

ANALISIS PERHITUNGAN ENERGI TERSELAMATKAN PADA PEKERJAAN PENGGANTIAN INSULATOR PASCA GANGGUAN DI SUTT 150 KV SISTEM INTERKONEKSI KALIMANTAN

¹Kurniawan Muhammad Aziz*, ² Sukarno Budi Utomo

^{1,2} Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:
kurniawanmaziz@gmail.com

Abstrak

Listrik merupakan sumber energi vital bagi kehidupan masyarakat. Penelitian ini mengidentifikasi beberapa masalah utama yang perlu diatasi, antara lain adanya banyak temuan anomali dengan tingkat prioritas P1 yang memerlukan perbaikan segera, kondisi topografi konfigurasi sistem interkoneksi dimana 57% masih menggunakan sistem radial, dan banyaknya konsumen premium tegangan tinggi yang terkoneksi langsung pada sistem. Pada umumnya pemeliharaan saluran transmisi dilakukan secara offline, akan tetapi pemeliharaan secara offline menyebabkan energi tidak tersalurkan / energy not served (ENS) yang mengakibatkan kerugian finansial, sehingga pemeliharaan secara offline sulit untuk dilakukan. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menawarkan solusi pemeliharaan dengan metode PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) yang bersifat sustainable dan continuously dimana pemeliharaan dapat dilakukan tanpa memadamkan aliran listrik, sehingga listrik dapat terus dialirkan secara stabil dan kontinyu. Metode ini memungkinkan penyelamatan energi yang berpotensi hilang akibat pemeliharaan offline, yang berdampak pada penghematan biaya dan peningkatan pendapatan perusahaan. Penelitian ini menganalisis energi yang terselamatkan pada penggantian insulator SUTT 150 kV pasca gangguan di Sistem Interkoneksi Kalimantan, dengan parameter perhitungan seperti tegangan, arus, durasi waktu pekerjaan, dan harga berdasarkan Transmission Service Agreement (TSA). Analisis dilakukan pada pekerjaan online (PDKB) dan offline untuk mengetahui dampaknya terhadap kinerja ENS, energi yang hilang, dan pendapatan perusahaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PDKB memiliki ENS sebesar 0 MWh, sedangkan metode offline memiliki ENS sebesar 5.352,36 MWh. Pekerjaan PDKB menyelamatkan energi sebesar 4.635 MWh atau setara dengan 163.087.110 rupiah, sedangkan pekerjaan offline mengakibatkan kerugian sebesar 322.479.690 rupiah.

Kata Kunci: Anomali Transmisi, Sistem Radial, PDKB, Energi Terselamatkan.

Abstract

Electricity is a vital source of energy for the community. This study identifies several key issues that need to be addressed, including the presence of many anomalies with P1 priority levels requiring immediate repair, the topographical condition of the interconnection system configuration where 57% still use a radial system, and the numerous high-voltage premium consumers directly connected to the system. Generally, transmission line maintenance is conducted offline; however, offline maintenance causes energy not served (ENS), leading to financial losses, making offline maintenance difficult to carry out. To address these issues, this study proposes a maintenance solution using the PDKB (Live-Line Working) method, which is sustainable and continuous. Maintenance can be performed without shutting down the electricity flow, allowing electricity to be continuously and stably supplied. This method allows for the conservation of energy potentially lost due to offline maintenance, which results in cost savings and increased company revenue. The study analyzes the energy saved during the replacement of 150 kV transmission line insulators post-disturbance in the Kalimantan interconnection system, using calculation parameters such as voltage, current, job duration, and price based on the Transmission Service Agreement (TSA). The analysis was conducted on both online (PDKB) and offline maintenance to determine their impact on ENS performance, lost energy, and company revenue. The results showed that the PDKB method had ENS of 0 MWh, while the offline method had ENS of 5,352.36 MWh. The PDKB work saved 4,635 MWh of energy, equivalent to IDR 163,087,110, whereas the offline work resulted in a loss of IDR 322,479,690.

Keywords: *Transmission Anomaly, Radial System, PDKB, Energy Saved.*

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu sumber energi yang sangat vital bagi kehidupan masyarakat. Sistem tenaga listrik dibangkitkan melalui pembangkit listrik, selanjutnya di transmisikan melalui gardu induk dan saluran udara tegangan tinggi / ekstra tinggi (SUTT/SUTET), kemudian didistribusikan kepada pelanggan melalui saluran udara tegangan menengah/rendah (SUTM/SUTR). Keandalan sistem tenaga listrik sangat penting untuk memastikan energi listrik dapat disalurkan secara stabil dan kontinyu.

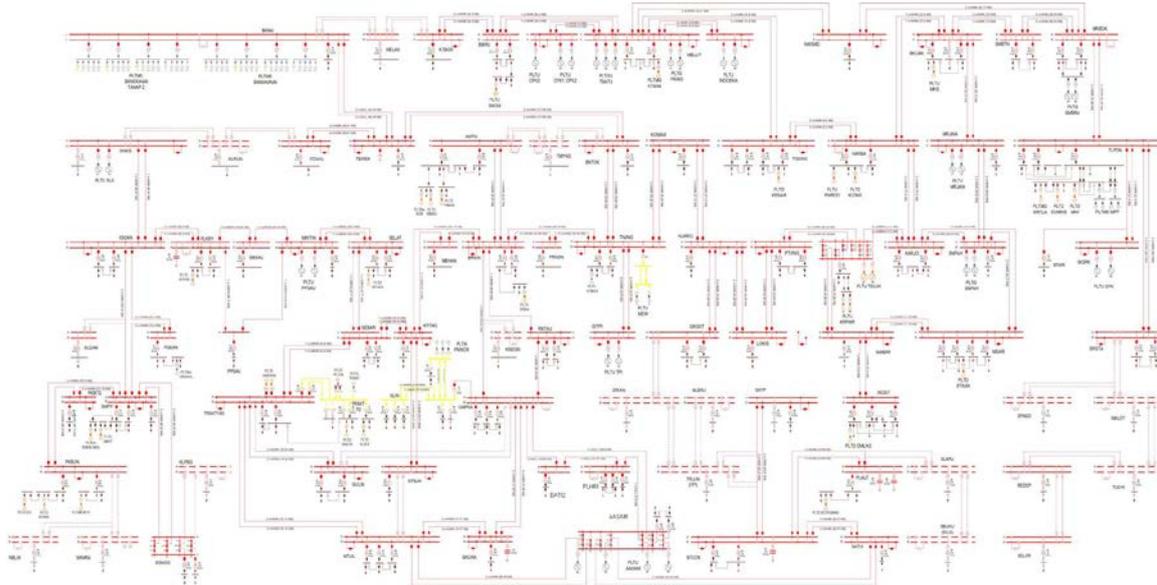
UPT Banjarbaru memiliki banyak temuan *anomaly* jaringan transmisi yang memiliki prioritas atas (P1) dan harus segera dilakukan pemeliharaan. Pemeliharaan pada jaringan transmisi 150 KV secara umum harus dilakukan secara *offline* oleh unit layanan transmisi dan gardu induk (ULTG) selaku pemilik aset, sehingga pemeliharaan pada beberapa jaringan transmisi harus dilakukan dengan memadamkan penghantar. Akibatnya, energi listrik yang seharusnya dapat disalurkan kepada konsumen menjadi tidak tersalurkan. Kondisi ini membuat energi yang seharusnya terjual pada konsumen menjadi hilang dan tidak terjual sehingga mengakibatkan kerugian secara finansial pada perusahaan. Disisi lain, 57% aset transmisi PT. PLN (Persero) UIP3B Kalimantan masih menggunakan sistem radial. Sehingga pekerjaan secara *offline* memiliki risiko tinggi akan terjadinya *blackout* meluas.

Oleh sebab itu pemeliharaan sistem transmisi menggunakan metode *live line maintenance* menjadi penting untuk diterapkan. Dengan pekerjaan dalam kondisi bertegangan (PDKB) maka pemeliharaan dapat dilakukan tanpa memadamkan jaringan transmisi. Hal ini dapat mengurangi *energi not served* (ENS) karena energi dapat tetap tersalurkan serta dapat meminimalisasi risiko *blackout* sistem akibat pekerjaan *offline*.

Dengan penerapan metode PDKB dapat menyelamatkan rupiah yang berpotensi hilang akibat pemadaman saluran transmisi. Dengan penerapan metode PDKB, diharapkan dapat mengoptimalkan rupiah terselamatkan dan meningkatkan keandalan sistem di UIP3B Kalimantan.

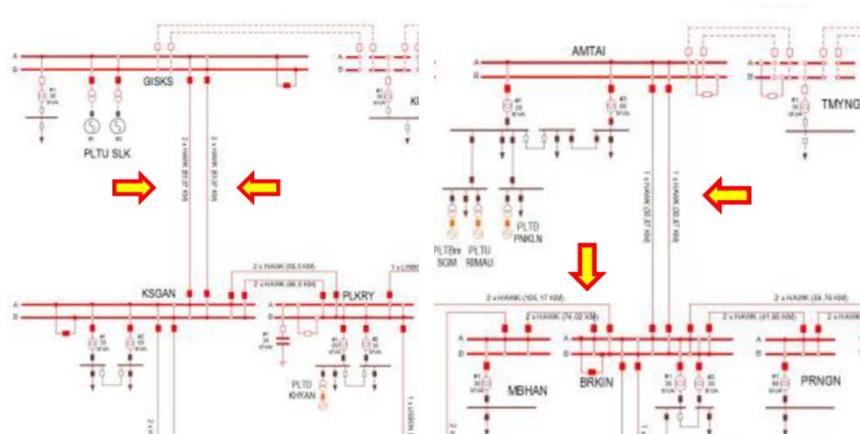
2. METODE

Pada penelitian ini, pekerjaan PDKB yang dijadikan sebagai acuan data adalah pekerjaan penggantian insulator pasca gangguan di Sistem Interkoneksi Kalimantan. Adapun *single line diagram* Sistem Interkoneksi Kalimantan dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. *Single line diagram* Sistem Interkoneksi Kalimantan.

Data pekerjaan yang diambil yakni data pekerjaan PDKB Jaringan pada periode Oktober 2024 dimana pekerjaan dilakukan pada 4 penghantar yakni SUTT 150 kV Barikin-Marabahan, Barikin-Amuntai 1, Kasongan-SKS 1 dan 2 sedangkan titik lokasi pekerjaan yang dilakukan penggantian insulator pasca gangguan dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Titik Pekerjaan Penggantian Insulator Pasca Gangguan Secara PDKB.

Pengumpulan data dilakukan dengan teknik observasi berupa mendatangi bagian PDKB dan bagian ULTG PT PLN (Persero) UPT Banjarbaru, wawancara berupa menanyakan seputar PDKB/ULTG, dan dokumentasi berupa pengambilan foto tentang PDKB waktu pekerjaan di wilayah kerja PT PLN (Persero) UPT Banjarbaru.

Penelitian diawali dengan penentuan model SLD 150 KV Sistem Interkoneksi Kalimantan, selanjutnya menentukan titik lokasi pekerjaan pada SLD sesuai dengan pekerjaan yang telah dilakukan. Setelah itu, akan dilakukan pengumpulan data parameter pekerjaan yang meliputi data tegangan, arus, durasi pekerjaan, power faktor dan harga acuan. Data pekerjaan akan dihimpun sesuai dengan kebutuhan yang bersumber dari PT.PLN (Persero) UPT Banjarbaru bagian PDKB dan ULTG. Setelah data lengkap akan dilakukan perhitungan data sehingga didapatkan nilai energi terselamatkan dan gain saving pekerjaan PDKB. Di sisi lain, juga dilakukan perhitungan *energi not served* (ENS) pekerjaan *offline*. Kemudian hasil pekerjaan PDKB dan *offline* akan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh pekerjaan PDKB dan pekerjaan *offline* terhadap kinerja ENS perusahaan dan pengaruhnya terhadap losses energi serta pendapatan perusahaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja PDKB

Pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB) atau *live line maintenance* merupakan teknik yang memungkinkan pekerjaan pemeliharaan atau perbaikan anomali pada penghantar/jalur listrik tanpa memadamkan aliran listrik. Hal ini dapat dilakukan karena pekerjaan PDKB memiliki peralatan dan prosedur khusus. Berikut adalah prinsip kerja PDKB sehingga dapat melakukan pekerjaan pemeliharaan atau perbaikan anomali tanpa memadamkan aliran listrik.

A. Metode *Barehand*

Pada metode *Barehand*, personil PDKB akan melakukan pekerjaan dengan menyentuh secara langsung pada peralatan/aksesoris yang masih dalam keadaan bertegangan. Metode ini menggunakan prinsip menyamakan tegangan antara personil dengan konduktor, sehingga tidak ada beda potensial antara keduanya. Personil akan menggunakan alat pelindung diri khusus berupa setelan baju konduktif yang disertai tudung kepala, sarung tangan konduktif, kaos kaki konduktif dan sepatu konduktif. Setelah memakai APD tersebut, personil akan memposisikan diri pada area yang dikerjakan menggunakan metode *access rope* (menggantung dengan tambang) atau metode *ladder* (menggunakan tangga) (PLN (Persero), 2018). Personil akan diposisikan pada area yang dikerjakan dengan memperhatikan jarak aman antara personil dengan ground yakni 1,2 meter dan personil dengan fasa lain yakni 1,9 meter. Setelah berada diposisi, personil akan melakukan *bonding* (mengaitkan baju konduktif dengan konduktor) sehingga tidak ada beda potensial antara personil dengan konduktor. Dengan begitu personil akan dengan leluasa melakukan perbaikan pada area yang bertegangan. Akan tetapi, pada perbaikan anomali pada tower suspension, metode ini hanya dapat digunakan pada fasa bawah. Hal ini dikarenakan tidak terpenuhinya jarak aman pada pekerjaan di fasa tengah dan fasa atas.

B. Metode *Hotstick*

Pada metode *Hotstick*, personil PDKB akan melakukan pekerjaan pemeliharaan pada peralatan/aksesoris dengan bantuan peralatan *Hotstick* (tongkat berisolasi) (PLN (Persero), 2018). Metode ini menggunakan prinsip dengan memberikan jarak aman antara personil dengan area yang dikerjakan. Personil akan tetap berada pada jarak aman yakni minimal 1,2 meter dari konduktor/peralatan bertegangan. Personil akan mengerjakan pemeliharaan dengan bantuan tongkat berisolasi untuk mencapai area yang akan dikerjakan. *Hotstick* tersebut akan dilengkapi dengan aksesoris yang sesuai dengan jenis pekerjaan, diantaranya adalah sebagai berikut:

- *Cutout Tool*: Alat ini berfungsi untuk pekerjaan yang memerlukan pegangan terhadap suatu benda. Bagiannya yang berbentuk seperti jari membuat alat ini cocok untuk pekerjaan semacam ini. Dapat menampung obyek yang lebarnya $3 \frac{3}{4}$ inci. Semua bagian yang menyentuh porselin ditutupi dengan plastisol.
- *Ratchet Wrench*: Dengan penggerak $\frac{1}{2}$ inci persegi, *ratchet wrench* digunakan untuk mengencangkan baut pada perlengkapan transmisi.
- *Cotter Key Pusher*: Untuk kopeling dengan ball dan socket isolator. Ujung yang lurus dari peralatan dapat masuk ke dalam soket yang terbuka untuk mendorong pen keluar. Ujung yang melengkung mendorong pen kembali ke posisinya.
- *Cotter Key Puller*: Digunakan untuk menarik pin yang terdapat pada socket isolator.
- *Clear Vision Mirror*: Digunakan untuk melihat bagian - bagian yang terhalang.

Persiapan Pra Pekerjaan PDKB

Pada prinsipnya, pekerjaan akan dilakukan secara PDKB apabila pekerjaan tersebut tidak dapat dilakukan secara *offline*. Unit layanan transmisi dan gardu induk (ULTG) akan menerbitkan *working order* (WO) yang ditujukan kepada manajemen tim PDKB untuk melakukan pekerjaan pada aset mereka.

Kemudian tim PDKB akan menjadwalkan kegiatan *job safety analysis* (JSA) pada area yang akan dikerjakan. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa kondisi lingkungan, kondisi sosial, peralatan serta jarak aman benar-benar terpenuhi dan dapat dilakukan pekerjaan secara PDKB. Selain itu, kegiatan tersebut juga menjadi dasar penentuan metode kerja serta jenis peralatan yang akan digunakan ketika pekerjaan. Setelah itu, tim JSA akan menyusun laporan JSA dan Identifikasi Bahaya Penilaian dan Pengendalian Risiko (IBPPR) sebagai mitigasi awal untuk mengurangi potensi risiko berdasarkan JSA di lapangan.

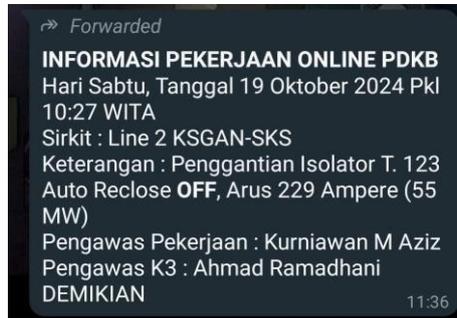
Setelah dipastikan dapat dikerjakan secara PDKB, kemudian mengkoordinasikan jadwal pekerjaan dengan unit pelaksanaan pengatur beban (UP2B) mengenai permintaan setting proteksi yakni *auto reclose block* (AR Block) pada penghantar yang akan dikerjakan.

Langkah terakhir sebelum proses pekerjaan yaitu persiapan dokumen pekerjaan, persiapan armada, peralatan dan alat pelindung diri yang sesuai dengan hasil JSA. Peralatan akan dilakukan inspeksi secara visual dan pengujian secara elektrik untuk memastikan peralatan dalam kondisi baik dan siap untuk digunakan.

Proses Pekerjaan PDKB

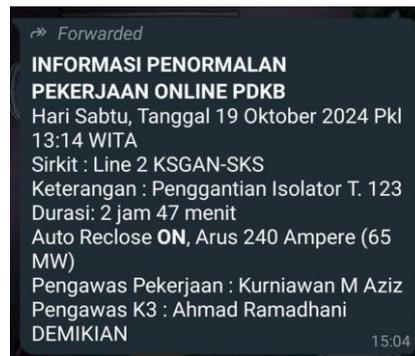
Pekerjaan akan dimulai dengan persiapan alat tepat di bawah tower yang akan dikerjakan. Kemudian pengawas pekerjaan akan melakukan koordinasi dengan bagian pengatur beban terkait dengan permintaan *Disable AR*. Bagian pengatur beban akan memberikan

perintah pada gardu induk terkait untuk menonaktifkan fungsi AR. Setelah itu, bagian pengatur beban akan menginformasikan kembali kepada pengawas pekerjaan berupa waktu AR off, arus yang mengalir pada penghantar dan beban pada penghantar.



Gambar. 3 Informasi *Disable* AR.

Setelah AR dinyatakan nonaktif, maka pekerjaan dapat dilanjutkan hingga pekerjaan selesai. Setelah pekerjaan selesai, pengawas pekerjaan akan berkoordinasi kembali dengan bagian pengatur beban terkait dengan permintaan *Enable* AR. Bagian pengatur beban akan memberikan perintah kepada gardu induk terkait untuk mengaktifkan kembali fungsi AR. Kemudian bagian pengatur beban akan menginformasikan waktu AR On, arus yang mengalir pada penghantar dan beban penghantar.



Gambar. 4 Informasi *Enable* AR.

Durasi waktu antara AR off dan AR On inilah yang akan menjadi salah satu acuan pada perhitungan gain saving.

Pelaporan Pasca Pekerjaan PDKB

Salah satu tahapan pada rangkaian pekerjaan PDKB yakni pelaporan pasca pekerjaan. Pada proses ini, Pengawas K3 akan membuat laporan pasca pekerjaan yang disertai dengan berita acara bahwa pekerjaan telah selesai dilaksanakan. Sebagai tahap akhir, laporan ini akan dikirimkan kepada ULTG selaku pemilik aset sebagai arsip dokumen yang menyatakan bahwa PDKB telah menyelesaikan permintaan pekerjaan sesuai dengan WO yang telah dikirimkan sebelumnya.

Variabel Perhitungan Energi Terselamatkan

A. Waktu *Disable-Enable* Auto reclose (AR)

Auto reclose (AR) merupakan salah satu sistem proteksi yang memungkinkan PMT menutup kembali setelah terjadi trip akibat gangguan temporer. Pada pekerjaan PDKB, *auto reclose* sangat membahayakan bagi personil maupun peralatan. Ketika AR bekerja,

akan terjadi lonjakan arus sesaat hingga tiga kali lipat nilai arus nominal yang disebabkan aktivitas switching dari PMT. Hal ini akan berakibat pada berkurangnya jarak aman antara personil dengan peralatan bertegangan. Jika hal ini terjadi, maka akan ada potensi risiko arching/lompatan surja dari peralatan bertegangan ke personil. Selain itu, lonjakan arus ini juga dapat menyebabkan peralatan isolasi menjadi breakdown hingga menyebabkan short circuit yang akan menimbulkan ledakan pada area kerja.

Oleh karena itu, sebelum pekerjaan dimulai, pengawas pekerjaan akan meminta *Disable auto reclose* dan setelah selesai pekerjaan, pengawas pekerjaan akan meminta *Enable auto reclose* kembali. Waktu antara *Disable* hingga *Enable* AR inilah yang akan digunakan sebagai acuan durasi pekerjaan PDKB. Adapun durasi ini dinyatakan dalam satuan jam.

B. Tegangan Penghantar

Tegangan penghantar merupakan tegangan yang digunakan dalam sistem saluran udara tegangan tinggi (SUTT). Saluran udara tegangan tinggi dirancang untuk mengalirkan energi listrik dari pembangkit ke gardu induk atau dari gardu induk satu ke gardu induk lainnya dengan jarak yang jauh. Pada penyaluran jarak jauh, penggunaan tegangan tinggi akan meningkatkan efisiensi penyaluran energi listrik. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi tegangan maka diperlukan arus yang semakin kecil untuk jumlah daya yang sama. Arus yang lebih kecil akan mengurangi losses yang timbul dalam bentuk energi panas pada proses penyaluran. Nominal tegangan yang digunakan pada sistem SUTT yaitu 70 kV dan 150 kV. Pada tugas akhir ini, tegangan penghantar akan menjadi acuan sebagai perhitungan daya semu. Data-data pekerjaan yang diambil pada penelitian ini adalah pekerjaan pada sistem tegangan 150 kV.

C. Arus Penghantar

Pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB) merupakan pekerjaan yang dilakukan tanpa memadamkan tegangan penghantar. Pekerjaan ini menjadi solusi pada titik-titik pekerjaan yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pemadaman penghantar. Sehingga, ketika pekerjaan dilakukan, arus penghantar masih dapat tetap mengalir. Oleh karena itu, konduktor pada penghantar masih memiliki potensi untuk mengalirkan arus listrik sesuai dengan kapasitas nominalnya. Dimana, apabila pekerjaan dilakukan tanpa PDKB, penghantar tersebut harus dipadamkan. Hal ini akan berakibat pada arus listrik yang seharusnya dapat mengalir menjadi tidak teralirkan. Selain itu, potensi konduktor untuk mengalirkan arus sesuai dengan kapasitas nominalnya menjadi hilang. Sehingga hal ini berdampak langsung pada kerugian secara elektrik sebesar potensi arus yang dapat mengalir sesuai dengan kapasitas nominalnya. Adapun kapasitas arus penghantar dinyatakan dalam satuan ampere.

D. Energi

Dalam sistem tenaga listrik, energi merupakan besaran yang dimanfaatkan langsung oleh konsumen untuk memenuhi kebutuhan listrik mereka. Oleh karena itu, pada PT. PLN (Persero), salah satu produk yang dijual belikan adalah energi listrik.

Energi merupakan daya yang dikonsumsi dalam periode waktu tertentu. Pada proses penyaluran tenaga listrik, daya yang disalurkan yakni daya semu (daya aktif dan daya reaktif). Penghantar listrik tidak hanya menyalurkan daya aktif, tetapi juga daya reaktif yang diperlukan oleh perangkat yang bersifat induktif. Baik daya aktif maupun daya

reaktif, keduanya menyebabkan arus mengalir melalui penghantar. Sehingga, pada penentuan kapasitas penghantar harus memperhatikan gabungan dari kedua daya ini. Oleh karena itu satuan daya yang digunakan pada proses penyaluran tenaga listrik ini yaitu VA (satuan daya semu). Maka, satuan energi yang digunakan pada operasi penyaluran tenaga listrik ini adalah VAh.

E. Harga Energi

Salah satu produk yang dijual pada PT. PLN (Persero) adalah energi listrik. Sehingga setiap energi listrik yang terproduksi akan dihitung sebagai omset yang harus disalurkan dan terjual. Pekerjaan pemeliharaan secara *offline* (memadamkan penghantar) akan berakibat pada energi yang tidak tersalurkan dan memiliki potensi yang menyebabkan kerugian secara finansial. Sedangkan dengan pekerjaan secara PDKB, potensi kerugian itu akan dihitung sebagai gain saving (rupiah terselamatkan). Harga energi yang digunakan sebagai acuan perhitungan yakni menggunakan acuan TSA (Transmission Service Agreement) yang diterbitkan setiap tahun. Adapun satuan harga energi yang digunakan yakni Rp/MVAh.

F. Energi Terselamatkan

Kondisi anomali merupakan suatu kondisi dimana peralatan tidak dalam kondisi normal dan berpotensi mengakibatkan gangguan pada sistem. Jika kondisi anomali peralatan ditemukan, maka pemeliharaan pada peralatan tersebut harus segera dilakukan agar peralatan kembali pada kondisi normal serta menghindari risiko gangguan pada sistem akibat gagal fungsi peralatan. Secara umum, pemeliharaan dilakukan secara *offline* dimana harus dilakukan pemadaman penghantar. Hal ini akan berakibat pada energi yang tidak dapat tersalurkan. Sedangkan dengan pekerjaan secara PDKB, pekerjaan dapat dilakukan tanpa memadamkan penghantar sehingga energi dapat tetap tersalurkan. Hal inilah yang kemudian disebut sebagai energi terselamatkan. Adapun satuan yang digunakan untuk energi terselamatkan yaitu VAh.

G. Rupiah Terselamatkan

Pekerjaan secara *offline* merupakan pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan dengan memadamkan penghantar. Ketika penghantar dipadamkan, maka tidak akan ada tegangan dan arus yang mengalir melalui konduktor. Sehingga, pada proses pekerjaan pemeliharaan tidak ada energi yang disalurkan. Setiap energi listrik yang diproduksi merupakan produk yang harus dijual dan disalurkan kepada pelanggan. Oleh karena itu, pemeliharaan dengan metode ini memiliki potensi yang menyebabkan kerugian secara finansial. Dengan melakukan pekerjaan secara PDKB (tanpa memadamkan penghantar), potensi kerugian finansial tersebut akan dihitung sebagai gain saving (rupiah terselamatkan). Adapun satuan yang digunakan untuk rupiah terselamatkan yaitu Rp (Rupiah).

Data Pekerjaan PDKB Tahun 2024

Data pekerjaan pada tugas akhir ini menggunakan data-data pekerjaan PDKB Transmisi PT. PLN (Persero) UPT Banjarbaru periode Oktober 2024. Adapun data pekerjaan tersebut sesuai pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data Lokasi Pekerjaan PDKB Transmisi Tahun 2024

TANGGAL	JALUR PENGHANTAR	URAIAN PEKERJAAN	NO TOWER	POSISI PHASA
01/10/2024	TRS 150 KV Barikin-Marabahan	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	144	S
02/10/2024	TRS 150 KV Barikin - Amuntai 1	Isolator Pecah Fasa R	71	R
13/10/2024	TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	121	S
13/10/2024	TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	121	T
14/10/2024	TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	163	RT
15/10/2024	TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	163	RT
16/10/2024	TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	122	T
18/10/2024	TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	120	T
19/10/2024	TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	123	T

Tabel 2. Data Lokasi Pekerjaan PDKB Transmisi Tahun 2024

TANGGAL	URAIAN PEKERJAAN	KAPASITAS (A)	TEGANGAN (kV)	TSA (Rp/M VAh)	DURASI (Hour)
01/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	1200	150	35.186	2,97
02/10/2024	Isolator Pecah Fasa R	600	150	35.186	4,40
13/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	1200	150	35.186	3,50
13/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	1200	150	35.186	2,28
14/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	1200	150	35.186	4,23
15/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	1200	150	35.186	3,23
16/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	1200	150	35.186	2,82
18/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	1200	150	35.186	1,73
19/10/2024	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	1200	150	35.186	2,78

Perhitungan Energi Terselamatkan

Dari data parameter pekerjaan yang terdapat pada tabel 2 dapat dilakukan perhitungan energi terselamatkan sebagai berikut.

1. Pekerjaan Isolator *Flash Over* Fasa S pada tanggal 1 Oktober 2024:

$$E_{safe} = \frac{V_{max} \times I_{max} \times t}{1.000.000}$$

$$E_{safe} = \frac{150.000 \text{ V} \times 1.200 \text{ A} \times 2,97 \text{ h}}{1.000.000}$$

$$E_{safe} = 534 \text{ MVAh}$$

2. Pekerjaan Isolator Pecah Fasa R pada tanggal 2 Oktober 2024:

$$E_{safe} = \frac{V_{max} \times I_{max} \times t}{1.000.000}$$

$$E_{safe} = \frac{150.000 \text{ V} \times 1.200 \text{ A} \times 4,40 \text{ h}}{1.000.000}$$

$$E_{safe} = 396 \text{ MVAh}$$

3. Pekerjaan Isolator *Flash Over* Fasa S pada tanggal 13 Oktober 2024:

$$E_{safe} = \frac{V_{max} \times I_{max} \times t}{1.000.000}$$

$$E_{safe} = \frac{150.000 \text{ V} \times 1.200 \text{ A} \times 3,50 \text{ h}}{1.000.000}$$

$$E_{safe} = 630 \text{ MVAh}$$

Dan seterusnya sehingga didapatkan nilai energi terselamatkan pada setiap pekerjaan dari data pekerjaan pada tabel 2. Adapun hasil perhitungan energi terselamatkan sesuai dengan tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Energi Terselamatkan pada Pekerjaan PDKB Tahun 2024

JALUR PENGHANTAR	URAIAN PEKERJAAN	TOWER YANG DIKERJAKAN		ENERGI TERSELAMATKAN (MVAh)
		NO TOWER	POSISI PHASA	
TRS 150 KV Barikin-Marabahan	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	144	S	534
TRS 150 KV Barikin - Amuntai 1	Isolator Pecah Fasa R	71	R	396
TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	121	S	630
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	121	T	411
TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	163	RT	762
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	163	RT	582
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	122	T	507
TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	120	T	312
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	123	T	501

Perhitungan Rupiah Terselamatkan (*Gain Saving*)

Dari data energi terselamatkan yang terdapat pada tabel 4.3 dapat dilakukan perhitungan rupiah terselamatkan sebagai berikut.

1. Pekerjaan Isolator *Flash Over* Fasa S pada tanggal 1 Oktober 2024:

$$Rp_{safe} = E_{safe} \times TSA$$

$$Rp_{safe} = 534 \text{ MVAh} \times 35.186 \text{ Rupiah}_{/MVAh}$$

$$Rp_{safe} = \text{Rp } 18.789.324$$

2. Pekerjaan Isolator Pecah Fasa R pada tanggal 2 Oktober 2024:

$$Rp_{safe} = E_{safe} \times TSA$$

$$Rp_{safe} = 396 \text{ MVAh} \times 35.186 \text{ Rupiah}_{/MVAh}$$

$$Rp_{safe} = \text{Rp } 13.933.656$$

3. Pekerjaan Isolator *Flash Over* Fasa S pada tanggal 13 Oktober 2024:

$$Rp_{safe} = E_{safe} \times TSA$$

$$Rp_{safe} = 630 \text{ MVAh} \times 35.186 \text{ Rupiah}_{/MVAh}$$

$$Rp_{safe} = \text{Rp } 22.167.180$$

Dan seterusnya sehingga didapatkan nilai rupiah terselamatkan pada setiap pekerjaan dari data pekerjaan pada tabel 3. Adapun hasil perhitungan rupiah terselamatkan sesuai dengan tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Rupiah Terselamatkan pada Pekerjaan PDKB Tahun 2024

JALUR PENGHANTAR	URAIAN PEKERJAAN	TOWER YANG DIKERJAKAN		ENERGI SAVING (MVAh)	GAIN SAVING (Rp)
		NO TOWER	POSISI PHASA		
TRS 150 KV Barikin- Marabahan	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	144	S	534	18.789.324
TRS 150 KV Barikin - Amuntai 1	Isolator Pecah Fasa R	71	R	396	13.933.656
TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa S	121	S	630	22.167.180
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	121	T	411	14.461.446
TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	163	RT	762	26.811.732
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa R & T	163	RT	582	20.478.252
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	122	T	507	17.839.302
TRS 150 KV Kasongan - SKS 1	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	120	T	312	10.978.032
TRS 150 KV Kasongan - SKS 2	Isolator <i>Flash Over</i> Fasa T	123	T	501	17.628.186
Total Gain Saving					163.087.110

Data Pekerjaan ULTG Tahun 2024

Data pekerjaan pada tugas akhir ini menggunakan data-data pekerjaan ULTG PT. PLN (Persero) UPT Banjarbaru dan UPT Palangkaraya periode Oktober 2024. Adapun data pekerjaan tersebut sesuai pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Data Pekerjaan ULTG Periode Oktober 2024

TANGGAL	JALUR PENGHANTAR	URAIAN PEKERJAAN
28 / 09 / 2024	Line Barikin - Tanjung	Penggantian Isolator Polimer
28 / 09 / 2024	Line 2 Sampit - Bagendang	Penggantian Isolator
29 / 09 / 2024	Line Barikin - Tanjung	Penggantian Isolator Polimer
29 / 09 / 2024	Line 1 Sampit - Bagendang	Penggantian Isolator
30 / 09 / 2024	Line Asam-Asam - Pelaihari	Penggantian Isolator
01 / 10 / 2024	Line Sampit - Pangkalan Bun	Penggantian Isolator
28 / 10 / 2024	Line Palangkaraya - Sebangau	Penggantian Isolator

Tabel 6. Data Parameter Pekerjaan ULTG Periode Oktober 2024

TANGGAL	URAIAN PEKERJAAN	KAPASITAS (A)	TEGANGAN (kV)	PF	DURASI (Hour)
28 / 09 / 2024	Penggantian Isolator Polimer	1200	150	0,8	8
28 / 09 / 2024	Penggantian Isolator	1200	150	0,8	8
29 / 09 / 2024	Penggantian Isolator Polimer	1200	150	0,8	8
29 / 09 / 2024	Penggantian Isolator	1200	150	0,8	8
30 / 09 / 2024	Penggantian Isolator	700	150	0,8	5
01 / 10 / 2024	Penggantian Isolator	1200	150	0,8	8
28 / 10 / 2024	Penggantian Isolator	1200	150	0,8	8

Dari data parameter pekerjaan ULTG periode Oktober 2024 yang terdapat pada tabel 6, dapat dilakukan perhitungan *energi not served* (ENS) sebagai berikut.

1. Pekerjaan Penggantian Isolator Polimer Line Barikin – Tanjung pada 28 September 2024:

$$ENS = \frac{\sqrt{3} \times V_{max} \times I_{max} \times pf \times t_{padam}}{1.000}$$

$$ENS = \frac{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 1200 \text{ A} \times 0,8 \times 8 \text{ h}}{1.000}$$

$$ENS = 840,96 \text{ MWh}$$

2. Pekerjaan Penggantian Isolator Line 2 Sampit – Bagendang pada 28 September 2024:

$$ENS = \frac{\sqrt{3} \times V_{max} \times I_{max} \times pf \times t_{padam}}{1.000}$$

$$ENS = \frac{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 1200 \text{ A} \times 0,8 \times 8 \text{ h}}{1.000}$$

$$ENS = 840,96 \text{ MWh}$$

3. Pekerjaan Penggantian Isolator Polimer Line Barikin – Tanjung pada 29 September 2024:

$$ENS = \frac{\sqrt{3} \times V_{max} \times I_{max} \times pf \times t_{padam}}{1.000}$$

$$ENS = \frac{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 1200 \text{ A} \times 0,8 \times 8 \text{ h}}{1.000}$$

$$ENS = 840,96 \text{ MWh}$$

Dan seterusnya sehingga didapatkan nilai *energy not served* (ENS) pada setiap pekerjaan dari data pekerjaan pada tabel 6. Adapun hasil perhitungan rupiah terselamatkan sesuai dengan tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. *Energi not servedd* (ENS) Pekerjaan *Offline* Periode Oktober 2024

TANGGAL	URAIAN PEKERJAAN	ENERGI SAVING (MVAh)	GAIN SAVING (Rp)
28 / 09 / 2024	Penggantian Isolator Polimer	840,96	Rp50.667.840,00
28 / 09 / 2024	Penggantian Isolator	840,96	Rp50.667.840,00
29 / 09 / 2024	Penggantian Isolator Polimer	840,96	Rp50.667.840,00
29 / 09 / 2024	Penggantian Isolator	840,96	Rp50.667.840,00
30 / 09 / 2024	Penggantian Isolator	306,60	Rp18.472.650,00
01 / 10 / 2024	Penggantian Isolator	840,96	Rp50.667.840,00
28 / 10 / 2024	Penggantian Isolator	840,96	Rp50.667.840,00
TOTAL		5.352,36	Rp322.479.690,00

Perbandingan Dampak Pekerjaan PDKB dengan Pekerjaan *Offline*

Perbandingan dampak pekerjaan dengan metode PDKB dengan pekerjaan yang dilakukan menggunakan metode *offline* sesuai dengan tabel 8 berikut ini.

Tabel 7. *Energi not servedd* (ENS) Pekerjaan *Offline* Periode Oktober 2024

METODE PEKERJAAN	ENS (MWh)	NILAI KERUGIAN (Rp)	ENERGY SAVING (MVAh)	GAIN SAVING (Rp)
Metode PDKB	0	0	6.486	228.216.396
Metode <i>Offline</i>	5.352,36	322.479.690	0	0

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis dan perhitungan pada data-data pekerjaan pemeliharaan transmission line metode *offline* dan metode PDKB Transmisi UPT Banjarbaru periode Oktober 2024, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa antara pekerjaan yang dilakukan dengan menggunakan metode PDKB dengan metode *offline* memiliki pengaruh terhadap kinerja ENS dengan hasil yang bertolak belakang. Pada pekerjaan dengan metode PDKB, energy not served (ENS) yakni sebesar 0 MWh. Hal ini berarti dengan menggunakan metode PDKB, tidak ada energi yang tidak tersalurkan akibat proses pekerjaan pemeliharaan. Sedangkan dengan metode *offline*, energy not served (ENS) yakni sebesar 5.352,36 MWh. Hal ini berarti pada proses pekerjaan pemeliharaan secara *offline* terdapat energi yang tidak tersalurkan sebesar 5.352,36 MWh.
2. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ditemukan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara pekerjaan PDKB dan pekerjaan *offline* terhadap energi yang tidak tersalurkan dan pendapatan perusahaan. Pada pekerjaan PDKB menunjukkan bahwa pada proses pekerjaan, energi yang tidak tersalurkan yakni 0 MWh. Dengan kata lain, pada proses ini tidak ada losses energi akibat proses pemeliharaan. Sebaliknya, pekerjaan PDKB dapat menyelamatkan energi yang berpotensi hilang sebesar 4.635 MWh atau setara dengan 163.087.110 rupiah sebagai keuntungan perusahaan. Sedangkan pada pekerjaan secara *offline*, energi yang hilang akibat proses pemeliharaan yakni sebesar 5.352,36 MWh. Artinya, pada proses pekerjaan yang dilakukan secara *offline* terdapat losses energi sebesar 5.352,36 MWh atau setara dengan kerugian perusahaan sebesar 322.479.690 rupiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Juliasandi, Ari. 2019. Analisa kWh Terselamatkan Pada Pemeliharaan ABSW (Air Break Switch) Dengan Metode PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan) di PT. PLN (persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta Rayon Purwokerto. Yogyakarta: Universitas Teknologi Yogyakarta.
- Putra, D. Eka. 2016. Analisa Kontribusi Peran Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Terhadap Peningkatan Kwh Jual Pada Penyulang Virgo di PT. PLN (Persero) WS2JB Area Lahat. Palembang: J. Ampere, vol. 1, no. 1, p. 1.
- PLN (Persero) UP3B JB. 2018. Panduan Umum Pemeliharaan Transmisi TT/TET Dengan Metode PDKB. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2014. Buku Pedoman Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET). Jakarta Selatan. PT. PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2014. Buku Pedoman Pemeliharaan Transmisi. Jakarta Selatan. PT. PLN (Persero).

PT PLN (Persero). 2014. Mekanisme Transaksi Tenaga Listrik. Jakarta Selatan. PT. PLN (Persero).

Setiawan, C. Bayu. 2017. Analisis Kwh Terselamatkan Pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Surabaya Selatan. Surabaya: Jurnal Teknik Elektro, vol. 6, no. 2, pp. 81–88

Sugiarto, Leo. 2014. Analisis Perhitungan KWH Terselamatkan pada Pekerjaan dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Cabang Singkawang. Kalimantan Barat: Jurnal Untan vol. 1–6, p. 2

Fajarwati, Nurul. 2009. Analisis Penyelamatan Energi Dan Keandalan Sistemjaringan Distribusi 20 KV dengan Adanya PDKB-TM di PT. PLN (Persero) APJ Surakarta. Surakarta: Univerversitas Muhammadiyah Surakarta.