

---

# Academia Open



*By Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*

---

## Table Of Contents

|                                             |          |
|---------------------------------------------|----------|
| <b>Journal Cover .....</b>                  | <b>1</b> |
| <b>Author[s] Statement.....</b>             | <b>3</b> |
| <b>Editorial Team .....</b>                 | <b>4</b> |
| <b>Article information .....</b>            | <b>5</b> |
| Check this article update (crossmark) ..... | 5        |
| Check this article impact .....             | 5        |
| Cite this article.....                      | 5        |
| <b>Title page.....</b>                      | <b>6</b> |
| Article Title .....                         | 6        |
| Author information .....                    | 6        |
| Abstract .....                              | 6        |
| <b>Article content .....</b>                | <b>7</b> |

## Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

## Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

## Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

# Academia Open

Vol. 10 No. 2 (2025): December  
DOI: 10.21070/acopen.10.2025.10526

## EDITORIAL TEAM

### Editor in Chief

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

### Managing Editor

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

### Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

## Article information

**Check this article update (crossmark)**



**Check this article impact (\*)**



**Save this article to Mendeley**



(\*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

# Triangle Support for Live Maintenance of 20 kV Distribution Lines: Penyangga Segitiga untuk Pemeliharaan Langsung Saluran Distribusi 20 kV

Hairul Ismail, 231020100063@umsida.ac.id (\*)

*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

Jamaaluddin Jamaaluddin , Jamaaluddin@umsida.ac.id

*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

(\*) Corresponding author

## Abstract

**General Background:** Reliable electricity supply is a fundamental requirement for societal productivity, requiring distribution network maintenance strategies that minimize service interruptions. **Specific Background:** Live-line maintenance using PDKB distance and direct contact methods on 20 kV medium-voltage overhead lines remains constrained by task-specific equipment, resulting in operational inefficiency, worker fatigue, and continued reliance on outages for certain constructions such as double insulator pedestal and double strain insulator. **Knowledge Gap:** Economic analyses of multifunctional maintenance equipment capable of supporting multiple PDKB tasks without power outages are still limited, particularly for integrated tools applied to diverse construction configurations. **Aims:** This study aimed to analyze the economic application of the Triangle Support tool for maintenance of double insulator pedestal and double strain insulator constructions on 20 kV distribution lines without grid outages. **Results:** The Triangle Support, configurable into three arrangements, enabled 16 types of PDKB tasks, including seven activities previously requiring outages, while generating energy savings of 191,422 kWh and additional company revenue of IDR 217,455,773 due to reduced completion time. **Novelty:** The research introduces a modular triangular support system integrating multiple live-line maintenance functions within a single tool supported by cost–benefit analysis. **Implications:** The findings indicate that adoption of Triangle Support can reduce outage frequency, improve operational continuity, and provide measurable economic benefits for power distribution maintenance services.

## Highlights:

- ♦ A Single Modular Device Accommodated Multiple Distance and Direct Contact Maintenance Tasks.
- ♦ Several Activities Previously Requiring Outages Were Shifted to Live-Line Procedures.
- ♦ Measurable Energy Savings and Additional Revenue Resulted From Shorter Job Duration.

**Keywords:** Triangle Support, Live-Line Maintenance, 20 Kv Distribution Network, Pdkb Methods, Economic Analysis

Published date: 2025-12-12

## 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].

## 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

## Hasil dan Pembahasan

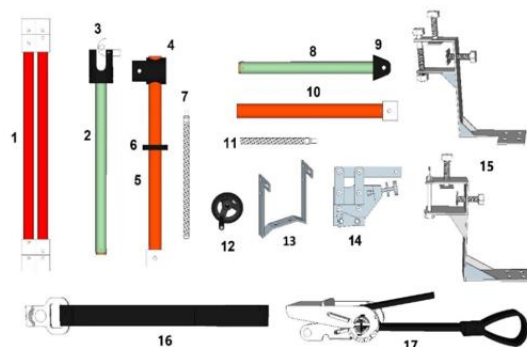
Alat Triangle Support merupakan solusi inovatif yang dapat merevolusi cara kerja petugas PDKB TM, dengan memungkinkan pelaksanaan berbagai jenis pekerjaan pemeliharaan jaringan SUTM 20 kV secara berkelanjutan tanpa mengganggu operasional sistem, metode Berjarak mencakup 4 jenis pekerjaan: Penggantian 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



**Gambar 2.** Aksesoris Alat Inovasi Triangle Support

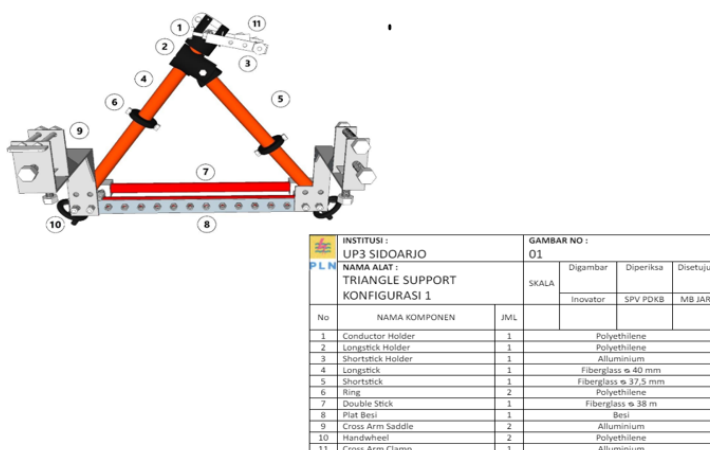
| No | Nama Komponen                 | Jumlah | No | Nama Komponen     | Jumlah |
|----|-------------------------------|--------|----|-------------------|--------|
| 1  | Double Stick                  | 1      | 10 | Shortstick        | 1      |
| 2  | Plastik Polyethylene (t = 56) | 1      | 11 | Bolt 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      |    |                   |        |

## 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.

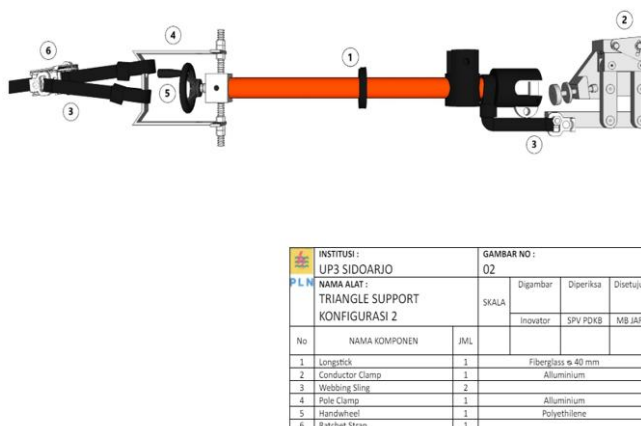
### Konfigurasi pertama

**Gambar 3.** Konfigurasi Pertama Alat Inovasi Triangle Support



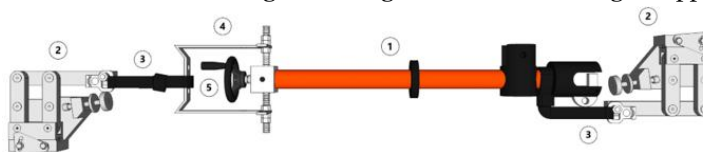
### Konfigurasi kedua

**Gambar 4.** Konfigurasi Kedua Alat Inovasi Triangle Support



Konfigurasi ketiga

Gambar 5. Konfigurasi Ketiga Alat Inovasi Triangle Support



|                                                  |                 |                   |                      |                       |
|--------------------------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| INSTITUSI :<br>UP3 SIDOARJO                      |                 | GAMBAR NO :<br>03 |                      |                       |
| NAMA ALAT :<br>TRIANGLE SUPPORT<br>KONFIGURASI 2 |                 | SKALA             | Digambar<br>Inovator | Diperiksa<br>SPV POKB |
|                                                  |                 |                   |                      | Disetujui<br>MB JAR   |
| No                                               | NAMA KOMPONEN   | JML               |                      |                       |
| 1                                                | Longstick       | 1                 | Fiberglass ø 40 mm   |                       |
| 2                                                | Conductor Clamp | 2                 | Aluminium            |                       |
| 3                                                | Webbing Sling   | 2                 |                      |                       |
| 4                                                | Pole Clamp      | 1                 | Aluminium            |                       |
| 5                                                | Handwheel       | 1                 |                      |                       |

### 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.

Gambar 6. Peningkatan titik kerja dan penyelamatan kWh

| 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     | Pengantian Double Insulator Tumpu | POK3 Besar           | 3                     | 1       | 2                                           | 4       | 9044             | 18087   | Rp10.273.501             | Rp20.547.002  |
| 2     | Pengantian Double Insulator Tumpu | POK3 Sertih Lungsung | PADAM                 | 1       | PADAM                                       | 4       | PADAM            | 18087   | Rp0                      | Rp20.547.002  |
| 3     | Pengantian Pin Insulator Tumpu    | POK3 Besar           | 2                     | 1       | 3                                           | 5       | 9044             | 15073   | Rp10.273.501             | Rp17.122.502  |
| 4     | Pengantian Pin Insulator Tumpu    | POK3 Sertih Lungsung | 1,5                   | 1       | 3                                           | 5       | 9044             | 15073   | Rp10.273.501             | Rp17.122.502  |
| 5     | Pengantian Arm Tie                | POK3 Besar           | 2                     | 1       | 3                                           | 5       | 9044             | 15073   | Rp10.273.501             | Rp17.122.502  |
| 6     | Pengantian Arm Tie                | POK3 Sertih Lungsung | 2                     | 1       | 3                                           | 6       | 9044             | 18087   | Rp10.273.501             | Rp20.547.002  |
| 7     | Pengantian Cross Arm              | POK3 Sertih Lungsung | 3                     | 1,5     | 2                                           | 4       | 12058            | 24116   | Rp13.698.002             | Rp27.396.003  |
| 8     | Sisip Tang                        | POK3 Sertih Lungsung | 2                     | 1,5     | 2                                           | 4       | 12058            | 24116   | Rp13.698.002             | Rp27.396.003  |
| 9     | Pemasangan Vertikal               | POK3 Sertih Lungsung | PADAM                 | 1       | PADAM                                       | 4       | PADAM            | 18087   | Rp0                      | Rp20.547.002  |
| 10    | Perbaikan GSW Kendor              | POK3 Besar           | PADAM                 | 1       | PADAM                                       | 4       | PADAM            | 12058   | Rp0                      | Rp13.698.002  |
| 11    | Perbaikan GSW Kendor              | POK3 Sertih Lungsung | PADAM                 | 1       | PADAM                                       | 5       | PADAM            | 15073   | Rp0                      | Rp17.122.502  |
| 12    | Perbaikan Konduktor Kendor        | POK3 Sertih Lungsung | PADAM                 | 1       | PADAM                                       | 5       | PADAM            | 15073   | Rp0                      | Rp17.122.502  |
| 13    | Pengantian Insulator Tumpu        | POK3 Sertih Lungsung | 2                     | 1       | 3                                           | 5       | 18087            | 30145   | Rp20.547.002             | Rp34.245.004  |
| 14    | Potong Konduktor Lurus            | POK3 Sertih Lungsung | PADAM                 | 1       | PADAM                                       | 3       | PADAM            | 13565   | Rp0                      | Rp13.410.253  |
| 15    | Perbaikan GSW Rantai              | POK3 Sertih Lungsung | PADAM                 | 1       | PADAM                                       | 6       | PADAM            | 18087   | Rp0                      | Rp20.547.002  |
| 16    | Perbaikan Konduktor Rantai        | POK3 Sertih Lungsung | 2                     | 1       | 3                                           | 6       | 9044             | 18087   | Rp10.273.501             | Rp20.547.002  |
| TOTAL |                                   |                      |                       |         |                                             |         | 96465            | 287807  | Rp109.584.013            | Rp327.039.788 |

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

Tabel 1. 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                          | Webbing Sling        | 2      | 500.000           | 1.000.000        |
| 8                          | Jasa                 | 1      | 3.000.000         | 3.000.000        |
| Biaya Produksi Keseluruhan |                      |        | 27.988.000        |                  |

**Tabel 2.** 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:

**Gambar 7.** Analisa Risiko

| 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 8. Matrix 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   |         |         |               |                   |

## 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.

## References

1. A. M. Aafi, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "Implementation of PZEM-017 Sensor for Current, Voltage, and Power Monitoring in Solar Panel Installations Using Google Spreadsheet and Smartphone-Based Data Logger," *Proceedings of the National Seminar on Electrical Engineering, Information Systems, and Informatics (SNESTIK)*, p. 191, 2022.
2. M. A. Alamsha, A. Wisaksono, S. D. Ayuni, and D. H. R. Saputra, "Electric Power Demand Analysis of the Faculty of Medicine Building at Universitas Muhammadiyah Sidoarjo," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik 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, *Basic Energy Conversion Textbook*. Sidoarjo, Indonesia: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo Press, 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 Engineering and Life Science*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.21070/pels.v1i1.743.
5. D. M. Wetan, "Mini-Hydro, Micro-Hydro, and Pico-Hydro Power Systems," in *Proceedings of the National Seminar on Renewable Energy*, pp. 527–532, 2019.
6. A. Hidayat, "PLN Elite Team Known as PDKB Force," PT PLN (Persero) Official Website, 2019.
7. B. D. Hermawan and M. A. Fahrudin, "Design and Development of Maintenance Tools for Double Dead-End Construction on Medium Voltage Lines Without Power Outage," *Electron: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 39–50, 2023, doi: 10.33019/electron.v4i1.32.
8. N. Palmu, *Factors Influencing the Electrical Insulation of Glass Fibre*, Bachelor's Thesis, Tampere University of Applied Sciences, Tampere, Finland, 2021.
9. SPLN, *Live-Line Working Procedures (PDKB) Part 1*, Standard No. 0011, PT PLN (Persero), Jakarta, Indonesia, 2020.
10. SPLN D5.008-1, *Distribution Construction Part 1: Medium Voltage Network*, PT PLN (Persero), Jakarta, Indonesia, 2020.
11. SPLN, *Specifications for Electricity Poles and Accessories (Part 1: Prestressed Concrete Poles)*, Standard No. 0077, PT PLN (Persero), Jakarta, Indonesia, 2021.
12. M. Susilowati, "Management of Certification for Live-Line Working Teams (PDKB) at PT PLN (Persero) Banten Distribution Unit," *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, "Implementation of Occupational Safety and Health Programs for Employees of PT PLN UP3 Semarang," *Maeswara: Journal of Management and Entrepreneurship Research*, vol. 1, no. 4, pp. 295–306, Aug. 2023, doi: 10.61132/maeswara.v1i4.140.
14. N. P. Pertiwi and L. Nirawati, "Analysis of PLN Mobile Digital Transformation Application for Improving Employee Performance and Customer Satisfaction," *Al-Kharaj: Journal of Islamic Economics, Finance, and Business*, vol. 6, no. 6, pp. 4367–4376, Jun. 2024, doi: 10.47467/alkharaj.v6i6.1739.
15. S. Sugiyono, *Quantitative, Qualitative, and R&D Research Methods*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2015.