



## PROSEDUR PEKERJAAN SALURAN KABEL TANAM TEGANGAN MENENGAH 20 KV (SKTM 20 KV) BERBASIS KEHANDALAN DAN KEAMANAN



**Parlaungan Simangunsong**<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Negeri Medan

<sup>2</sup>Konsetrasi Teknik Elektro

[simangunsongparlaungan@gmail.com](mailto:simangunsongparlaungan@gmail.com)

### ABSTRAK

Pelaksanaan pekerjaan saluran kabel bawah tanah 20 KV harus mengikuti prosedur yang meliputi pemenuhan parameter keamanan, kehandalan dan efektivitas. Keamanan meliputi keamanan pekerja, keamanan objek kerja, dan keamanan pengguna hasil pekerjaan. Kehandalan meliputi kontinuitas penyaluran energi dengan stabilitas tegangan dan daya yang baik. Keamanan dan kehandalan hasil pekerjaan diuji dengan tes komisioning, serta pernyataan pemberi pekerjaan setelah hasil proyek dipergunakan. Prosedur pelaksanaan pekerjaan adalah juga sebagai standar kerja yang harus dilaksanakan sehingga hasil kerja dapat dipertanggungjawabkan dengan baik kepada sipemberi pekerjaan. Prosedur kerja telah diimplementasikan pada 20 proyek, dan hasil pekerjaan disimpulkan aman dan handal.

**Kata Kunci:** Prosedur Pekerjaan, SKTM, Kabel Tanam, Keamanan, kehandalan.

### ABSTRACT

*The implementation of the 20 KV underground cable line work must follow a procedure that includes meeting the parameters of safety, effectiveness and efficiency. Reliability includes the continuity of the function of the work results when used in various conditions. Safety includes to workers, work objects, and users of work results. The work implementation procedure is also a work standard that must be implemented to 20 projects so that the work results can be accounted for properly to the job provider. Job Procedure has been invented good for using in distribution network work of 20 KV underground cable.*

**Key Words:** Work Procedures, SKTM, Underground Cables, Reliability, Safety.

### 1. Pendahuluan

Pendistribusian tenaga listrik ke pengguna tenaga listrik di suatu kawasan harus mempertimbangkan baerbagai factor (Kletz, 2002:159-160). Penggunaan sistem Tegangan Menengah sebagai jaringan utama adalah upaya utama menghindari rugi-rugi penyaluran (losses) dengan kondisi aman, dengan kualitas persyaratan tegangan yang harus dipatuhi oleh PT. PLN (Persero) selaku pemegang kuasa Usaha Utama sebagaimana diatur dalam Undang Undang Ketenagalistrikan No. 30 Tahun 2009.

Penggunaan Saluran Kabel Bawah Tegangan Menengah (SKTM) sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama peningkatan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat factor eksternal/ meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. Sejalan dengan hal tersebut kabel yang dipergunakan dan proses pengerjaan instalasinya harus memenuhi standar dan dijamin mutunya (Moore, 1997: 301). Penjaminan mutu memberi jaminan kepada pengguna bahwa hasil pekerjaan memenuhi standar yang ditetapkan.

Rufina, Ratnata, Hasbullah (2014:89-98) mengatakan bahwa kebakaran akibat listrik di Jakarta disebabkan kabel sekitar 78%. Kabel listrik yang kemampuan hantarnya lebih kecil dari arus yang dialirkan akan menimbulkan panas dan melelehkan isolasi sehingga membakar. Sejalan dengan hal

tersebut kabel dengan tegangan tembus serta arus bocor menjadi pertimbangan penting dalam pekerjaan instalasi.

Hasil pekerjaan pemasangan instalasi listrik tegangan menengah di bawah tanah, banyak mengalami persoalan dan resiko. Sejalan dengan hal tersebut, agar terhindar dari resiko dan tercapainya kualitas kerja, maka dibutuhkan pedoman kerja yang terimplikasikan dan teruji dalam sejumlah proyek. Artikel ini mengungkap perumusan pedoman kerja yang sudah teruji efektif, efisien, dan aman untuk pemakai dan peralatan kelistrikan.

## 2. Kajian Pustaka

Linsley (2005:1) menyatakan dalam pekerjaan kelistrikan keselamatan kerja adalah hal yang penting. Keselamatan kerja para pekerja dan bahan serta alat kerja. Pelaksanaan pekerjaan penanaman SKTM yang berada dalam ruang milik jalan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Tidak mengganggu keamanan dan keselamatan pengguna jalan.
- Tidak mengganggu pandangan bebas dan konsentrasi pengemudi.
- Tidak mengganggu fungsi dan konstruksi jalan serta bangunan pelengkap.
- Tidak mengganggu dan mengurangi fungsi rambu-rambu dan sarana pengatur lalu lintas.

Menurut Pansini (2007:9) Jarak aman konstruksi kabel distribusi disesuaikan dengan kondisi lapangan.

### 2.1 Konstruksi SKTM

- Jarak aman Kontruksi SKTM.

Karena menyangkut fasilitas Pemko seperti jalan raya, trotoar atau instalasi pengguna lainnya (Telkom/PAM), dikawasan perkotaan pekerjaan konstruksi SKTM untuk system distribusi harus dilaksanakan dengan ketentuan/ seizing Pemko setempat. Sebagaimana ditetapkan dalam PUIL, jarak aman antara instalasi bawah tanah ditetapkan sesuai Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Ketentuan Jarak Aman instalasi Sesuai dengan Kondisi Lapangan Pekerjaan

No.	KONDISI	JARAK AMAN INSTALASI
1	Persilangan antar SKTM 20 kV	Harus berjarak 30 cm dan diberi penyekat batubata
2	Persilangan/sejajar dengan kabel tanah telekomunikasi	>30 cm Kabel-kabel listrik harus dibawah kabel telekomunikasi dan dilindungi pipa beton belah atau batu bata dan diletakkan 0,5meter pada sisi kanan persilangan. Bila kabel Telkom sejajar dengan kabel TM, selama sejajar harus dimasukkan dalam pipa beton belah/pelat beton atau sejenisnya.
3	Persilangan dengan Pipa Air PAM/GAS	>30 cm Kabel-kabel listrik harus dibawah saluran pipa PAM/GAS dan dilindungi pipa beton belah, atau lempengan minimum tebal 6 cm dan diletakkan 0,5meter pada sisi kiri kanan persilangan, bila saluran pipa PAM/Gas sejajar dengan kabel TM, sepanjang selama sejajar harus dimasukkan dalam pipa beton belah/pelat beton atau sejenis
4	Persilangan/Sejajar dengan rel kereta api	Kabel harus berjarak minimal 2meter dari rel kereta api. Jika persilangan, kabel harus dimasukkan dalam pipa baja diameter >minimal 6" dan diletakkan 2meter dari rel kereta, dengan kedalaman 2meter dibawah rel kereta api.
5	Persilangan dengan jalan raya atau jalan lingkungan	Kedalaman minimal kabel adalah 0,80 m, Kabel harus dimasukkan ke dalam pipa baja atau PVC4" yang diletakkan minimal 0,5meter sisi kiri kanan bahu jalan
6	Persilangan dengan saluran/ bangunan air irigasi	Persilangan di bawah: Kabel harus ditanam dengan jarak minimal tanah dari bangunan air adalah 0,3meter dan harus dimasukkan kedalam pipa beton/logam dengan diameter >4" dan diletakkan 0,5 meter pada kedua sisi

No.	KONDISI	JARAK AMAN INSTALASI
		perlintasan. Pada kedua tepi saluran air dimana kabel tanah ditanam harus diberi tanda. Jika harus menyeberangi, harus menggunakan jembatan kabel berpelindung baja.
b.	Bila saat instalasi kondisi lapangan tidak memungkinkan untuk pemenuhan jarak aman tersebut, pelaksanaan akhir harus ditambahkan penguatan struktur pelindung dan dengan sepengetahuan Pemko.	
c.	Konstruksi SKTM Tanam Langsung. Konstruksi lubang galian untuk perletakan kabel harus cukup, sekurang-kurangnya 40 cm yang harus disesuaikan dengan banyak kabel yang akan diletakkan di dalam galian tersebut seperti dinyatakan dalam Table 2 berikut.	

Tabel.2. Dimensi Galian Tanam Langsung SKTM pada taman/tanah biasa/berm jalan

Jumlah Kabel	Lebar (Cm)	Kedalaman (Cm)
1	40	80
2	50	80
3	60	80
4	80	80

Sebelum kabel diletakkan pada galian, untuk mengantisipasi dissipasi panas dan kelenturan, galian harus dilapisi pasir setebal 10 cm terlebih dahulu, demikian juga setelah diletakkan untuk kemudian ditutup dengan batu pengaman dengan tebal 6 cm. Batu pengaman yang berwujud lempengan beton harus diberi tanda PLN 20 kV. Untuk peletakan lebih dari 1 kabel, diantara kabel juga harus disekat dengan batu pengaman setebal 6cm.

- d. Konstruksi SKTM Tanam Langsung dibawah trotoar.  
 Konstruksi SKTM dibawah trotoar berbeda dengan dibawah tanah biasa atau taman. Sebelum SKTM digelar harus memperhitungkan konstruksi trotoar sehingga kedalaman galian disesuaikan menurut Table 3.

Tabel.3. Dimensi Galian Tanam Langsung SKTM pada trotoar

Jumlah Kabel	Lebar Galian (Cm)	Kedalaman (Cm)
1	40	150
2	50	150
3	60	150
4	80	150

- e. Konstruksi SKTM Persilangan (Crossing) Badan Jalan.  
 Dalam hal pemotongan jalan tidak diizinkan atau tidak memungkinkan oleh Pemko, pelaksanaan crossing harus dilakukan dengan membuat bora tau terowongan melintang jalan. Pembuatan system bora tau terowongan dapat dengan cara manual atau mesin. Segera setelah pekerjaan bor selesai, dilakukan pemasangan pipa besi minimal 6 inci untuk perlintasan kabel TM.
- f. Konstruksi SKTM Persilangan Sungai.  
 Untuk bentangan sungai lebih dari 50 meter, crossing sungai menggunakan jembatan kabel yang sudah tersedia, kabel harus dimasukkan ke dalam pipa berdiameter 6" dan dipastikan pipa sudah terpasang dengan baik pada konstruksi dudukan yang telah disiapkan pada jembatan kabel.

## 2.2 PENYELENGGARAAN KONSTRUKSI SKTM

### 1. Pekerjaan Persiapan Penyelenggaraan Kabel.

Sebelum pekerjaan lapangan dilaksanakan, periksa dan persiapkan gambar rencana rute pelaksanaan pekerjaan. Pastikan terlebih dahulu awal dan akhir penggelaran kabel. Laksanakan survey rencana jalur kabel dan pastikan keseluruhan proses perizinan. Perizinan Pemda/Pemko atau pemilik lahan sudah diperoleh untuk keseluruhan jalur SKTM serta ketahui kemungkinan

adanya utilitas lain. Dalam hal terdapat utilitas nonPLN lain di bawah tanah, laksanakan konsultasi dan koordinasi dengan Pemda/Pemko atau pemilik lahan.

## **2. *Persiapan Peralatan dan Material***

Berikutnya siapkan material maupun material penunjang seperti:

- a. Kabel SKTM
- b. Pasir Urug
- c. Batu Pengaman
- d. Batu Bata
- e. Batu Patok/Tanda
- f. Pipa Besi Galvanis/Beton/PVC atau Sejenis

Serta peralatan kerja dan konstruksi prasarana pendahuluan telah siap seperti:

- a. Lintasan Crossing
- b. Jembatan Kabel
- c. Pembersihan rencana jalur kabel
- d. Rambu-rambu K3
- e. Peralatan kerja serta rol kabel

## **3. *Pelaksanaan Galian Kabel.***

Galian kabel harus dilaksanakan sesuai dimensi seperti pada table. Tanah bekas galian harus diletakkan sedemikian rupa sehingga tidak turun kembali ke galian atau mengganggu pengguna jalan/ lahan lokasi galian. Bila di jalur galian sudah terdapat instalasi kabel/ utilitas lain, sedangkan SKTM yang harus dibangun harus diletakkan dibawahnya, segera pasang peralatan gantung sementara instalasi utilitas tersebut. Bila tanah lunak, pasangkan dinding pengaman sementara.

## **4. *Handling Transportasi Kabel SKTM.***

Pekerjaan pemindahan atau pengangkutan kabel harus dilakukan hati-hati dan dilaksanakan sesuai ketentuan. Untuk jarak pemindahan pendek < 20 meter, haspel dapat digelindingkan dan didorong dengan arah berlawanan gulungan kabel. Lintasan gulungan kabel harus dibersihkan dari batu-batu dan hambatan lain. Untuk kondisi lintasan/struktur tanah yang lemah supaya digunakan plat besi setebal 6 s/d 10 mm. Untuk pengangkutan menggunakan kendaraan, kondisi haspel harus dalam keadaan baik. Bila ada kerusakan haspel harus diperbaiki dan bila tidak mungkin untuk diperbaiki kabel harus digulungkan pada haspel yang baru. Menaikan haspel kabel keatas truk harus dengan fork lift, crane ataupun Derek bermotor. Didalam truk haspel harus diganjal dan diikat agar tidak menggelinding. Cara lain untuk pengangkutan adalah dengan menggunakan "trailer" kabel yang ditarik oleh mobil. Kemampuan peralatan atau kendaraan yang digunakan harus sesuai dengan berat kabel.

Pengangkutan kabel dengan cara diuraikan terlebih dulu dari haspel untuk kemudian di sling diatas truk pengangkut; sangat tidak di rekomendasikan. Kalaupun terpaksa harus dilaksanakan, misalnya akibat panjang kabel yang akan diangkut tidak mencapai 300 m (panjang penuh kabel pada 1 haspel) penaikan dan peletakan diatas truk harus hati-hati dan membentuk sling dengan radius 2 m Penurunan kabel tidak boleh dilakukan dengan cara menjatuhkan kabel dari atas truk. Penurunan dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pada waktu penurunan. Bila kabel yang akan diangkut panjang kurang dari 25 meter, pengangkutan-pengangkutan dapat dilakukan tanpa haspel, kabel dapat dibuat dalam bentuk melingkar atau spiral dan lingkaran satu dengan yang lainnya sekurang-kurangnya di tempat-tempat tertentu. Perhatikan agar jari-jari lingkaran lebih besar dari 15 x diameter kabel.

## **5. *Penggelaran kabel SKTM.***

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggelaran/penarikan kabel:

- a. Jumlah tenaga yang akan melaksanakan penarikan atau penggelaran kabel harus cukup, minimal satu orang per 5meter kabel. Jadi jika akan menggelar satu rol haspel kabel yang panjangnya  $\pm 250$  m diperlukan tenaga minimal  $250/5 = 50$  orang.

- b. Sebelum dilakukan penarikan atau penggelaran kabel tanah haspel, harus diletakkan diatas dongkrak untuk memudahkan penarikan.
- c. Kabel dilepas dari rol haspelnya, ditarik dan digelar secara hati – hati jangan sampai melilit dan menyatu, dsb.
- d. Kabel ditarik dengan tangan oleh pekerja-pekerja yang berdiri dengan jarak yang teratur sepanjang penggalian (1 orang, 1 roller, setiap kurang lebih 5 m).
- e. Setiap pekerja menarik kabel secara serentak sesuai aba-aba pengawas.
- f. Dalam melakukan penarikan kabel pada tikungan / belokan radius lengkungan kabel selama penggelaran harus selalu lebih dari 20 kali diameter kabelnya. Dalam melaksanakan penarikan kabel sedapat mungkin tanpa membuat selingan kabel. Jika selingan kabel tersebut harus dibuat berbentuk huruf S dimana jari-jari lengkungannya minimal  $15 \times$  diameter kabel, tidak dibenarkan menyilang kabel seperti membuat angka 8 (delapan).

#### **6. Penyambungan Kabel.**

Instalasi penyambungan harus dilaksanakan oleh petugas bersertifikat pabrikan kotak sambung yang akan dipasangkan. Syarat yang harus diperhatikan pada saat menyambung kabel adalah faktor kehati – hatian dan ketelitian untuk peniadaan resiko rusak dikemudian hari saat dioperasikan. Pada posisi penyambungan ini kabel diberi cadangan / spare masing – masing 2meter kiri – kanan sambungan

#### **7. Instalasi Terminal Kabel.**

Sama halnya dengan instalasi kotak sambung, dalam pemasangan terminasi harus dilaksanakan dengan teliti dan hati-hati mulai dari pembukaan kabel sampai kepada pemasangan bagian terakhir terminasi.

Tujuan instalasi terminasi adalah:

- a. Mencegah terjadinya konsentrasi stress pada ujung screen kabel.
- b. Mencegah terjadinya jejak konduktif (track) pada bahan isolasi terminasi, meskipun dalam keadaan polusi yang kurang baik.
- c. Penyekatan (sealing) yang mempunyai keandalan terhadap air, kelembaban dalam keadaan lingkungan sekitarnya.
- d. Kontak yang baik antara sepatu kabel dengan penghantarnya.

Beberapa hal yang patut diperhatikan dalam pemasangan terminasi:

- a. Pada saat pembukaan lapisan semikonduktor yang terdapat pada kabel, jangan sampai melukai lapisan tersebut.
- b. Gunakan sepatu kabel yang sesuai dengan kabelnya, selain sejenis bahannya ukurannya juga harus sama.
- c. Pada instalasi utama terminal kabel 20 kV, titik terpenting instalasi adalah pada bukaan selubung pentanahan terhadap isolasi. Di titik ini perlu diamankan tegangan “stress” yang terjadi.
- d. Harus dipasang pengendali stress menyelubungi isolasi kabel untuk mencegah adanya loncatan-loncatan listrik (korona) yang terjadi pada isoalasi kabel, sehingga tidak akan terjadi kerusakan isolasi kabel pada saat pengoperasian. Perhatikan jarak bukaan kabel terminasi antar fase bila di lapangan, pada saat instalasi terminal kabel panel PHB-TM, harus dilakukan crossing. Hindarkan terjadinya crossing pada instalasi terminal kabel pada PHB TM. Penyesuaian fase agar dilakukan pada jointing.

#### **8. Pemasangan Penghantar Pembumian.**

Seluruh pita grounding wire pada kabel TM harus terhubung sempurna saat instalasi kotak sambung dan terminasi kabel. Pembumian instalasi kabel TM dipasang cukup pada instalasi pembumian terminasi kabel.

#### **9. Penandaan Konstruksi SKTM.**

Pada tiap jarak sejauh-jauhnya 30meter jalur kabel harus diberi patok tanda kabel. Khusus untuk trotoar, tidak diperkenankan pemasangan patok kabel tetapi cukup pelat beton mendatar yang dipasang sesuai permukaan trotoar. Pada tiap sambungan kabel juga diberi tanda patok sambungan kabel (jointing).

### **10. Pemeriksaan Akhir dan Komisioning SKTM.**

Pada instalasi SKTM, sesungguhnya seluruh tahapan pekerjaan tersebut diatas harus diawasi dengan seksama. Koreksi instalasi SKTM relatif mustahil/sulit diterapkan sehingga kekeliruan saat instalasi dapat beresiko kerusakan kabel SKTM dikemudian hari. Setelah pekerjaan instalasi SKTM selesai, periksa finising hasil urugan kembali dan rekonstruksi trotoar/jalan bila ada dan laksanakan uji komisioning dengan:

Tahap 1: Uji isolasi dengan insulator tester 5/10 kV.

Tahap 2: Uji DC test 57 kV selama 1 menit.

Tahap 3: Uji isolasi dengan insulator tester 5/10 kV.

Tahap 4: Uji power frekwensi test 20 kV selama 15 menit.

Tahap 5: Uji isolasi dengan insulator tester 5/10 kV.

Tahap 6: Pemasukan tegangan operasional (20 kV).

Pelaksanaan pengujian tes komisioning merupakan jaminan terhadap kehandalan dan keamanan hasil pekerjaan instalasi tegangan menengah, tinggi, dan ekstra tinggi (Hauschild, Lemke, 2014:29-32), (Pansini, 2005: 122-127). Persyaratan uji tegangan tembus kabel tegangan rendah 0.6/1 (1.2) kV dengan isolasi PVC adalah 3,5 kV selama 5 menit (SPLN 43-2: 1994), untuk kabel tegangan rendah 300/500 V dan 450/750 V dengan isolasi PVC adalah 2 kV, 5 menit (SPLN 43-1: 1994). Sedangkan untuk kabel tegangan menengah 12/20 (24) kV dengan isolasi XLPE adalah 30 kV selama 5 menit (IEC 60502-2).

Menurut PUIL 2014 tahanan isolasi kabel minimal 1000 X Tegangan kerjanya. Sejalan dengan hal tersebut, maka untuk kabel tegangan menengah 20 KV, tahanan isolasinya minimal 20 Mega Ohm (20 M $\Omega$ ). Arus bocor yang diizinkan maksimum adalah sebesar  $I_{bc} = 20KV/20 M\Omega = 0,001$  Ampere (1 mA).

Pasra, Makkulau, Adnan (2018: 1-12) menemukan kapasitas antar kabel tegangan menengah 20 KV sebesar 0,272  $\mu$ f dengan frekwensi pengujian 353,98 Hz. Sama halnya dengan pekerjaan konstruksi jaringan distribusi lain, seluruh pemeriksaan akhir dan komisioning harus ditutup dengan penyiapan Berita Acara phisik selesai pekerjaan sebagai bahan dasar utama serah terima operasi pekerjaan dari pelaksana konstruksi dengan pengelola aset/petugas Operasi jaringan.

### **3. Metodologi**

Adapun metodologi yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah studi pustaka dan pengujian lapangan. Studi pustaka bertujuan untuk merumuskan pedoman kerja; dan pengujian lapangan bertujuan untuk menguji kehandalan, keamanan, dan efektivitas pekerjaan dan hasil kerja. Pengujian lapangan dilakukan pada 20 proyek yang telah dikerjakan. Tes komisioning untuk menguji ketahanan isolasi kabel, arus bocor, dan kapasitas, dengan tegangan test 20 KV selama 5 menit dan 10 Menit. Test dilakukan terhadap 3 titik pengujian setiap proyek (diuji setiap fasa). Instrumen yang dipergunakan adalah megger. Teknik analisis data yang dipergunakan adalah analisis deskriptif.

### **4. Hasil Pengujian**

#### **a. Pengujian Keamanan dan Kehandalan**

Keamanan dan kehandalan pekerjaan dapat diuji dengan test komisioning. Tes komisioning menggunakan megger dengan parameter ketahanan isolasi kabel, arus bocor, dan kondisi kapasitas. Hasil pengujian terhadap 20 item pekerjaan (proyek) dengan tes komisioning sebagai mana diperlihatkan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan isolasi, tegangan tembus, dan kapasitas antar kabel penghantar, dapat diketahui bahwa hasil pekerjaan adalah handal dan aman. Hal tersebut dapat lebih dijelaskan bahwa: (1) Kekuatan isolasi minimum setiap kabel pada setiap fasa adalah minimal 20 M $\Omega$ ; sedangkan hasil pengujian kekuatan isolasinya > 20 M $\Omega$ , (2) Arus bocor maksimum yang diizinkan maksimum adalah sebesar 1 mA; sedangkan hasil pengujian maksimum diperoleh 170,4 nA. Sejalan dengan hal tersebut, arus bocor jauh lebih rendah dari arus bocor maksimum yang diizinkan. Kapasitas antar fasa hasil pengujian penelitian Pasra, Makkulau, Adnan (2018: 1-12) sebesar 0,272  $\mu$ f, sedangkan pengujian hasil pekerjaan jauh lebih rendah.

Tabel 4. Hasil Pengujian Komisioning selama 5 Menit dengan Tegangan Pengujian 20 KV

No.	Ketahanan Isolasi Setiap Fasa (M $\Omega$ )			Arus Bocor Setiap Fasa (nA)			Keadaan Kapasitas Antar Fasa (nf)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	20,6	20,6	20,7	170,3	170,2	170,3	1,08	1,09	1,01
2	20,6	20,7	20,6	170,1	170,1	170,4	1,02	1,02	1,01
3	20,7	20,7	20,6	170,1	170,2	170,1	1,02	1,12	1,01
4	20,7	20,6	20,7	170,4	170,1	170	1,02	1,1	1,05
5	20,6	20,6	20,6	170,1	170,2	170	1,03	1,08	1,01
6	20,6	20,7	20,6	170,1	170,3	170	1,02	1,1	1,01
7	20,7	20,6	20,6	170,3	170,2	170	1,02	1,1	1,01
8	20,6	20,6	20,4	170,1	170,2	170,1	1,02	1,1	1,01
9	20,6	20,6	20,6	170,1	170,3	170	1,02	1,03	1,01
10	20,6	20,4	20,6	170,2	170,2	170	1,06	1,1	1,01
11	20,4	20,6	20,6	170,1	170,2	170	1,02	1,1	1,01
12	20,6	20,6	20,2	170,2	170,2	170,1	1,02	1,1	1,09
13	20,6	20,6	20,6	170,1	170,2	170	1,02	1,04	1,01
14	20,6	20,2	20,6	170,1	170,2	170	1,02	1,1	1,01
15	20,2	20,6	20,5	170,3	170,2	170,1	1,07	1,1	1,01
16	20,6	20,6	20,3	170,1	170,3	170	1,02	1,07	1,07
17	20,6	20,5	20,3	170,1	170,2	170	1,02	1,1	1,01
18	20,5	20,3	20,4	170,4	170,2	170	1,02	1,1	1,01
19	20,6	20,3	20,7	170,1	170,3	170,2	1,05	1,08	1,02
20	20,6	20,4	20,7	170,1	170,2	170	1,04	1,09	1,04

Tabel 5. Hasil Pengujian Komisioning selama 10 Menit dengan Tegangan Pengujian 20 KV

No.	Ketahanan Isolasi Setiap Fasa (M $\Omega$ )			Arus Bocor Setiap Fasa (nA)			Keadaan Kapasitas Antar Fasa (nf)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	20,6	20,6	20,7	170,3	170,2	170,3	1,08	1,09	1,01
2	20,6	20,7	20,6	170,1	170,1	170,4	1,02	1,02	1,01
3	20,7	20,7	20,6	170,1	170,2	170,1	1,02	1,12	1,01
4	20,7	20,6	20,7	170,4	170,1	170	1,02	1,1	1,05
5	20,6	20,6	20,6	170,1	170,2	170	1,03	1,08	1,01
6	20,6	20,7	20,6	170,1	170,3	170	1,02	1,1	1,01
7	20,7	20,6	20,6	170,3	170,2	170	1,02	1,1	1,01
8	20,6	20,6	20,4	170,1	170,2	170,1	1,02	1,1	1,01
9	20,6	20,6	20,6	170,1	170,3	170	1,02	1,03	1,01
10	20,6	20,4	20,6	170,2	170,2	170	1,06	1,1	1,01
11	20,4	20,6	20,6	170,1	170,2	170	1,02	1,1	1,01
12	20,6	20,6	20,2	170,2	170,2	170,1	1,02	1,1	1,09
13	20,6	20,6	20,6	170,1	170,2	170	1,02	1,04	1,01
14	20,6	20,2	20,6	170,1	170,2	170	1,02	1,1	1,01
15	20,2	20,6	20,5	170,3	170,2	170,1	1,07	1,1	1,01
16	20,6	20,6	20,3	170,1	170,3	170	1,02	1,07	1,07
17	20,6	20,5	20,3	170,1	170,2	170	1,02	1,1	1,01
18	20,5	20,3	20,4	170,4	170,2	170	1,02	1,1	1,01
19	20,6	20,3	20,7	170,1	170,3	170,2	1,05	1,08	1,02
20	20,6	20,4	20,7	170,1	170,2	170	1,04	1,09	1,04

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan isolasi, tegangan tembus, dan kapasitas antar kabel penghantar, dapat diketahui bahwa hasil pekerjaan adalah handal dan aman. Hal tersebut dapat lebih dijelaskan bahwa: (1) Kekuatan isolasi minimum setiap kabel pada setiap fasa adalah minimal 20 M $\Omega$ ; sedangkan hasil pengujian kekuatan isolasinya > 20 M $\Omega$ , (2) Arus bocor maksimum yang diizinkan

maksimum adalah sebesar 1 mA; sedangkan hasil pengujian maksimum diperoleh 170,4 nA. Sejalan dengan hal tersebut, arus bocor jauh lebih rendah dari arus bocor maksimum yang diizinkan. Kapasitas antar fasa hasil pengujian penelitian Pasra, Makkulau, Adnan (2018: 1-12) sebesar 0,272  $\mu\text{f}$ , sedangkan pengujian hasil pekerjaan jauh lebih rendah.

Hasil pekerjaan dari 20 proyek yang telah dilaksanakan dengan berpedoman pada prosedur kerja yang dirancang, setelah dioperasikan, belum pernah mengalami gangguan. Sejalan dengan hal tersebut berdasarkan hasil diskusi dengan pihak pengguna, bahwa hasil pekerjaan yang telah dioperasikan adalah sangat memuaskan. Kepuasan pemberi pekerjaan didasarkan pada nihilnya permasalahan operasional maupun teknis yang terjadi setelah penggunaan jaringan distribusi.

## 5. Kesimpulan dan Saran

Prosedur Pekerjaan kabel tanam jaringan distribusi 20 KV telah teruji, aman, dan handal.

1. Hasil pengujian komisioning pekerjaan dengan berpedoman pada pedoman kerja yang telah dirumuskan adalah memenuhi standar.
2. Seluruh proyek yang dilaksanakan berdasarkan pedoman kerja yang telah dirumuskan belum mengalami gangguan sehingga pemberi pekerjaan sangat puas.
3. Pedoman kerja yang dirumuskan ini, sebaiknya dipergunakan oleh pihak PLN menjadi salah satu pedoman pengendalian pekerjaan rekanan.
4. Perusahaan yang bergerak dalam pembangunan jaringan distribusi tegangan menengah kabel tanam sebaiknya menggunakan pedoman kerja yang telah dirumuskan ini.
5. Masih dibutuhkan penelitian lanjutan dengan metode action research untuk merumuskan pedoman kerja dalam pekerjaan jaringan transmisi tegangan tinggi.

## Daftar Pustaka

- Hauschild Wolfgang, Lemke Eberhard. 2014. *High Voltage Test and Measuring Techniques*. New York: Springer Heidelberg.
- Kementerian ESDM. PUIL 2011.
- Kletz T. 2002. *Electrical installations in hazardous areas*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 15 (2002).
- Linsley Trevor. 2005. *Advanced Electrical Instalation Work*. Fourth Edition. Oxford: Elsevier
- Moore G. F. 1997. *Electric Cable Handbook*. Oxford: Blackwell Sciences, Ltd.
- Pansini J, Anthony. 2005. *Guide to Electrical Power Distribution Systems*. Sixth Edition. Indian: The Fairmont Press, Inc.
- Pansini J, Anthony. 2007. *Electrical Distribution Engineering*. 3<sup>rd</sup> Edition. USA: Fairmont Press, Inc.
- Pasra Nurmiati, Makkulau Andi, Adnan Hasil Muhammad. 2018. *Gangguan yang terjadi pada Sistem Jointing pada Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 KV*. Jurnal Sutet Vol. 8 No.1 Januari –Juni PUIL, 2014.
- Rufina Zikra, Ratnata Wayan I, Hasbullah. 2014. *Analisis Tegangan tembus Kabel Instalasi listrik*. Electrans. Vol. 13, No. 1. Maret.