

## Rancang Bangun Peralatan Pemeliharaan Konstruksi *Double Dead End* Pada SUTM 20 kV Tanpa Pemadaman Jaringan Listrik

Basyid Deddy Hermawan<sup>1\*</sup>, Mohammad Anis Fahrudin<sup>2</sup>

PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan (PUSDIKLAT)<sup>1</sup>

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pendidikan dan Pelatihan (UPDL) Semarang<sup>2</sup>

\*basyid08@gmail.com

### Abstract

*This study purpose to solve problems related to maintenance of the Double Dead End construction on the Overhead Line 20 kV overhead line which so far has been carried out in maintenance by offline condition overhead line so that it can disrupt the continuity of the supply of electrical energy to consumers. Therefore, in this study, the authors tried to innovate a new equipment design that is used in Live Line Maintenance, named innovate equipment is Cowok 3 in 1 (Construction for Work 3 in 1) for the maintenance of Double Dead End construction. The use of this equipment is intended to avoid power outages to customers when maintenance work for Double Dead End construction is carried out. Besides that, apart from being the main equipment for maintenance of Double Dead End construction, it can also be used for other maintenance such as maintenance of Dead End construction, maintenance of tension insulators and maintenance of unraveled wire in overhead line. The physical dimensions of the equipment are 200 cm long, 75 cm wide with a total weight of 18 kg. The cost required to make a set of this equipment is very cheap with a production time of approximately 6 days. This price is very different when compared to the price of the existing Live Line Equipment is generally very expensive. In this case, the maintenance equipment has also been tested at the PLN UPDL Semarang laboratory regarding its feasibility in the form of a tensile test to determine the mechanical strength of the Temporary Insulator material, where the test results are capable of withstanding a load of up to 1000 kg and electrical insulation testing is also carried out by injecting a voltage 100 kV distance of 30 cm for 1 minute on the Temporary Insulator test results do not occur arcing jumps. This Cowok 3 in 1 innovation equipment has been implemented at PLN UPDL Semarang and PLN Area Surabaya Selatan.*

**Keywords:** PDKB TM, Double Dead End, Overhead Line 20 kV

### INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan terkait pemeliharaan konstruksi *Double Dead End* pada jaringan SUTM 20 kV yang selama ini dalam pemeliharaannya dilaksanakan secara padam atau harus mematikan jaringan listrik sehingga dapat mengganggu kontinuitas *supply* energi listrik ke konsumen. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis mencoba membuat inovasi suatu rancang bangun alat baru yang dipergunakan pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan yang diberi nama *Cowok 3 in 1 (Construction for Work 3 in 1)* untuk pemeliharaan konstruksi *Double Dead End*. Penggunaan alat tersebut dimaksudkan untuk menghindari adanya pemadaman aliran listrik ke pelanggan saat dilakukan pekerjaan pemeliharaan konstruksi *Double Dead End*. Disamping itu peralatan tersebut selain yang utama untuk pekerjaan pemeliharaan konstruksi *Double Dead End* juga dapat dipergunakan untuk pemeliharaan yang lainnya seperti pemeliharaan konstruksi *Dead End*, pemeliharaan isolator penegang dan pemeliharaan kawat rantas. Dimensi fisik peralatan mempunyai spesifikasi panjang 200 cm, lebar 75 cm dengan berat total 18 kg. Biaya yang diperlukan untuk membuat satu set peralatan ini sangat murah dengan lama pembuatan sekira 6 hari. Harga ini sangat berbeda jauh apabila dibandingkan dengan harga peralatan PDKB TM *existing* yang pada umumnya sangat mahal. Dalam hal ini, peralatan pemeliharaan tersebut juga telah dilakukan pengujian di laboratorium PLN UPDL Semarang terkait kelayakannya berupa pengujian tarikan untuk mengetahui kekuatan mekanis dari material *Temporary Insulator*, dimana hasil pengujiaannya mampu menahan beban sampai dengan 1000 kg serta juga dilakukan pengujian elektrik isolasi dengan cara menginjeksi tegangan 100 kV jarak 30 cm selama 1 menit pada *Temporary Insulator* hasil uji tidak terjadi lompatan *arcing*. Peralatan inovasi *Cowok 3 in 1* ini sudah di implementasikan di PLN UPDL Semarang dan PLN Unit Operasional

Kata Kunci : PDKB TM, *Double Dead End*, SUTM 20 kV

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik menjadi salah satu sarana utama dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat, maka penyediaan tenaga listrik harus tetap berjalan setiap waktu. Kebutuhan tenaga listrik yang terus menerus ini menuntut pihak penyediaan tenaga listrik untuk dapat meminimalisir adanya pemadaman tenaga listrik guna mendukung kebutuhan masyarakat akan kebutuhan listrik.

Pemadaman tenaga listrik terhadap konsumen dilatar belakangi oleh dua faktor. Faktor yang pertama yaitu adanya pemadaman akibat gangguan jaringan listrik, kemudian faktor yang kedua yaitu akibat adanya pemeliharaan peralatan tenaga listrik yang mengharuskan dilakukannya pemadaman listrik. Pemeliharaan yang baik akan dapat meminimalisir adanya gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan listrik untuk meminimalisir pemadaman akibat dari dilakukannya pemeliharaan, maka PT. PLN (Persero) selaku penyedia tenaga listrik membentuk sebuah tim pemeliharaan jaringan tegangan menengah yang mampu mengerjakan pemeliharaan jaringan listrik tanpa dilakukannya pemadaman tenaga listrik atau dapat kita sebut sebagai tim PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan).

Berdasarkan cara bekerjanya, PDKB dapat dibagi menjadi 3 metode : metode berjarak (personel bekerja dengan memanfaatkan peralatan galah berisolasi) , metode sentuh langsung (personel dengan instalasi bertegangan dipisahkan dengan isolasi, seperti dengan menggunakan peralatan *insulation rubber glove's*), dan metode *barehand* (metode menyamakan potensial antara konduktor bertegangan dengan personil menggunakan peralatan *conductive suite*) [1]. Dimana masing-masing tim memiliki kompetensi keunggulan masing-masing dalam melakukan pemeliharaan.

Namun ada beberapa jenis pemeliharaan yang belum mampu dikerjakan oleh tim PDKB TM baik secara metode berjarak maupun sentuh langsung. Salah satunya yaitu pekerjaan pemeliharaan pada konstruksi *Double Dead End* masih harus dengan memadamkan jaringan listrik dikarenakan belum ditemukan peralatan yang dapat dipergunakan dalam melakukan pemeliharaan tersebut baik secara PDKB TM sentuh langsung maupun berjarak.

Belum tersedianya konstruksi peralatan khusus PDKB yang digunakan pada pekerjaan pemeliharaan secara PDKB TM baik dengan metode sentuh langsung maupun metode berjarak mendasari penelitian ini untuk mencari solusi pembuatan desain konstruksi peralatan yang paling sesuai dan tepat guna untuk

diterapkan

pada pekerjaan pemeliharaan konstruksi konstruksi *Double Dead End* pada jaringan SUTM 20 kV. Desain konstruksi peralatan yang dimaksud harus dapat digunakan pada pekerjaan PDKB dengan metode sentuh langsung. Desain konstruksi peralatan memerlukan detail spesifikasi yang wajib dipenuhi berkaitan dengan metode pekerjaan PDKB TM. Detail spesifikasi yang wajib dimiliki konstruksi peralatan tersebut meliputi ketahanan mekanik dan elektrik. Sangat perlu dilakukan pengujian sebelum diimplementasikan pada jaringan SUTM 20 kV. Untuk memastikan keandalan dari desain baru pada inovasi ini, verifikasi bahan dilakukan secara hati-hati, isolator dan *cross arm* lengkap juga dilakukan [2].

Dengan permasalahan inilah yang menjadi bahasan dalam penelitian ini, dengan membuat sebuah rancang bangun peralatan kerja *Cowok 3 in 1* dimana pekerjaan pemeliharaan konstruksi *Double Dead End* pada jaringan tegangan menengah dapat dilaksanakan tanpa perlu memadamkan jaringan listrik, selain itu juga peralatan ini tidak hanya dapat digunakan untuk pekerjaan pemeliharaan konstruksi *Double Dead End* saja melainkan juga dapat digunakan untuk pekerjaan pemeliharaan konstruksi *Dead End* dan juga pemeliharaan isolator penegang. Disamping itu alat kerja ini memiliki fungsi tambahan yaitu digunakan untuk pekerjaan pemeliharaan kawat rantas pada jaringan SUTM 20 kV.

Desain pada peralatan *Cowok 3 in 1* ini merupakan peralatan inovasi yang diharapkan mampu menjawab permasalahan pelaksanaan pekerjaan PDKB TM pada konstruksi *Double Dead End* yang belum ditemukan samapai saat ini. Peralatan Inovasi *Cowok 3 in 1* ini merupakan suatu peralatan kerja PDKB TM, dimana sesuai SPLN peralatan inovasi didefinisikan sebagai peralatan kerja hasil rekayasa teknis (modifikasi atau peralatan metode baru) untuk memperbaiki proses pekerjaan PDKB (mempermudah, mempercepat, dan lebih aman)[3].[7].

Sehingga dengan tidak adanya pemadaman pada jaringan tegangan menengah maka konsumen tenaga listrik masih dapat menikmati pelayanan tenaga listrik dengan baik.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Gaya Mekanikal dan Elektrikal pada Jaringan SUTM 20 kV

Jaringan tegangan menengah 20 kV pada jaringan distribusi tenaga listrik berfungsi sebagai tumpuan penghantar, menerima gaya-gaya mekanis akibat :

- Berat penghantar dan peralatan
- Gaya tarik dari penghantar (*tensile strength*)
- Tiupan angin
- Akibat penghantar lain

Besarnya gaya-gaya tersebut berbeda sesuai dengan fungsi tiang (tiang awal/ujung, tiang tengah, tiang sudut) dan luas penghantar. Tiang baik tiang besi atau tiang beton mempunyai kekuatan tarik (*working load*) sesuai standar yang berlaku saat ini yaitu 160 daN, 200 daN, 350 daN, 500 daN, 800 daN, 1200 daN dimana daN adalah deka Newton atau setara dengan 1,01 kg gaya (massa x gravitasi).

Tiang yang digunakan untuk SUTM berupa besi atau tiang beton dan harus mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi [4]. Perhitungan berat dan gaya yang terjadi ketika pelaksanaan pekerjaan dalam keadaan bertegangan menjadi sangat penting. Peralatan dalam keadaan bertegangan didesain sedemikian rupa sehingga SWL (*Safety Working Load*) nya terpenuhi (tidak terlampaui). Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV pada jaringan distribusi tenaga listrik berfungsi sebagai tumpuan penghantar, menerima gaya-gaya mekanis akibat dari berat penghantar dan peralatan, gaya tarik dari penghantar (*tensile strength*), tiupan angin dan akibat penghantar lain.

Besarnya gaya-gaya tersebut berbeda sesuai dengan fungsi tiang (tiang awal/ujung, tiang tengah, tiang sudut) dan luas penghantar. Tiang harus memenuhi persyaratan uji lentur (tidak retak pada pembebanan 100% beban kerja) dan uji defleksi permanen (maksimum 0,2% dari Panjang tiang setelah pembebanan 150% beban kerja selama 2 menit)[5].

### B. Gaya Tarik pada Tiang SUTM 20 KV

Panjang penghantar pada dua tiang (gawang) yang berada di Jaringan Tegangan Menengah berubah-ubah sebagai akibat :

- Perubahan temperatur lingkungan
- Pengaruh panas akibat beban listrik ( $I^2 \times R$ )

Sesuai dengan sifat logamnya, panjang penghantar akan mengalami penyusutan pada temperatur rendah dan memanjang pada temperatur tinggi (panas) menurut rumus :

$$L_t = L_o (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

dimana :  $L_o$  = panjang awal

$L_t$  = panjang pada  $t^0$  C

$\alpha$  = koefisien muai panjang

$\Delta t$  = beda temperature

Pada temperatur rendah panjang penghantar menyusut, memberikan gaya regangan (*tensile stress*) pada penghantar tersebut, gaya ini akan diteruskan ke tiang tumpunya. Jika gaya tersebut melampaui titik batas

beban kerja penghantar (*ultimate tensile stress*) penghantar akan putus atau tiang penyanggah patah jika beban kerja tiang terlampaui (*working load*).

### C. Gaya Mekanis Pada Auxilliary Arm pada inovasi Cowok 3 in 1

*Auxilliary Arm* merupakan bagian dari peralatan *Cowok 3 in 1* berfungsi sebagai tempat dudukan *temporary isolator*, sama halnya dengan fungsi *Cross Arm* pada SUTM 20 kV *existing* [10]. Beban mekanis *Auxilliary Arm* pada arah horizontal akibat dari gaya regangan penghantar dan beban vertikal akibat berat penghantar. Umumnya beban vertikal diabaikan. Bahan *Auxilliary Arm* adalah besi (ST.38) profil UNP *galvanis* [6]. Pada *Auxilliary Arm* ini dilapisi dengan bahan PVC, agar memiliki sifat isolasi tahan terhadap tetapanan tembus. Selain itu PVC secara khusus untuk memiliki karakteristik memberikan perlindungan karena memiliki fungsi sebagai isolasi serta memiliki ketahanan yang baik terhadap air, panas. PVC juga tahan terhadap bahan kimia sehingga memiliki durabilitas tinggi dan sangat mudah untuk dibentuk karena sifatnya yang elastis.

### D. Beban mekanis isolator dan konduktor pada Auxilliary Arm

Secara teori, berat fisik yang ditopang isolator adalah :

- Berat konduktor
  - Beban angin yang terjadi pada konduktor
  - Efek sudut yang dihasilkan dari perubahan arah kawat
- Perhitungan berat konduktor dapat digunakan dengan rumus :

$$F = \frac{L_1 + L_2}{2} \times W \times g$$

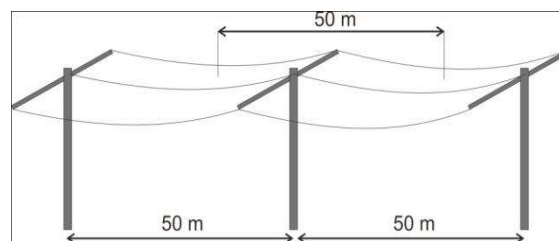
dimana :

F = Total gaya vertikal kebawah (Newton)

$L_1$  &  $L_2$  = Panjang horisontal dari span yang berdampingan (meter)

W = Massa per meter konduktor

g = Gravitasi



Gambar 1. Jarak Antar Tiang Jaringan Tegangan SUTM 20 kV

Jarak pendirian untuk antar tiang sesuai standar adalah maksimal 50 meter menyesuaikan dengan maksimum saggging/andongan (1,5% terhadap jarak antar tiang) serta mempertimbangkan ukuran tiang yang digunakan [6].

Pada pemasangan *Auxilliary Arm*, beban mekanis berada pada *Auxilliary Arm* dan *Temporary Insulator*. Beban mekanis yang diterima oleh *Auxilliary Arm* dan *Temporary Insulator* berasal dari berat separuh konduktor kedua sisi gawang dan ditambah pengaruh gravitasi bumi. Dengan menggunakan rumusan di atas, maka gaya yang ditopang oleh *Auxilliary Arm* dan *Temporary Insulator* dapat dihitung, dengan asumsi bahwa :

- $L_1 & L_2 = 50$  meter (sesuai standar konstruksi JTM untuk PLN)
- $W = 0,67$  kg (approx cable weight, diameter 240 untuk type AAAC sesuai spesifikasi SPLN 41-8:1981)\*  
\* Menggunakan tipe kabel AAAC dikarenakan secara umum jaringan SUTM 20 kV PLN menggunakan penghantar telanjang (AAC dan AAAC)[4].
- $g = 9,8$  m/s<sup>2</sup>

maka, gaya maksimum yang ditumpu oleh *Auxilliary Arm* dan *Temporary Insulator* adalah sebagai berikut :

$$F = \frac{L_1 + L_2}{2} \times W \times g$$

$$F = (50 \times 0,67) \times 9,8 = 318,25 \text{ N (gaya maksimum per fasa),}$$

sehingga untuk ketiga fasanya adalah sebesar,

$$F_{\text{total}} = \text{Gaya Konduktor} = (3 \times 318,25) = 954,75 \text{ N}$$

Jika dikonversi ke berat kg, maka berat beban konduktor yang ditopang oleh *Auxilliary Arm* dan *Temporary Insulator* =  $0,1 \times 954,75 \text{ N} = 95,46 \text{ kg}$ . Nilai tersebut menunjukkan masih aman karena dibawah nilai kekuatan hasil uji tarik dari *Auxilliary Arm* sebesar 1000 kg.

#### E. Beban Mekanis Isolator

Terdapat dua jenis isolator yang dipakai sesuai dengan fungsinya yaitu Isolator Tumpu (*Suspension Insulator*) dan Isolator Penegang (*Tension Insulator*). Isolator tumpu digunakan untuk tumpuan penghantar gaya mekanis pada isolator ini adalah gaya akibat berat

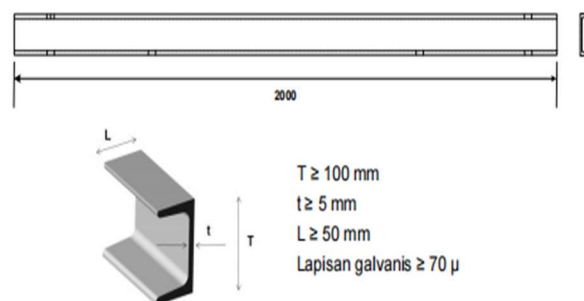
beban penghantar pada tiang tumpu atau pada tiang sudut. Sedangkan Isolator Penegang dipakai pada konstruksi tiang awal/tiang sudut apabila sudut elevasi lebih besar dari 30°. Terdapat 2 jenis isolator yang dipakai, yaitu isolator payung dan *long rod* dan untuk tiap 1 set isolator jenis suspension terdiri atas 2 buah sedangkan jenis long rod 1 buah. Beban mekanis isolator ini adalah beban mekanis sebagaimana pada isolator tiang ujung/awal (dikutip dari KepDir PLN No.475.K/DIR/2010 tanggal 11 Agustus 2010 tentang Kriteria Disain Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik).

#### F. Macam - Macam Konstruksi TM

Konstruksi – konstruksi saluran udara menurut konfigurasinya untuk jaringan distribusi tegangan menengah yang dipergunakan PT PLN (Persero) secara garis besar dapat dikelompokkan dalam macam-macam formasi yaitu :

- Formasi horizontal simetris tanpa kawat tanah
- Formasi horizontal tidak simetris dengan satu kawat tanah diatas kawat fasanya
- Formasi segitiga dengan kawat tanah dibawah kawat fasanya
- Formasi vertikal satu fasa dengan kawat tanah dibawah kawat fasanya
- Formasi *Dead End* dan *Double Dead End*

Secara umum, *cross arm* terbagi menjadi tipe Tarik dan tipe tumpu dengan perbedaan pada posisi tipikal lubang baut . Jarak dan ukuran lubang baut disesuaikan dengan kebutuhan dilapangan, dengan tetap memperhatikan jarak bebas. Secara umum *cross arm* terbagi menjadi tipe tarik dan tipe tumpu dengan yang membedakan adalah pada tipe lubang bautnya [4]. Dibawah ini merupakan gambar konstruksi *cross arm* pada konstruksi *double dead end* sebagai implementasi inovasi *cowok 3 in 1* yang mana memang sebelumnya tidak dapat dipelihara secara PDKB.



Gambar 2. Spesifikasi *cross arm*



Gambar 3. Konstruksi *Dead End*



Gambar 4. Konstruksi *Double Dead End*

G. *Jarak Aman Minimum*

Jarak aman minimum adalah daerah dimana pelaksana PDKB dapat bekerja dan peralatan dapat digunakan dengan aman pada daerah bertegangan. Pelaksana PDKB harus tetap menjaga dirinya dan peralatan yang dibawanya tidak melanggar jarak aman minimum dan jarak minimum peralatan seperti ditetapkan pada tabel berikut dari bagian yang bertegangan.

Tabel 1. Jarak Aman Minimum dan Jarak Peralatan Berisolasi

No.	Tegangan	Fasa ke Bumi	Fasa ke Fasa
1.	500 kV	3400 mm	5500 mm
2.	150 kV	1200 mm	1500 mm
3.	70 kV	900 mm	1200 mm
4.	20 kV	560 mm	600 mm

III. METODE PENELITIAN

Pada peralatan inovasi *Cowok 3 in 1* ini di terapkan pada pekerjaan pemeliharaan konstruksi *Double Dead*

End juga dapat dipergunakan untuk pemeliharaan yang lainnya seperti pemeliharaan konstruksi *Dead End*, pemeliharaan isolator penegang dan pemeliharaan kawat rantas dengan PDKB TM metode Sentuh Langsung.

A. *Pengumpulan data*

1. Pengamatan langsung pemeliharaan konstruksi *Double Dead End* dengan mengambil data variabel jenis konstruksi pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) *existing* yang ada di PLN.
2. Mencari data-data dan informasi dari Tim PDKB TM di Unit – unit Operasional PT. PLN (Persero), tentang jenis konstruksi yang belum bisa dilaksanakan dengan PDKB.
3. Wawancara terhadap personel PDKB TM di Unit – unit Operasional PT. PLN (Persero), tentang jenis konstruksi yang belum bisa dilaksanakan dengan PDKB.

B. *Diskusi Pemecahan Masalah*

Diskusi, Studi Literatur, Tanya jawab, *Knowledge Sharing*, *Benchmark* dengan sesama Instruktur PDKB dan tim PDKB TM unit operasional tentang cara pemecahan masalah-masalah terkait pemeliharaan Konstruksi *Double Dead End*.

C. *Pembuatan Peralatan*

- Desain peralatan melalui sketsa 2D dan 3D autocad lengkap dengan spesifikasi dimensinya.
- Proses Pembuatan peralatan berdasarkan desain 2D dan 3D Autocad
- Pengujian peralatan di Laboratorium uji UPDL Semarang, meliputi pengujian tegangan tembus.
- Pengujian peralatan di Laboratorium uji UPDL Semarang ( pengujian elektrik dan mekanik pada peralatan inovasi *Cowok 3 in 1*).

D. *Uji coba dan Implementasi*

- Pemasangan Peralatan di lapangan SUTM 20 kV PLN UPDL Semarang
- Pemasangan Peralatan di PLN Unit Operasional
- Pengamatan, evaluasi dan dilanjutkan penyempurnaan dari peralatan inovasi tersebut.

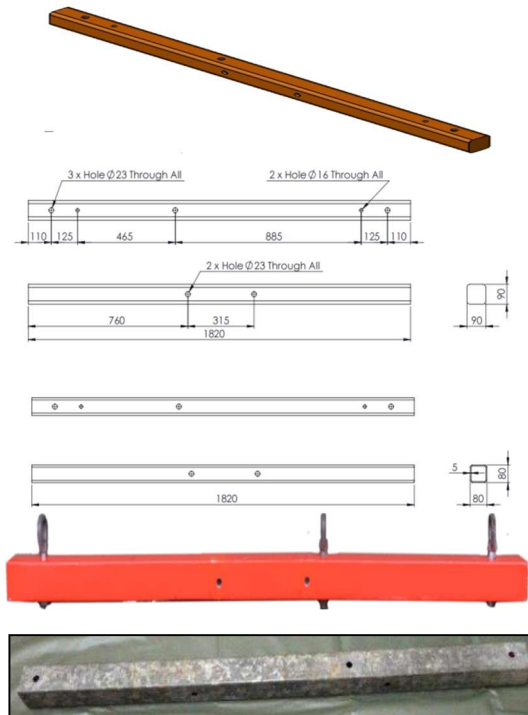


*Temporary Insulator* berfungsi sebagai pengganti isolator sementara pada saat dilakukan perbaikan / penggantian isolator jenis penegang pada konstruksi *Double dead end*. Bahan terbuat dari beberapa komponen yang jenisnya berbeda yaitu :

1. *Epoxy glass* sama seperti bahan yang digunakan pada peralatan galah isolasi PDKB yang bersifat isolasi dan sudah dilakukan pengujian tegangan tembus 100 kV dengan jarak 30 cm selama 1 menit dengan hasil uji tidak panas dan tidak terjadi lompatan *arcing*.
2. *Jack Screw* yang dilengkapi dengan cantolan, dimana ulir tersebut adipasngkan dengan *ratchet spanner berfungsi* sebagai pengatur kekencangan dan kendor dari *Temporary Insulator* pada saat isolator *existing* di lakukan pemeliharaan.
3. *Rachet Spanner* dipasang pada *Jack Screw* fungsinya sebagai pengencang atau pengendor tarikan konduktor saat konduktor di tarik. Prinsip kerjanya dengan cara di putar sesuai arah dari drat pada *screw*.

Dari jenis polimer, *Epoxy Glass* bekerja paling baik dalam sifat listrik dan mekanik bila dibandingkan dengan *poliester* dan *vinil ester*. Dan cocok untuk aplikasi isolasi listrik [8].

## 2. Auxilliary Arm



(ST.38) profil UNP *galvanis*

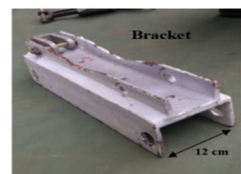
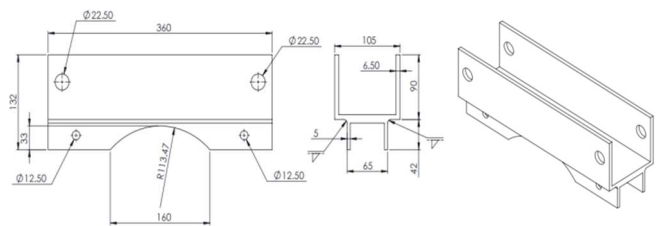


*Polyvinyl chloride (PVC)*

**Gambar 8.** Desain & Gambar teknik *Auxilliary Arm*

Berfungsi sebagai *cross arm* sementara menggantikan *cross arm* yang akan diganti, dengan bahan besi (ST.38) profil UNP *galvanis* ketebalan minimal 5 mm dan dilapisi *galvanis* dengan ketebalan minimal 70  $\mu\text{m}$  [10]. Pada bagian luar *Auxilliary Arm* dilapisi *PVC* dan dilakukan pelapisan cat isolasi.

## 3. Pole Type Saddle



**Gambar 9.** Desain dan Gambar teknik *Pole Type Saddle*

Berfungsi sebagai pengikat *Auxilliary Arm* sementara pada tiang SUTM 20 kV. Cara kerja dari *Pole Type Saddle* ini dengan cara dipasang pada sisi tengah *Auxilliary Arm* dengan cara dipasang pengunci baut pin pada *Auxilliary Arm*, kemudian dipasang pada tiang

SUTM dengan dikencangkan dan diputar sesuai kebutuhan.

Berikut ini adalah komponen peralatan keseluruhan / 1 set dari peralatan inovasi *Cowok 3 in 1*, yang terdiri dari beberapa peralatan. Dimana setiap pekerjaan seperti Pemeliharaan Konstruksi *Double Dead End*, Konstruksi *Dead End*, konstruksi isolator penegang dan kawat rantas dapat menggunakan peralatan inovasi ini. Jumlah dan banyaknya peralatan yang dipergunkan pada setiap pekerjaan berbeda-beda.



**Gambar 10.** Satu set peralatan inovasi *Cowok 3 in 1*

#### B. Cara Kerja Inovasi *Cowok 3 in 1*

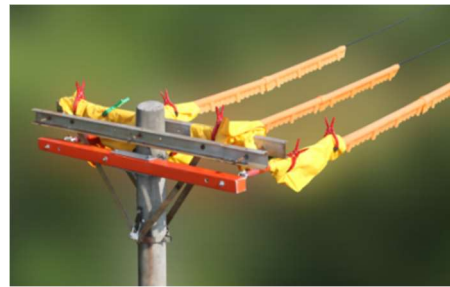
*Cowok 3 in 1* sebagai peralatan PDKB TM dengan metode sentuh langsung memiliki 3 fungsi utama dan 1 fungsi tambahan sebagai berikut :

##### 1. Pemeliharaan *Cross Arm Double Dead End*



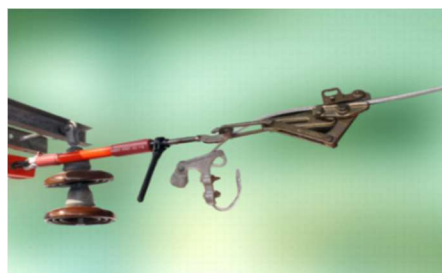
**Gambar 11.** Pemasangan *Cowok 3 in 1* pada konstruksi *Double Dead End*

##### 2. Pemeliharaan *Cross Arm Dead End*



**Gambar 12.** Pemasangan *Cowok 3 in 1* pada konstruksi *Dead End*

##### 3. Penggantian Isolator Penegang



**Gambar 13.** Pemasangan *Cowok 3 in 1* pada konstruksi Isolator Penegang

##### 4. Pemeliharaan Kawat Rantas



**Gambar 14.** Pemasangan *Cowok 3 in 1* pada kawat rantas

#### C. Pengujian Alat *Cowok 3 in 1*



**Gambar 15.** Pelaksanaan Uji Tarik *Temporary Insulator*



**Gambar 16.** Pelaksanaan Uji Isolasi tegangan tembus Temporary Insulator di LAB UPDL Semarang

Temporary Insulator pada inovasi Cowok 3 in 1 Sudah dilakukan pengujian secara elektrik dan mekanik. Pengujian isolasi / elektrik dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan memiliki kemampuan isolasi yang dapat menahan tegangan nominal saat digunakan [9]. Sedangkan pengujian mekanik dilakukan untuk memastikan peralatan inovasi memiliki kekuatan untuk menahan beban mekanis saat digunakan [9].

Pengujian isolasi dilakukan dengan cara menginjeksi tegangan 100 kV dengan jarak 30 cm selama 1 menit pada Temporary Insulator hasil uji tidak terjadi lompatan *arcing*, sehingga dapat dinyatakan aman dan laik dipergunakan dalam pekerjaan pemeliharaan. Type test mengacu pada standard IEC 60832-1.

Kemudian juga dilakukan uji tarik, untuk mengetahui kekuatan mekanis dari material Temporary Insulator, dimana hasil pengujianannya mampu menahan beban sampai dengan 1000 kg. Type test mengacu pada standard IEC 60832-1, 60832-2. Sehingga sangat aman sekali jika dilihat pada hasil perhitungan berat beban konduktor ukuran 240 mm<sup>2</sup> = 95,46 kg .

**D. Manfaat Finansial**

Untuk manfaat finansial dapat diketahui dengan menghitung biaya produksi dan biaya O&M dari peralatan inovasi Cowok 3 in 1 dan memperkirakan life timenya.

Berikut adalah rincian biaya produksi Temporary Insulator :

**Tabel 2.** Rincian Biaya Pembuatan Temporary Insulator

No	Nama Barang	Jumlah (bh)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Galah Isolasi	6	1.050.000	6.300.000
2	Bracket	12	100.000	1.200.000
3	Jack Screw	6	150.000	900.000
4	Ball Sackle	6	75.000	450.000
5	Rachet Spanner	6	185.000	1.110.000
<b>Total Biaya Pembuatan</b>			<b>10.260.000</b>	

Berikut adalah rincian biaya pembuatan Pole Type Saddle With Double Clamp :

**Tabel 3.** Rincian Biaya Pembuatan Pole Type Saddle With Double Clamp

No	Nama Barang	Jumlah (bh)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Besi UNP 3x6x300 mm	1	150.000	150.000
2	Cahin tightener +Extension Chain)	1	2.350.000	2.350.000
3	Bolt Double Arming	3	75.000	225.000
4	Eye Nut	6	50.000	300.000
5	Biaya jasa pembuatan	1	150.000	150.000
<b>Total Biaya Pembuatan</b>			<b>3.025.000</b>	

**Tabel 4.** Rincian Biaya Pembuatan Auxilliary Arm

No	Nama Barang	Jumlah (bh)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Cross Arm	1	300.000	300.000
2	PVC 3 mm	1	300.000	300.000
<b>Total Biaya Pembuatan</b>			<b>600.000</b>	

Oleh sebab itu, dapat kami peroleh dengan analisa ekonomi untuk perhitungan NPV (*Net Present Value*) dengan asumsi dari life time peralatan. Untuk perhitungannya jika kita asumsikan bahwa :

- Biaya investasi Pembuatan Alat Cowok 3 in 1 :
  - = Rp 10.260.000 + Rp 3.025.000 + Rp 600.000
  - = Rp 13.885.000
- Biaya O & M Alat Cowok 3 in 1 selama 6 bulan = Rp 700.000
- Life Time Karya Inovasi = 5 tahun
- Peralatan Impor
  - 1 set Dual Auxiliary Arm, 6 buah Tension Puller Switching Tool (estimasi hanya untuk pekerjaan penggantian Cross Arm Isolator Tumpu dan pemeliharaan kawat rantas)
- Biaya Peralatan Impor = Rp 68.250.000 + Rp 409.500.000 = Rp 477.750.000
- Life Time Peralatan Impor = 10 tahun
- Suku Bunga = 10%

Maka dapat diperoleh nilai NPV (*Net Present Value*) sebagai berikut :

NPV inovasi *Cowok 3 in 1* = Rp 29.062.841,74

NPV Peralatan Impor = Rp 442.920.575,77

Selisih NPV = Rp 413.857.734,03

Selisih NPV ini membuktikan bahwa pada tingkat efektifitas biaya investasi peralatan inovasi dibandingkan dengan peralatan impor dengan bahan yang sama, walaupun perbandingan tersebut tidak dapat dibandingkan langsung dikarenakan fungsi peralatan impor tersebut hanya disisi pekerjaan perbaikan kawat rantas saja, jika dibandingkan dengan inovasi *cowok 3 in one 1* sebanyak 4 jenis pekerjaan pemeliharaan (*Double Dead End, Dead End, isolator penegang dan kawat rantas*).

#### E. Manfaat Non Finansial

1. Untuk mengatasi pemadaman jaringan listrik Tegangan Menengah yang diakibatkan oleh pekerjaan pemeliharaan, perbaikan kinerja SAIDI dan SAIFI
2. Untuk menjamin kontinuitas pelayanan tenaga listrik kepada konsumen
3. Untuk memperbaiki Citra Perusahaan

#### F. Analisa Risiko

Berikut adalah analisa risiko pada alat inovasi *Cowok 3 in 1* Dari beberapa kemungkinan risiko, kami rumuskan sebagai berikut:

- a. Pemasangan yang tidak sempurna sehingga menyebabkan konduktor kendor.
- b. Petugas memasang *Came A-Long* yang tidak kencang diakibatkan petugas tidak menerapkan SOP dengan benar yang akan menyebabkan Temporary Insulator terlepas dari konduktor.
- c. Pada Petugas memasang baut *Pole Type Saddle* pada *Auxilliary Arm* yang tidak kencang dikarenakan petugas tidak menerapkan SOP dengan benar yang akan menyebabkan *Auxilliary Arm* terjatuh ke tanah.
- d. Petugas memasang *Pole Type Saddle* yang tidak kencang pada pengikatan ke tiang SUTM 20 kV diakibatkan petugas tidak menerapkan SOP dengan benar yang akan menyebabkan *Auxilliary Arm* miring dan bahkan dapat melorot ke bawah tanah.

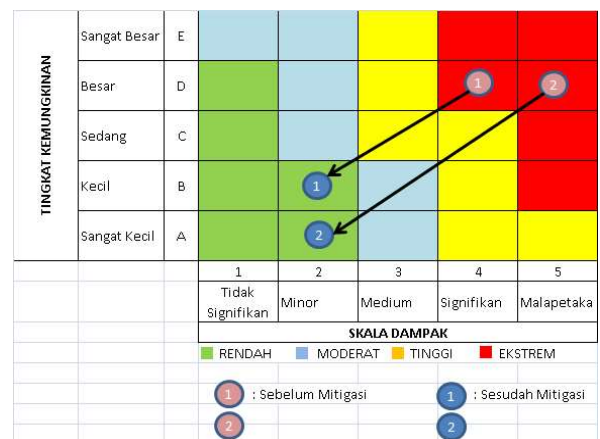
Dari kemungkinan bahaya diatas, dilakukan mitigasi berupa:

Tabel 5. Mitigasi Bahaya

No	Sasaran	Identifikasi Risiko "Cowok 3 In One"				
		No	Risiko	Deskripsi	Penyebab	Dampak
1	2	3	4	5	6	7
1	Cowok 3 in One bertujuan untuk pemeliharaan konstruksi Double Dead End pada SUTM 20 kV secara PDKB dengan Metode Sentuh Langsung	1	Keterse-dian SDM	Cara Pemasangan yang tidak sempurna		Konduktor kendor
		2		Pemasangan Came A-Long tidak Sempurna	Personil yang melaksanakan pemeliharaan tidak menerapkan SOP yang benar	Temporary Insulator terlepas dsri konduktor

Level Dampak	Kontrol yang telah ada	Level Dampak setelah existing	Mitigasi	Bukti
8	9	10	11	12
4	Pada saat pekerjaan pemeriksaan harus menggunakan SOP yang benar	2	1. Pengecekan peralatan kerja sebelum dimulai 2. Penggunaan peralatan kerja yang benar sesuai SOP 3. Pelaksanaan pekerjaan sesuai SOP	
5	Pada saat pekerjaan pemeriksaan harus menggunakan SOP yang benar	2	1. Pengecekan peralatan kerja sebelum dimulai 2. Penggunaan peralatan kerja yang benar sesuai SOP 3. Pelaksanaan pekerjaan sesuai SOP	

Dari analisa risiko dan mitigasi diatas, maka dapat kita buat analisa risiko seperti dibawah ini:



Gambar 17. Analisa Risiko

### G. Implementasi Inovasi

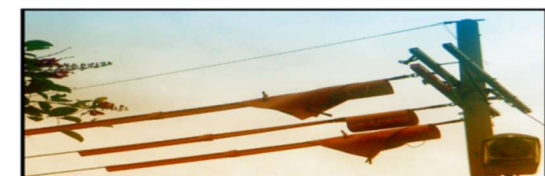
Peralatan inovasi *Cowok 3 in 1* telah dilakukan implementasi di beberapa jaringan SUTM 20 kV, yaitu di PLN UPDL Semarang dan di PLN Unit Operasional. Pada implementasi tersebut dilakukan pekerjaan penggantian isolator dan *cross arm* pada konstruksi *double dead end*. Hasil pekerjaan menunjukkan fungsi peralatan inovasi dapat digunakan sesuai fungsinya. Berikut ini adalah implementasi peralatan inovasi secara PDKB :



**Gambar 18.** Implementasi pada Konstruksi *Double Dead End* di PLN Area Surabaya Selatan



**Gambar 19.** Implementasi pada Konstruksi *Single Dead End* di PLN Area Surabaya Selatan



**Gambar 20.** Pemeliharaan Isolator Penegang di PLN Area Surabaya Selatan



**Gambar 21.** Pemeliharaan Kawat Rantas di PLN Area Surabaya Selatan



**Gambar 22.** Implementasi "*CoWok 3in1*" bersama Tim PDKB TM PLN Area Surabaya Selatan



**Gambar 23.** Implementasi "*CoWok 3in1*" di UPDL Semarang

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan tersebut diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Cowok 3 in 1* merupakan peralatan utama dan satu-satunya solusi terbaik yang digunakan untuk pemeliharaan / penggantian *Cross arm Double Dead End*, *Cross arm Dead End*, maupun Isolator

Penegang dalam keadaan bertegangan yang terbukti simpel, aman, efisien dan handal.

2. *Cowok 3 in 1* mempunyai nilai tambah dimana dapat juga digunakan untuk pemeliharaan kawat rantas pada jaringan SUTM 20 kV.
3. Dengan cara pemeliharaan seperti ini kontinuitas *supply* tenaga listrik dan pelayanan kepada pelanggan menjadi lebih baik dikarenakan dikerjakan tanpa padam / secara PDKB.

#### REFERENSI

- [1] Towers and O. F. T. H. E. Ieee, "Live-line maintenance methods," *IEEE Trans. Power Appar. Syst.*, vol. PAS-92, no. 5, pp. 1642–1648, 1973, doi: 10.1109/TPAS.1973.293712.
- [2] J. F. Goffinet, I. Gutman, and P. Sidenvall, "Innovative insulated cross-Arm: Requirements, testing and construction," *2017 12th Int. Conf. Live Maintenance, ICOLIM 2017*, pp. 1–7, 2017, doi: 10.1109/ICOLIM.2017.7964158.
- [3] SPLN, "Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan ( PDKB ) PART 1," no. 0011, pp. 3–8, 2020.
- [4] SPLN D5.008-1: 2020, *Konstruksi Distribusi Bagian 1 : Jaringan Tegangan Menengah, 2020*
- [5] 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: Jaringan Tegangan Menengah," no. 0007, 2020.
- [7] KOMISI PDKB PLN, *Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan Tegangan Tinggi Dan Tegangan Ekstra Tinggi Nomor : 7.001/PROS/TRS.00.003/KOMISI-PDKB PUSAT/2018*. Jakarta: PT PLN (PERSERO) KANTOR PUSAT, 2018.
- [8] Niina Palmu , *FACTORS INFLUENCING THE ELECTRICAL INSULATION OF GLASS FIBRE COMPOSITE TUBES, September 2021*.
- [9] D3.032: 2020, *Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB), 2020*
- [10] S. Grzybowski and T. Disyadej, "Electrical performance of fiberglass crossarm in distribution and transmission lines," *Transm. Distrib. Expo. Conf. 2008 IEEE PES Powering Towar. Futur. PIMS 2008*, pp. 1–5, 2008, doi: 10.1109/TDC.2008.4517257./