

IMPLEMENTASI *GROUNDING ON THE ROCK* PADA TOWER SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI

Adrian Ertyastono¹, Andi Rachmansyah Surya Triyudha², Muhamad Nordiansyah³,
Jeffry Frans Rinaldo Silaban⁴, Andi Wijaya⁵

Institut Teknologi Sepuluh Noverber (ITS)

jeffry.silaban@gmail.com

Abstrak

Jaringan transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik (Power Plant) hingga saluran distribusi listrik sehingga listrik dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik. Secara umum, saluran transmisi dibagi menjadi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) serta Saluran Udara Tegangan Tinggi Arus Searah (SUTTAS). SUTT merupakan media yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit menuju Gardu Induk atau dari Gardu Induk ke Gardu Induk lainnya yang memiliki nominal tegangan 20 kV sampai 150 kV. Dalam pembangunan jaringan transmisi sering ditemui beberapa kendala, baik kendala teknis maupun non teknis. Salah satu kendala teknis yang sering dijumpai, khususnya pada lokasi berbatu adalah sulitnya mendapatkan nilai pembumian sesuai ketentuan SPLN yang berlaku. Berbagai metode untuk menurunkan nilai pembumian telah dilaksanakan oleh pelaksana pekerjaan, namun hasil yang diperoleh belum maksimal dalam menurunkan besarnya nilai pembumian. Berdasarkan kondisi tersebut, kami mencari solusi terbaik yang optimal dalam penyelesaian permasalahan terkait nilai pembumian khususnya pada lokasi berbatu. Solusi terbaik yang telah kami laksanakan adalah dengan menggunakan metode yang diberi nama G-ROCK (Grounding on the Rock). Dengan penggunaan metode G-ROCK (Grounding on the Rock) diperoleh penurunan nilai pembumian yang sesuai dengan SPLN yang berlaku serta mampu menghasilkan penghematan dan efisiensi biasa sebesar Rp 1.193.906,00/ tower dengan dibandingkan dengan menggunakan metode pemasangan counterpoise.

Sejarah Artikel

Submitted 07 April 2024

Accepted 13 April 2024

Published 14 April 2024

Kata kunci: Jaringan Transmisi, pembumian, G-ROCK

PENDAHULUAN

Jaringan transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga saluran distribusi listrik sehingga listrik dapat disalurlkansampai pada konsumen pengguna listrik. Berdasarkan Permen ESDM No. 13 tahun 2021, jaringan transmisi tenaga listrik adalah saluran tenaga listrik yang menggunakan kawat telanjang (konduktor) di udara bertegangan di atas 35 kilovolt sesuai dengan standar di bidang ketenagalistrikan. PT PLN (Persero) merupakan salah satu perusahaan BUMN di Indonesia yang bertugas menyuplai serta mengatur pasokan tenaga listrik ke seluruh pelosok negeri. Untuk dapat menyalurkan tenaga listrik hingga ke konsumen, dibutuhkan media atau fasilitas pendukungnya yang dikenal sebagai jaringan Transmisi dan jaringan Distribusi. Secara umum, saluran transmisi dibagi menjadi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) serta Saluran Udara Tegangan Tinggi Arus Searah (SUTTAS). SUTT merupakan media yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit menuju Gardu Induk atau dari Gardu Induk ke Gardu Induk lainnya yang memiliki nominal tegangan 20 kV sampai 150 kV.

PT PLN (Persero) Unit Induk Pembangunan Nusa Tenggara merupakan salah satu unit di PLN yang bertugas untuk pelaksana pembangunan pembangkit dan jaringan di Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur yang efektif, efisien, dan tepat waktu untuk mencapai sasaran

kinerja sesuai Ketetapan Direksi. Dalam pembangunan jaringan transmisi sering ditemui beberapa kendala, baik kendala teknis maupun non teknis. Kendalan non teknis seperti kendala dalam pembebasan lahan, pembebasan ROW topografi lokasi proyek yang ekstrim, serta kendala teknis berupa kondisi keterlambatan kedatangan material, dan nilai pembumian yang relatif tinggi.

Salah satu kendala yang sering dijumpai, khususnya pada lokasi berbatu adalah sulitnya mendapatkan nilai pembumian sesuai ketentuan SPLN yang berlaku. Pembumian (*grounding*) adalah menghubungkan sebuah objek atau jaringan kelistrikan ke tanah atau bumi melalui konduktor (SPLN T5.012:2020). Berbagai metode untuk menurunkan nilai pembumian telah dilaksanakan oleh pelaksana pekerjaan, namun hasil yang diperoleh belum maksimal dalam menurunkan besarnya nilai pembumian. Berdasarkan kondisi tersebut, kami mencari solusi terbaik yang optimal dalam penyelesaian permasalahan terkait nilai pembumian khususnya pada lokasi berbatu. Solusi terbaik yang telah kami laksanakan adalah dengan menggunakan metode yang diberi nama *G-ROCK (Grounding on the Rock)*.



Gambar 1. 1 Diagram Alur/ Flowchart *G-ROCK (Grounding on the Rock)*

1. Tahap Pengumpulan Data

Merupakan tahap mencari referensi terkait peraturan, standar, gambar konstruksi dan observasi lapangan.

2. Tahap Analisa Data dan Pembuatan Produk

Merupakan tahap dalam penyusunan data, analisa data, serta pembuatan produk sebelum diterapkan di lapangan.

3. Tahap Implementasi

Merupakan tahap uji coba produk di lapangan.

Pembumian (*Grounding*)

Menurut SPLN T5.012:2020, pembumian (*grounding*) adalah menghubungkan sebuah objek atau jaringan kelistrikan ke tanah atau bumi melalui konduktor.

Pembumian pada Tower

Pembumian pada tower transmisi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi

(SUTT/SUTET) bertujuan untuk menjamin keamanan personil dari tegangan sentuh dan tegangan langkah pada tower, dan mengalirkan impuls petir ke bumi.

Metode pembumian dilakukan dengan metode *driver rod* (Gambar 2.1), metode *counterpoise* (Gambar 2.2), metode lainnya, atau kombinasinya sehingga nilai tahanan pembumian pada tower tercapai maksimal 10 Ω. Pada tower yang sering terjadi gangguan *back-flashover* bisa menggunakan nilai tahanan yang lebih rendah. Khusus untuk 5 (lima) tower dari Gardu Induk nilai tahanan pembumian pada tower sesuai dengan Tabel 2.1. Pengukuran tahanan pembumian tower diukur tanpa dihubungkan dengan kaki tower.

Tabel 2. 1 Nilai Tahanan Pembumian pada 5 Tower dari Gardu Induk

Level Tegangan Sistem	Nilai Tahanan Pembumian Tower (Ohm)
66 kV	≤ 3
150 kV	≤ 3
275 kV	≤ 3
500 kV	≤ 1

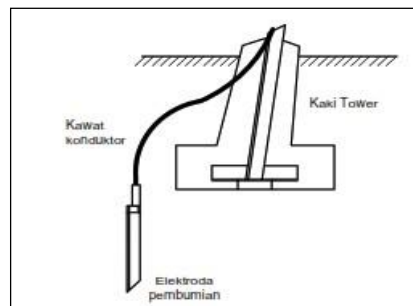
Dalam hal ditentukan lain atau disepakati, dapat ditambahkan dengan metode pembumian pondasi (Gambar 2.4). Kaki tower dihubungkan ke sistem pembumian yang digunakan melalui konduktor pembumian. Pada kondisi sering terjadinya *back-flashover*, dapat dilakukan pengisolasian tower dari arus petir sehingga arus petir akan langsung masuk ke dalam tanah tanpa mengakibatkan naiknya tegangan pada tower.

Pada kondisi pemukiman atau peternakan, perlu dipertimbangan sistem pembumian tower khusus untuk menghindari bahaya tegangan langkah. Untuk hal ini dapat menggunakan *counterpoise* empat titik yang ditarik horizontal radial ke arah luarpengisolasian *driver rod* atau metode lainnya dan dilengkapi dengan *ring grounding*.

Pembumian Metode Driven Rod

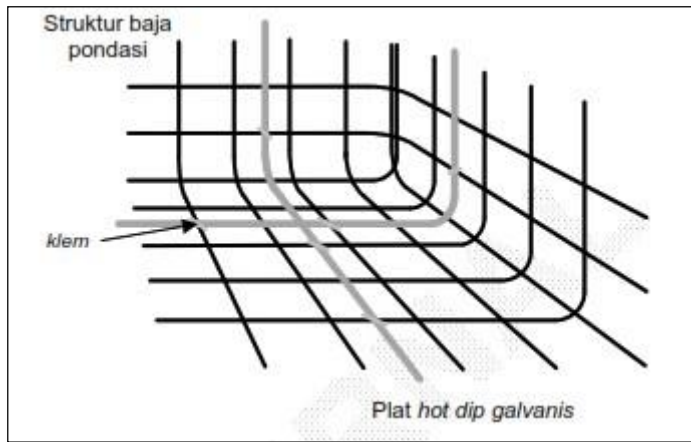
Metode *driver rod* dilakukan dengan menanam kawat konduktor dan electrode pembumian tegak lurus permukaan tanah lalu menghubungkannya ke kaki tower.

Kawat yang digunakan terbuat dari tembaga dengan luas penampang minimal 38mm² atau kawat galvanis dengan luas penampang minimal 55 mm². Pada ujungnya dipasang electrode pembumian yang terbuat dari tembaga (*cooper-clad steel*) dengan minimal panjang 2 m. Jumlah



driven rod disesuaikan sehingga didapat nilai pembumian yang dibutuhkan.

Gambar 2. 1 Contoh Metode *Driven Rod*



Gambar 2. 4 Contoh Pemasangan Plat pada Bidang Struktur Baja Pondasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Masalah

Salah satu kendala dalam pembangunan jaringan transmisi, khususnya pada lokasi berbatu adalah sulitnya mendapatkan nilai pembumian sesuai ketentuan SPLN yang berlaku. Rerata nilai pembumian yang diperoleh pada lokasi berbatu melebihi ketentuan standar PLN yang berlaku, yaitu $> 10 \Omega$. Berbagai metode dalam penurunan nilai pembumian, salah satunya dengan metode *counterpoise* telah dilakukan, akan tetapi belum mampu secara maksimal menurunkan nilai pembumian serta biaya yang ditimbulkan relatif tinggi.

LAPORAN PENCAPAIAN KPI TAHUN 2021
PT PLN (Persero) Direktorat Mega Proyek dan Energi Baru Terbarukan
Unit Induk Pembangunan Nusa Tenggara

NO	INDIKATOR KINERJA	SATUAN	BOBOT	TARGET 2021	s.d. DESEMBER 2021					
					TARGET	REALISASI	PENCAPAIAN	NILAI	KET	
1	KEY PERFORMANCE INDICATORS		40					39,56		
1	Penambahan Kapasitas Infrastruktur Tenaga Listrik									
	a. New Power Plant Increase PLN *)	↑	MW	10	10	11,60	11,60	100,00%	10,00	●
	b. New Transmission Increase *)	↑	kms	10	362,87	375,21	321,21	85,60%	8,56	●

LAPORAN PENCAPAIAN KPI TAHUN 2021
PT PLN (Persero) Direktorat Mega Proyek dan Energi Baru Terbarukan
Unit Induk Pembangunan Nusa Tenggara

NO	INDIKATOR KINERJA	SATUAN	BOBOT	TARGET SEMESTER I 2021	TARGET 2021	s.d. JUNI 2021					
						TARGET	REALISASI	PENCAPAIAN	NILAI	KET	
1	KEY PERFORMANCE INDICATORS		40						32,45		
1	Penambahan Kapasitas Infrastruktur Tenaga Listrik										
	a. New Transmission Increase	↑	kms	15	72,97	347,47	72,97	Sesuai target: 52,514 Di luar target: 15,4	89,39%	13,40	●
	b. New Substation Capacity Increase	↑	MVA	15	110	200	110,00	Sesuai target: 30 Di luar target: 205	92,35%	13,85	●

Gambar 3. 1 KPI Penambahan Kapasitas Transmisi Semester I dan II Tahun 2021

Analisis Penyelesaian Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dikemukakan pada poin 3.1 diatas, ditemukan solusi terbaik yang optimal dalam penyelesaian permasalahan terkait nilai pembumian khususnya pada lokasi berbatu. Solusi terbaik yang telah kami laksanakan adalah dengan menggunakan metode yang diberi nama *G-ROCK (Grounding on the Rock)*. Metode *G-ROCK* membantu menurunkan nilai pembumian sehingga memperoleh nilai sesuai ketentuan standar PLN yang berlaku, serta dengan metode ini dapat menghemat biaya apabila dibandingkan dengan penggunaan metode *counterpoise*.

Desain Karya Inovasi

G-ROCK merupakan sebuah produk karya inovasi yang dapat digunakan sebagai solusi tingginya nilai pembumian pada tanah berbatu, khususnya pada daratan di Pulau Timor. Adapun material yang dibutuhkan dalam membuat *G-ROCK* adalah sebagai berikut:

1. Arang (*Charcoal*)

Merupakan residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatile dari hewan dan tumbuhan. Arang berfungsi untuk mempertahankan kadar air.

2. Tanah Humus

Tanah humus merupakan tanah yang paling subur untuk tumbuh- tumbuhan karena memiliki komposisi yang mirip dengan pupuk kompos. Hal ini karena tanah humus merupakan tanah yang terbentuk dari pelapukan daun dan juga batang pohon, serta ada percampuran dari kotoran hewan.

3. Bingkai (*Frame*)

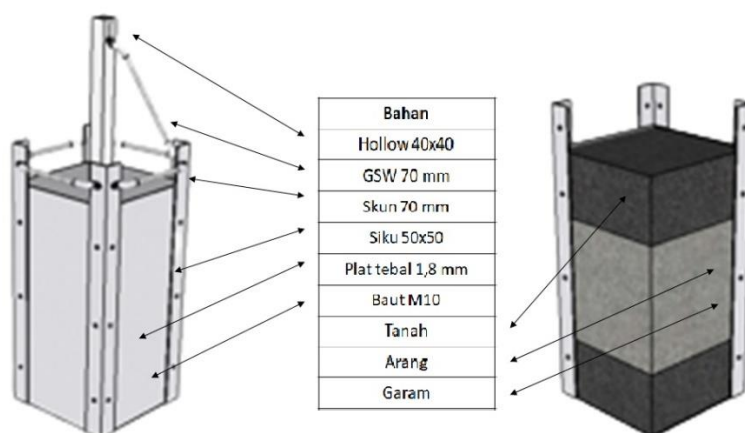
Frame dari *G-ROCK* terdiri dari siku besi dan plat besi. *Frame* tersebut berfungsi juga sebagai media penghantar arus lebih. Dengan ukuran *frame* 30 cm x 30 cm x 60 cm.

4. Baut (*Bolt*)

5. Kawat GSW (*Galvanized Steel Wire*)

Kawat GSW berfungsi sebagai konduktor pembumian.

Adapun desain *G-ROCK* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. 2 Potongan Luar dan Dalam *G-ROCK*









Gambar 3. 3 Contoh Implementasi *G-ROCK*

Implementasi

G-ROCK telah diimplementasikan pada salah satu proyek transmisi yang berada di lingkungan PT PLN (Persero) UIP Nusa Tenggara. Implementasi *G-ROCK* pada SUTT 150kV Kupang Peaker – GI Bolok telah membuktikan keberhasilan inovasi ini dalam menurunkan nilai pembumian yang semula tinggi menjadi nilai pembumian yang telah sesuai dengan SPLN.

Tabel 3. 1 Nilai Pembumian Tanpa dan Dengan Penggunaan *G-ROCK*

No	Tower	Nilai Pembumian (Tanpa <i>G-ROCK</i>) (Ω)	Nilai Pembumian (Dengan <i>G-ROCK</i>) tahun 2022 (Ω)
1	 T.7	 31,0 Ω	 8,63 Ω
2	 T.20	 47,9 Ω	 7,41 Ω



Evaluasi Hasil Implementasi

Setelah pelaksanaan implementasi *G-ROCK* pada salah satu SUTT dengan karakteristik lokasi berbatu yang berada di Pulau Timor, khususnya pada SUTT 150 kV Kupang Peaker – GI Bolok maka diperoleh hasil yang baik.

Seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.1, hasil pembumian sebelum dipasang *G-ROCK*

pada T.7 dan T.20 masing-masing adalah sebesar 31,0 Ω dan 47,9 Ω . Nilai ini membuktikan tingginya nilai pembumian di lokasi berbatu, sehingga nilai ini tidak memenuhi standar dari SPLN T5.012:2020 dengan nilai pembumian pada tower maksimal sebesar 10 Ω .

Namun, setelah dilakukan metode dengan pengaplikasian *G-ROCK* pada T.7 dan T.20, diperoleh hasil pembumian yang turun secara signifikan. Setelah pemasangan *G-ROCK* pada kedua tower tersebut, diperoleh nilai pembumian pada T.7 dan T.20 masing-masing turun. Hal ini membuktikan keberhasilan *G-ROCK* sebagai salah satu metode dalam menurunkan nilai pembumian pada daerah berbatu. Sehingga nilai pembumian yang semula tidak memenuhi standar dari SPLN T5.012:2020 menjadi terpenuhi (nilai pembumian pada tower $\leq 10 \Omega$).

Manfaat Inovasi Dan Analisis Risiko

Manfaat Inovasi Terhadap Korporat

Berdasarkan implementasi yang telah dilaksanakan, khususnya pada SUTT 150 kV Kupang Peaker – GI Bolok, diperoleh manfaat inovasi sebagai berikut :

Manfaat Finansial

Manfaat inovasi *G-ROCK* berdasarkan sisi finansial terkait perbandingan efisiensi biaya yang dikeluarkan dalam penggunaan *G-ROCK* dengan penggunaan metode *Counterpoise* untuk mendapatkan nilai pembumian yang sesuai SPLN.

Tabel 4. 1 Biaya Pembuatan *G-ROCK*

No	Item	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Siku 50x50	2,80	m'	32.500,00	91.000,00
2	Plat 18 mm	0,9	m ²	309.027,78	278.125,00
3	Hollow 40x40	1	m'	25.166,67	25.166,67
4	Baut M10	50	pcs	5.000,00	250.000,00
5	Skun 70 mm	10	pcs	41.000,00	410.000,00
6	GSW 70 mm	4,6	m'	60.000	276.000,00
7	Arang	0,0135	m ³	100.000,00	1.350,00
8	Garam	0,0135	m ³	450.000,00	6.075,00
9	Tanah	0,027	m ³	370.000,00	9.990,00
TOTAL					1.347.706,67

Tabel 4. 2 Biaya Pemasangan *Counterpoise*

No	Item	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Siku 70x70	8	pcs	48.416,67	387.000,33
2	GSW 70 mm	30	m'	60.000	1.800.000

3	Skun 70 mm	8	pcs	41.000	328.000
4	Baut M10	8	pcs	5.000	40.000
TOTAL					2.555.333,333

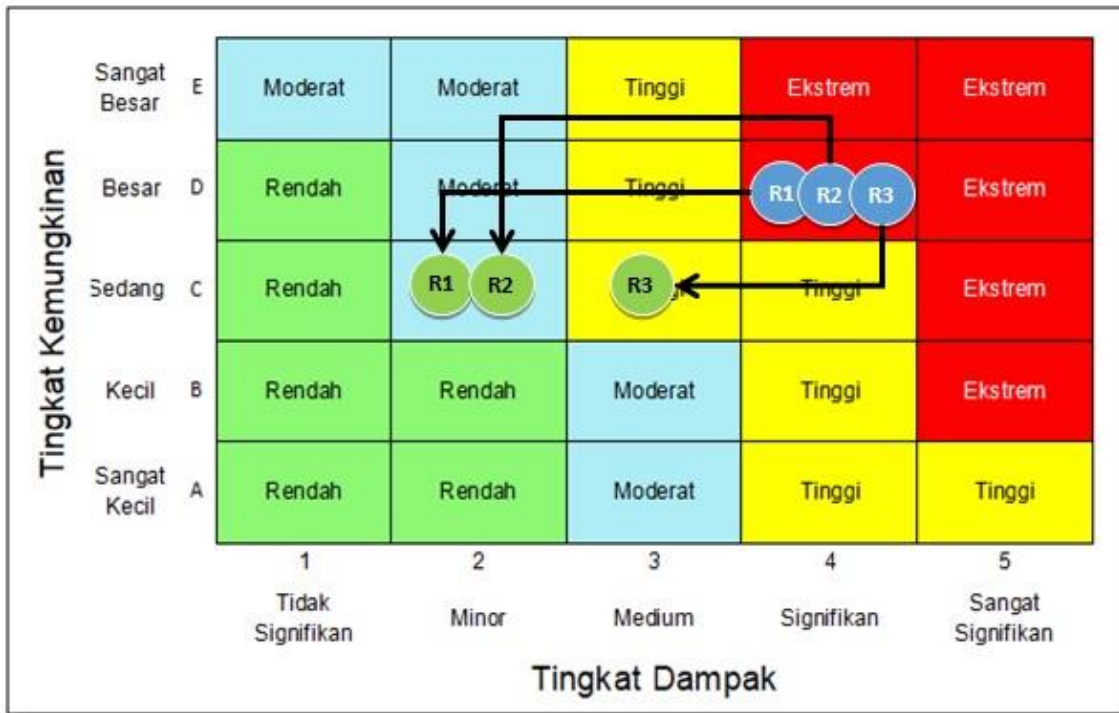
Berdasarkan perbandingan tabel 4.1 dan 4.2 diatas, diperoleh perbandingan efisiensi biaya antara penggunaan *G-ROCK* dengan pemasangan *Counterpoise* sebesar Rp 2.555.333,33 – Rp 1.347.706,67 = Rp 1.207.626,67/ tower.

Manfaat Non Finansial

Manfaat inovasi *G-ROCK* berdasarkan sisi non finansial adalah dengan percepatan penyelesaian permasalahan nilai pembumian yang tinggi khususnya pada lokasi berbatu, penyelesaian hasil *final check* bersama dengan PLN ULTG (Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk), maupun penyelesaian *pending item* temuan Pusertif.

Analisis Risiko

Adapun risiko yang telah diidentifikasi serta dilaksanakan mitigasinya adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Matriks Risiko



Berdasarkan pemetaan matriks risiko, maka diambil keputusan untuk melaksanakan mitigasi risiko pada Risiko 1 (R1), hal ini sangat penting dilakukan karena keterlambatan proses komisioning akan berdampak pada keterlambatan penerbitan RLB yang secara tidak langsung akan menghambat proses konstruksi selanjutnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari implementasi G-ROCK adalah sebagai berikut:

1. Solusi dalam percepatan penyelesaian permasalahan tingginya nilai pembumian pada daerah berbatu.
2. Penghematan serta efisiensi biaya sebesar Rp 1.207.626,67 /tower antara penggunaan G-ROCK dengan pemasangan Counterpoise.
3. Solusi dalam pencapaian KPI Penambahan Kapasitas Transmisi, khususnya pada daerah berbatu.

5.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan *G-ROCK* adalah sebagai berikut:

1. G-ROCK masih dapat dikembangkan kembali sehingga dapat membantu dalam upaya penyelesaian permasalahan tingginya nilai pembumian di daerah berbatu maupun daerah lainnya.
2. Dalam implementasi selanjutnya diharapkan G-ROCK dapat digunakan pada seluruh proyek Transmisi (SUTT/SUTET) yang memiliki permasalahan nilai pembumian, khususnya daerah berbatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Indonesia. 2021. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 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*. Jakarta.
- SPLN T5.012. 2020. *Pembumian Pada Gardu Induk dan Jaringan Transmisi*. Jakarta : PT PLN (Persero).