 0,00027, yang berada jauh di bawah batas toleransi 0,1, sehingga penilaian antar alternatif dapat dianggap sangat konsisten dan valid secara metodologis. Berdasarkan bobot prioritas, alternatif *redesain* TIP 183 memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,48357, diikuti oleh *cutting slope* sebesar 0,27628, dan relokasi TIP 182 sebesar 0,24015. Hasil ini menunjukkan bahwa dari aspek durasi pelaksanaan, *redesain* TIP 183 merupakan alternatif yang paling efisien dan berpotensi

menyelesaikan proyek dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan dua alternatif lainnya.

Tabel 4. 15 Hasil Analisis Konsistensi Alternatif terhadap Kriteria Risiko

Inconsistency: 0.00444		
Cutting S~		0.28222
Redesain ~		0.33563
Relokasi ~		0.38215

Hasil analisis pada tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai Inkonsistensi sebesar 0,00444, yang berarti penilaian antar alternatif sangat konsisten dan dapat diterima secara ilmiah karena berada jauh di bawah batas toleransi 0,1. Berdasarkan bobot prioritas, alternatif relokasi TIP 182 memiliki nilai tertinggi yaitu 0,38215 yang diartikan bahwa relokasi TIP 182 memiliki resiko paling tinggi, diikuti oleh *redesain* TIP 183 sebesar 0,33563, dan *cutting slope* sebesar 0,28222. Hal ini mengindikasikan bahwa, dari aspek yang sedang dievaluasi, *cutting slope* merupakan pilihan yang paling unggul dan dinilai paling sesuai dibandingkan dua alternatif lainnya karena memiliki tingkat risiko paling rendah.

Pada hasil penelitian ini, seluruh penilaian pada level kriteria maupun alternatif menghasilkan nilai CR di bawah 0,1. Dengan demikian, proses perbandingan berpasangan dinyatakan konsisten, dan bobot prioritas yang diperoleh dianggap valid, reliabel, dan layak digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Namun, apabila pada suatu tahap ditemukan nilai $CR > 0,1$, maka penilaian dianggap inkonsisten dan perlu ditinjau ulang. Proses perbaikan dilakukan dengan mengidentifikasi pasangan nilai yang bertentangan, meninjau kembali logika penilaian responden, terutama pada skala ekstrem yang sering menjadi sumber inkonsistensi, melakukan penyesuaian nilai perbandingan berpasangan secara bertahap, hingga diperoleh struktur penilaian yang lebih stabil dan menghasilkan $CR \leq 0,1$, serta jika diperlukan, responden dapat diminta melakukan pengisian ulang secara terbimbing dengan mengacu pada prinsip transivitas dan konsistensi logis. Dengan mekanisme ini, AHP memastikan bahwa setiap penilaian yang digunakan benar-benar mencerminkan preferensi yang

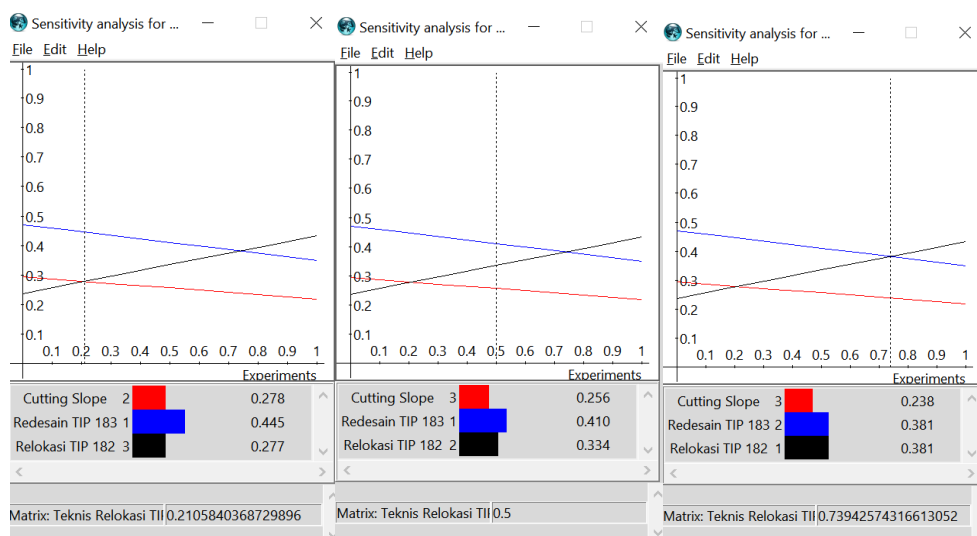
rasional dan dapat dipertanggungjawabkan dalam pemilihan alternatif penyelesaian terbaik.

4.5 Hasil Analisis Sensitivitas AHP pada Bobot Prioritas Kriteria Keputusan

Analisis sensitivitas bertujuan untuk memahami bagaimana perubahan bobot kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, maupun risiko dapat menggeser peringkat alternatif dalam proses pengambilan keputusan.

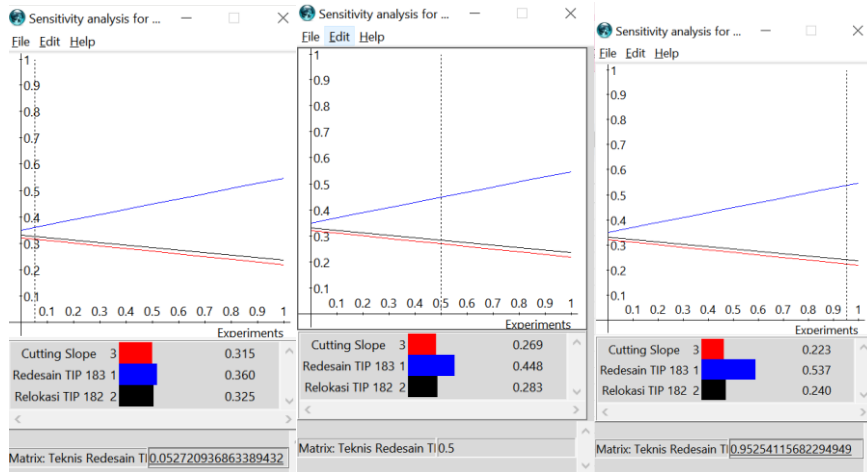
Secara umum, perubahan bobot kriteria akan memengaruhi peringkat alternatif melalui dua mekanisme:

1. Penguatan dominasi alternatif yaitu ketika bobot kriteria tertentu (misalnya teknis atau sumber daya) dinaikkan, alternatif yang memiliki performa terbaik pada kriteria tersebut akan cenderung naik peringkat.
2. Perubahan titik kritis (*breakpoint*), pada grafik garis berpotongan (*intersection points*) pada analisis sensitivitas menggambarkan titik kritis yaitu nilai bobot kriteria tertentu ketika urutan peringkat antar alternatif berubah. Titik-titik kritis ini mengindikasikan batas toleransi keputusan. Jika bobot kriteria berada di bawah titik kritis, peringkat alternatif tidak berubah. Jika bobot kriteria melewati titik tersebut, keputusan proyek dapat berpindah ke alternatif lain.



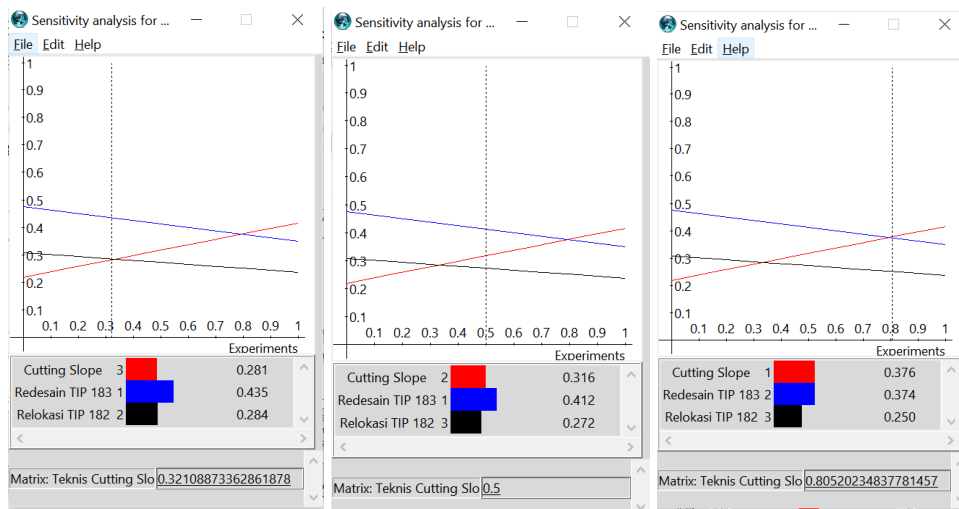
Gambar 4. 3 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Teknis terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182

Gambar 4.3 menunjukkan hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan bobot kriteria teknis dengan fokus pada perubahan ranking alternatif relokasi TIP 182. Pada gambar tersebut terlihat bahwa ketika bobot prioritas kriteria teknis diubah lebih tinggi, ranking alternatif relokasi TIP 182 cenderung naik. Pola garis yang berpotongan di grafik menunjukkan titik bobot di mana peringkat antara alternatif berubah. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa keputusan akhir sangat sensitif terhadap perubahan bobot teknis, terutama karena alternatif yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria teknis dianggap jauh lebih penting.



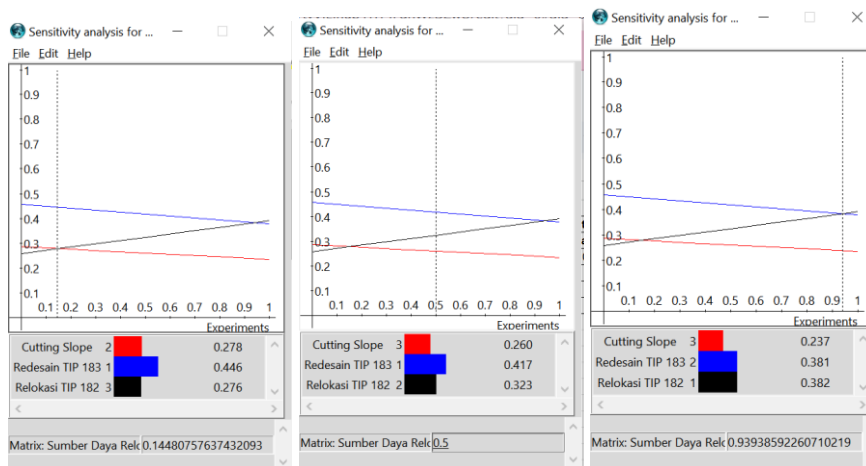
Gambar 4. 4 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Teknis terhadap Perankingan Alternatif *Redesain* TIP 183

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa keputusan untuk memilih *redesain* TIP 183 cukup stabil terhadap perubahan bobot relatif kriteria teknis. Pada gambar tersebut terlihat bahwa ketika bobot prioritas kriteria teknis diubah lebih tinggi atau lebih rendah, alternatif *redesain* TIP 183 tetap berada pada urutan ranking 1.



Gambar 4. 5 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Teknis terhadap Perankingan Alternatif *Cutting Slope*

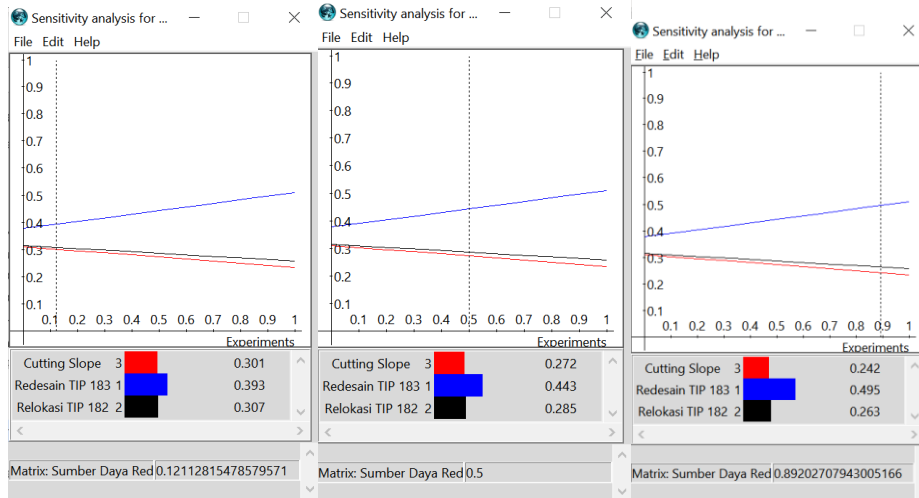
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa perubahan kenaikan bobot kriteria teknis merubah kenaikan peringkat ranking *cutting slope*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa keputusan akhir sangat sensitif terhadap perubahan bobot teknis dimana alternatif yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria teknis dianggap jauh lebih penting.



Gambar 4. 6 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Sumber Daya terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182

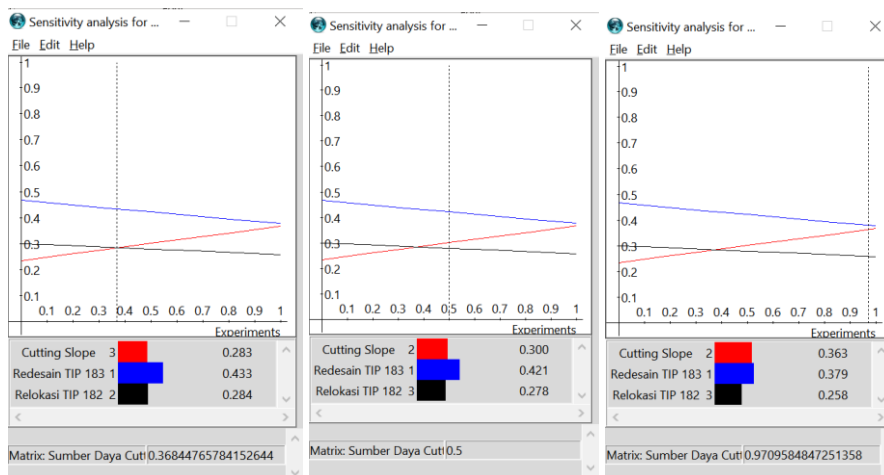
Gambar 4.6 menunjukkan hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan bobot kriteria sumber daya terhadap perubahan keputusan pemilihan alternatif relokasi TIP 182. Grafik menunjukkan bahwa perubahan bobot prioritas kriteria

sumber daya sangat sensitif dimana alternatif yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria sumber daya dianggap jauh lebih penting



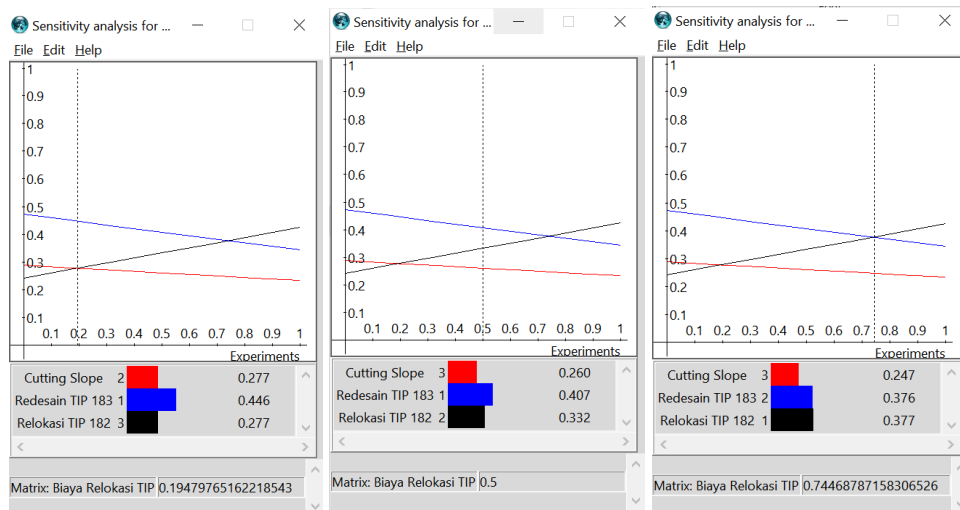
Gambar 4. 7 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Sumber Daya terhadap Perankingan Alternatif *Redesain* TIP 183

Gambar 4.7 menunjukkan hasil analisis sensitivitas perubahan bobot kriteria sumber daya pada keputusan pemilihan alternatif *redesain* TIP 183. Grafik menunjukkan hasil bahwa perubahan bobot prioritas sumber daya tidak mengubah peringkat *redesain* TIP 183 sebagai alternatif yang paling unggul untuk dipilih.



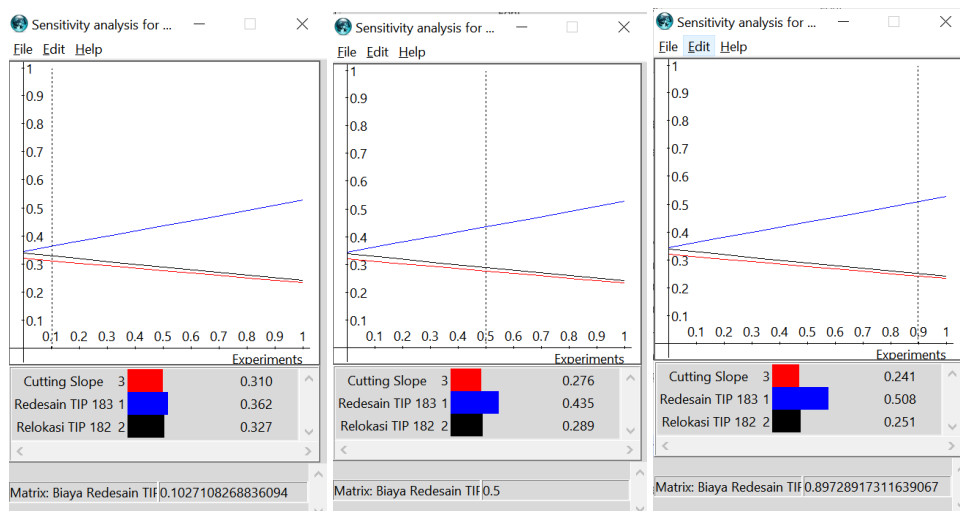
Gambar 4. 8 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Sumber Daya terhadap Perankingan Alternatif *Cutting Slope*

Gambar 4.8 menunjukkan hasil bahwa perubahan bobot prioritas sumber daya cenderung stabil dalam memberikan peringkat *cutting slope* sebagai alternatif pada peringkat 2.



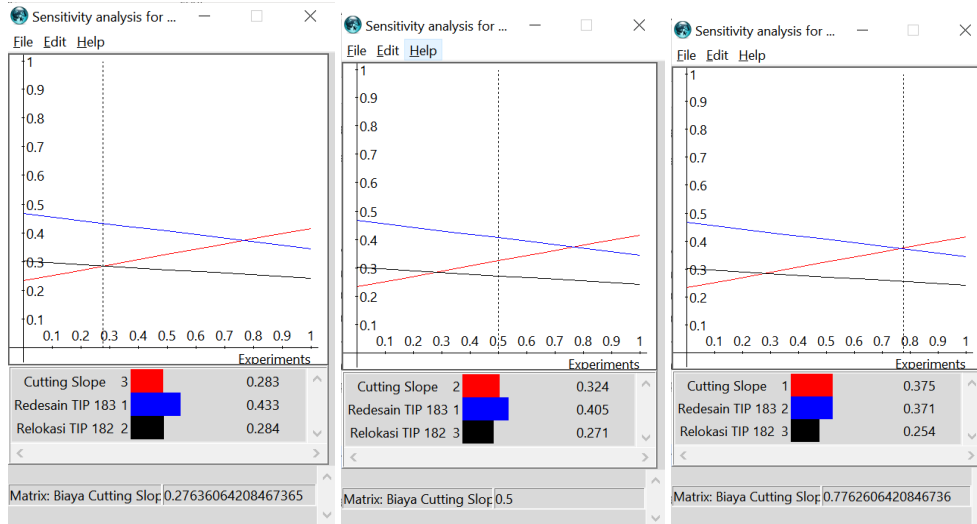
Gambar 4. 9 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Biaya terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa keputusan akhir sangat sensitif terhadap perubahan bobot biaya dimana alternatif relokasi TIP 182 yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria sumber daya dianggap jauh lebih penting.



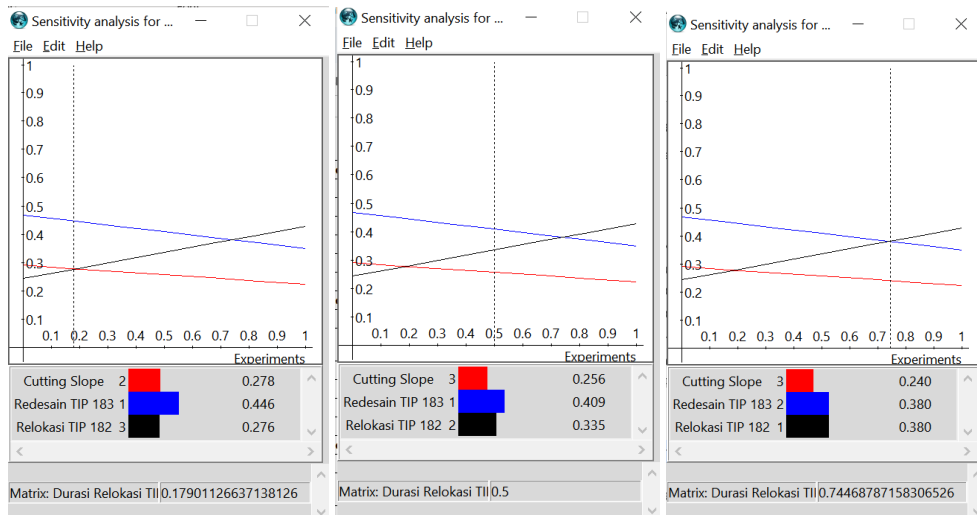
Gambar 4. 10 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Biaya terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183

Gambar 4.10 menunjukkan hasil bahwa perubahan bobot kriteria sumber daya tidak mengubah peringkat *redesain* TIP 183 sebagai alternatif yang paling unggul.



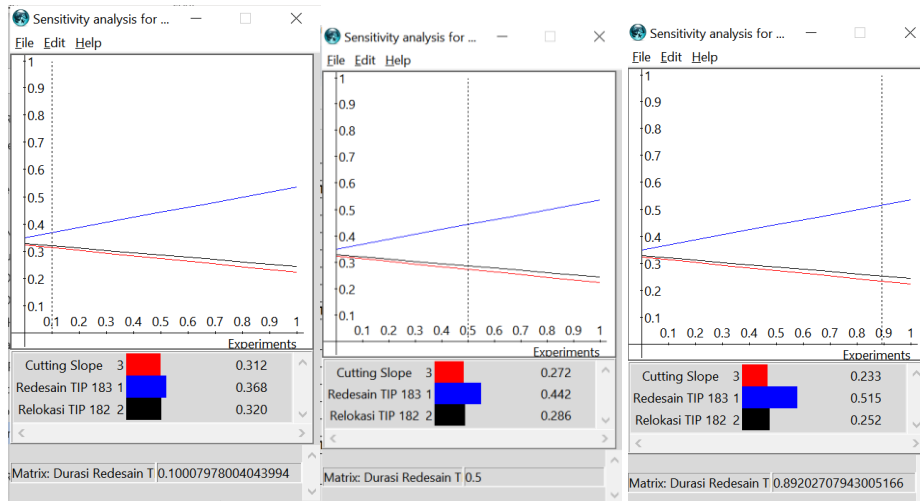
Gambar 4. 11 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Biaya terhadap Perankingan Alternatif *Cutting Slope*

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa keputusan akhir sangat sensitif terhadap perubahan bobot sumber daya dimana alternatif *cutting slope* yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria sumber daya dianggap jauh lebih penting.



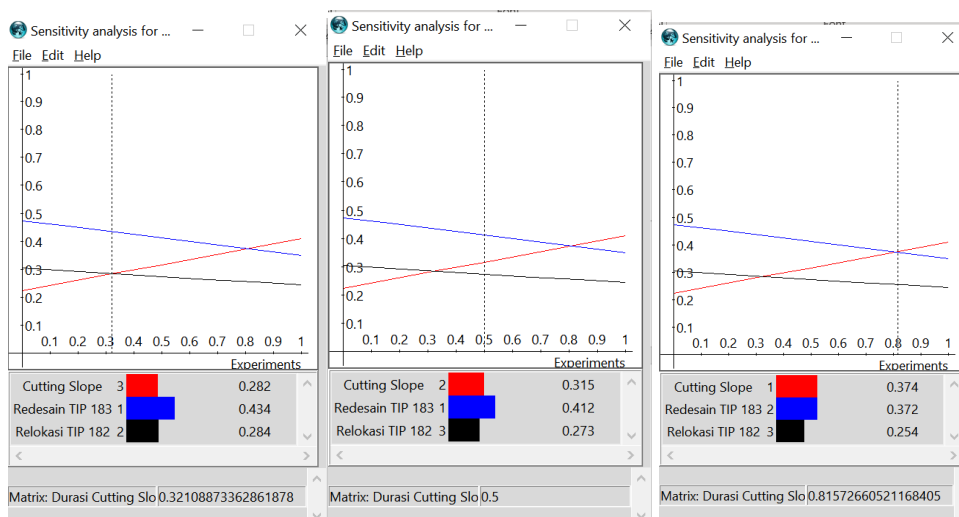
Gambar 4. 12 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Durasi terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa keputusan akhir sangat sensitif terhadap perubahan bobot durasi dimana alternatif relokasi TIP 182 yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria durasi dianggap jauh lebih penting.



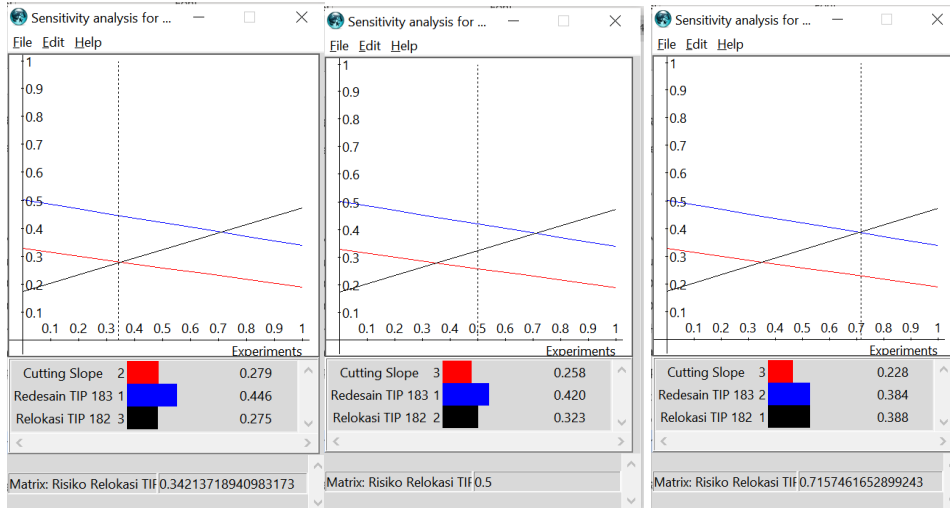
Gambar 4. 13 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Durasi terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa perubahan bobot kriteria durasi tidak memberikan perubahan signifikan pada ranking *redesain* TIP 183 sebagai alternatif yang paling unggul.



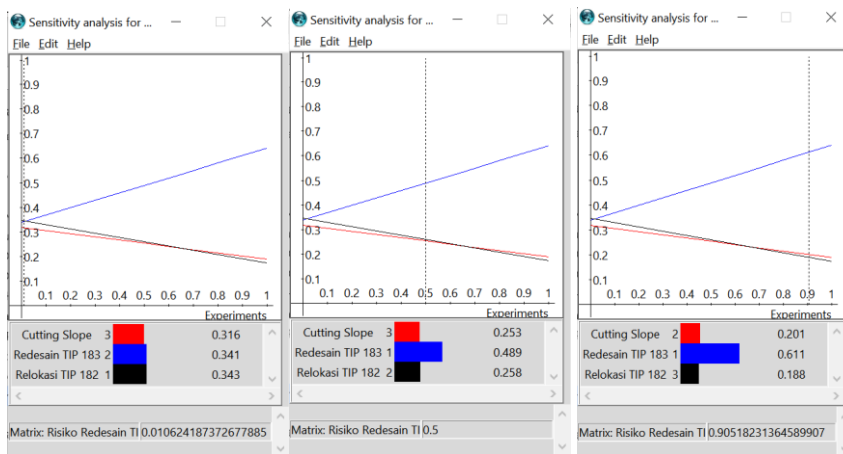
Gambar 4. 14 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Durasi terhadap Perankingan Alternatif *Cutting Slope*

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa keputusan akhir sangat sensitif terhadap perubahan bobot durasi dimana alternatif *cutting slope* yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria durasi dianggap jauh lebih penting.



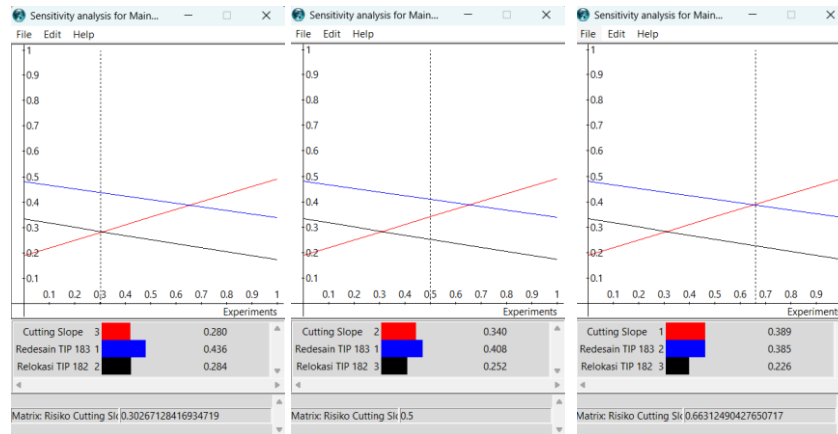
Gambar 4. 15 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Risiko terhadap Perankingan Alternatif Relokasi TIP 182

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa keputusan akhir sangat sensitif terhadap perubahan bobot kriteria risiko dimana alternatif relokasi TIP 182 yang awalnya tidak dominan dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria risiko dianggap jauh lebih penting.



Gambar 4. 16 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Risiko terhadap Perankingan Alternatif Redesain TIP 183

Gambar 4.16 menunjukkan bahwa perubahan bobot prioritas kriteria risiko tidak secara signifikan memberikan pengaruh hasil keputusan alternatif *redesain* TIP 183 sebagai alternatif paling unggul.



Gambar 4. 17 Hasil Analisis Sensitivitas Perubahan Bobot Kriteria Risiko terhadap Perankingan Alternatif *Cutting Slope*

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa perubahan bobot kriteria risiko memberikan pengaruh pada urutan ranking alternatif *cutting slope* yang awalnya moderate dapat menjadi pilihan terbaik ketika kriteria risiko dianggap jauh lebih penting.

Hasil analisis dari Gambar 4.3 hingga Gambar 4.17 menunjukkan bahwa perubahan bobot kriteria sensitive terhadap perubahan ranking beberapa alternatif, sementara alternatif lainnya bersifat stabil atau *robust*. Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa alternatif *redesain* TIP 183 memiliki peringkat yang stabil pada hampir seluruh simulasi perubahan bobot kriteria. Stabilitas ini memperlihatkan bahwa keputusan untuk memilih *redesain* TIP 183 bersifat *robust*, yaitu tidak mudah berubah meskipun bobot kriteria dimodifikasi, tidak sensitif terhadap perubahan prioritas kriteria, dan tetap unggul pada berbagai kondisi dan asumsi perencanaan. *Robustness* ini memiliki implikasi langsung pada strategi implementasi proyek, antara lain:

1. Fleksibilitas dalam perencanaan karena *redesain* TIP 183 tetap unggul meskipun bobot prioritas berubah, strategi implementasinya dapat

dirancang dengan tingkat keyakinan tinggi tanpa perlu khawatir terhadap perubahan kebijakan atau tekanan eksternal.

2. Minim risiko perubahan keputusan di tengah proyek dimana alternatif yang stabil mengurangi potensi revisi besar di tahap konstruksi sehingga dapat menekan biaya dan waktu akibat perubahan desain dikemudian hari.
3. Efisiensi koordinasi antar instansi dimana keputusan yang *robust* mempermudah koordinasi lintas pihak (konstruksi, desain, ROW, logistik), karena arah kebijakan tidak berubah walaupun prioritas kriteria mengalami penyesuaian.
4. Kesiapan terhadap skenario ekstrem. Pada proyek transmisi, kondisi lapangan seperti longsor, akses material, atau perubahan desain tower dapat memengaruhi prioritas teknis atau risiko. Stabilitas *redesain* TIP 183 menunjukkan bahwa alternatif ini tetap realistis diterapkan bahkan pada kondisi ekstrem tersebut.

Implikasi hasil analisis sensitivitas terhadap penerapan kebijakan adalah bahwa keputusan pemilihan alternatif harus memperhatikan dinamika prioritas dalam organisasi atau kondisi lapangan. Jika ke depan terjadi perubahan kebijakan misalnya prioritas keamanan meningkat (risiko) atau tuntutan percepatan proyek bertambah (durasi) maka kemungkinan perubahan keputusan harus diantisipasi. Hasil grafik pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.17 menunjukkan stabilitas urutan peringkat pada alternatif *redesain* TIP 183 dimana perubahan pada bobot pada kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko tidak secara signifikan mengubah alternatif *redesain* 183 sebagai pilihan yang paling unggul untuk dipilih sebagai alternatif penyelesaian TIP 182. Grafik-grafik tersebut menunjukkan bahwa alternatif *redesain* TIP 183 merupakan alternatif yang paling efisien dari sisi teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko dibandingkan dua alternatif lainnya. Pada penelitian ini, titik kritis terlihat terutama pada kriteria teknis, biaya, dan durasi, di mana Relokasi TIP 182 atau *cutting slope* dapat menjadi pilihan lebih baik apabila bobot kriteria tersebut jauh lebih tinggi dari kondisi awal.

Secara faktual di lapangan, pihak pelaksana telah melakukan relokasi tapak tower karena keterbatasan waktu dan tuntutan penyelesaian proyek sesuai tenggat yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dimaksudkan untuk mengubah keputusan yang telah diambil, melainkan sebagai bahan evaluasi dan pertimbangan teknis untuk kasus serupa di masa mendatang, agar pemilihan alternatif dapat dilakukan lebih sistematis berdasarkan analisis multi-kriteria.

4.6 Diskusi Holistik Hasil Analisis

Bagian ini menyajikan diskusi holistik yang mengintegrasikan seluruh temuan pada Bab 4, mulai dari penentuan bobot kriteria dengan AHP, penilaian alternatif, hingga hasil analisis sensitivitas. Diskusi ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana proses analisis memberikan jawaban komprehensif terhadap perumusan masalah, sekaligus menjelaskan implikasi pemilihan alternatif terbaik terhadap aspek teknis dan keberhasilan penyelesaian TIP 182.

4.6.1 Keterkaitan Hasil Penilaian Kriteria dan Dominasi Alternatif

Untuk mengetahui kriteria-kriteria yang masuk ke dalam model AHP benar-benar relevan dan layak dianalisis lebih lanjut maka dilakukan proses penyaringan melalui dua metode yaitu Focus Group Discussion (FGD) dan survei pendahuluan berbasis skala Likert 1–5. FGD mengusung 8 kriteria yaitu teknis, sumber daya, biaya, durasi, kepuasan stakeholder, regulasi, risiko, dan mutu. Hasil FGD oleh 10 para ahli di bidangnya memberikan hasil bahwa tidak ada penambahan kriteria baru karena seluruh aspek yang relevan telah tercakup dan tidak terdapat isu signifikan yang belum terwakili dalam daftar awal tersebut. Selanjutnya hasil FGD berupa 8 kriteria tersebut dinilai kelayakannya melalui survei pendahuluan menggunakan skala Likert 1–5 untuk menyaring daftar kriteria tersebut berdasarkan nilai mean/ranking.

Hasil survei pendahuluan pada kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.2 dimana pada table tersebut menunjukkan bahwa kriteria biaya dan durasi memiliki rata-rata tertinggi yaitu 4,4 dan menempati urutan ranking 1 dan 2, diikuti teknis dengan rata-rata 4,3, sumber daya dengan rata-rata 3,4, risiko dengan rata-rata 3,3, mutu dengan rata-rata 2,1, regulasi dengan rata-rata 2, dan kepuasan stakeholder dengan rata-rata

1,7. Proses penyaringan mengacu pada acuan umum penyaringan (screening) dalam studi pengambilan keputusan yaitu dengan nilai rata-rata $> 3,00$ dianggap layak dipertahankan (Joshi et al., 2015; Boone & Boone, 2012). Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, 5 kriteria dari 8 kriteria dipertahankan sebagai kriteria yang digunakan dalam penilaian selanjutnya. Lima kriteria utama hasil screening adalah kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko yang kemudian digunakan dalam survei utama atau survei AHP untuk menilai tingkat kepentingan setiap kriteria sehingga dapat dilakukan analisis pembobotan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai langkah untuk menentukan alternatif terbaik dalam penyelesaian permasalahan stabilitas pondasi pada tower TIP 182 di Pulau Buru.

Hasil pembobotan kriteria melalui metode AHP menunjukkan bahwa kriteria risiko menempati prioritas paling tinggi dibandingkan sumber daya, biaya, durasi, dan teknis. Hal ini mengindikasikan bahwa keberhasilan penyelesaian TIP 182 secara fundamental ditentukan oleh faktor-faktor risiko seperti probabilitas kegagalan, keterlambatan, ketidaksesuaian hasil survei, mobilisasi alat berat, *permit* regulasi lingkungan. Dengan bobot tertinggi tersebut, alternatif dengan performa risiko paling rendah secara otomatis memiliki peluang terbesar untuk menjadi alternatif terbaik.

Dalam pembobotan alternatif dengan metode AHP, alternatif yang mendapatkan bobot tertinggi akan diidentifikasi sebagai solusi yang paling optimal untuk mengatasi masalah yang dihadapi di lokasi TIP 182. Pengambilan keputusan menggunakan AHP diawali dengan melakukan penilaian menggunakan skala numerik 1, 3, 5, 7, dan 9 sebagaimana direkomendasikan oleh Saaty (1980) melalui penyebaran kuesioner kepada 10 orang ahli. Skala ini merepresentasikan intensitas kepentingan relatif antara dua elemen yang dibandingkan. Nilai 1 menunjukkan bahwa kedua elemen dianggap sama penting, nilai 3 menunjukkan bahwa satu elemen sedikit lebih penting, nilai 5 menunjukkan satu elemen lebih penting, nilai 7 menunjukkan satu elemen jauh lebih penting, sedangkan nilai 9 menunjukkan satu elemen sangat jauh lebih penting. Hasil penilaian kemudian dicari *geomean* pada setiap alternatif yang disebut sebagai bobot alternatif.

Berdasarkan hasil pembobotan alternatif yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 hingga Tabel 4.8, penilaian pada setiap alternatif mempertimbangkan faktor-faktor yang ada (kriteria) yaitu kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko. Hasil AHP menunjukkan bahwa alternatif Redesain TIP 183 dinilai unggul dibandingkan 2 alternatif lainnya dilihat pada kriteria teknis, sumber daya, biaya, maupun durasi dengan nilai rata-rata pembobotan tertinggi yaitu 1,47; 1,57; 1,82; dan 1,59. Sementara itu dilihat dari sisi risiko, alternatif Redesain TIP 183 menempati posisi kedua sebagai alternatif dengan potensi risiko sedang dengan nilai 1,02. Hasil analisa alternatif penyelesaian dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) menunjukkan bahwa alternatif Redesain TIP 183 merupakan alternatif terbaik untuk TIP 182. Sementara itu, alternatif relokasi TIP 182 dan *cutting slope* hanya unggul pada kondisi tertentu, tetapi tidak konsisten di semua kriteria. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan *redesain* memberikan keseimbangan terbaik antara pengendalian risiko, efisiensi waktu, kelayakan teknis, keterjangkauan biaya, dan sumber daya.

4.6.2 Konsistensi dan *Robustness* Keputusan dari Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas bertujuan untuk memahami bagaimana perubahan bobot kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, maupun risiko dapat menggeser peringkat alternatif dalam proses pengambilan keputusan.

Hasil grafik pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.17 menunjukkan stabilitas urutan peringkat pada alternatif redesain TIP 183 dimana perubahan pada bobot pada kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko tidak secara signifikan mengubah alternatif redesain 183 sebagai pilihan yang paling unggul untuk dipilih sebagai alternatif penyelesaian TIP 182. Grafik-grafik tersebut menunjukkan bahwa alternatif redesain TIP 183 merupakan alternatif yang paling efisien dari sisi teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko dibandingkan dua alternatif lainnya. Hasil penilaian AHP dan sensitivitas secara konsisten menegaskan bahwa Redesain TIP 183 merupakan alternatif yang paling unggul.

Analisis sensitivitas memberikan pemahaman lebih dalam mengenai stabilitas keputusan. Dari Gambar 4.3 hingga 4.17, terlihat bahwa *redesain* TIP 183

adalah satu-satunya alternatif yang mempertahankan peringkat 1 pada hampir semua variasi perubahan bobot kriteria. Stabilitas ini menunjukkan bahwa keputusan pemilihan alternatif tidak bergantung pada kondisi tertentu atau perubahan prioritas yang ekstrem, melainkan tetap kokoh bahkan ketika kriteria teknis, biaya, atau durasi mengalami penyesuaian bobot.

Sebaliknya, relokasi TIP 182 dan *cutting slope* menunjukkan tingkat sensitivitas yang tinggi. Kedua alternatif tersebut hanya naik peringkat ketika bobot kriteria tertentu misalnya teknis, biaya, atau durasi, dinaikkan secara signifikan melewati titik kritis keputusan. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua alternatif tersebut memiliki ketergantungan kuat pada satu atau dua kriteria saja, sehingga tidak cukup stabil ketika dipertimbangkan secara menyeluruh.

Dengan demikian, analisis sensitivitas tidak hanya mengonfirmasi hasil AHP, tetapi juga menegaskan bahwa *redesain* TIP 183 merupakan alternatif yang paling *robust* untuk diterapkan di lapangan.

Dengan demikian, metode AHP berhasil menjawab perumusan masalah secara objektif dan sistematis.

4.6.3 Implikasi Manajerial Proyek

Pemilihan *redesain* TIP 183 memiliki implikasi signifikan terhadap aspek teknis proyek, antara lain:

1. Fleksibilitas dalam perencanaan karena *redesain* TIP 183 tetap unggul meskipun bobot prioritas berubah, strategi implementasinya dapat dirancang dengan tingkat keyakinan tinggi tanpa perlu khawatir terhadap perubahan kebijakan atau tekanan eksternal.
2. Minim risiko perubahan keputusan di tengah proyek dimana alternatif yang stabil mengurangi potensi revisi besar di tahap konstruksi sehingga dapat menekan biaya dan waktu akibat perubahan desain di kemudian hari.
3. Efisiensi koordinasi antar instansi dimana keputusan yang *robust* mempermudah koordinasi lintas pihak (konstruksi, desain, ROW, logistik),

karena arah kebijakan tidak berubah walaupun prioritas kriteria mengalami penyesuaian.

4. Kesiapan terhadap skenario ekstrem. Pada proyek transmisi, kondisi lapangan seperti longsor, akses material, atau perubahan desain tower dapat memengaruhi prioritas teknis atau risiko. Stabilitas *redesain* TIP 183 menunjukkan bahwa alternatif ini tetap realistis diterapkan bahkan pada kondisi ekstrem tersebut.
5. Mitigasi risiko jangka panjang, karena desain ulang mengurangi ketergantungan pada kondisi lapangan yang labil.

Dari perspektif implementasi manajerial proyek, *robustness* keputusan ini memberikan kepastian kepada manajemen proyek dalam menyusun jadwal kerja, pengadaan material, hingga rencana koordinasi lintas fungsi. Keputusan yang stabil tidak hanya mengurangi risiko perubahan desain di tengah pekerjaan, tetapi juga mendukung efisiensi biaya dan waktu secara keseluruhan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemilihan alternatif penyelesaian longsor tanah pada TIP 182 menggunakan metode AHP, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil survei pendahuluan untuk menentukan kriteria yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan alternatif penyelesaian TIP 182 pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kriteria biaya dan durasi memiliki rata-rata tertinggi yaitu 4,4, diikuti teknis dengan rata-rata 4,3, sumber daya dengan rata-rata 3,4, risiko dengan rata-rata 3,3, mutu dengan rata-rata 2,1, regulasi dengan rata-rata 2, dan kepuasan *stakeholder* dengan rata-rata 1,7. Mengacu pada acuan umum penyaringan (*screening*) dalam studi pengambilan keputusan dimana kriteria dengan nilai rata-rata $\geq 3,00$ dianggap layak dipertahankan. Dengan demikian kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko dianggap layak digunakan dalam pemilihan alternatif penyelesaian permasalahan TIP 182 sementara kriteria mutu, regulasi, dan kepuasan *stakeholder* dieliminasi dan tidak dipertimbangkan dalam memilih alternatif penyelesaian untuk mengatasi longsor tanah pada Tower Intersection Point (TIP) 182 dalam proyek transmisi 70 kV GI Namlea - GI Namrole.
2. Hasil pembobotan alternatif menggunakan metode AHP dengan mempertimbangkan kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko yang dipaparkan pada Tabel 4.4 hingga Tabel 4.8 menunjukkan bahwa alternatif Redesain TIP 183 dinilai relatif paling unggul dibandingkan 2 alternatif lainnya. Dilihat pada kriteria teknis, sumber daya, biaya, dan durasi, alternatif Redesain TIP 183 memiliki nilai rata-rata pembobotan tertinggi yaitu 1,47; 1,57; 1,82; dan 1,59. Sementara itu berdasarkan kriteria risiko, alternatif Redesain TIP 183 menempati posisi kedua dengan nilai

- 1,02. Alternatif Redesain TIP 183 dinilai memiliki potensi risiko moderat yang masih dapat dikendalikan melalui penyesuaian desain struktur. Dengan demikian, hasil analisa alternatif penyelesaian dengan menggunakan metode (AHP) menunjukkan bahwa alternatif Redesain TIP 183 merupakan alternatif terbaik untuk TIP 182.
3. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan kriteria teknis, sumber daya, biaya, durasi, dan risiko dalam rentang $\pm 20-40\%$ dari bobot awal tidak mengubah urutan peringkat alternatif *redesain* TIP 183 secara signifikan. Peningkatan dan penurunan bobot kriteria pada Gambar 4.3 dimana dilakukan scenario penurunan bobot teknis dari 0,50 ke 0,21 dan kenaikan bobot kriteria teknis dari 0,50 ke 0,73 tetap menunjukkan prioritas alternatif Redesain TIP 183 yang konsisten. Demikian pula Gambar 4.4 hingga Gambar 4.17 menunjukkan alternatif Redesain TIP 183 relatif stabil di urutan peringkat pertama. Hal ini menandakan bahwa hasil keputusan alternatif Redesain 183 bersifat stabil (*robust*) dan konsisten sebagai alternatif penyelesaian TIP 182 sehingga model AHP yang digunakan memiliki reliabilitas yang baik dalam mendukung pengambilan keputusan terkait penanganan longsor TIP 182.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pendalaman pada subkriteria di setiap kriteria utama pada penelitian serupa di masa depan dengan tujuan agar hasil analisis dapat menggambarkan kondisi teknis dan lingkungan yang lebih spesifik.
2. Pada proyek sejenis yang belum berjalan, perlu dilakukan verifikasi lapangan terhadap hasil analisis AHP guna membandingkan hasil perhitungan dengan kinerja aktual setelah dilakukan implementasi alternatif yang dipilih di lapangan.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi evaluatif dalam perencanaan proyek serupa bagi para pihak pelaksana proyek, khususnya dalam menentukan solusi yang optimal terhadap permasalahan geoteknik pada area transmisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadzie, D. K. (2017), "A Model for Predicting the Performance of Project Managers in Mass House Building Project in Ghana", *University of Wolverhampton*.
- Alves, A. S. dan Ribeiro, M. C. C. R. (2017), "The Problem of Research Project Portfolio Selection in Educational Organizations: A Case Study", *Gestao & Producao*, Sao Carlos, hal 2-15
- Aprianto, P. D. (2020), *Studi Topografi Untuk Analisis Desain SUTT 150 kV di Bangkalan*, Tugas Akhir, ITS, Surabaya
- Aronson, J. E. (1998), "*Efram Turban and Decision Support Systems and Intelligent Systems, Efram Turban*".
- Aswanto, M. (2021), "Desain Konstruksi Dinding Penahan Tanah Pasangan Batu-Kali dengan Metode Memotong Kaki-lereng", *Conference Paper Hatti*, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta, hal 1-11
- Bahrin, B. G., Sugihen, D., Susanto, P. S. Asngari. (2008), "Luas Lahan dan Pemenuhan Kebutuhan Dasar (Kasus Rumah Tangga Petani Miskin di Daerah Dataran Tinggi Kabupaten Kapahiang Provinsi Bengkulu)", *Jurnal Penyuluhan*, Vol 4, hal 116-125.
- Boone, H. N., Jr., & Boone, D. A. (2012). Analyzing Likert data. *Journal of Extension*, 50(2), 1–5.
- Brooks, H. dan Nielsen, J. P, (2013), *Basic of Retaining Wall Design*, 10th edition, Hbapublications, California
- Chen, C. C., Siao, S. Y., Jiang, C. R., Lee, B. H., Yeh, F. Y. (2021), "Structural Effect of Unequal Leg Length in Lattice Steel Towers with the D-Type Bracing System", *Structures*, Vol. 34, hal 2802-2817
- Ciptomulyono, U. (2010), "Paradigma Pengambilan Keputusan Multikriteria Dalam Perspektif Pengembangan Proyek dan Industri yang Berwawasan Lingkungan, *ITS. Surabaya*
- Cornelis, R. dan Rustendi, I. (2022), Mitigasi Gangguan Stabilitas Tanah Pada Tapak Tower Transmisi T73 Pada Jalur Transmisi (SUT 70 kV) SOE-KEFA Interkoneksi Timor", *Teodolita*, Vol 23, No. 1, hal 1-3
- Da Silva, R. F., Bellinello, M. M., De Souza, G. F. M., Antomarioni, S., Bevilacque, M., Ciarapica, F. E. (2021), "Deciding a Multicriteria Decision-Making

- (MCDM) Method to Prioritize Maintenance Work Orders of Hydroelectric Power Plants”, *MDPI*, 14(24), 8281, hal 4-6
- El Moaty, M. A., Shouman, M. A., Hasan, E. S. (2009), “Decision Making Assessment for Site Selection Using the AHP and TOPSIS Methods”, *The 44th Conference Assessment for Statistics, Computer Science and Operations Research*, Zagazig University, hal 2-19
- Ferdian, T., Aji, P. Y., Simatupang, T. (2009), Simposium Nasional RAPI XII FT UMS Perencanaan Struktur Menara Listrik Tegangan Tinggi, Surakarta.
- Forman, E. H., & Selly, M. A. (2001). *Decision by Objectives: How to Convince Others That You Are Right*. World Scientific.
- Gan, Y., Deng, H., Liu, H., Zhao, Q. (2020), “Experimental and Numerical Researches on A New Type of Tower for Steep Mountainous Areas”, *Engineering Structures*, Vol 214, hal. 1
- Giulia O. S. M, Anderson R. de Queiroz, Rodolfo M. Lima, Camilo R.R. S. P, Afonso H. M. S, Luiz C. J, Renato A. Dos Santos, Eden L. C. J. (2019), “Optimizing Routing and Tower Spotting of Electricity Transmission Lines: An Integration of Geographical Data and Engineering Aspects Into Decision-making”, *Electric Power System Research*, Vol. 176, hal 1-12.
- Hartman, F. dan Ashrafi, R. A. (2002), “Project Management in the Information Systems and Information Technologies Industries”, *Project Management Journal*, Vol. 33, No. 3, hal 5-15.
- Haumahu, J.P. Land Quality For Agriculture Development At Fenafafan District, Region of South Buru, Maluku Province. *Jurnal Budidaya Pertanian*, Vol. 10. No 2, Desember 2014, Halaman 79-87
- Hermawan, H. (2023), “*Pemilihan Alternatif Pekerjaan Strengthening Jetty Pada Perusahaan PT CPI dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*”, Thesis, ITS, Surabaya.
- Hwang, C. L. dan Yoon, K. (1981), “Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application: A State of the Art. Survey”, *Lectures Notes in Economics and Mathematical System*, Springer Verlag, Berlin
- Irawan, R. (2016), *Analisis Medan Magnetik di Saluran Transmisi Menggunakan Finite Element Method*, Tugas Akhir, ITS, Surabaya.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). *Review of the main developments in the analytic hierarchy process*. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336–14345.
- Januardi R, Nugroho PS, Mulyono B. Persepsi Pengguna Dalam Mengukur Kinerja Operasi Konstruksi Berbasis Sampling Menggunakan Analytical Hierarchy

Process. *TELSINAS [Internet]*. 2023Sep.25 [cited 2024Jun.12];6(2):112-21. Available from: <https://journal.undiknas.ac.id/index.php/teknik/article/view/4517>

- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403.
- Kalengkongan, B. K., Arsjad, T. T., Mangare, J. B. (2020), “Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Pembangunan Tower SUTET Likupang – Paniki”, *Vol. 8, No. 1, hal 99-106*
- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 188.K/HK.02/MEM.L/2021, *Pengesahan Rencana Uaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) Tahun 2021 Sampai Dengan Tahun 2030*, Jakarta
- Leksono, V. A. (2015), *Permodelan Multi Objective Decision Making Untuk Penyeleksian Portofolio: Suatu Pendekatan Metode AHP dan TOPSIS*, Thesis, ITS, Surabaya.
- Leumongkol, T., Wannakomol, A., Kulworawanichpong, T., (2009), “Rerouting Electric Power Transmission Lines by Using Satellite Imagery”, *WSEAS Transaction on Environment and Development*, Vol. 5, No. 2, hal 1-3
- Likadja, F. J., Cornelis, R., Simatupang, P. H., (2021), “Kajian Stabilitas Tanah dan Pondasi Pada Rencana Relokasi Tapak Tower Jalur Transmisi (SUTT 70 kV) Timor Dampak Badai Seroja di Kupang”, *Teodolita*, Vol. 22, No. 2, hal 1-2
- LTA-72. 1987. *Zone Agroklimatik Provinsi Maluku*. Maluku Regional Development Project. Ambon
- Maruvanchery, V. (2020), “Early Construction Cost and Time Risk Assessment and Evaluation of Large-scale Underground Cavern Construction Project in Singapore. *sUnderground Space (China)*, Vol. 5 No. 1, hal 53-70
- Menon, R. R. dan Ravi, V. (2020), “Using AHP-TOPSIS Methodologies in the Selection of Sustainable Suppliers in An Electronics Supply Chain”, *Cleaner Materials*, Vol. 5
- Muhtar, A., Putri, E. I. K., Hariyadi. (2015), “Kajian Dampak Pembebasan Lahan Pembangunan Jaringan Transmisi Listrik Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat”, *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Vol. 5, No. 2, hal 169-179
- Muis, A. dan Santosa, B. (2021), “Determining 150 kV Transmission Tower Route Using FAHP Method”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, hal 1-11

<https://www.nusantarainfrastructure.com/pages/energi>

- Pagi, A. F. dan Badgular, K. P. (2017), “Review on Transmission Line Right of Way”, *IEEE International Conference on Power, Control, Signal and Instrumentation Engineering (ICPCSE)*, Electrical Department SSEC Bhavnagar, India, hal 1419
- Parhusipa, Jadiaman (2019) Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada Desain Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Calon Penerima Bantuan Pangan Non Tunai (BPNT) Di Kota Palangka Raya Jurnal Teknologi Informasi Vol 13 No 2
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 7 Tahun 2021, *Perencanaan Kehutanan, Perubahan Peruntukan Kawasan Hutan dan Perubahan Fungsi Kawasan Hutan, serta Penggunaan Kawasan Hutan*, Jakarta
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 13 Tahun 2021, *Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum Jaringan Transmisi Tenaga Listrik dan Kompensasi Atas Tanah, Bangunan, dan/atau Tanaman yang Berada di Bawah Ruang Bebas Jaringan Transmisi Tenaga Listrik*, Jakarta
- Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No 01.P/47/MPE/1992, *Ruang Bebas Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) Untuk Penyaluran Tenaga Listrik*, Jakarta
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 33 Tahun 2016, *Penyelesaian Teknis Terhadap Tanah, Bangunan, dan/atau Tanaman yang dikuasai Masyarakat Pada Kawasan Hutan Dalam Rangka Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan*, Jakarta.
- Peraturan Presiden No. 148 Tahun 2015, *Perubahan keempat Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Pengadaan Tanah Untuk Pembangunan Kepentingan Umum*, Jakarta
- PLN.Co.id (2023) Dorong Perekonomian, PLN Bangun Tol Listrik Sepanjang 180,9 Kms di Pulau Buru. <https://web.pln.co.id/media/2022/03/dorong-perekonomian-pln-bangun-tol-listrik-sepanjang-1809-kms-di-pulau-buru>
- PMBOK (2021), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*, 7th edition, Project Management Institute.
- Pomerol, J.C., dan Adam, F. (n.d.), “Practical Decision Making From the Legacy of Herbert Simon to Decision Support Systems”.

- Pradianto, Fajar El (2022) PLN Operasikan Jaringan Transmisi Bawah Tanah Di Gerbang Kawasan Timur Indonesia. <https://rm.id/baca-berita/ekonomi-bisnis/50560/kelistrikan-makassar-kian-andal-pln-operasikan-jaringan-transmisi-bawah-tanah-di-gerbang-kawasan-timur-indonesia>
- Pratikno, Fathony Akbar, Jamaluddin, Hamriani Ryka, Iwan Prabowo (2020) Analisis Data Gravitasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Waesekat, Kabupaten Buru Selatan. PETROGAS Volume 2, Nomor 1, Maret 2020 e-ISSN - 2656-5080
- PT PLN (Persero) Unit Induk Wilayah Maluku dan Maluku Utara (2019), *Kajian Kelayakan Proyek Grid Buru*, PLN UIW MMU, Ambon
- PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Proyek Maluku (2023), *Laporan Kronologis Tower T.182 T/L 70 kV GI Namrole – GI Namlea*, PLN UPP Maluku, Ambon
- PT PLN (Persero). (2023). *Statistik PLN 2022*. Jakarta: PT PLN (Persero)
- Purnomo, H. (2016), *Analisis Sistem Daya*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Putri Suci Mawariza (2023) Penggunaan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam Analisa Pemilihan Metode Erection PCI Girder. *Jurnal Extrapolasi VOL 20 NO 01*
- Putri, Dinda Rezkia, Johannes Hutabarat, Agus Didit Haryanto, (2021) Permeability Zoning In Geothermal Manifestation Area At Buru Regency Of Maluku Province Padjadjaran Geoscience Journal. Vol. 5, No. 5, Oktober 2021: 453-466
- R. Sutjipto Tanyonimpuno, Agustina Dwi Retnaningtias (2016) Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp) Pada Proses Pengambilan Keputusan Pemilihan Jenis Pondasi (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Royal Plaza Surabaya). *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil/Juni 2016/360*
- Rajapakse, R. (2016), *Geotechnical Engineering Calculations and Rules of Thumb*, 2nd edition, Elsevier Inc.
- Ramli, Soehatman. (2010), “Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001, *Dian Rakyat*, Jakarta
- Robson, E., Agosti, A., Utili, S., Milledge, D. (2022), “A Methodology for Road Cutting Design Guidelines Based on Field Observations”, *Engineering Geology*, Vol. 307, hal 1-26
- Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T. L. (1985), *The Analytic Hierarchy Process*, Belmont.

- Saaty, T. L., (2008), *The analytic network process*, International Series in Operations Research and Management Science, hal 1–26.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (2nd ed.). Springer.
- Sedghiyan, D., Ashouri, A., Maftouni, N., Xiong, Q., Rezae, E., Sadeghi, S. (2021a), “Prioritization of Renewable Energy Resources in Five Climate Zones in Iran Using AHP, Hybrid AHP-TOPSIS and AHP-SAW Methods”, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 44, hal 1-14
- Sihotang, N. S. (2023), *Implementasi Metode AHP-TOPSIS untuk Pemilihan Prioritas Lokasi Pemasangan Keypoint di PT PLN UP2D Sumatera Utara*, Thesis, ITS, Surabaya.
- Simbolon, H. (2022), *Pemilihan Alternatif Design Jalur Transmisi 150 kV Holtekam – Angkasa Papua dengan Pendekatan Metode TOPSIS*, Thesis, ITS, Surabaya.
- SPLN T5.004: 2010, *Kriteria Desain Tower Rangka Baja (Latticed Steel Tower) Untuk Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi*, Jakarta
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tahuriintermedia (2024) *Proyek SUTT KV 70 Gi Namlea - GI Namrole Telah Mencapai 95% Proses Fisik Pembangunan*
<https://tahuriintermedia.info/proyek-sutt-kv-70--gi-namlea--gi-namrole-telah-mencapai-95-proses-fisik-pembangunan>
- Tambunan, J. P. dan Mulyono, H. (2019), “Reposisi dan Penggantian Menara Transmisi 150 kV”, *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 21, No. 2, hal 87-99
- Tiny Mananoma, Joane Imanuela Lembong, Agatha N.E Naseriman (2024) *Pemilihan Alternatif Jenis Pondasi Bangunan Gedung Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research Volume 4 Nomor 3 Tahun 2024 Page 6001-6011 E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246*
- Undang-undang No. 12 Tahun 2012, *Pengadaan Tanah Bagi Pembangunan Untuk Kepentingan Umum*, Jakarta
- Wantouw, F. dan Mandagi, R. J. M. (2014), “Manajemen Resiko Proyek Pembangunan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Lopana-Teling”, *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, Vol 4, No. 4, hal 1-18.

- Widi Hartono, Sugiyarto, Lanjari (2016) Pemilihan Alternatif Jenis Pondasi Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus Proyek Pembangunan Laboratorium Fakultas Pertanian UNS Surakarta). *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/Juni 2016/360*
- Wulandari, Retna E (2019) Penerapan Analytical Hierarchy Process (Ahp) Dalam Perangkingan Bengkel Mobil Terbaik Di Kota Kupang. *Jurnal Teknologi Terpadu e-ISSN 2460-7908 Vol. 5, No. 1, Juli 2019*
- Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Tupenaite, L., Mickaityte, A., (2008), “Decision Making Model for Sustainable Buildings Refurbishment, Energy Efficiency Aspect”, *The 7th International Conference Environmental Engineering*, Vilnius Gediminas Technical University, hal 894-901

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuesioner

PETUNJUK PENGISIAN

1. Setiap pertanyaan berisi dua kriteria yang dibandingkan.
Misal: Teknis dibandingkan dengan Biaya.
2. Pilih satu pernyataan yang paling menggambarkan pandangan Anda terhadap perbandingan tersebut.
3. Pilih hanya satu jawaban pada setiap pertanyaan.

⚠ **Catatan Penting:**

Tidak ada jawaban benar atau salah; penilaian didasarkan pada pengalaman dan profesionalisme Anda

Pilih bobot dapat dianalisis.

Pilih

Teknis sangat jauh lebih penting dari Durasi

Teknis jauh lebih penting dari Durasi

Teknis lebih penting dari Durasi

Teknis sedikit lebih penting dari Durasi

Teknis dan Durasi sama penting

Durasi sedikit lebih penting dari Teknis

Durasi lebih penting dari Teknis

Durasi jauh lebih penting dari Teknis

Durasi sangat jauh lebih penting dari Teknis

Berdasarkan Kriteria Teknis, bandingkan tingkat kepentingan antara Alternatif Relokasi TIP 182 x Redesain TIP 183 *

Relokasi sangat jauh lebih penting dari Redesain ▾

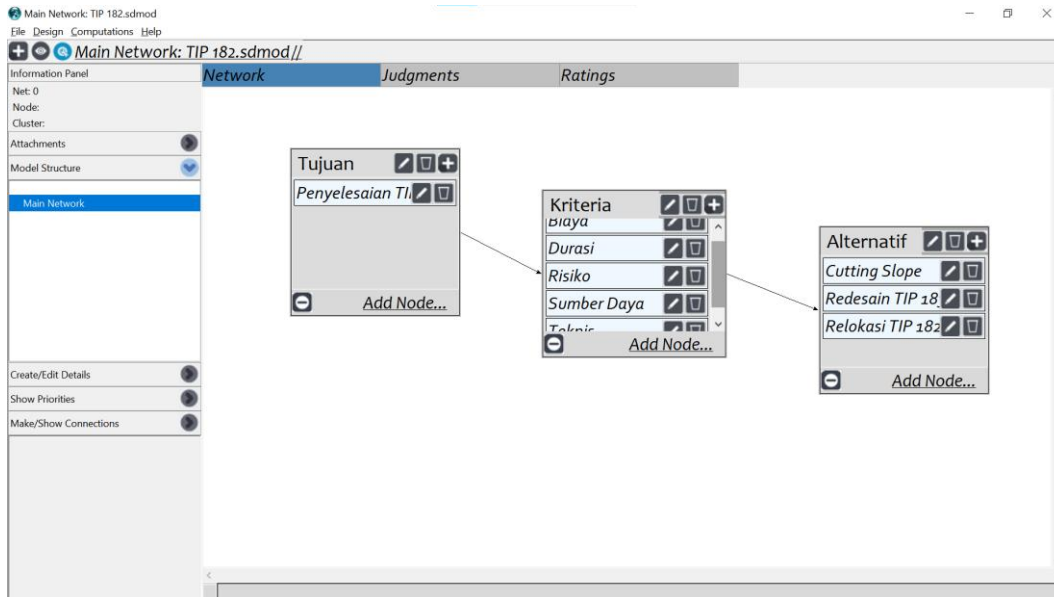
Berdasarkan Kriteria Teknis, bandingkan tingkat kepentingan *

- Pilih
- Redesain sangat jauh lebih penting dari Cutting Slope
- Redesain jauh lebih penting dari Cutting Slope
- Redesain lebih penting dari Cutting Slope
- Redesain sedikit lebih penting dari Cutting Slope
- Redesain dan Cutting Slope sama penting
- Cutting Slope sedikit lebih penting dari Redesain
- Cutting Slope lebih penting dari Redesain
- Cutting Slope jauh lebih penting dari Redesain
- Cutting Slope sangat jauh lebih penting dari Redesain

gan *
2

pentingan *

Lampiran 2. Pairwise Comparison menggunakan Super Decission V3.2



Lampiran 3. Pengisian matrix pada Super Decission V3.2

2. Node comparisons with respect to Penyelesaian TIP 182

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "Penyelesaian TIP 182" node in "Kriteria" cluster
Risiko is 2.65 times more important than Durasi

Inconsistency	Durasi ~	Risiko ~	Sumber Day~	Teknis ~
Biaya ~	↑ 1.12	↑ 1.21	← 1	← 1.06
Durasi ~		↑ 2.65	← 1.63	← 1.17
Risiko ~			← 2.37	← 1.12
Sumber Day~				↑ 1.59

2. Node comparisons with respect to Teknis

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
Comparisons wrt "Teknis" node in "Alternatif" cluster				
Redesain TIP 183 is 1.39 times more important than Relokasi TIP				
Inconsistency	Redesain T~	Relokasi T~		
Cutting S~	↑ 2.03	← 1.39		
Redesain T~		← 1.39		

2. Node comparisons with respect to Sumber Daya

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
Comparisons wrt "Sumber Daya" node in "Alternatif" cluster				
Redesain TIP 183 is 2.24 times more important than Relokasi TIP 182				
Inconsistency	Redesain T~	Relokasi T~		
Cutting S~	↑ 1.46	← 1.25		
Redesain T~		← 2.24		

2. Node comparisons with respect to Biaya

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
Comparisons wrt "Biaya" node in "Alternatif" cluster				
Redesain TIP 183 is 2.58 times more important than Relokasi TIP				
Inconsistency	Redesain T~	Relokasi T~		
Cutting S~	↑ 1.87	↑ 1.38		
Redesain T~		← 2.58		

2. Node comparisons with respect to Durasi

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
Comparisons wrt "Durasi" node in "Alternatif" cluster				
Redesain TIP 183 is 1.98 times more important than Relokasi TIP				
Inconsistency	Redesain T~	Relokasi T~		
Cutting S~	↑ 1.78	← 1.17		
Redesain T~		← 1.98		

2. Node comparisons with respect to Risiko

Graphical	Verbal	Matrix	Questionnaire	Direct
Comparisons wrt "Risiko" node in "Alternatives" cluster				
Relokasi TIP 182 is 1.064 times more important than Redesain TI				
Inconsistency	Redesain T~	Relokasi T~		
Cutting S~	↑ 1.11111	↑ 1.44927		
Redesain T~		↑ 1.06389		

Hasil Sintesis Keseluruhan Model

New synthesis for: Mai... — □ ×

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Mair
Network: TIP 182.sdmod

Name	Graphic	Ideals
Cutting Slope	<div style="width: 65.9713%; background-color: blue;"></div>	0.659713
Redesain TIP 183	<div style="width: 100%; background-color: blue;"></div>	1.000000
Relokasi TIP 182	<div style="width: 62.0653%; background-color: blue;"></div>	0.620653

Lampiran 4. Hasil Penilaian Sensitivitas Kriteria terhadap Alternatif

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Teknis terhadap Alt Relokasi	0.21	0.50	0.74
Cutting Slope	2	3	3
Redesain	1	1	2
Relokasi	3	2	1

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Teknis terhadap Alt Redesain	0.05	0.50	0.96
Cutting Slope	3	3	3
Redesain	1	1	1
Relokasi	2	2	2

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Teknis terhadap Alt Cutting Slope	0.32	0.50	0.81
Cutting Slope	3	2	1
Redesain	1	1	2
Relokasi	2	3	3

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Sumber Daya terhadap Alt Relokasi	0.15	0.50	0.94
Cutting Slope	2	3	3
Redesain	1	1	2
Relokasi	3	2	1

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Sumber Daya terhadap Alt Redesain	0.12	0.50	0.89
Cutting Slope	3	3	3
Redesain	1	1	1
Relokasi	2	2	2

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Sumber Daya terhadap Alt Cutting Slope	0.37	0.50	0.97
Cutting Slope	3	2	2
Redesain	1	1	1
Relokasi	2	3	3

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Biaya terhadap Alt Relokasi	0.19	0.50	0.75
Cutting Slope	2	3	3
Redesain	1	1	2
Relokasi	3	2	1

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Durasi terhadap Alt Relokasi	0.18	0.50	0.75
Cutting Slope	2	3	3
Redesain	1	1	2
Relokasi	3	2	1

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Biaya terhadap Alt Redesain	0.10	0.50	0.89
Cutting Slope	3	3	3
Redesain	1	1	1
Relokasi	2	2	2

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Durasi terhadap Alt Redesain	0.10	0.50	0.89
Cutting Slope	3	3	3
Redesain	1	1	1
Relokasi	2	2	2

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Biaya terhadap Alt Cutting Slope	0.28	0.50	0.78
Cutting Slope	3	2	1
Redesain	1	1	2
Relokasi	2	3	3

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Durasi terhadap Alt Cutting Slope	0.32	0.50	0.82
Cutting Slope	3	2	1
Redesain	1	1	2
Relokasi	2	3	3

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Risiko terhadap Alt Relokasi	0.34	0.50	0.72
Cutting Slope	2	3	3
Redesain	1	1	2
Relokasi	3	2	1

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Risiko terhadap Alt Redesain	0.01	0.50	0.90
Cutting Slope	3	3	2
Redesain	2	1	1
Relokasi	1	2	3

Bobot Prioritas/Ranking			
KRITERIA/ALT	Turun ke	Nilai Awal	Naik ke
Risiko terhadap Alt Cutting Slope	0.35	0.50	0.71
Cutting Slope	2	3	3
Redesain	1	1	2
Relokasi	3	2	1