

## Pemakaian *Temporary Tower* untuk Optimalisasi Penyelesaian Rekonduktoring dan Penggantian Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV

Muhammad Iqbal<sup>1</sup>, Haryo Dwito Armono<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Interdisiplin Manajemen dan Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Jl. Raya ITS Sukolilo Kota Surabaya 60111 Jawa Timur

\*[armono@oe.its.ac.id](mailto:armono@oe.its.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i2.21105>

### Abstrak

Pemakaian *temporary tower* menjadi solusi untuk mempersingkat waktu pemadaman. *Temporary Tower* digunakan sebagai alat bantu dalam pekerjaan rekonduktoring dan penggantian towernya. Kajian dengan cara menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan kajian *schedule* analisis dengan menggunakan Aplikasi *Microsoft Project* untuk mengetahui komparasi durasi waktu yang diperlukan dalam penyelesaian pekerjaan rekonduktoring dan penggantian tower antara menggunakan *temporary tower* dan tanpa *temporary tower*. Dari *time schedule* yang dibuat maka akan diketahui metode pekerjaan mana yang menggunakan durasi waktu yang lebih singkat sehingga dapat menghemat atau mempercepat waktu pemadaman. Pada penelitian ini akan menghasilkan penentuan jenis atau *type* konduktor apa yang sesuai dalam rangka penggantian konduktor atau rekonduktoring SUTT 150 kV A - C, menghasilkan jadwal pekerjaan rekonduktoring dan penggantian tower yang lebih cepat 15 hari bila menggunakan *temporary tower* dan menurunkan waktu pemadaman sekitar 132 hari atau sekitar -89%. Namun membutuhkan penambahan biaya sebesar Rp 1.872.217.454, hal ini masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan kerugian akibat pemadaman jika pekerjaan tidak dilakukan dengan *temporary tower*.

**Kata Kunci** : investasi, kapasitas, keandalan, pemadaman, transmisi

### Abstract

*The use of temporary towers is a solution to shorten the outage time. Temporary Tower is used as a tool in reductoring work and tower replacement. The study by calculating the Budget Plan Cost (RAB) and schedule analysis using Microsoft Project Application to determine the comparative duration of time required to complete the reductoring work and tower replacement between using temporary tower and without temporary tower. From the time schedule created, it will be known which work method uses a shorter duration of time so that it can save or speed up the outage time. This study will produce what kind or type of conductor is appropriate in the context of replacing conductors or reductoring SUTT 150 kV A - C, resulting in a reductoring and tower replacement work schedule that is 15 days faster when using a temporary tower and reduces the outage time by about 132 days or about -89%. However, it requires an additional cost of Rp 1,872,217,454, which is still much smaller than the loss due to outages if the work is not done with a temporary tower.*

**Key words** : capacity, investment, outage, reliability, transmission

### PENDAHULUAN

Pekerjaan rekonduktoring berfungsi untuk meningkatkan kapasitas jaringan transmisi tanpa membangun jalur yang baru agar diperoleh efisiensi anggaran dan menghindari gejolak sosial saat proses kegiatan konstruksi (Reddy & Chatterjee, 2016). Pertumbuhan permintaan tenaga listrik membutuhkan solusi baru untuk mengembangkan sistem transmisi tenaga listrik, sekaligus menghadapi masalah terkait kemacetan sistem tenaga listrik (Riba *et al.*, 2020).

Meningkatkan kapasitas transmisi dengan signifikan adalah dengan cara menggunakan jalur eksisting yang ada (Reed *et al.*, 2020). Hal ini memiliki banyak keuntungan tambahan terutama dalam menghadapi hambatan sosial dan juga peraturan yang jauh lebih mudah dengan membangun jalur transmisi dengan investasi paling sedikit dan mendapatkan efisiensi ekonomi yang maksimal (Kishore & Singal, 2014). SUTT 150 kV diperlukan untuk dapat mengevakuasi produksi energi dari pembangkit ke beban, khususnya dengan adanya rencana pembangunan PLTGU dengan koneksi radial dari GITET B serta meningkatkan keandalan pasokan pusat industri khususnya untuk memasok kawasan industri di sisi utara Karawang. Penghantar eksisting SUTT 150 kV A – C saat ini masih menggunakan jenis konduktor dengan kapasitas 700 Ampere (PT PLN Unit Induk

#### Article History:

**Received:** May, 28<sup>th</sup> 2022; **Accepted:** July, 13<sup>th</sup> 2023

#### Cite this as :

Iqbal, M & Armono, H.D. 2023. Pemakaian *Temporary Tower* untuk Optimalisasi Penyelesaian Rekonduktoring dan Penggantian Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV. *Rekayasa*. Vol 16(2). 257-264.

Pusat Pengatur Beban, 2019). Hal ini tentunya akan menjadi faktor yang sangat krusial dikarenakan ruas ini akan dijadikan outlet evakuasi daya dari GITET 500 kV B melalui GIS 150 kV B, sehingga diperlukan rekonduktoring karena memerlukan kapasitas penghantar lebih besar. Proyek Rekonduktoring ini sangat erat kaitannya dengan pemadaman (Vadivel, 2017) sehingga dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir durasi waktu pekerjaan yang lama dibutuhkan metode pemakaian *temporary tower* sehingga dapat menekan durasi waktu pekerjaan (Schweiner *et al.*, 2003). Sehingga diharapkan pemadaman jalur tersebut tidak terlalu lama yang dikhawatirkan dapat mengganggu kebutuhan suplai listrik pada jalur tersebut (Kopsidas & Rowland, 2009).

Dari uraian di atas, dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah jenis/*type* konduktor apa yang cocok untuk meningkatkan kemampuan hantaran arus listrik pada suatu saluran transmisi (Ines & Ammar, 2020) untuk mengevakuasi daya dari IBT GITET 500 kV B. Selanjutnya bagaimana agar dalam melaksanakan pekerjaan Rekonduktoring dan penggantian tower SUTT ini dapat diselesaikan dalam waktu yang relatif singkat/tidak terlalu lama, dikarenakan terbatasnya waktu ijin pemadaman dari Unit Induk Pengatur beban di jalur transmisi tersebut. Kemudian dalam pengerjaan Rekonduktoring dan penggantian tower SUTT ini akan membuat penambahan biaya konstruksi menjadi lebih besar dibandingkan dengan total biaya operasional jika tidak menggunakan *temporary tower*.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan penentuan jenis atau *type* konduktor apa yang sesuai dalam rangka penggantian konduktor atau rekonduktoring SUTT 150 kV A – C untuk meningkat beban listrik, dengan cara uprating saluran transmisi yang sudah ada (Krishnasamy *et al.*, 1981), menghasilkan pelaksanaan pekerjaan yg lebih singkat, efektif dan efisien jika menggunakan bantuan *temporary tower* dalam pengerjaan rekonduktoring dan penggantian tower sehingga mengurangi durasi waktu pemadaman. Tujuan berikutnya adalah membuktikan bahwa dari analisis biaya yang telah dilakukan pengerjaan Rekonduktoring dan penggantian tower SUTT dengan cara menambahkan biaya pekerjaan tersebut ke dalam amandemen kontrak eksisting tidak lebih besar dari biaya total biaya operasional jika tidak menggunakan *temporary tower*.

Penelitian mengenai Rekonduktoring pada system transmisi telah banyak dilakukan oleh beberapa pihak. Namun penelitian terdahulu berfokus untuk untuk meningkatkan kapasitas saluran transmisi dimana memerlukan modifikasi infrastruktur jalur yang ada untuk mendapatkan peningkatan tambahan dalam kemampuan transfer daya yang dapat memberikan hasil yang optimal (Ahmed & Saqib, 2020), untuk meningkatkan kapasitas saluran transmisi dimana memerlukan modifikasi infrastruktur jalur yang ada (Mbuli *et al.*, 2019). Namun Penelitian yang dilakukan kali ini berfokus kepada penentuan *type* konduktor dan penelitian bagaimana cara mempersingkat waktu pelaksanaan pekerjaan rekonduktoring dengan menggunakan *temporary/emergency tower* sehingga meminimalkan dampak ekonomi dari biaya yang terkait lamanya durasi waktu pemadaman.

## METODE PENELITIAN

Analisis waktu dan biaya merupakan konsep yang dilakukan pada penelitian ini dimana waktu dan biaya menjadi variabel yang mempengaruhi penyelesaian pekerjaan pada salah satu proyek rekonduktoring transmisi jaringan di PT PLN (Persero) SUTT 150 kV A ke arah C yang berada di Provinsi Jawa Barat yang akan menjadi pertimbangan dalam pengambilan keputusan oleh Manajemen guna tercapainya *Key Performance Indicator* (KPI).

Penggunaan *temporary tower* merupakan alat bantu yang sangat efektif untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan rekonduktoring SUTT 150 kV A – C dibandingkan dengan tidak menggunakan *temporary tower*. Mengingat *tower* pada jalur tersebut sudah sangat berumur dan memiliki penghantar dengan kapasitas kecil dimana sudah tidak cocok lagi dengan kapasitas teknologi yang diterapkan saat ini (Rashmi *et al.*, 2017). Proyek tersebut sangat direkomendasikan oleh *user* agar segera dilakukan rekonduktoring dan dilakukan penggantian tower. Selain itu jalur ini merupakan jalur krusial yang saat ini sangat diandalkan untuk menyuplai listrik dari Gardu Induk satu ke Gardu Induk lainnya, dimana ketika pekerjaan ini dilakukan maka tidak diperkenankan dilakukan pemadaman dengan durasi waktu yang terlalu lama. Proyek rekonduktoring sangat erat kaitannya dengan pemadaman sehingga dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir durasi waktu pekerjaan yang lama dengan demikian dibutuhkan

metode pemakaian *temporary* tower sehingga dapat menekan durasi waktu (Schweiner *et al.*, 2003). Sehingga diharapkan pemadaman jalur tersebut tidak terlalu lama yang dikhawatirkan dapat mengganggu kebutuhan suplai listrik pada jalur tersebut. Dalam menentukan type konduktor dan besaran nominal penghantarnya, hal yang perlu diketahui adalah berapa besaran *output* kapasitas arus yang dihasilkan untuk 1 (satu) IBT dari GITET 500 kV.

$$I_{IBT} = I_{KOND} \times N_{CCT} \times N_Q \times K \dots\dots(1)$$

Dimana :

- $I_{IBT}$  = Kapasitas Arus IBT pada suatu GITET
- $I_{KOND}$  = Kapasitas Arus dari Type Konduktor yang dipilih
- $N_{CCT}$  = Jumlah Sirkuit pada suatu jalur transmisi
- $N_Q$  = Jumlah Kabel dalam satu fasa
- $K$  = Konstanta beban operasi normal transmisi

Berikutnya adalah membuat jadwal proyek rekonduktoring dan penggantian tower dengan menggunakan program *Microsoft Project* baik dengan menggunakan *temporary/emergency* tower untuk mempercepat waktu pemadaman maupun tanpa menggunakan *temporary/emergency* tower. *Microsoft Project* adalah perangkat lunak manajemen proyek yang digunakan untuk membuat jadwal, rencana proyek, mengelola sumber daya, dan memantau waktu (Wale, 2015). *Microsoft Project* memiliki fitur-fitur yang lengkap untuk menunjang manajemen proyek seperti bagan Gantt, papan kanban, dan kalender proyek untuk memonitoring kegiatan manajemen proyek (Khandare, 2021). Sehingga akan diketahui metode pekerjaan mana yang menggunakan durasi waktu yang lebih singkat sehingga dapat menghemat atau mempercepat waktu pemadaman.

Langkah berikutnya adalah pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian. Data yang digunakan adalah data primer, yaitu data yang diperoleh dari sumbernya langsung atau objek penelitiannya langsung. Peneliti terjun langsung dengan melakukan survei lapangan, mengadakan *Focus Grup Discussion* (FGD), *Cross Checking*, *Validity* dan *Reliability*. Data-data yang mempengaruhi variabel waktu adalah data-data yang diperoleh dari Unit Pelaksana Proyek, kontraktor pelaksana maupun dari konsultan supervisi konstruksi, antara lain adalah data *overall progress* (*S-Curve*), seperti item pekerjaan, prosentase progres, durasi kegiatan pekerjaan dan *plan layout*/gambar skema jalur proyek. Berikutnya adalah data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari hasil pengumpulan berbagai data yang ada

sebelumnya yang akan digunakan oleh peneliti untuk melengkapi data primer yang telah diperoleh antara lain buku-buku dokumen kontrak, Rencana Anggaran Biaya (RAB), Kajian Kelayakan Proyek (KKP), data dari instansi lain seperti kontraktor, konsultan supervisi konstruksi dan data lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian.

Tahap pengolahan data dilakukan setelah memperoleh data-data yang dibutuhkan dari lapangan, kemudian dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan menghitung durasi waktu pelaksanaan pekerjaan. Dengan data yang diperoleh baik dari studi lapangan dan studi literatur untuk memperoleh output yang optimal, efektif dan efisien. Pada tahap analisis seluruh data yang diperoleh dari teknik pengolahan data yang dilakukan baik dari data primer maupun data sekunder. Berikutnya menghitung *Cost Implication* akibat lamanya durasi waktu pemadaman yang mengakibatkan jalur yang dipadamkan mengharuskan PLN mengoperasikan pembangkit yang berbahan bakar minyak untuk menjaga kehandalan sistim selama pemadaman.

## HASIL PEMBAHASAN

Proyek yang ditinjau dalam penelitian ini adalah salah satu proyek rekonduktoring jaringan yakni rekonduktoring SUTT 150 kV A ke arah C yang semula menggunakan *2-CIRCUIT Over Head Line* (OHL) dengan *type* konduktor 1 x DOVE dengan kapasitas penghantar sebesar 700 Ampere di rekonduktoring menjadi *4-CIRCUIT Over Head Line* (OHL) dengan *type* konduktor 2 x TACSR 410/67 mm<sup>2</sup> dengan kapasitas sebesar 2400 Ampere. Dalam menentukan *type*/jenis dan kapasitas konduktor yang diperlukan pada proyek rekonduktoring kali ini diperlukan beberapa desain, antara lain

### a. Desain Kriteria

Dua material yang paling umum digunakan untuk keperluan transmisi dan distribusi adalah aluminium dan tembaga (Tabel 1):

Tabel 1. Perbandingan antara dua jenis bahan konduktor Tembaga dan Alumunium

Item	Tembaga	Alumunium
Kekuatan	Lebih Kuat	Relative mudah putus, kekuatan 75% dari konduktor tembaga
Hantaran Arus	Bagus, resistensi lebih kecil	Kurang, untuk nilai resistensi yang sama, ukurannya lebih besar 1,6 kali konduktor tembaga

Item	Tembaga	Alumunium
Berat	Lebih berat	Ringan, sama dengan 55% berat tembaga untuk ukuran yang sama
Harga	Lebih mahal	murah

Dalam implementasi sistem jaringan tegangan tinggi saat ini material yang banyak digunakan adalah konduktor bermaterial campuran yaitu *Alluminium Conductor Steel Reinforces (ACSR)*. Jika dilihat dari segi biaya konduktor jenis ini jauh lebih murah, selain itu daya tariknya lebih kuat dari pada konduktor dengan berbahan murni alumunium. Jenis lain konduktor dari bahan alumunium yang juga sering digunakan adalah *Aluminum Conductor with Composite Core (AAC)* yang mempunyai ketahanan tarikan dan karakteristik bahan yang berbeda. Peralatan dan material konduktor harus sesuai dengan Standar Kualitas terbaru yang berlaku pada IEC 61089, Kawat bundar konsentris untuk konduktor yang terdampar listrik membentang diatas; IEC 60889, Kawat aluminium yang ditarik dengan kencang untuk konduktor saluran udara; IEC 61232, Kabel baja berlapis aluminium untuk keperluan listrik; dan IEC 61395, Konduktor listrik overhead - Prosedur uji mulur untuk konduktor yang terdampar. Inspeksi dan pengujian harus dilakukan pada kabel individual dan konduktor yang terdampar sesuai dengan IEC 61089, IEC 60889, IEC 61232, IEC 61395.

#### b. Desain Parameter

Desain parameter mencakup perencanaan, analisa kemandapan dan penentuan dimensi. Kelas kabel baja berselubung aluminium adalah 20 SA sebagaimana dinyatakan dalam IEC 61232. Kepadatan nominal kabel pada suhu 200C adalah 6,53 g/cm<sup>3</sup> dan ketebalan minimum penutup aluminium adalah 10% dari radius kawat nominal untuk diameter nominal yang mencakup dan lebih dari 1,80 mm

Tabel 2. Karakteristik kawat aluminium A1

Kadar Alumunium	≥ 99.5%
Resistivitas pada 20°C	≤ 28,264 nΩm
Toleransi Diameter	± 1 %
Kuat Tarik	≥ 165 MPa
<i>Wrapping</i>	IEC 60889, butir 10.2
Kadar alumunium pada pelapis	≥ 99.5 %
Resistivitas pada 20°C	≤ 84.80 nΩm (20.3 % IACS)
Tebal pelapis aluminium	≥ 10 % radius nominal kawat
Toleransi diameter	± 1.5 %

Stress pada pemuluran 1 %	≥ 1200 MPa
Kuat Tarik	≥ 1340 MPa
Pemuluran	≥ 1 % setelah putus; atau ≥ 1.5 % saat putus
Torsi	IEC 61232, butir 4.9

#### c. Desain Eksperimen

Dalam menentukan type konduktor dan besaran nominal penghantarnya, hal yang perlu diketahui adalah berapa besaran *output* kapasitas arus yang dihasilkan untuk 1 (satu) IBT dari GITET 500 kV B. Diasumsikan 1 (satu) IBT GITET 500 kV B memiliki kapasitas arus rata-rata sebesar 1700 Ampere. Mengingat di GITET 500 kV B memiliki 2 (dua) IBT maka besaran arus total yang dihasilkan adalah sebesar 3400 Ampere. Sehingga perlu menentukan *type* konduktor yang harus digunakan agar bisa menampung kapasitas di atas 3400 Ampere. Pemilihan *type* konduktor tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Jenis-jenis Konduktor Transmisi

Jenis Konduktor	Kapasitas (Ampere)	Berat Konduktor (kg/km)	Impedance (Ω)
ACSR/AS Ostrich	483	585	0,1807
ACSR/AS Hawk	651	930	0,1137
ACSR/AS Hen	663	1042	0,1114
ACSR/AS Dove	719	1086	0,09736
ACSR/AS Eagle	732	1218	0,09545
ACSR/AS Gannet	806	1299	0,08128
ACSR/AS Drake	901	1547	0,06814
TACSR/AS 160	733	733	0,185
TACSR/AS 240	968	1110	0,122
TACSR/AS 330	1153	1318	0,0904
TACSR/AS 410	1358	1673	0,0714
TACSR/AS 520	1566	1969	0,0545
TACSR/AS 610	1748	2325	0,0481
TACSR/AS 680	1843	2260	0,0431
TACSR/AS 810	2067	2699	0,0363
ACCC Hensinki 160	792	480	0,1861
ACCC Compenhagen 220	1008	670	0,1279
ACCC Glasgow 230	1068	742	0,1192
ACCC Lisbon 310	1285	957	0,0888
ACCC Amsterdam 360	1426	1113	0,0761
ACCC Dublin 520	1800	1559	0,0526

Jenis Konduktor	Kapasitas (Ampere)	Berat Konduktor (kg/km)	Inpedance (Ω)
ACCC Hamburg 550	1858	1646	0,0513

Sesuai dengan Tabel 3 diatas maka untuk mengakomodir output sebesar 3400 Ampere dari 2 (dua) IBT GITET 500 kV B maka *type* konduktor yang digunakan adalah TACSR/AS 410. Jika konfigurasi transmisi yang membentang dari GI B ke arah GI C adalah konduktor 2 x TACSR 410/67 mm<sup>2</sup>, dimana :

$$I_{IBT} = 3400 \text{ A}$$

$I_{KOND}$  = Kapasitas Arus dari Type Konduktor yang dipilih

$$N_{CCT} = 2$$

$$N_Q = 2$$

$$K = 0,63$$

Sehingga,

$$I_{IBT} = I_{KOND} \times N_{CCT} \times N_Q \times K$$

$$3400 = I_{KOND} \times 2 \times 2 \times 0,63$$

$$I_{KOND} = 1358$$

Sehingga berdasarkan tabel 4 diatas *type* konduktor dengan kemampuan penghantar arus sebesar 1.358 Ampere yaitu konduktor TACSR/AS 410. Sehingga jika jalur transmisi tersebut dibangun dengan konsep 2 sirkit per tower maka jumlah kapasitas penghantar arus totalnya ada sebesar 5.432 Ampere. Pemilihan *type* konduktor 2 x TACSR 410/67 mm<sup>2</sup> sudah sesuai dengan apa yang telah dituangkan dalam Kajian Kelayakan Proyek Pembangunan GITET 500 kV B beserta outlet terkait.

Penelitian pekerjaan rekonduktoring SUTT A – C sudah dilakukan sejak bulan Juli 2022 pada saat pembahasan rapat dengan unit pengatur beban perihal permohonan ijin pemadaman jalur tersebut. Hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan program *Microsoft Project* akan diperoleh analisa penyelesaian proyek dan waktu pemadaman yang dibutuhkan dengan skema menggunakan *temporary tower* dan skema tanpa menggunakan *temporary tower*. Dimana dari jadwal tersebut dapat menjelaskan bahwa untuk mempercepat waktu pemadaman dengan skema menggunakan *temporary/emergency tower* dapat mempersingkat waktu pemadaman dan juga dapat mempercepat penyelesaian proyek rekonduktoring dan penggantian tower.

Kondisi skema bila pekerjaan rekonduktoring dilakukan tanpa menggunakan *temporary tower*, maka waktu pemadaman proyek rekonduktoring ini adalah 148 hari. Kegiatan – kegiatan tersebut tidak dapat dilakukan percepatan, dikarenakan sistim

harus padam total selama pekerjaan erection T.04 dan pekerjaan *Uprating tower* eksisting T.76, 77 dan 78 arah Gardu Induk C. Sedangkan jika menggunakan *temporary tower* waktu pemadaman akan menjadi jauh lebih cepat yaitu hanya selama 16 hari.

Tabel 4. Jadwal Proyek Tanpa Menggunakan Temporary Tower

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi	Start	Finish
	Rekonduktoring SUTT A - C	163 days	Mon 01/08/22	Tue 10/01/23
1.	Pekerjaan Pembongkaran Tower dan Pekerjaan Pondasi	152 days	Mon 01/08/22	Fri 30/12/22
	a. Pemadaman	148 days	Fri 05/08/22	Fri 30/12/22
	b. Mobilisasi Tenaga dan peralatan	4 days	Mon 01/08/22	Thu 04/08/22
	c. Erection T.04	10 days	Fri 05/08/22	Sun 14/08/22
	d. Pekerjaan Pembongkar Konduktor dan Tower Existing T.76, 77, 78	34 days	Fri 05/08/22	Wed 07/09/22
	e. Pek. Pembongkar Pondasi Tower Existing T.76, 77, 78	30 days	Thu 08/09/22	Fri 07/10/22
	f. Pekerjaan Pondasi Tower T.76, 77, 78 Borpile dan Pile cap	45 days	Sat 08/10/22	Mon 21/11/22
2.	Pekerjaan Erection T.76, 77, 78	10 days	Tue 29/11/22	Thu 08/12/22
3.	Pekerjaan Stringing	24 days	Wed 07/12/22	Fri 30/12/22
	a. Penarikan konduktor T.04-78-77-76-75 Line 1	12 days	Wed 07/12/22	Sun 18/12/22
	b. Penarikan konduktor T.04-78-77-76-75 Line 2	12 days	Mon 19/12/22	Fri 30/12/22
4.	Pekerjaan Electro-Mechanic	23 days	Mon 19/12/22	Tue 10/01/23
5.	RLB/Energize	1 days	Tue 10/01/23	Tue 10/01/23

Tabel 5. Jadwal Proyek Dengan Menggunakan Temporary Tower

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi	Start	Finish
	Rekonduktoring SUTT A - C	148 days	Mon 01/08/22	Mon 26/12/22
1.	Pekerjaan Erection dan Potong Sambung	18 days	Mon 01/08/22	Thu 18/08/22
	a. Pemadaman	14 days	Fri 05/08/22	Thu 18/08/22
	b. Mobilisasi Tenaga dan peralatan	4 days	Mon 01/08/22	Thu 04/08/22
	c. Erection T.04	10 days	Fri 05/08/22	Sun 14/08/22
	d. Pekerjaan Potong sambung T.04	4 days	Mon 15/08/22	Thu 18/08/22
2.	Pekerjaan Pemasangan Temporary tower	9 days	Mon 01/08/22	Tue 09/08/22
3.	Pekerjaan Pembongkaran Tower dan Pekerjaan Pondasi T.76, 77, 78	109 days	Wed 10/08/22	Sat 26/11/22
4.	Pekerjaan Erection T.76, 77, 78	10 days	Sun 04/12/22	Tue 13/12/22
5.	Pekerjaan Stringing	14 days	Mon 12/12/22	Sun 25/12/22
	a. Penarikan konduktor T.04-78-77-76-75 Line 2	12 days	Mon 12/12/22	Fri 23/12/22
	b. Pemadaman	2 days	Sat 24/12/22	Sun 25/12/22
	c. Pemindahan konduktor dari TE ke T.78-77-76-75 Line 1	2 days	Sat 24/12/22	Sun 25/12/22
6.	Pekerjaan Electro-Mechanic	134 days	Mon 15/08/22	Mon 26/12/22
7.	RLB/Energize	1 days	Mon 26/12/22	Mon 26/12/22

Sehingga terjadi penurunan sekitar 132 hari. Memperpendek durasi waktu pemadaman adalah poin utama dalam pelaksanaan proyek rekonduktoring ini. Dengan durasi waktu pemadaman yang relatif lebih singkat maka dapat menjaga kehandalan sistim kelistrikan di pulau Jawa. Pada gambar 2 adalah model perbandingan

waktu pemadaman antara menggunakan temporary tower dan tanpa temporary tower.



Gambar 2. Model Perbandingan Waktu Pemadaman Antara Menggunakan Temporary Tower dan Tanpa Temporary Tower

Bila pekerjaan rekonduktoring dan penggantian tower dalam proyek ini baik dengan menggunakan *temporary* tower maupun tanpa *temporary* tower di mulai pada tanggal 1 Agustus 2022, maka keuntungan lain dari penggunaan *temporary* tower adalah kecepatan dalam menyelesaikan proyek. Pekerjaan Rekonduktoring dan Penggantian tower dalam proyek ini baik dengan menggunakan *temporary* tower dapat diselesaikan pada tanggal 26 Desember 2022. Sedangkan jika tanpa menggunakan *temporary* tower maka akan dapat diselesaikan pada tanggal 10 Januari 2023. Dimana ada perbedaan waktu selama 15 hari kalender. Sesuai data dari unit operasional jika pekerjaan rekonduktoring ini dapat beroperasi maka akan menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 137.287.902/hari, sehingga jika proyek Rekonduktoring dan Penggantian tower tersebut lebih awal selesai 15 hari, maka perbandingan keuntungan yang diperoleh adalah sebesar Rp. 2,059 M dibandingkan jika proyek Rekonduktoring dan Penggantian tower tersebut dilakukan tanpa menggunakan *temporary* tower.

Tahapan selanjutnya adalah menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek baik menggunakan *temporary/emergency* tower untuk mempercepat waktu pemadaman maupun tanpa menggunakan *temporary/emergency* tower. Tujuan pembuatan RAB adalah untuk mengetahui harga dari setiap item pekerjaan sebagai yang akan menjadi tolak ukur untuk mengeluarkan biaya-biaya dalam masa pelaksanaan proyek. Selain itu juga bertujuan agar pekerjaan atau proyek akan dikerjakan dapat dilaksanakan dengan efektif dan efisien. Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan

skema tanpa menggunakan *temporary* tower dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7. RAB tanpa menggunakan *Temporary/Emergency Tower*

No.	Uraian Pekerjaan	Total Price (Rp)
1.	Pekerjaan Conductor dan Accessories	2.051.909.750
2.	Insulator String Set	3.478.487.763
3.	Tower	5.078.122.447
4.	Foundation	13.168.767.138
5.	Others	2.134.286.339
	Total Price	25.911.573.437

Biaya rencana penyelesaian proyek berdasarkan Rencana Anggaran Biaya adalah sebesar Rp. 25.911.573.437. Sedangkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan skema dengan menggunakan *temporary* tower dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. RAB dengan Menggunakan *Temporary/Emergency Tower*

No.	Uraian Pekerjaan	Total Price (Rp)
1.	Pekerjaan Conductor dan Accessories	2.051.909.750
2.	Insulator String Set	3.478.487.763
3.	Tower	5.078.122.447
4.	Foundation	13.168.767.138
5.	Others	2.134.286.339
6.	Temporary Tower	1.872.217.454
	Total Price	27.783.790.891

Hasil dari perbandingan antara biaya kondisi normal tanpa menggunakan *temporary* tower dengan biaya untuk mempersingkat durasi waktu pemadaman jika rekonduktoring dilaksanakan dengan menggunakan *temporary* tower menunjukkan bahwa terjadi penambahan biaya. tetapi durasi pemadaman yang dibutuhkan menjadi lebih cepat 132 hari. Hal ini berarti masih lebih baik dikarenakan penambahan biaya sebesar Rp. 1.872.217.454 untuk *temporary* tower masih lebih kecil dibandingkan dengan *Cost Implication* atau kerugian yang diterima PLN jika pekerjaan rekonduktoring ini tidak dapat diselesaikan akibat lamanya waktu pemadaman yang mengakibatkan berkurangnya suplai listrik dari sub sistim satu ke sub sistim lain. Sehingga jalur yang dipadamkan tentunya harus di *support* oleh sub sistim yang lain yang terkadang PLN harus mengoperasikan pembangkit yang berbahan bakar minyak untuk menjaga kehandalan sistim selama pemadaman.

Berdasarkan data yang diperoleh dari unit pengatur beban pemadaman jalur SUTT 150 kV A – C akan menyebabkan hilangkan beban sebagian di

GI 150 kV B yang diasumsikan sebesar 38 MW atau setara dengan Rp. 319.200.000/hari. Jika pekerjaan dilakukan dengan *temporary* tower maka waktu pemadaman untuk pekerjaan rekonduktoring dan penggantian tower akan menghemat selama 132 hari atau setara dengan Rp. 42.134.400.000. Sehingga penambahan biaya pekerjaan rekonduktoring dan penggantian tower dengan menggunakan *temporary* tower sebesar Rp. 1.872.217.454 masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan kerugian yang ditimbulkan jika pemadaman jalur tersebut berlangsung lama.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data, hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian pada salah satu proyek Rekonduktoring Transmisi Jaringan di PT PLN (Persero) SUTT 150 kV A ke arah C, untuk dapat menampung evakuasi daya dari 2 x IBT dari GITET 500 B yang memiliki kapasitas arus sebesar 3400 Ampere maka *type* konduktor yang digunakan adalah TACSR/AS 410. Jika konfigurasi transmisi yang membentang dari GI B ke arah GI C adalah konduktor 2 x TACSR 410/67 mm<sup>2</sup>, maka kemampuan penghantar arusnya adalah sebesar 1.358 Ampere x 2 yaitu sebesar 2.716 Ampere per sirkit. Sehingga jika jalur transmisi tersebut dibangun dengan konsep 2 sirkit per tower maka jumlah kapasitas penghantar arus totalnya ada sebesar 5.432 Ampere. Pemilihan *type* konduktor 2 x TACSR 410/67 mm<sup>2</sup> sudah sesuai dengan apa yang telah dituangkan dalam Kajian Kelayakan Proyek Pembangunan GITET 500 kV B beserta outlet terkait.

Selanjutnya terkait jadwal pemadaman dapat disimpulkan bahwa perbandingan durasi waktu pemadaman bila pekerjaan rekonduktoring dilakukan tanpa menggunakan *temporary* tower, maka waktu pemadaman proyek rekonduktoring ini adalah 148 hari. Sedangkan jika menggunakan *temporary* tower diperoleh waktu pemadaman yang jauh lebih singkat yaitu membutuhkan waktu pemadaman 16 hari. Sehingga dari hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian kali ini terjadi penurunan yang signifikan yaitu sekitar 132 hari atau sekitar -89%. Durasi waktu pelaksanaan kontraktual pun juga berdampak lebih cepat jika pekerjaan rekonduktoring dilakukan dengan menggunakan *temporary* tower dimana jika pekerjaan rekonduktoring dimulai pada tanggal 1 Agustus 2022 maka pekerjaan dapat diselesaikan pada tanggal 26 Desember, dimana akan

menghasilkan keuntungan sebesar Rp.137.287.902/hari. Sedangkan jika pekerjaan rekonduktoring dilakukan tanpa menggunakan tower temporary pekerjaan baru dapat diselesaikan pada tanggal 10 Januari 2023 sehingga meluncur melewati tahun 2022. Mempersingkat durasi waktu pemadaman jika pekerjaan rekonduktoring menggunakan temporary tower menyebabkan kebutuhan biaya proyek mengalami kenaikan sebesar Rp.1.872.217.454 dari biaya rencana semula, yaitu sebesar Rp.25.911.573.437 menjadi sebesar Rp.27.783.790.891. Namun kenaikan biaya tersebut masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan kerugian pemadaman sebesar Rp.319.200.000/hari jika pekerjaan tidak dilakukan dengan *temporary tower*.

Saran yang disampaikan pada penelitian kali ini lebih bersifat penyempurnaan penelitian penggunaan *temporary tower* untuk meminimalisir durasi waktu pemadaman proyek rekonduktoring dan penggantian tower transmisi. Penelitian lanjutan di masa yang akan datang dapat diteliti mengenai penambahan jumlah pekerjaan dan pengurangan jumlah *temporary tower* untuk mengurangi penambahan biaya anggaran dan dapat lebih menekan waktu pemadaman sehingga biaya dapat lebih efektif dan lebih efisien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, U. and Saqib, M.A. (2020) 'Prospect of voltage uprating of a conservatively designed EHV transmission line', *Electric Power Systems Research*, 182. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.epwr.2020.106203>.
- Ines, H. and Ammar, F. Ben (2020) 'Multi-criteria decision making for reconductoring overhead lines', in *Proceedings of the 17th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, SSD 2020*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 53–58. Available at: <https://doi.org/10.1109/SSD49366.2020.9364080>.
- Kishore, T.S. and Singal, S.K. (2014) 'Optimal economic planning of power transmission lines: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, pp. 949–974. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.125>.
- Kopsidas, K. and Rowland, S.M. (2009) 'A performance analysis of reconductoring an overhead line structure', *IEEE Transactions on Power Delivery*, 24(4), pp. 2248–2256. Available at: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2009.2021042>.
- Mbuli, N. et al. (2019) 'A literature review on capacity uprate of transmission lines: 2008 to 2018', *Electric Power Systems Research*, 170, pp. 215–221. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.epwr.2019.01.006>.
- Ms. Darshana P. Khandare, Dr.M.R.N. (2021) 'Prepare Project Schedule using Microsoft Project', *International Journal of Research Publication and Reviews*, 2(8), pp. 233–245.
- Wale, P.M (2015) 'Planning and Scheduling of Project using Microsoft Project (Case Study of a building in India)', *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 12(3), pp. 56–63.
- PT PLN (Persero) Unit Induk Pusat Pengatur Beban (2019) *Kajian Kelayakan Proyek Pembangunan GITET 500 kV Cibatu Baru II/Sukatani Beserta Outlet Terkait (Revisi ke-1)*. 23.03/2019.10/132. Depok.
- Rashmi, Shivashankar, G.S. and Poornima (2017) 'Overview of different overhead transmission line conductors', in *Materials Today: Proceedings*. Elsevier Ltd, pp. 11318–11324. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.057>.
- Reddy, B.S. and Chatterjee, D. (2016) 'Analysis of High Temperature Low Sag Conductors Used for High Voltage Transmission', in *Energy Procedia*. Elsevier Ltd, pp. 179–184. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.183>.
- Reed, L. et al. (2020) 'Expanding Transmission Capacity: Examples of Regulatory Paths for Five Alternative Strategies', *Electricity Journal*, 33(6). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tej.2020.106770>.
- Riba, J.R. et al. (2020) 'Uprating of transmission lines by means of HTLS conductors for a sustainable growth: Challenges, opportunities, and research needs', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110334>.
- Vadivel, Karthi.K. (2017) 'Emergency Restoration of High Voltage Transmission Lines', *The Open Civil Engineering Journal*, 11(1), pp. 778–785.