

Economic Analysis of the Application of Maintenance Equipment Construction of Double Insulator Pedestal and Double Strain Insulator on 20 KV SUTM Without Power Grid Outage

[Analisis Ekonomi Penerapan Peralatan Pemeliharaan Konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Strain Insulator Pada SUTM 20 KV Tanpa Pemadaman Jaringan Listrik]

Hairul Ismail¹⁾, Jamaaluddin Jamaaluddin^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: jamaaluddin@umsida.ac.id

Abstract. *The implementation of the Distance and Direct Contact PDKB (Live Work) methods necessitates the use of various types of equipment specific to each task, which often leads to worker fatigue. This fatigue subsequently increases stress and psychological pressure during operations, heightening the risk of accidents, both in terms of system failure and human error. Current PDKB equipment is often limited to specific types of tasks, leaving certain jobs unable to be performed using these methods. In response to these challenges, the TRIANGLE SUPPORT innovation was developed, designed to accommodate 16 different types of PDKB tasks using both Distance and Direct Contact methods, surpassing the capabilities of general PDKB equipment. The findings from this study indicate that the three configurations of the TRIANGLE SUPPORT enhance operational efficiency, leading to energy savings of 191,422 kWh and increased company revenue by IDR 217,455,773, owing to reduced job completion times.*

Keywords – Direct PDKB; Distance PDKB; Triangle Support

Abstrak. *Pekerjaan PDKB metode Berjarak dan Sentuh Langsung membutuhkan banyak peralatan berbeda didalam setiap jenis pekerjaan dari masing-masing metodenya. Ini menyebabkan kelelahan bagi pekerja sehingga menimbulkan stress dan tekanan psikologis didalam bekerja menjadi sangat tinggi sehingga meningkatkan potensi terjadinya accident baik secara system maupun pekerja. Peralatan-peralatan PDKB masih spesifik pada satu jenis pekerjaan tertentu sehingga ada beberapa jenis pekerjaan yang masih belum bisa dilakukan secara PDKB. Solusi dari permasalahan tersebut maka dibuatlah inovasi TRIANGLE SUPPORT yang bisa mencakup 16 jenis pekerjaan PDKB metode Berjarak dan Sentuh langsung yang berbeda dari semua peralatan-peralatan PDKB umum. Hasil penelitian menunjukkan tiga konfigurasi pada triangle support dapat meningkatkan efisiensi dalam pelaksanaan pekerjaan sehingga dapat terjadi penghematan energi listrik sebesar 191.422 kWh dan meningkatkan pendapatan perusahaan sebesar Rp 217.455.773 berkat waktu penyelesaian pekerjaan yang lebih singkat.*

Kata Kunci - PDKB Sentuh Langsung; PDKB Berjarak; Triangle Support

I. PENDAHULUAN

Proses Dalam era digital saat ini, akses terhadap listrik yang memadai menjadi kebutuhan dasar untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hidup [1][2][3][4]. Guna memenuhi kebutuhan masyarakat yang terus meningkat, PLN perlu berupaya keras mengurangi frekuensi pemadaman listrik. Masyarakat berhak mendapatkan pasokan listrik yang andal dan minim gangguan [5]. Pemadaman listrik umumnya disebabkan oleh dua faktor: gangguan pada jaringan dan kebutuhan perbaikan peralatan. Salah satu penyebab utama pemadaman adalah pemeliharaan rutin pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV. Sebagai upaya mengurangi frekuensi pemadaman akibat pemeliharaan, PLN membentuk tim khusus untuk jaringan tegangan menengah. Tim ini, yang dikenal sebagai PDKB, memiliki kemampuan unik untuk melakukan perawatan jaringan tanpa perlu mematikan aliran listrik [6].

Tim PDKB memiliki tiga metode kerja. Pertama, metode berjarak yang memanfaatkan alat galah isolasi. Kedua, metode sentuh langsung dengan perlindungan isolasi, seperti sarung tangan karet. Ketiga, metode barehand dengan teknik penyamaan potensial tubuh menggunakan setelan konduktif [7]. Tim PDKB saat ini menghadapi tantangan dalam hal beragamnya peralatan yang dibutuhkan untuk setiap jenis pekerjaan pemeliharaan SUTM 20 kV. Kondisi ini mengakibatkan waktu pengerjaan yang tidak efisien, kelelahan pekerja, serta peningkatan risiko kecelakaan kerja

dan gangguan sistem. Keterbatasan jenis peralatan yang ada membuat tim PDKB kesulitan menyelesaikan berbagai tugas pemeliharaan, baik dengan metode berjarak maupun sentuh langsung. Akibat kurangnya peralatan yang sesuai, pemeliharaan pada konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Strain Insulator masih memerlukan pemadaman jaringan listrik [8]. Penelitian ini bertujuan menganalisis ekonomi penerapan alat kerja Triangle Support untuk pemeliharaan jaringan SUTM 20 kV tanpa pemadaman, khususnya pada konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Strain Insulator [9]. Alat ini juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai pekerjaan pemeliharaan lainnya, seperti perbaikan Konduktor rantas, sisip tiang, penggantian Arm Tie, penggantian Insulator tumpu, penggantian Strain Insulator dan penggantian Cross Arm [10]. Alat ini tidak hanya dapat digunakan untuk pemeliharaan rutin, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai pekerjaan metode baru, seperti pengencangan Ground Steel Wire (GSW) kendor, perbaikan Ground Steel Wire (GSW) rantas, pengencangan konduktor kendor, pemasangan Verlink, dan pemotongan konduktor lurus yang sebelumnya memerlukan pemadaman listrik [11].

Desain Triangle Support menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan dalam pelaksanaan pekerjaan PDKB TM pada konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Strain Insulator [12]. Triangle Support merupakan alat bantu yang dirancang khusus untuk mendukung pekerjaan PDKB TM. Sesuai dengan standar yang berlaku, Triangle Support merupakan hasil pengembangan teknis yang bertujuan meningkatkan efisiensi dan keamanan pekerjaan PDKB [13]. Dengan adanya Triangle Support, pelanggan listrik akan mendapatkan layanan yang lebih baik karena berkurangnya frekuensi pemadaman pada jaringan SUTM 20 kV [14].

II. METODE

Penelitian ini mengadopsi pendekatan sistematis dengan tujuan untuk memilih strategis alat inovatif yang dapat mengatasi permasalahan dalam pemeliharaan jaringan SUTM 20 kV secara efektif dan efisien, sehingga berdampak positif bagi masyarakat luas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ekonomi penerapan alat Triangle Support sebagai solusi inovatif dalam mendukung pekerjaan pemeliharaan konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Strain Insulator pada jaringan SUTM 20 kV tanpa mengganggu kontinuitas layanan listrik.

A. Alat dan bahan

Sebagai penunjang penelitian, sejumlah peralatan dan bahan khusus telah disiapkan, yaitu:

- Fiberglass
- Poly Ethilene (PE)
- Alumunium
- Stainless Steel

B. Teknik analisa

Untuk memastikan keberhasilan dalam menganalisis ekonomi penerapan peralatan pemeliharaan konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Strain Insulator pada SUTM 20 kV tanpa mengganggu pasokan listrik, penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahap yang meliputi:

Observasi

Melalui kajian komparatif, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi inovatif yang membedakan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu.

Studi kepustakaan

Penelitian ini akan melakukan tinjauan pustaka secara sistematis untuk mengidentifikasi tren terbaru dalam pengembangan alat PDKB dan mengidentifikasi peluang untuk melakukan inovasi pada alat yang akan dikembangkan.

Analisa permasalahan

Untuk menghasilkan rumusan masalah yang jelas dan spesifik, peneliti perlu melakukan kajian mendalam terhadap literatur terkait, menganalisis permasalahan yang ada, serta mengidentifikasi batasan-batasan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Pemecahan masalah

Kegiatan diskusi dan berbagi pengetahuan ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja yang komprehensif untuk mengatasi tantangan dalam pemeliharaan konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Strain Insulator pada SUTM 20 kV, dengan mempertimbangkan aspek teknis, operasional, dan keamanan.

Perancangan alat

- Pengembangan gambar teknik dua dan tiga dimensi dengan AutoCAD menjadi dasar pembuatan prototipe, di mana setiap dimensi dan toleransi telah ditentukan secara cermat.
- Fabrikasi peralatan mengikuti spesifikasi yang tertuang dalam gambar teknik AutoCAD, memastikan kesesuaian dimensi dan toleransi.
- Evaluasi menyeluruh terhadap peralatan Triangle Support.

Analisis biaya-manfaat (cost-benefit analysis)

- Identifikasi biaya produksi alat triangle support dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi efisiensi produksi melalui analisis biaya standar mencakup biaya bahan baku, tenaga kerja langsung, overhead pabrik, dan biaya pemasaran.
- Identifikasi manfaat dilakukan untuk mengetahui nilai tambah atau keuntungan yang diperoleh dari alat inovatif Triangle Support secara efektif dan efisien.
- Monetarisasi dilakukan untuk menghasilkan pendapatan atau keuntungan dengan mengkomersialkan aset digital.
- Perbandingan alat inovatif triangle support dengan alat inovatif lainnya menunjukkan bahwa triangle support memiliki bobot yang lebih ringan, mudah dirakit, dan lebih fleksibel dalam berbagai konfigurasi

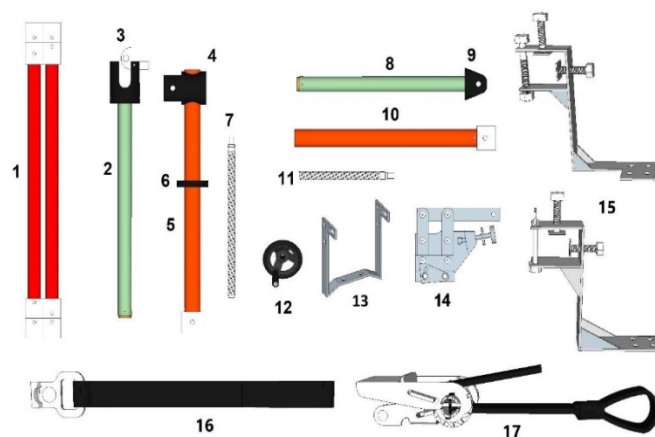
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Triangle Support merupakan solusi inovatif yang dapat merevolusi cara kerja petugas PDKB TM, dengan memungkinkan pelaksanaan berbagai jenis pekerjaan pemeliharaan jaringan SUTM 20 kV secara berkelanjutan tanpa mengganggu operasional sistem, metode Berjarak mencakup 4 jenis pekerjaan: Penggantian Double Insulator Tumpu, Pin Insulator Tumpu, Arm tie dan Pengencangan GSW kendor sedangkan metode Sentuh Langsung mencakup 12 jenis pekerjaan: Penggantian Double Insulator Tumpu, Pin Insulator Tumpu, Arm tie, Cross arm, Pengamanan sisip tiang, Pemasangan Verlink, Pengencangan GSW kendor, Perbaikan GSW rantas, Konduktor kendor, Penggantian Insulator Tarik, Potong konduktor lurus dan Perbaikan konduktor rantas. Dari total 16 jenis pekerjaan, 7 jenis pekerjaan yang dulunya hanya bisa dilakukan dengan mematikan aliran listrik kini telah beralih ke metode PDKB yang lebih efisien.

Dengan adanya Triangle Support, petugas PDKB TM dapat bekerja dengan lebih aman dan efisien, sehingga meningkatkan kualitas pelayanan dan meminimalkan risiko terjadinya gangguan pada sistem distribusi listrik.

A. Desain teknis konstruksi alat inovasi triangle support

Desain keseluruhan 3D dari inovasi Triangle Support ditampilkan pada gambar berikut, yang dibuat menggunakan AutoCAD.



Gambar 1. Desain Teknik Konstruksi Alat Inovasi Triangle Support

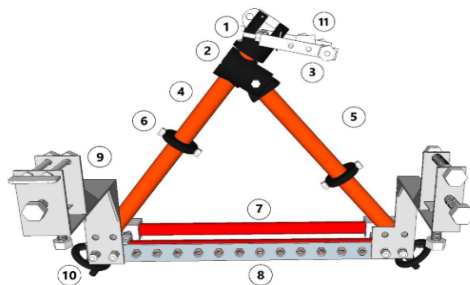
No	Nama Komponen	Jumlah	No	Nama Komponen	Jumlah
1	Double Stick	1	10	Shortstick	1
2	Plastik Polyethylene (t = 56)	1	11	Bolt 17 M10 25 cm	1
3	Conductor Holder	1	12	Handwheel	2
4	Longstick Holder	1	13	Pole Clamp	1
5	Longstick	1	14	Conductor Clamp	2
6	Ring	2	15	Cross Arm Saddle	2
7	Bolt 17 M10 33 cm	1	16	Webbing Sling	2
8	Plastik Polyethylene (t = 42)	1	17	Ratchet Strap	1
9	Shortstick Holder	1			

Gambar 2. Aksesoris Alat Inovasi Triangle Support

B. Cara kerja inovasi triangle support

Alat Triangle Support adalah alat bantu kerja yang inovatif, terdiri dari sebuah kerangka segitiga yang kokoh dilengkapi dengan double stick sebagai penyangga utama dan batang-batang yang dapat disesuaikan panjangnya. Desain modular ini memungkinkan alat ini dikonfigurasi dalam tiga variasi untuk mendukung pelaksanaan 16 jenis pekerjaan PDKB, baik metode berjarak maupun sentuh langsung, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan kerja.

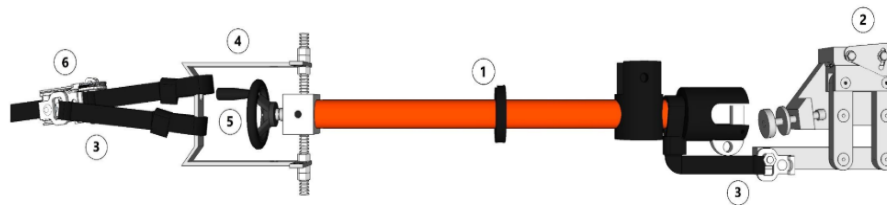
Konfigurasi pertama



INSTITUSI : UP3 SIDOARJO		GAMBAR NO : 01		
NAMA ALAT : TRIANGLE SUPPORT KONFIGURASI 1		SKALA	Digambar	Diperiksa
			Inovator	SPV PDKB
				MB JAR
No	NAMA KOMPONEN	JML		
1	Conductor Holder	1	Polyethylene	
2	Longstick Holder	1	Polyethylene	
3	Shortstick Holder	1	Alluminium	
4	Longstick	1	Fiberglass ø 40 mm	
5	Shortstick	1	Fiberglass ø 37.5 mm	
6	Ring	2	Polyethylene	
7	Double Stick	1	Fiberglass ø 38 m	
8	Plat Besi	1	Besi	
9	Cross Arm Saddle	2	Alluminium	
10	Handwheel	2	Polyethylene	
11	Cross Arm Clamp	1	Alluminium	

Gambar 3. Konfigurasi Pertama Alat Inovasi Triangle Support

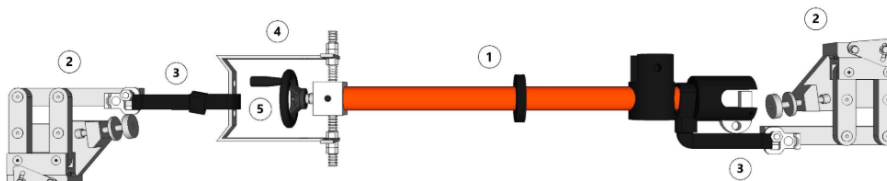
Konfigurasi kedua



 PT. NREL	INSTITUSI : UP3 SIDOARJO		GAMBAR NO : 02			
	NAMA ALAT : TRIANGLE SUPPORT KONFIGURASI 2		SKALA	Digambar	Diperiksa	Disetujui
				Inovator	SPV PDKB	MB JAR
No	NAMA KOMPONEN	JML				
1	Longstick	1	Fiberglass ϕ 40 mm			
2	Conductor Clamp	1	Alluminium			
3	Webbing Sling	2				
4	Pole Clamp	1	Alluminium			
5	Handwheel	1	Polyethylene			
6	Ratchet Strap	1				

Gambar 4. Konfigurasi Kedua Alat Inovasi Triangle Support

Konfigurasi ketiga



	INSTITUSI : UP3 SIDOARJO		GAMBAR NO : 03			
	NAMA ALAT : TRIANGLE SUPPORT KONFIGURASI 2		SKALA	Digambar	Diperiksa	Disetujui
				Inovator	SPV PDKB	MB JAR
No	NAMA KOMPONEN	JML				
1	Longstick	1	Fiberglass ϕ 40 mm			
2	Conductor Clamp	2	Alluminium			
3	Webbing Sling	2				
4	Pole Clamp	1	Alluminium			
5	Handwheel	1				

Gambar 5. Konfigurasi Ketiga Alat Inovasi Triangle Support

C. Manfaat finansial

Peningkatan efisiensi dalam pelaksanaan pekerjaan telah berhasil meningkatkan pendapatan perusahaan sebesar Rp 217.455.773. Hal ini dicapai melalui penghematan energi listrik sebesar 191.422 kWh berkat waktu penyelesaian pekerjaan yang lebih singkat.

NO.	JENIS PEKERJAAN	METODE	EFISIENSI WAKTU (JAM)		PENINGKATAN TITIK PEKERJAAN PER HARI (KALI)		PENYELAMATAN KWH		Rp KWH YANG DISELAMATKAN	
			SEBELUM	SESUDAH	SEBELUM	SESUDAH	SEBELUM	SESUDAH	SEBELUM	SESUDAH
1	Penggantian Double Insulator Tumpu	PKB Berjarak	3	1	2	4	9044	18087	Rp10.273.501	Rp20.547.002
2	Penggantian Double Insulator Tumpu	PKB Sentuh Langsung	PADAM	1	PADAM	4	PADAM	18087	Rp0	Rp20.547.002
3	Penggantian Pin Insulator Tumpu	PKB Berjarak	2	1	3	5	9044	15073	Rp10.273.501	Rp17.122.502
4	Penggantian Pin Insulator Tumpu	PKB Sentuh Langsung	1,5	1	3	5	9044	15073	Rp10.273.501	Rp17.122.502
5	Penggantian Arm Tie	PKB Berjarak	2	1	3	5	9044	15073	Rp10.273.501	Rp17.122.502
6	Penggantian Arm Tie	PKB Sentuh Langsung	2	1	3	6	9044	18087	Rp10.273.501	Rp20.547.002
7	Penggantian Cross Arm	PKB Sentuh Langsung	3	1,5	2	4	12058	24116	Rp13.698.002	Rp27.396.003
8	Sisip Tiang	PKB Sentuh Langsung	2	1,5	2	4	12058	24116	Rp13.698.002	Rp27.396.003
9	Pemasangan Verlink	PKB Sentuh Langsung	PADAM	1	PADAM	4	PADAM	18087	Rp0	Rp20.547.002
10	Perbaikan GSW Kendor	PKB Berjarak	PADAM	1	PADAM	4	PADAM	12058	Rp0	Rp13.698.002
11	Perbaikan GSW Kendor	PKB Sentuh Langsung	PADAM	1	PADAM	5	PADAM	15073	Rp0	Rp17.122.502
12	Perbaikan Konduktor Kendor	PKB Sentuh Langsung	PADAM	1	PADAM	5	PADAM	15073	Rp0	Rp17.122.502
13	Penggantian Insulator Tarik	PKB Sentuh Langsung	2	1	3	5	18087	30145	Rp20.547.002	Rp34.245.004
14	Potong Konduktor Lurus	PKB Sentuh Langsung	PADAM	1	PADAM	3	PADAM	13565	Rp0	Rp15.410.252
15	Perbaikan GSW Rantas	PKB Sentuh Langsung	PADAM	1	PADAM	6	PADAM	18087	Rp0	Rp20.547.002
16	Perbaikan Konduktor Rantas	PKB Sentuh Langsung	2	1	3	6	9044	18087	Rp10.273.501	Rp20.547.002
TOTAL							96465	287887	Rp109.584.013	Rp327.039.788

Gambar 6. Peningkatan titik kerja dan penyelamatan kWh

Investasi pada peralatan ini telah memberikan keuntungan finansial sebesar Rp 171.312.000,00 melalui peningkatan efisiensi operasional.

Tabel 3. Rincian Biaya Pembuatan Triangle Support

No	Nama Barang	Volume	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Long Stick Ø 38 mm	1	3.108.000	3.108.000
2	Short Stick Ø 38 mm	1	3.108.000	3.108.000
3	Double Stick Ø 32 mm	2	2.886.000	5.772.000
4	Fiberglass	2	1.000.000	2.000.000
5	Accessories	1	6.000.000	6.000.000
6	Conductor Clamp	2	2.000.000	4.000.000
7	Webbling Sling	2	500.000	1.000.000
8	Jasa	1	3.000.000	3.000.000
Biaya Produksi Keseluruhan			27.988.000	

Tabel 4. Nilai Eliminasi Alat Eksisting

No	Nama Barang	Volume	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Strainer	1	98.000.000	98.000.000
2	Automatic Came Long	2	35.000.000	70.000.000
3	Cross Arm Cover	1	31.300.000	31.300.000
Total Biaya Pembuatan			199.300.000	

Dengan asumsi bahwa biaya produksi Alat Triangle Support setiap unit adalah Rp 27.988.000, maka kita dapat menghitung keuntungan finansial:

Biaya investasi Pembuatan Alat Triangle Support :
 = Rp 199.300.000 - Rp 27.988.000
 = Rp 171.312.000

D. Manfaat non finansial

Selain mencapai target finansial, penerapan Triangle Support juga berhasil mencapai tujuan non-finansial seperti:

- Menurunkan angka pemadaman karena pemeliharaan.
- Menciptakan metode baru untuk PDKB.
- Meningkatkan produktivitas PDKB.
- Efisiensi terhadap peralatan, personel dan waktu pengerjaan.
- Memperkecil risiko kecelakaan kerja.

E. Analisa risiko

Setelah melakukan analisis mendalam, kami telah merumuskan sejumlah risiko yang mungkin timbul dari penggunaan alat Triangle Support, antara lain:

- Perakitan alat salah sehingga menyebabkan alat tidak berfungsi
- Pemasangan aksesoris alat salah sehingga menyebabkan alat tidak berfungsi dengan optimal
- Penggunaan konfigurasi alat salah sehingga menyebabkan alat rusak

Dari kemungkinan bahaya di atas, dilakukan mitigasi berupa:

IDENTIFIKASI RISIKO		ANALISA RISIKO					KONTROL			
NO.	DESKRIPSI RISIKO	PENYEBAB RISIKO	DAMPAK RISIKO	TINGKAT KEMUNGKINAN	TINGKAT DAMPAK	TINGKAT RISIKO	MITIGASI	TINGKAT KEMUNGKINAN	TINGKAT DAMPAK	TINGKAT RISIKO
1	Perakitan alat salah	Personel kurang memahami	Pekerjaan PDKB terhambat	Sangat Besar	Signifikan	Sangat Tinggi	Manual Book	Kecil	Minor	Rendah
2	Pemasangan aksesoris alat salah	Personel kurang memahami	Pekerjaan PDKB terhambat	Besar	Signifikan	Sangat Tinggi	Manual Book	Kecil	Minor	Rendah
3	Penggunaan konfigurasi alat salah	Personel kurang memahami	Pekerjaan PDKB terhambat	Sedang	Signifikan	Tinggi	SOP dan IK	Kecil	Minor	Rendah

Gambar 7. Analisa Risiko

Tingkat Kemungkinan	Sangat Besar	E	Moderat	Moderat	Tinggi	Sangat Tinggi	Ekstrem
	Besar	D	Rendah	Moderat	Tinggi	Sangat Tinggi	Ekstrem
	Sedang	C	Rendah	Moderat	Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi
	Kecil	B	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Sangat Tinggi
	Sangat Kecil	A	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Tinggi
			1	2	3	4	5
			Tidak Signifikan	Minor	Medium	Signifikan	Sangat Signifikan

Tingkat Dampak

Gambar 8. Matrix Risiko

IV. SIMPULAN

Sebagai satu-satunya solusi yang terbukti handal, Triangle Support menawarkan metode yang sederhana, efisien, dan aman untuk melakukan pekerjaan pemeliharaan konstruksi Double Insulator Tumpu dan Double Dead End pada jaringan bertegangan. TRIANGLE SUPPORT merupakan sebuah peralatan bantu baru yang terdiri dari 3 stick isolasi utama yang membentuk segitiga dengan Double stick sebagai tumpuan utama yang fix dan 2 stick lain sebagai kaki yaitu short stick dan long stick yang keduanya flexible dan adjustable ukurannya mengikuti fungsi yang dibutuhkan dalam kemudahan menyelesaikan 16 jenis pekerjaan PDKB metode Berjarak dan Sentuh langsung..

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PLN UP3 Sidoarjo atas bantuan dalam proses penelitian dan pembuatan laporan sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] A. M. 'Aafi, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "Implementasi Sensor Pzem-017 Untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone," SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform., p. 191, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/snestikdanhttps://snestik.itats.ac.id>
- [2] M. A. Alamsha, A. Wisaksono, S. D. Ayuni, and D. H. R. Saputra, "Analisis Kebutuhan Daya Listrik Pada Gedung Fakultas Kedokteran Di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo," Transm. J. Ilm. Tek. Elektro, vol. 26, no. 2, pp. 86–94, 2024, doi: 10.14710/transmisi.26.2.86-94.
- [3] I. Anshory, J. Jamaaluddin, and A. Wisaksono, Buku Ajar Dasar Konversi Energi. 2022. doi: 10.21070/2022/978-623-464-040-3.
- [4] M. M. Firmansyah, A. Ahfas, S. Syahririni, and D. H. R. Saputra, "Smartphone-Based Digital KWH Meter and SMS Gateway in Residential Homes," Procedia Eng. Life Sci., vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i1.743.
- [5] D. M. Wetan, "Mini hydro, Mikro hydro dan Pico-hydro [3].," pp. 527–532.
- [6] Ahamadhidayat, "Pasukan Elit Milik PLN, Bernama Pasukan PLN," Web.pln.co.id. 2019. [Online]. Available: <https://web.pln.co.id/cms/media/siaran-pers/2019/08/pasukan-elit-milik-pln-bernama-pasukan-pdkb/>

- [7] B. D. Hermawan and M. A. Fahrudin, "Rancang Bangun Alat Kerja Pemeliharaan Kontruksi Double Dead End Pada SUTM Tanpa Pemadaman Jaringan Listrik," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 39–50, 2023, doi: 10.33019/electron.v4i1.32.
- [8] N. Palmu, "Niina Palmu FACTORS INFLUENCING THE ELECTRI- CAL INSULATION OF GLASS FIBRE," no. September, 2021.
- [9] SPLN, "Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) PART 1," no. 0011, pp. 3–8, 2020.
- [10] SPLN D5.008-1: 2020, *Konstruksi Distribusi Bagian 1 : Jaringan Tegangan Menengah*, 2020.
- [11] SPLN, "Spesifikasi Tiang Listrik dan Lengkapannya (Bagian 1: Tiang Beton Pratekan)," PT. PLN, no. 0077, pp. 1–42, 2021. [6] SPLN, "Konstruksi Distribusi, Bagian 1 : JaringanTegangan Menengah," no. 0007, 2020.
- [12] M. Susilowati, "Pengelolaan Sertifikasi Tim Pekerjaan dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Unit Induk Distribusi Banten," *Syntax Idea*, vol. 5, no. 12, pp. 2736–2752, 2023, doi: 10.46799/syntax-idea.v5i12.2632.
- [13] D. Wijayanti, M. A. Graciafernandy, and M. Moeljono, "Implementasi Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Pegawai PT PLN UP3 Semarang," *Maeswara : Jurnal Riset Ilmu Manajemen dan Kewirausahaan*, vol. 1, no. 4, pp. 295–306, Aug. 2023, doi: 10.61132/maeswara.v1i4.140.
- [14] N. P. Pertiwi and L. Nirawati, "Analisis Penerapan Aplikasi Transformasi Digital PLN Mobile Guna Meningkatkan Kinerja Karyawan dan Pelayanan Terhadap Kepuasan Pelanggan di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Surabaya Barat," *Al-Kharaj: Jurnal Ekonomi, Keuangan & Bisnis Syariah*, vol. 6, no. 6, pp. 4367–4376, Jun. 2024, doi: 10.47467/alkharaj.v6i6.1739.
- [15] S. Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Penerbit Alfabeta, 2015.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.