

Analisa Energi Terselamatkan SUTT 150 kV Tanpa Pemadaman Di PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan

Indra Roza, Yussa Ananda, Lisa Adriana Siregar, Agus Almi Nasution

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Harapan Medan
Jl. H.M. Jhoni No. 70 A Medan, 20152
e-mail: indrarozar@gmail.com

Abstrak — Untuk menjamin keandalan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik diperlukan keandalan pada sistem penyaluran energi listrik dari pembangkit melalui Saluran Udara. Salah satu masalah adalah seringnya terjadi pemadaman untuk pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan pada saluran transmisi. Teknik pekerjaan dalam keadaan padam sangat merugikan konsumen dan kerugian perusahaan yang memproduksi listrik karena kWh yang diproduksi tidak bisa tersalurkan ke konsumen. Hal ini mempengaruhi indikator kinerja keandalan sistem transmisi seperti TLOD (*Transmission Line Outage Duration*) dan TLOF (*Transmission Line Outage Frequency*). Salah satu solusi dilakukan pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan tanpa memadamkan jaringan adalah dengan menggunakan teknik PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) yaitu, *climb up inspection*, penggantian isolator *flashover* dan pengukuran kekuatan isolasi isolator pada jaringan SUTT. Dengan menerapkan teknik ini diharapkan mencegah terhentinya penyaluran kWh pada konsumen akibat pemeliharaan, memperkecil jumlah gangguan pada saluran transmisi, serta memperkecil nilai indikator kinerja transmisi TLOD dan TLOF serta meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Hasil perhitungan energi yang terselamatkan dengan adanya Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan di area kerja PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Medan periode 1 tahun didapat sekitar 2025,85 MWh energi yang terselamatkan. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Medan nilai indikator durasi padamnya jaringan (TLOD) sampai akhir Agustus adalah 2.59 dan indikator jumlah padamnya jaringan (TLOF) adalah 1.02. Kedua indikator tersebut masih berada di bawah target yang ditetapkan oleh PLN, hal ini menandakan bahwa nilai kinerja Unit Pelayanan Transmisi Medan masih baik. Berdasarkan data rekapitulasi gangguan saluran transmisi 150 kV Unit Pelayanan Transmisi Medan diketahui bahwa salah satu faktor penyebab gangguan yang paling sering terjadi adalah faktor eksternal yaitu sambaran petir.

Kata kunci : Energi, SUTT 150 kV, tanpa pemadaman, PT. PLN (Persero)

Abstract — To ensure the reliability and continuity of electricity distribution, it is necessary to have the reliability of the electrical energy supply system from the generator through the Air Duct. One problem is frequent outages for maintenance and repair work on transmission lines. Engineering work in a state of blackout is very detrimental to consumers and to companies that produce electricity because the kWh produced cannot be distributed to consumers. This affects transmission system reliability performance indicators such as TLOD (*Transmission Line Outage Duration*) and TLOF (*Transmission Line Outage frequency*). One of the solutions for maintenance and repair work without turning off the network is to use the PDKB (*Work in a Voltage Condition*) technique, namely, *climb-up inspection*, replacement of the *flashover* isolator and the measurement of the isolation strength of the isolator on the SUTT network. By applying this technique, it is hoped that it will prevent the disruption of kWh distribution to consumers due to maintenance, reduce the number of disturbances on the transmission line, and reduce the value of the TLOD and TLOF transmission performance indicators and increase the reliability of the electric power system. The results of the calculation of the energy saved by the work in a stressful state in the work area of PT. PLN (Persero) Medan Transmission Service Unit for a period of 1 year obtained about 2025.85 MWh of saved energy. Based on data obtained from PT. PLN (Persero) Medan Transmission Service Unit (TLOD) duration indicator value (TLOD) until the end of August is 2.59 and the number of network outages (TLOF) indicator value is 1.02. Both indicators are still below the target set by PLN, this indicates that the performance value of the Medan Transmission Service Unit is still good. Based on the recapitulation data of 150 kV transmission line disturbances in the Medan Transmission Service Unit, it is known that one of the most frequent causes of disturbance is external factors, namely lightning strikes.

Keywords : Energy, SUTT 150 kV, without blackout, PT. PLN (Persero)

I. PENDAHULUAN

Listrik telah menjadi sumber energi utama bagi manusia. Hampir semua aspek dalam kehidupan

manusia memerlukan listrik. Di rumah, kita butuh listrik untuk menghidupkan lampu, TV, radio, pompa air, sampai alat pendingin ruangan. Di kantor, listrik

dibutuhkan untuk komputer, perkakas listrik, mesin faks, sampai alat pendingin ruangan. Lampu - lampu penerangan jalan dan lampu pengatur lalu lintas tidak akan berfungsi tanpa adanya listrik. Rumah sakit tidak akan berfungsi maksimal jika tidak ada listrik. Pabrik – pabrik tidak akan bisa memproduksi jika tidak ada listrik, dan banyak aspek lain yang sangat bergantung pada listrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut, maka negara melalui PT. PLN (Persero) membangun pusat – pusat pembangkit listrik untuk membangkitkan tenaga listrik yang kemudian akan disalurkan kepada konsumen melalui Saluran Transmisi yang salah satunya adalah Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV kemudian ke jaringan distribusi 20 kV dan pada akhirnya akan sampai ke konsumen. Keandalan sistem transmisi energi listrik ke Gardu Induk sangat dipengaruhi oleh frekuensi padam jaringan transmisi. Salah satu persoalan adalah masih seringnya diadakan pemadaman untuk pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan jaringan.

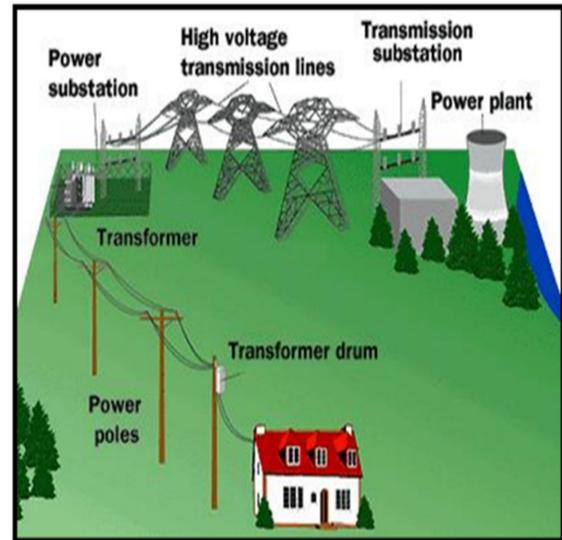
Pada tahun 1990-an, untuk mengganti isolator pada UTT yang telah rusak menjadi isolator yang baru, perlu dilakukan pemadaman listrik. Dengan adanya pemadaman listrik ini tentunya menimbulkan kerugian yang besar dari segi material yang harus di tanggung oleh PT. PLN Teknik pekerjaan dalam keadaan padam tersebut sangat merugikan konsumen dan kerugian perusahaan karena KWh diproduksi tidak bisa tersalurkan. Untuk meminimalisir adanya kerugian tersebut, dikembangkanlah metode penggantian isolator dalam keadaan bertegangan. Cara pemeliharaan dan perbaikan saluran transmisi dengan menggunakan teknik Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) dapat menyelamatkan energi terbuang (KWh) dan meningkatkan keandalan penyaluran listrik kekonsumen sehingga layak untuk dilakukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum sistem tenaga listrik dapat dikatakan terdiri dari tiga bagian utama, yaitu :

- a. Pembangkit tenaga listrik.
- b. Transmisi tenaga listrik.
- c. Distribusi tenaga listrik.

Sistem tenaga listrik modern merupakan sistem yang komplek yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban. Untuk memenuhi tujuan operasi sistem tenaga listrik, ketiga bagian yaitu pembangkit, penyaluran dan distribusi tersebut satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

A. Pusat Pembangkit Listrik (Power Plant)

Yaitu tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak mula (*Prime Mover*) dan generator yang membangkitkan listrik.

B. Transmisi Tenaga Listrik

Merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga saluran distribusi listrik (*substation distribution*) sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik.

C. Sistem Distribusi

Merupakan subsistem tersendiri yang terdiri dari : Pusat Pengatur (*Distribution Control Center, DCC*). Saluran tegangan menengah (6kV dan 20kV yang juga biasa disebut tegangan distribusi primer) yang merupakan saluran udara atau kabel tanah, gardu distribusi tegangan menengah yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan menengah dan trafo sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah (380V, 220V) yang menghasilkan tegangan kerja/tegangan jala-jalan untuk industri dan konsumen.

1. Gangguan Pada Saluran Transmisi

Yang dimaksud dengan gangguan pada sistem tenaga listrik adalah kejadian yang menyebabkan bekerjanya relai dan menjatuhkan Pemutus Tenaga (PMT) diluar kehendak operator, sehingga menyebabkan putusnya aliran daya yang melalui PMT tersebut.

Ditinjau dan sifatnya, ada gangguan yang bersifat temporer dan ada yang bersifat permanen. Yang bersifat temporer ditandai dengan normalnya kerja PMT setelah dimasukkan kembali, yang bersifat permanen ditandai dengan bekerjanya kembali PMT

untuk memutus daya listrik (dalam praktek dikatakan PMT trip kembali).

Gangguan permanen baru dapat diatasi setelah penyebab gangguannya dihilangkan. Sedangkan padagangguan temporer, sebab gangguan hilang dengan sendirinya setelah PMT trip gangguan permanen bisa disebabkan karena ada kerusakan peralatan sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakannya diperbaiki. Gangguan temporer yang terjadi berkali-kali dapat menyebabkan timbulnya kerusakan peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang permanen sebagai akibat timbulnya kerusakan pada peralatan tersebut.

2. Jenis Gangguan Pada SUTT 150 kV

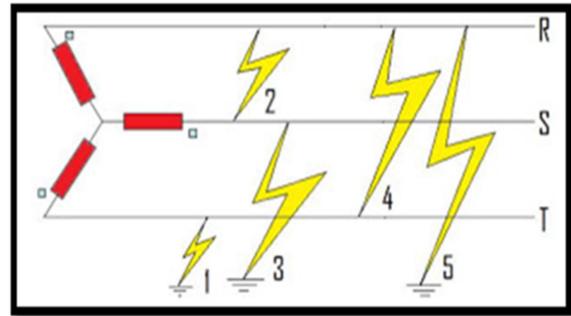
Gangguan pada rangkaian adalah semua kegagalan yang berhubungan dengan aliran arus ke beban. Berikut ini adalah gangguan di saluran transmisi :

a. Gangguan Beban Lebih

Beban lebih mungkin tidak tepat disebut sebagai gangguan. Namun karena beban lebih adalah suatu keadaan abnormal yang apabila dibiarkan terus berlangsung dapat membahayakan peralatan, jadi harus diamankan, maka beban lebih harus ikut ditinjau. Beban lebih dapat terjadi pada trafo atau pada saluran karena beban yang dipasoknya terus meningkat, atau karena adanya manuver atau perubahan aliran beban di jaringan setelah adanya gangguan. Beban lebih dapat mengakibatkan pemanasan yang berlebihan yang selanjutnya panas yang berlebihan itu dapat mempercepat proses penuaan atau memperpendek umur peralatan listrik.

b. Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit*)

Gangguan hubung singkat dapat terjadi antara fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau antara 1 fasa ke tanah, dan dapat bersifat temporer (*non persistant*) atau permanen (*persistant*). Gangguan yang permanen misalnya hubung singkat yang terjadi pada kabe l, belitan trafo atau belitan generator karena tembusnya (*break downnya*) isolasi padat. Gangguan temporer misalnya akibat *flashover* karena sambaran petir, pohon, atau tertiuip angin. Gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan secara termis dan mekanis. Kerusakan termis tergantung besar dan lama arus gangguan, sedangkan kerusakan mekanis terjadi akibat gayatarik-menarik atau tolak-menolak.



Gambar 2. Skema Gangguan

Keterangan pada gambar di atas :

1. Hubung singkat 1 fasa ke tanah.
2. Hubung singkat 2 fasa (antar fasa).
3. Hubung singkat 2 fasa ke tanah.
4. Hubung singkat 3 fasa.
5. Gangguan 3 fasa ke tanah.

c. Gangguan Tegangan Lebih

Tegangan lebih dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Tegangan lebih dengan *power frequency*.
2. Tegangan lebih transient.

Tegangan lebih transient dapat dibedakan :

1. Surja Petir (*Lightning surge*).
2. Surja Hubung (*Switching surge*).

Timbulnya tegangan lebih dengan *power frequency*, dapat terjadi karena :

1. Kehilangan beban atau penurunan beban di jaringan akibat *switching*, karena gangguan atau karena manuver.
2. Gangguan pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada generator atau pada *on load tap changer* dari trafo.
3. *Over speed* pada generator karena kehilangan beban.

d. Gangguan Kurangnya Daya

Kekurangan daya dapat terjadi karena tripnya unit pembangkit (akibat gangguan di *prime movernya* atau di generator) atau gangguan hubung singkat di jaringan yang menyebabkan kerjanya relai dan *circuit breakernya* yang berakibat terlepasnya suatu pusat pembangkit dari sistem. Jika kemampuan atau tingkat pembebanan pusat atau unit pembangkit yang hilang atau terlepas tersebut melampaui *spinning reserve system*, maka pusat-pusat pembangkit yang masih ada akan mengalami pembebanan yang berkelebihan sehingga frekuensi akan merosot terus, yang bila tidak diamankan akan mengakibatkan tripnya unit pembangkit lain (*cascading*) yang selanjutnya dapat berakibat runtuhnya (*collapse*) sistem (pemadaman total).

e. Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan Tegangan Tinggi / Tegangan Ekstra Tinggi

Gangguan surja petir dan surja hubung yang memiliki arus yang melebihi kemampuan tahan proteksi saluran udara tegangan tinggi (SUTT), akan menimbulkan kerusakan isolator pada SUTT tersebut. Salah satu isolator yang digunakan pada SUTT adalah isolator suspensi. Pada 1990-an, untuk mengganti suatu isolator yang rusak dengan isolator yang baru, perlu dilakukan pemadaman listrik. Hal ini tentunya menimbulkan kerugian material bagi PLN dan juga terhambat aliran energi listrik pada pelanggan. Untuk menghindari kerugian tersebut, maka PLN memiliki cara baru untuk mengganti isolator yang rusak tersebut, yaitu dengan mengganti isolator dalam keadaan bertegangan.

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) merupakan pekerjaan yang meliputi perbaikan, pemeliharaan, dan perluasan jaringan yang dilakukan dalam kondisi bertegangan atau tanpa memadamkan jaringan yang sedang beroperasi. Dengan demikian kelangsungan suplai energi listrik tetap terjaga dan selama pekerjaan tersebut berlangsung pelanggan tidak perlu mengalami pemadaman.

III. METODE

A. Persyaratan Umum Pelaksanaan PDKB Tegangan Tinggi / Tegangan Ekstra Tinggi

Syarat umum untuk Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) TT/TET harus berdasarkan:

1. Prosedur dan Instruksi Kerja yang telah disahkan, serta peralatan yang telah lulus uji oleh Lembaga Sertifikasi.
2. Penerima Surat Penunjukkan Pengawas Pekerjaan Bertegangan (SP3B) dan Surat Perintah melaksanakan Pekerjaan Bertegangan (SP2B) bertanggung jawab terhadap pelaksanaan PDKB, meliputi : Prosedur, Instruksi Kerja, Peralatan, dan Material yang digunakan.
3. Pelaksanaan PDKB TT/TET adalah pengembangan dari pekerjaan *off line*.
4. PDKB tidak boleh dilaksanakan pada pekerjaan yang tidak terencana.
5. Pengawas K3 bertanggung jawab atas keselamatan pelaksana, peralatan, dan pelaksanaan pekerjaan.
6. Keselamatan pribadi menjadi tanggung jawab masing-masing.
7. Dalam melaksanakan pekerjaan tidak diperbolehkan ada dua kegiatan yang dapat saling mempengaruhi pergerakan konduktor /tower bila terjadi kegagalan peralatan atau material.
8. Semua peralatan harus lulus uji setiap 6 bulan sekali.
9. Semua pelaksana PDKB harus diperiksa kesehatannya (general check up) setiap satu tahun sekali.

B. Ketentuan Keselamatan Pelaksanaan PDKB Tegangan Tinggi /Tegangan Ekstra Tinggi

Sebelum melaksanakan PDKB harus dilakukan Analisa Keselamatan Pekerjaan (AKP) pada setiap tower yang akan dikerjakan. Pelaksanaan perbaikan dikerjakan selambat-lambatnya 7 hari setelah pelaksanaan AKP. Hal-hal yang dilakukan pada saat AKP :

1. Memeriksa kondisi tower, meliputi struktur tower, isolator, konduktor, kawat petir, *Optic Ground Wire* (OPGW), dan aksesoris yang akan dikerjakan termasuk tower pengapit.
2. Menentukan jarak aman minimum peralatan isolasi sesuai dengan tegangan operasi.
3. Menghitung beban kerja pada tower, khusus pada tower tipe tension harus dihitung dengan lebih teliti.
4. Mengamati potensi bahaya pada lokasi.

C. Metode kerja PDKB Metode *Barehand*

Metode *barehand* adalah suatu metode dimana pelaksana bekerja dengan menyentuh konduktor yang bertegangan, sehingga tidak ada perbedaan potensial antara pelaksana dengan konduktor yang bertegangan. Metode ini dapat dilakukan pada tegangan 150 kV sampai dengan 500 kV dengan memperhatikan jarak aman minimum. Metode *barehand* lebih efektif digunakan pada jenis tower tension.



Gambar 3. Metode *Barehand*

1. Metode *Hot Stick*

Metode *Hot Stick* adalah suatu metode dimana pelaksana berada di sisi tower yang terisolasi dari konduktor bertegangan. Metode ini menggunakan peralatan *hot stick* dengan jarak tertentu sehingga aman dikerjakan. Metode ini lebih efektif digunakan pada tower tipe suspension.



Gambar 4. Metode Hot Stick

Berikut adalah persyaratan *Hot Stick* yang dapat digunakan dalam pekerjaan PDKB :

1. Semua peralatan *hot stick* harus mempunyai panjang isolasi yang cukup, sesuai dengan jarak aman minimum tegangan operasi. *Hot stick* harus mampu menahan tegangan 100kV/feet.
2. *Hot stick* yang digunakan pada metode ini terbuat dari *Fibreglass Reinforced Plastic* (FRP) yaitu plastik yang diperkuat dengan *fiberglass*.
3. Semua *hot stick* yang terbuat dari FRP harus mempunyai daya tahan elektrik dan mekanik yang sesuai standar.
4. Semua *hot stick* yang terbuat dari FRP harus diuji setiap 6 bulan di lembaga sertifikasi dan hasilnya tercatat dan dibukukan.
5. Pemeriksaan visual peralatan *hot stick* dilakukan sebelum dan sesudah digunakan.

Metode *hot stick* dapat juga digunakan bersamaan dengan metode *barehand* selama metode tersebut bisa saling melengkapi. *Live Line Maintenance* atau Pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB) menurut tegangan operasinya dapat digolongkan sebagai berikut :

1. PDKB TM (Tegangan Menengah) dengan tegangan 20 kV.
2. PDKB TT (Tegangan Tinggi) dengan tegangan 70 kV s.d. 150 kV.
3. PDKB TET (Tegangan Ekstra Tinggi) dengan tegangan 275 kV s.d. 500 kV.

D. PDKB Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan

PDKB UPT Medan mulai diresmikan sejak Oktober 2009 dimana tim PDKB ini terdiri dari 1 orang kepala regu dan 15 pelaksana atau disebut juga dengan *lineman*. Tugas dari tim ini yaitu seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, melakukan pemeliharaan dan perbaikan saluran transmisi 150 kV tanpa pemadaman tegangan. Metode kerja yang digunakan di PDKB medan yaitu *Barehand* dan *Hotstick*. Metode *barehand* biasanya digunakan pada penggantian isolator pada tower jenis tension. Pada Metode ini, *lineman* langsung memasuki dan menyentuh daerah yang bertegangan pada tower. Sedangkan metode *hot stick* digunakan pada pekerjaan penggantian isolator pada tower tipe suspension. Pada metode ini, para *lineman* tidak menyentuh langsung daerah yang bertegangan, melainkan menggunakan *hot stick*.

E. Langkah Kerja Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan

Langkah kerja pada pekerjaan PDKB UPT Medan adalah sebagai berikut :

1. Melaksanakan *Climb Up Inspection*. *Climb Up Inspection* adalah jenis pekerjaan melakukan pemeriksaan secara visual seluruh komponen dan *accessories* tower mulai dari tapak tower sampai bagian tower yang paling atas. Dari hasil pemeriksaan inilah para personil PDKB mendapati kelainan atau kondisi tidak normal pada tower. Salah satunya yaitu isolator *flashover*.
2. Melakukan Analisa Keselamatan Kerja (Job Safety Analisis). Pada tahap inilah ditentukan metode pekerjaan yang akan digunakan, jenis peralatan kerja serta potensi bahaya apa saja yang ada di area kerja.
3. Melaksanakan Pekerjaan PDKB.

F. Penundaan Pekerjaan

Pelaksanaan PDKB harus direncanakan dengan seksama sesuai prosedur tetap PDKB untuk memastikan pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu kerja normal. Keselamatan pelaksana/pekerja, peralatan PDKB dan sistem menjadi prioritas utama saat terjadi gangguan. Dalam proses pekerjaan, terjadinya gangguan dapat saja terjadi pada tahapan tertentu, sehingga suatu prosedur yang mengatur pengamanan pelaksana/pekerja dan peralatan PDKB harus ditaati untuk menghindari terjadinya suatu kecelakaan.

Prosedur tersebut mengatur antara lain :

- a) Pengawas Pekerjaan memberikan pernyataan pada Pengawas *Reclose Block* (RCB) bahwa :
 1. Pekerjaan ditunda.
 2. Semua peralatan yang terhubung dengan konduktor pada posisi aman.
 3. Semua pelaksana pada posisi aman.
 4. Fungsi *Auto Reclose* boleh dinormalkan kembali.
 5. Sebelum melanjutkan pekerjaan yang ditunda, Pengawas Pekerjaan harus memastikan bahwa fungsi *auto reclose* sudah dinon-aktifkan dan semua peralatan telah diperiksa secara seksama, dikeringkan dan dibersihkan dengan *silicon wipe*.
- b) Pengamanan pelaksana/pekerja pada pekerjaan yang ditunda. vakuasi semua pelaksana di daerah bertegangan ke daerah aman (badan ower/tanah). Jika tidak, maka pelaksana *hote nd* harus menjauh dari isolator.
- c) Pengamanan peralatan pada pekerjaan yang ditunda. Jika pekerjaan harus ditunda dan peralatan kerja harus ditinggal selama semalam atau lebih dan apabila peralatan kerja berisolasi merupakan bagian integral dari penundaan tersebut, tindakan berikut harus dilaksanakan :
 1. Jika ditopang oleh peralatan kerja berisolasi pada posisi *hot end*, maka peralatan tersebut harus dijumper ke konduktor.
 2. Jika ditopang oleh *hotstick* yang dirangkaidengan strap hoist/rope. *Block/webbing sling* pada posisi *cold end*, maka harus dipasang *grounding* dari *hotstick* ke tower .

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan KWh Terselamatkan

Pada sistem 3 fasa, formulasi perhitungan energi terselamatkan dalam KiloWatt hour (KWh) adalah :

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} V_L \cos \Phi x t}{1000} \dots\dots\dots 1$$

Dimana :

- E safe = Energi terselamatkan (KWh).
- VL = Tegangan line to line (volt).
- IL = Arus saluran (ampere).
- cos Φ = faktor daya.
- t = waktu pengerjaan (jam) dihitung mulai dari waktu *Off Recloser Block* (RCB) sampai *On* kembali.

Bila diketahui besar arus yang mengalir dan lama waktu pengerjaan, dan dengan asumsi tegangan sistem adalah 150 kV dan cos Φ sebesar 0,85, maka dapat dilakukan contoh perhitungan sebagai berikut : Pada pekerjaan penggantian isolator *flashover* dalam

keadaan bertegangan pada penghantar Paya Geli – Glugur di tower 5 *line* 1. Arus yang mengalir tercatat 150 A dan penggantian isolator *flashover* berlangsung selama 2 jam.

Dari persamaan (1) didapat perhitungan KWh terselamatkan sebesar :

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} V_L \cos \Phi x t}{1000} \dots\dots\dots 2$$

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} (150000 V)(280A)(0,85)x 4 jam}{1000} \dots\dots\dots 3$$

= 247.044 kWh.

B. Indikator Kinerja Penghantar SUTT PT. PLN (Persero) UPT Medan

1. Transmission Line Outage Duration (TLOD)

Lamanya gangguan dalam jam pada jaringan transmisi setiap 100 kms pada periode tertentu.

a. Formula :

$$= \sum_{i=1}^n \frac{(Lama sirkit padam karena gangguan)}{(Panjang jaringan transmisi beroperasi)} x 100$$

Dimana I merupakan lama gangguan dalam suatu periode tertentu.

b. Keterangan :

1. Lama sirkit padam dihitung sejak gangguan terjadi hingga sirkit siap dibebani, dikonfirmasi dengan Laporan Gangguan Dispatcher.
2. Maksimum lama waktu perhitungan durasi gangguan untuk kinerja adalah 3 hari (tidak ada *declare*).
3. Perhitungan panjang jaringan transmisi didasarkan pada seluruh jaringan transmisi yang telah beroperasi pada periode Januari tahun berjalan.
4. Dalam hal terjadi gangguan meluas yang disebabkan oleh transmisi, durasi dihitung sejak gangguan sampai dengan transmisi penyebab gangguan siap dibebani.
5. Gangguan pada aset baru, dihitung setelah 3 bulan beroperasi.
6. Pada saat penormalan apabila trip kembali tetap diperhitungkan sebagai gangguan.

c. Satuan : jam/100 kms.

d. Jenis KPI : Polaritas negatif, lebih kecil lebih baik.

Perhitungan TLOD :

Pada Bulan Februari 2014 terjadi gangguan pada SUTT di area kerja Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan dengan total lama gangguan diakumulasi selama 1 bulan adalah 17.30 jam. Unit Pelayan Transmisi Medan memiliki panjang transmisi 883.76 kMs. Dari data tersebut dapat dihitung nilai kinerja

transmisi *Transmission Line Outage Duration* (TLOD) sebagai berikut :

$$= \sum_{i=1}^n \frac{(\text{Lama sirkit padam karena gangguan})}{(\text{Panjang jaringan transmisi beroperasi})} \times 100$$

$$= \frac{17.30}{883.76} \times 100$$

$$= 1.96 \text{ jam/kms.}$$

2. *Transmission Line Outage Frequency (TLOF)*

Jumlah kali gangguan pada jaringan transmisi setiap 100 kms dalam suatu periode.

a. Formula :

$$= \sum_{i=1}^n \frac{(\text{Lama sirkit padam karena gangguan})}{(\text{Panjang jaringan transmisi beroperasi})} \times 100$$

Dimana i merupakan jumlah kali gangguan dalam suatu periode.

b. Keterangan :

1. Perhitungan panjang jaringan transmisi didasarkan pada seluruh jaringan transmisi yang telah beroperasi pada periode Januari tahun berjalan.
2. Dalam hal terjadi gangguan meluas yang disebabkan oleh transmisi, kali gangguan dihitung satu kali (dihitung yang menjadi penyebab saja).
3. Gangguan pada aset baru, dihitung setelah 3 bulan beroperasi.
4. Pada saat penormalan apabila trip kembali tetap diperhitungkan sebagai gangguan.

c. Satuan : kali/100 kms.

d. Jenis KPI : Polaritas negatif, lebih kecil lebih baik.

Perhitungan TLOD :

Pada Bulan Februari 2014 terjadi gangguan pada SUTT di area kerja Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan dengan total jumlah gangguan diakumulasi selama 1 bulan adalah 4 kali. Unit Pelayanan Transmisi Medan memiliki panjang transmisi 883.76 kMs. Dari data tersebut dapat dihitung nilai kinerja transmisi *Transmission Line Outage Frequency* (TLOF) sebagai berikut:

$$= \sum_{i=1}^n \frac{(\text{Lama sirkit padam karena gangguan})}{(\text{Panjang jaringan transmisi beroperasi})} \times 100$$

$$= \frac{4}{883.76} \times 100$$

$$= 0,45 \text{ kali/kms.}$$

V. KESIMPULAN

Adapun hasil yang diperoleh yaitu Hasil perhitungan energi yang terselamatkan dengan adanya Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan di area kerja PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Medan periode 1 tahun didapat sekitar 205,85 MWh energi yang terselamatkan.

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Medan, terlihat bahwa nilai indikator durasi padamnya jaringan (TLOD) sampai akhir Agustus adalah 2.59 dan indikator jumlah padamnya jaringan (TLOF) adalah 1.02. Kedua indikator tersebut masih berada di bawah target yang ditetapkan oleh PLN, hal ini menandakan bahwa nilai kinerja Unit Pelayanan Transmisi Medan masih baik.

Berdasarkan data rekapitulasi gangguan saluran transmisi 150 kV Unit Pelayanan Transmisi Medan diketahui bahwa salah satu faktor penyebab gangguan yang paling sering terjadi adalah faktor eksternal yaitu sambaran petir.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arief Budiardjo Shinduputra. 2012. *SUTT, Fungsi SUTT dan Jaringan Transmisi*. (Online), Tersedia : <http://ariefdjo.blogspot.com/2012/01/apa-itusutt-saluran-udara-tegangan.html>. diakses tanggal 08 Juni 2014.
- [2] Arismunandar. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*. Saluran Transmisi. 1975. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [3] Arsip dan Dokumentasi PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera Unit Pelayanan Transmisi Medan.
- [4] Carya, dkk. 2008. *Buku Panduan Umum Pemeliharaan Transmisi TT/TET dengan metode PDKB*. Jakarta : PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali.
- [5] Dunia, Listrik. 2014. *Klasifikasi Saluran Transmisi Berdasarkan Tegangan*. (Online), Tersedia: <http://ananda95.blogspot.com/2014/01/sistem-transmisi-listrik-jaringan.html>. diakses 20 Juni 2014. Diakses 20 Juni 2014.
- [6] Imanudin. 2010. *Pemeliharaan Dalam Keadaan Bertegangan*. (online), Tersedia : <http://imanudin84.wordpress.com/tag/pemeliharaan-dalam-keadaan-bertegangan/>. Diakses tanggal 08 Juni 2014.
- [7] Kadir, Abdul. 1998. *Transmisi Tenaga Listrik*. Jakarta : Penerbit : universitas Indonesia (UIPress).
- [8] Supriyadi, edy. 1999. *Sistem Pengaman Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Adicita Karya Nusa.
- [9] PT. PLN (Persero). <http://pdkb.plnpusdiklat.co.id/>, diakses tanggal 13 Juni 2014.
- [10] Vernandez, Aggie Brenda. 2013. *Jurnal Analisis Perhitungan Kwh Terselamatkan Pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV Area Jambi*.

[11] I Roza, AA Nasution, H Setiawan -, "Analisis umur minyak terhadap temperatur transformator 150kV akibat penurunan tegangan tembus pada pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) 2.1 pt pln (persero) unit pelaksana pembangkitan belawan",

JESCE (JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING), 2019.