

STUDI PEMELIHARAAN ISOLATOR SUTM 20 KV MENGGUNAKAN METODE PDKB DI PT PLN UP3 SURABAYA SELATAN

Zainul Abidin¹, Ir. Hadi Tasmono, MT.²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031) 5931800, Faks. (031) 5927817

E-mail: abidin.didin97@gmail.com

ABSTRAKS

Pada era saat ini energi listrik menjadi kebutuhan primer yang sangat sulit untuk dipisahkan dari masyarakat maupun pelaku usaha. Sedangkan suatu jaringan listrik tetap melakukan pemeliharaan untuk handal. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi suatu keandalan pada jaringan udara tegangan menengah. Misalnya gangguan yang ditimbulkan dari material jaringan udara tegangan menengah seperti contoh isolator. Seberapa sering dan seberapa lama durasi sistem tersebut mengalami pemadaman adalah tolak ukur dari keandalan pada sistem tenaga listrik. Agar keandalan dan kontinuitas dalam penyaluran energi listrik tetap terjaga maka diperlukannya sebuah metode tanpa padam. Oleh sebab itu teknik Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) menjadi solusi teknik pemeliharaan atau pengoperasian tanpa adanya pemadam listrik. Tujuan dari penulisan buku tugas akhir ini adalah untuk mengetahui berapa besar jumlah Energi yang terselamatkan, Rupiah Terselamatkan, Saidi dan Saifi yang Terselamatkan dari Pemeliharaan Isolator SUTM 20 KV oleh PDKB di PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Jawa Timur UP3 Surabaya Selatan pada tahun 2019-2020. Dalam perhitungannya Energi terselamatkan dan rupiah yang diselamatkan adalah sebagai berikut pada tahun 2019-2020 yaitu sebesar 300.847,124 atau sebesar Rp. 371.698.956,04. Serta mampu menekan indeks Saidi dan Saifi sebesar menjadi Nol karena dilakukan tanpa padam.

Kata Kunci: Energi terselamatkan, Pekerjaan dalam Keadaan Bertegangan (PDKB), Rupiah terselamatkan, Saidi, Saifi.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era saat ini energi listrik menjadi kebutuhan primer yang sangat sulit untuk dipisahkan dari masyarakat maupun pelaku usaha. Sedangkan suatu jaringan listrik tetap melakukan pemeliharaan untuk handal. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi suatu keandalan pada jaringan udara tegangan menengah. Misalnya gangguan yang ditimbulkan dari material jaringan udara tegangan menengah seperti contoh isolator.

Dalam sistem distribusi tenaga listrik saluran udara tegangan menengah Isolator merupakan salah satu material yang sangat penting. Isolator merupakan material isolasi yang berfungsi sebagai penyekat langsung antara konduktor dengan tiang penyanggah. Isolator yang rusak dapat mengakibatkan terputusnya aliran listrik karena adanya arus bocor yang mengalir. Pemeliharaan dan penggantian isolator merupakan hal yang penting dilakukan pada sistem distribusi saluran udara tegangan menengah

Pemeliharaan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pemeliharaan secara padam dan pemeliharaan tanpa padam. Jika pemeliharaan pada jaringan udara tegangan menengah dilakukan secara padam maka akan mengakibatkan terputusnya energi listrik ke masyarakat maupun pelaku usaha. Dengan pemadaman ini akan ada energi listrik yang terbuang. Sebagaimana peranan sistem distribusi

yang sangat penting bagi konsumen, maka penyaluran kelistrikan PT. PLN (Persero) harus tetap terjaga.

Suatu keandalan jaringan listrik diukur dari berapa kali dan berapa lama padam. Oleh karena itu keandalan pada jaringan listrik 20 KV sangat dibutuhkan agar suplai daya listrik tetap terjaga. Sehingga pemeliharaan dengan metode PDKB (pekerjaan dalam keadaan bertegangan) menjadi pilihan. Dengan demikian perlu dilakukan studi pemeliharaan isolator.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis berkeinginan meneliti sebagai tugas akhir, dan memilih judul "STUDI PEMELIHARAAN ISOLATOR SUTM 20 KV MENGGUNAKAN METODE PDKB".

1.2 Rumusan Masalah

- Berapa indeks Saidi yang diselamatkan pada pemeliharaan Isolator Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV dengan tanpa padam pada tahun 2019 - 2020 ?
- Berapa indeks Saifi yang diselamatkan pada pemeliharaan Isolator Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV dengan tanpa padam pada tahun 2019 - 2020 ?
- Berapa Energi Listrik yang diselamatkan pada pemeliharaan Isolator Saluran Udara

Tegangan Menengah 20 kV dengan tanpa padam pada tahun 2019 - 2020 ?

- d. Berapa Rupiah yang diselamatkan pada pemeliharaan Isolator Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV dengan tanpa padam pada tahun 2019 - 2020 ?

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) adalah suatu pekerjaan yang dilakukan tanpa memadamkan jaringan listrik yang sedang beroperasi atau dalam kondisi bertegangan yang meliputi pemeliharaan, perbaikan, dan perluasan jaringan listrik. Dengan ini kontinuitas dari energi listrik kepada konsumen energi listrik (pelanggan) tetap berlangsung. Karena selama pekerjaan tersebut berlangsung konsumen tidak perlu mengalami pemadaman aliran listrik.

2.2 Sistem Distribusi

Dalam sistem tenaga listrik terdapat sistem distribusi tenaga listrik. Sistem distribusi ini berfungsi sebagai penyalur tenaga listrik dari (*Bulk Power Source*) sumber energi listrik pembangkit sampai kepada konsumen. Fungsi dari sistem distribusi tenaga listrik adalah sebagai pembagian maupun pemasok tenaga listrik ke beberapa tempat (konsumen listrik), dan juga sebagai sub sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan konsumen TM 20 kV, karena catu daya pada pusat-pusat beban (konsumen listrik) disuplai langsung oleh jaringan distribusi. [1]

Dalam penyaluran tenaga listrik struktur jaringan tegangan menengah merupakan salah satu bagian terpenting. Pada jaringan listrik yang baik dapat melakukan manuver tegangan dengan mudah sehingga dapat meminimalkan daerah yang terdampak gangguan atau pemadaman dan beban dapat disuplai melalui jaringan lainnya sehingga dapat meminimalkan konsumen energi listrik yang mengalami padam. Kontinuitas energi listrik dan pelayanannya merupakan salah satu unsur dari kualitas pelayanan. Jaringan distribusi menjadi alat penyalur energi listrik yang mempunyai tingkat kontinuitas yang bergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan operasinya. Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan berapa kali sistem tersebut mengalami padam dan lamanya upaya menormalkan kembali suplai setelah mengalami gangguan. [2]

2.3 Saluran Udara

Komponen peralatan saluran udara yang terutama adalah kawat penghantar, isolator dan tiang. Khusus mengenai kawat penghantar dan isolator, pada waktu terjadi hubung-singkat akan mengalami tekanan gaya elektro – mekanis sehingga dapat menyebabkan pecahnya isolator atau

tergesernya letak kedudukan kawat penghantar tersebut [3]

2.4 Isolator

Fungsi utama dari isolator adalah sebagai penyekat aliran listrik antara konduktor bertegangan dengan *ground* (tanah) dan antara konduktor bertegangan lainnya. Bahan isolator untuk jaringan udara 20 KV terbuat dari porselin atau keramik yang dilapisi gelas dan glazur, tetapi di Indonesia yang banyak dijumpai adalah isolator yang terbuat dari porselin dari pada berbahan gelas, dikarenakan iklim di Indonesia yang mempunyai kelembapan tinggi maka pada permukaan isolator berbahan gelas akan lebih mudah jika tertempel oleh embun. Konstruksi Isolator didesain dengan bentuk berlekuk-lekuk menyerupai sirip-sirip yang memiliki fungsi ketika hujan dapat memperjauh jarak rambatan air sehingga pada kondisi hujan masih terdapat bagian permukaan isolator yang tidak teraliri air hujan.

2.4.1 Isolator Tumpu

Isolator tumpu (Pin Isolator) juga berfungsi sebagai pemikul beban berat konduktor. Pemasangan isolator dipasang tegak-lurus pada *Crossarm*. Jika konduktor berada dibagian sisi (leher) atau beban tarik ringan isolator maka sudut maksimal yang ijin adalah sudut 18° namun jika konduktor berada dibagian atas isolator (*top side*) maka tarikan maksimal hanya diperbolehkan dengan sudut 2° .

2.4.2 Isolator Penegang

Isolator penegang (*Hang Isolator*) dipasang pada bagian sisi dari *Crossarm* atau searah dengan tarikan konduktor. Konduktor diikat dengan *Strain Clamp* dengan mur dan bautnya. Isolator Penegang berfungsi sebagai pemikul berat konduktor ditambah dengan beban akibat pengencangan (tarikan) maupun adongan dari konduktor. Seperti pada konstruksi tiang awal dan akhir, tiang sudut, tiang percabangan dan tiang penegang jaringan udara tegangan menengah.

2.5 Flashover

Kegagalan isolasi yang disebabkan karena arus dan tegangan listrik pada permukaan isolator melebihi kapasitas dari batas spesifikasi ketahanan elektriknya adalah definisi dari tegangan flashover. Flashover dapat mengakibatkan timbulnya pemanasan (*Hotspot*) dan juga dapat merusak isolator. Beberapa penyebab isolator flashover yaitu terjadinya karena sambaran petir dan juga pada permukaan isolator terjadi pengotoran oleh polutan garam. Pada pesisir pantai garam merupakan bahan polutan yang sering ditemui. Sedangkan sambaran petir banyak dijumpai pada daerah terbuka atau zona petir yang tidak terdapat penangkal petir. Sehingga petir menyambar instalasi listrik pada saluran udara.

2.6 BIL (Basic Insulating Level) Menurun

Tingkat isolasi dalam peralatan listrik dicirikan oleh tegangan tahanan yang digunakan selama uji desain. Ada dua klasifikasi dasar kekuatan isolasi: tingkat isolasi dasar (BIL) atau tegangan penahan impuls petir, dan tegangan penahan frekuensi daya (sering disebut "hipot"). Tingkat isolasi dalam peralatan listrik dicirikan oleh tegangan penahan yang digunakan selama pengujian desain. Ada dua klasifikasi dasar kekuatan isolasi: tingkat isolasi dasar (BIL) atau tegangan menahan impuls petir, dan tegangan menahan frekuensi daya (sering disebut tegangan "hipot"). [4]

2.7 Pecah atau Gupil

Tekanan yang terjadi dari dalam bahan porselen yang diakibatkan oleh ketidakseragaman pemuaihan dan penyusutan yang terdapat dalam bahan porselen, semen, dan baja yang terjadi karena cuaca dingin maupun panas atau kering dan lembab atau akibat adanya pemanasan pada isolator tersebut menjadi penyebab utama pecahnya atau retaknya suatu isolator.

2.8 Saidi, dan Saifi

2.8.1 Saidi (Sistem Average Interruption Duration Index)

Saidi adalah Indeks rata-rata dari lamanya padam pada konsumen listrik (pelanggan) terhadap satuan waktu (Jam). [2]

$$SAIDI = \frac{\text{Lama padam} \times \text{pelanggan padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Total}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

Lama padam = Standart Lama Waktu Pemadaman

Pelanggan padam = Jumlah Pelanggan Sesion Terganggu

Jumlah pelanggan total = Jumlah Pelanggan Total Penyulang

2.8.2 Saifi (System Average Interruption Frequency Index)

Saifi adalah Indeks rata-rata dari jumlah banyaknya padam pada konsumen listrik (pelanggan) terhadap satuan waktu (Tahun). [2]

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah kali padam} \times \text{pelanggan padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Total}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Jumlah kali padam = Jumlah Pemeliharaan

Pelanggan padam = Jumlah Pelanggan Sesion Terganggu

Jumlah pelanggan total = Jumlah Pelanggan Total Penyulang

2.9 Energi Terselamatkan dan Rupiah Terselamatkan

2.9.1 Energi Terselamatkan

Energi Terselamatkan adalah Energi listrik yang dapat diselamatkan dan tersalurkan kepada konsumen jika dilakukan pemeliharaan secara PDKB. Sedangkan energi yang tidak terselamatkan adalah energi yang hilang akibat pemadaman maupun gangguan pada sistem tenaga listrik.

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} \times V_l \times I_l \times \cos\phi \times t}{1000} \quad (2.3)$$

Keterangan :

E_{safe} = Energi Terselamatkan (kWh)

V_l = Tegangan Line to Line (Volt)

I_l = Arus atau Beban Penyulang (Ampere)

cosφ = Factor Daya

t = Lama Pengerjaan (Jam)

2.9.2 Rupiah Terselamatkan

Rupiah terselamatkan didapatkan dari energi yang terselamatkan pada pekerjaan secara PDKB dikalikan dengan harga rupiah PerKwh.

$$RP_{Safe} = E_{Safe} \times Rp \text{ per Kwh} \quad (2.4)$$

Keterangan :

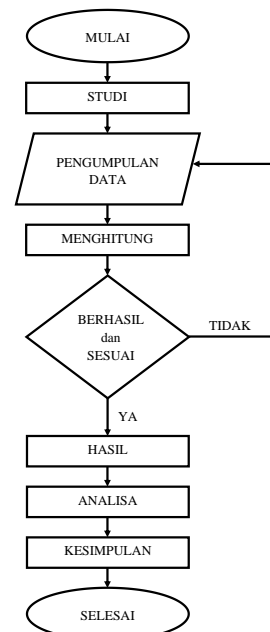
RP_{Safe} = Rupiah Terselamatkan (Rp)

E_{Safe} = Energi Terselamatkan (Kwh)

Rp per Kwh = Harga Rata Rata Per Kwh (Rp)

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

3.2 Metode Yang Digunakan

Dalam proses penelitian ini penulis melakukan penelitian kuantitatif yang menganalisa pemeliharaan isolator saluran udara tegangan menengah menggunakan metode PDKB. Dari penelitian ini akan mengetahui hasil dari nilai indeks keandalan seperti SAIDI (*System Average Interruption Duration Indeks*), SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) yang terselamatkan karena dilakukan tanpa padam dan juga Energi yang Terselamatkan, dan Rupiah yang Terselamatkan.

3.3 Data Pendukung

Dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini maka diperlukannya data-data pendukung. Adapun data-data yang diperlukan sebagai berikut:

1. Beban penyulang
2. Jumlah pelanggan total
3. Jumlah pelanggan per section
4. Jumlah pemeliharaan isolator menggunakan PDKB
5. Data gangguan pada penyulang
6. Rupiah per Kwh

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan

Ada tiga cara kerja sesuai keadaan pekerja yang berkenaan dengan daerah terlarang dalam hubungannya dengan penghantar (atau struktur bertegangan) yang sedang dikerjakan. Di Indonesia pada khususnya pada jaringan distribusi hanya menggunakan 2 metode saja yaitu metode berjarak, dan metode sentuh langsung untuk metode potensial hanya digunakan pada jaringan transmisi tegangan tinggi, tegangan ekstra tinggi, dan pada gardu induk. Berikut adalah metode metode PDKB di Indonesia.

4.1.1 Berjarak (*Distance Method*)

Pada metode ini pekerja berada di luar daerah terlarang dalam hubungan dengan konduktor bertegangan maupun struktur bertegangan lainnya di tempat ia bekerja. pekerjaan dilaksanakan dengan menggunakan alat alat yang dipasang pada ujung galah berisolasi atau tali isolasi.



Gambar 4. 1 PDKB Berjarak (*Distance Method*)

4.1.2 Metode Sentuh Langsung (*Contact Method*)

Pada metode ini, dengan sarana perlindungan dan tindakan pencegahan yang ditetapkan. Pekerja memasuki daerah terlarang dalam hubungan dengan konduktor bertegangan maupun struktur bertegangan lainnya yang sedang dilakukan pekerjaan.



Gambar 4. 2 PDKB Sentuh Langsung (*Contact Method*)

4.2 Dokumen Dokumen Yang Diperlukan Sebelum Melaksanakan Pekerjaan PDKB

a. SP2B

SP2B adalah surat perintah melaksanakan pekerjaan bertegangan. Surat ini berisi tentang lokasi, penyulang, alamat, dan jenis pekerjaan yang akan dilakukan. Surat ini harus di tanda tangani oleh para Linemen sebelum melakukan pekerjaan dalam keadaan bertegangan dan sebagai konfirmasi bahwa lineman siap secara jasmani dan rohani dalam melakukan pekerjaan dalam keadaan bertegangan.

b. SP3B

SP3B adalah surat penunjukan pengawas pekerjaan bertegangan. Surat ini berisi tentang lokasi, penyulang, alamat, dan jenis pekerjaan yang akan dilakukan pengawasan. Surat ini harus di tanda tangani oleh Preparator, Pengwas Pekerjaan, Pengwasa K3 sebelum melakukan pengawasan pekerjaan dalam keadaan bertegangan dan sebagai konfirmasi bahwa para pengawas siap secara jasmani dan rohani dalam melakukan Pengawassan pekerjaan dalam keadaan bertegangan. SP3B juga ditanda tangani oleh Kepala Operasi, dan SPV PDKB.

c. JSA

JSA (*Job Safety Analysis*) adalah sebuah form survey yang diterbitkan setelah Preparator melakukan survey pada lokasi pekerjaan yang akan dilakukan pekerjaan. JSA memiliki definisi teknik manajemen keselamatan yang berfokus pada identifikasi bahaya dan pengendalian bahaya yang berhubungan dengan rangkaian pekerjaan. Ini adalah langkah preventif untuk mengantisipasi terjadinya kecelakaan

d. IBPR

IBPR adalah Formulir Identifikasi Bahaya dan Penilaian Pengendalian Resiko. IBPR diterbitkan setelah Preparator melakukan survey

pada lokasi pekerjaan yang akan dilakukan pekerjaan. IBPR berisi tentang potensi bahaya dari aktivitas pekerjaan beserta penilaian resiko dan tingkat resiko serta pengendalian dalam menghadapi resiko.

e. Ijin Ketinggian

Ijin ketinggian adalah sebuah dokumen yang berisi tentang ijin dalam melakukan pekerjaan pada ketinggian. Dokumen ini berisi tentang alamat lokasi, area kerja, jumlah pekerja, peyulang yang akan dilakukan pekerjaan serta checklist peralatan pekerjaan pada ketinggian.

f. Form Survey

Dokumen ini berisi tentang pekerjaan yang akan dikerjakan, lokasi kerja, peyulang, gardu induk, serta data lokasi yang akan dilakukan pekerjaan dari struktur tanah, jarak lokasi dari jalan, jenis tiang, jenis konduktor, jenis tiang, gambar lokasi dan single line pekerjaan

g. Checklist

Dokumen ini berisi checklist peralatan kerja, peralatan k3, material, serta peralatan pendukung sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan

4.3 Pengaturan Kerja di lapangan

a. Penerapan SOK

Syarat Operasi Khusus (SOK). SOK tersebut adalah sebagai berikut :

- semua penutupan balik otomatis (automatic reclosing – PBO) pada penyulang yang akan dilakukan pekerjaan di offkan (*non aktif*).
- semua setting waktu peralatan pengaman selektif di offkan (*non aktif*). ($t=0$)
- Bila terdapat indikator gangguan tanah, tidak menunjukkan adanya indikasi (*fasa-ground*) gangguan tanah.
- Penutupan kembali setelah pemutusan dapat dilakukan atas seizin dan persetujuan Kepala Operasi.

b. Persiapan di Lapangan

- Menganalisa lokasi pekerjaan
- Mengambil langkah langkah pengamanan
- Menjelaskan langkah langkah pada Linemans

c. Pemeriksaan Alat

Pemeriksaan alat kerja baik alat kerja isolasi maupun non isolasi meliputi pengecekan fisik serta mekanisme alat

4.4 Pengujian Isolator

4.4.1 Pengujian Visual

Dalam melakukan penggantian isolator pengecekan visual dilakukan dengan mengamati permukaan isolator apakah terdapat kerusakan pada fisik isolator tersebut. Kerusakan pada fisik isolator dapat berupa

1. Gupil / Pecah
2. Cacat pada Permukaan Porselen

Kerusakan pada fisik Isolator dapat menyebabkan menurunnya fungsi isolasi pada isolator tersebut.



Gambar 4. 3 Isolator Flashover

Pada permukaan Isolator terdapat bekas loncatan aliran listrik pada keramik isolator. Hal ini dapat berakibat berkurangnya kemampuan isolasi pada isolator. Dari fisik isolator tersebut sudah tidak layak untuk digunakan dan perlu dilakukan penggantian isolator. Penggantian ini juga diharapkan untuk menambah pada keandalan sistem kelisrikan serta menurunkan gangguan pada jaringan SUTM.

4.4.2 Pengujian Tahanan Isolasi

a. Pengujian Isolator Keadaan Kering

Pengujian isolasi dalam kondisi kering adalah kondisi dimana pengujian ini menggambarkan kondisi normal ketika isolator dipasang di lapangan dan keadaan cuaca dalam keadaan cerah, kondisi kelembaban yang normal.

b. Pengujian Isolator Keadaan basah

Pada pengujian ini yang dimaksud basah adalah kondisi basah karena hujan atau kondisi dimana permukaan isolator basah (berembun). Pengkondisian kondisi basah dilakukan dengan menyiram isolator dengan air. Setelah dilakukan penyiraman air segera dilakukan pengujian sebelum permukaan isolator kembali dalam kondisi kering.



Gambar 4. 4 Proses Uji Tahanan Isolasi

Batasan tahanan isolasi menurut PUIL 2000 adalah 1 kilo Volt = 1 Mega Ohm dengan catatan 1 kV adalah besarnya tegangan fasa terhadap tanah atau ground. Dengan kebocoran arus yang diijinkan setiap kV adalah 1 mA.



Gambar 4. 5 Hasil Uji Tahanan Isolasi

Pada pengujian ini didapatkan hasil bahwa nilai pada pengujian isolasi sebesar 9,1 MΩ. Dengan standar tahanan isolasi setiap 1 KV adalah 1 MΩ maka isolator penegang hanya mampu menahan isolasi sebesar 9,1 KV. Besar tegangan Fasa – Netral pada SUTM adalah 11, 54 KV Sedangkan tegangan antar fasa adalah 24 KV. Batasan minimal isolasi yang baik pada isolator adalah 24 MΩ. Dengan demikian perlunya dilakukan penggantian agar dapat Menambah keandalan pada jaringan SUTM serta menurunkan gangguan pada jaringan SUTM.

4.5 Evaluasi Pekerjaan PDKB

a. Waktu dan Tempat

Jenis pekerjaan : Penggantian Isolator Penegang Fasa T
 Hari/tanggal : Rabu, 30 Januari 2020
 Lokasi Pekerjaan : Jl. Manyar Tirtoyoso
 Penyulang dan Unit: Penyulang Manyar. ULP Ngagel

Pekerjaan penggantian Isolator Penegang beralamat pada Jl. Manyar Tirtoyoso ini teletak pada section 2 penyulang manyar. Dengan beban rata rata penyulang manyar pada siang hari adalah 140 A. Penyulang Manyar terdiri dari 2 Section dengan jumlah pelanggan total sebesar 3.568 pelanggan dan pada section kedua terdapat 3.250 pelanggan.

b. Standart Waktu Offline

Data Standart Offline diambil dari sumber SIMPDKB. Data standart offline adalah waktu standatr jika pekerjaan dilakukan dengan padam.

Tabel 4. 1Standart Waktu Offline

Standart Waktu Offline	
Jenis Pekerjaan	Jam
Pemeliharaan Isolator Tumpu	1,4
Pemeliharaan Double Isolator Tumpu	3
Pemeliharaan Isolator Penegang	2

c. Energi Terselamatkan

Pada sistem 3 fasa, diketahui tegangan line to line sebesar 20.000 V. Karena pekerjaan dilakukan pada siang hari maka arus atau beban penyulang Manyar section 2 sebesar 70 A dengan

$\cos\phi$ adalah 0,85. Dan Standart waktu pemeliharaan isolator penegang secara offline adalah 2 jam. rumus perhitungan energi terselamatkan dalam kilo watt hour (kWh) adalah:

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} \times 20.000 \times I_1 \times 0,85 \times t}{1000}$$

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} \times 20.000 \times 70 \times 0,85 \times 2}{1000}$$

$$E_{safe} = 4.122,28$$

d. Rupiah Terselamatkan

Harga rata-rata rupiah Perkwh. Menurut data harga jual rupiah/kwh, 1 kWh pada bulan Januari 2020, yaitu sebesar Rp 1.239,60

$$RP_{Safe} = 4.122,28 \times 1.239,60$$

$$RP_{Safe} = 5.113.697,088$$

e. Saidi (System Average Interruption Duration Indeks)

Dari pekerjaan penggantian isolator penegang di Manyar Tirtoyoso penyulang Manyar ULP Ngagel jika dilakukan dengan metode offline maka mengharuskan penyulang Manyar padam pada section 2 sehingga Saidi nya adalah :

$$SAIDI = \frac{\text{Lama padam} \times \text{pelanggan padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Total Penyulang}}$$

$$SAIDI = \frac{2 \times 3.250}{3.568}$$

$$SAIDI = 1,8217 / \text{Pelanggan}$$

f. Saifi (System Average Interruption Frequency Index)

Dari pekerjaan penggantian isolator penegang di Manyar Tirtoyoso penyulang Manyar ULP Ngagel jika dilakukan dengan metode offline maka mengharuskan penyulang Manyar padam 1 kali untuk melakukan pemeliharaan isolator sehingga Saifi nya adalah :

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah kali padam} \times \text{pelanggan padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Total Penyulang}}$$

$$SAIFI = \frac{1 \times 3.250}{3568}$$

$$SAIFI = 0,9109 / \text{Pelanggan}$$

4.6 Hasil Pemeliharaan Isolator SUTM Metode PDKB

a. Perolehan Pemeliharaan Isolator Metode PDKB Pada Tahun 2019

Pada Tahun 2019 PDKB Surabaya Selatan berhasil menyelesaikan 77 titik pemeliharaan Isolator tumpu dan 16 titik pemeliharaan Isolator Penegang dengan jumlah energi Terselamatkan sebesar 142.291,074 atau Rp. 175.160.312,57. Serta menekan Indeks Saidi Saifi pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Saidi Saifi 2019

PENYULANG	SAIDI	SAIFI	TITIK KERJA
ZAMHURI	0,7774	0,5553	2
WAGE	0,0426	0,0304	1
TENGGILIS	0,1307	0,0933	1
SULAWESI	1,1821	0,8444	2
STATISTIK	2,0827	1,4877	2
SRIKANA	1,6162	1,0101	3
SIWALANKERTO	0,1272	0,0636	1
RSAL	0,9122	0,5370	2
REXPLAST	1,3675	0,9768	1
PUNCAK PERMAI	1,8488	1,3205	3
PUCANG ADI	1,5	0,75	1
PONDOK CANDRA	0,3526	0,1763	1
PEPELEGI	0,3825	0,2732	1
PAM	3,3836	2,4169	4
PAKAL	0,8293	0,5923	2
NIAS	0,3805	0,2718	1
NGINGAS	0,7063	0,5045	2
NGINDEN	0,5483	0,3916	1
MARGOREJO	1,3801	0,9858	2
MANYAR	7,1542	5,1101	6
LUMUMBA	0,7203	0,5146	1
LOTUS	1,9265	1,3761	1
KRUKAH	0,5571	0,3979	2
KETINTANG	1,0610	0,5305	1
KETAPANG SUKO	0,3531	0,2522	1
KEPUH KIRIMAN	0,3699	0,1849	1
KENDUNG	0,5786	0,4133	1
KEJAKSAAN	1,2023	0,8588	2
KARANG MENJANGAN	2,1908	0,7302	2
KANDANGAN	0,1498	0,1070	1
KALIWARON	0,9311	0,6651	1
KALIDAMI	1,3329	0,9521	2
KALANG ANYAR	0,5824	0,4159	1
JOYOBOYO	1,1496	0,3832	1
JEMURSARI	5,4321	3,2798	5
INDOMIE	1,3067	0,9333	1
ERLANGGA	2,5295	1,4552	3
DIPONEGORO	0,4438	0,3170	1
DELTASARI	1,2705	0,6353	2
DARMO HARAPAN	1,4211	0,6352	2
BUNGURASIH	0,5017	0,3584	1
BRAWIJAYA	1,2786	0,9133	4
BLKI	5,1293	1,6638	7
BILKA	1,3981	0,9986	1
BENOWO	2,2738	1,1761	1
BENDUL MERISI	0,6595	0,3298	1
BARATA	0,3061	0,2187	1
ARUKI	0,7583	0,5416	2
ALOHA	0,8163	0,5831	1

b. Perolehan Pemeliharaan Isolator Metode PDKB Pada Tahun 2020

Pada Tahun 2020 PDKB Surabaya Selatan berhasil menyelesaikan 57 titik pemeliharaan Isolator tumpu dan 36 titik pemeliharaan Isolator Penegang dengan jumlah energi Terselamatkan sebesar 158.550,05 atau Rp. 196.538.643,47 Serta menekan Indeks Saidi Saifi pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil Saidi Saifi 2020

PENYULANG	SAIDI	SAIFI	TITIK KERJA
ZAMHURI	0,5349	0,3821	1
REXPLAST	1,3675	0,9768	1
WIGUNA	0,6230	0,4450	1
WAGE	0,3372	0,2408	1
UBM	0,8305	0,5932	1
TROPODO	0,3938	0,2813	1
SULAWESI	0,0673	0,0480	1
SUIK	1,4714	0,7357	1
SRIKANA	0,6538	0,3269	1
SODA	2,1789	1,5563	2
SIWALANKERTO	1,7752	1,0442	2
SIMO HILIR	0,7506	0,3752	1
SAWO TRATAP	3,9457	1,9728	2
RATNA	2,8167	1,5648	3
PONDOK CANDRA	0,3526	0,1763	1
PEPELEGI	0,9103	0,5689	3
PAM	2,8057	2,0041	4
PAKAL	0,4149	0,2963	1
PABEAN 1	0,2976	0,2125	1
NIAS	0,7611	0,5436	2
NGINDEN	0,1060	0,0757	1
MASANGAN	0,1318	0,0942	1
MARGOREJO	1,3801	0,9858	1
MANYAR	2,5504	1,8217	2
MANGGA DUA	0,3769	0,2692	1
KRUKAH	3,3278	1,8188	6
KEPUH KIRIMAN	1,7219	1,2299	4
KALIWARON	1,3301	0,6651	1
KALIDAMI	0,7495	0,3747	1
KALANG ANYAR	1,9777	1,1633	2
JAGIR	1,4	1	1
INJOKO	1,9641	1,4029	2
ERLANGGA	3,4286	1,9048	3
ELEKTRO	0,9349	0,6677	2
DIAN RAYA	1,9027	0,9513	1
DHARMAWANGSA	2,5867	1,3066	5
DELTASARI	2,3702	1,5779	5
DELES	1,0454	0,5227	1
BUNGURASIH	0,8028	0,3211	2
BREBEK	1,2369	0,8835	3
BENOWO	0,8011	0,4005	3
BENGKEL	4,0372	2,0186	4
BARATA	4,8109	3,4364	6
BANYU URIP	0,5484	0,3917	2
BALONGSARI	0,2769	0,1385	1
ALOHA	0,0349	0,0249	1

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dari semua penjelasan, teori dan fakta yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa Pemeliharaan Isolator SUTM 20KV Metode PDKB mempunyai banyak manfaat sebagai berikut:

- a. Pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik sebanyak 186 titik pekerjaan pada 70 penyulang di PT PLN UP3 Surabaya Selatan tanpa harus melakukan pemadaman yang biasa dilakukan dengan offline dari tahun 2019-2020. Dan tidak ada komplain dari pelanggan lain, dampaknya citra PLN dan mutu pelayanan baik.
- b. PDKB UP3 Surabaya Selatan mampu menyelamatkan KWH sebesar 300.847,124 dari tahun 2019-2020. Dengan total Rp. 371.698.956,04
- c. Angka SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) dari tahun 2019-2020 dapat ditekan.

Tabel 5. 1 Hasil Saidi Saifi 2019-2020

PENYULANG	SAIDI	SAIFI
ZAMHURI	1,3123	0,9374
REXPLAST	2,735	1,9536
WIGUNA	0,623	0,445
WAGE	0,3798	0,2712
UBM	0,8305	0,5932
TROPODO	0,3938	0,2813
SULAWESI	0,0673	0,048
SUIK	1,4714	0,7357
SODA	2,1789	1,5563
SIWALANKERTO	1,9024	1,1078
SIMOHILIR	0,7506	0,3752
SAWO TRATAP	3,9457	1,9728
RATNA	2,8167	1,5648
PONDOK CANDRA	0,7052	0,3526
PEPELEGI	1,2928	0,8421
PAM	6,1893	4,421
PABEAN 1	0,2976	0,2125
MASANGAN	0,1318	0,0942
MANGGAH DUA	0,3769	0,2692
KEPUH KIRIMAN	2,0918	1,4148
KALIWARON	2,2612	1,3302
KALIDAMI	2,0824	1,3268
KALANG ANYAR	2,5601	1,5792
JAGIR	1,4	1
INJOKO	1,9641	1,4029
ELEKTRO	0,934	0,6677
DIAN RAYA	1,9027	0,9513
DHARMAWANGSA	2,5867	1,3066
DELTASAIRI	2,3702	1,5779
DELES	1,0454	0,5227
BUNGURASIH	1,3045	0,6795
BERBEK	1,2369	0,8835
BENOWO	3,0749	1,5766
BENGKEL	4,0372	2,0186
BARATA	5,117	3,6551
TENGGILIS	0,1307	0,0933
STATISTIK	2,0827	1,0101
SRIKANA	2,27	1,337
RSAL	0,9122	0,537
PUNCAK PERMAI	1,848	1,3205
PUCANG ADI	1,5	0,75
PAKAL	0,8293	0,5923
NIAS	1,1416	0,8154
NGINGAS	0,7063	0,5045
NGINDEN	0,6543	0,4673
MARGOREJO	2,7602	1,9716
MANYAR	9,7046	6,9318

Tabel 5.1 Lanjutan

PENYULANG	SAIDI	SAIFI
LUMUMBA	0,7203	0,5146
LOTUS	1,9265	1,3761
KRUKAH	3,8849	2,2167
KETINTANG	1,061	0,5305
KETAPANG SUKO	0,3531	0,2522
KENDUNG	0,5786	0,4133
KEJAKSAAN	1,2023	0,8588
KARANG MENJANGAN	2,1908	0,7302
KANDANGAN	0,1498	0,107
JOYOBOYO	1,1496	0,3832
JEMURSARI	5,4321	3,2798
INDOMIE	1,3067	0,9333
ERLANGGA	2,5295	1,4552
DIPONEGORO	0,4438	0,317
DARMO HARAPAN	1,4211	0,6352
BRAWIJAYA	1,2786	0,9133
BLKI	5,1293	1,6638
BILKA	1,3981	0,9986
BENDUL MERISI	0,6595	0,3298
ARUKI	0,7583	0,5831
BANYU URIP	0,5484	0,3917
BALONGSARI	0,2769	0,1385
ALOHA	0,8512	0,608

Dari data Saidi dan Saifi diatas dapat ditekan menjadi "0". Karena tidak ada pelanggan yang padam pada section yang dilakukan pemeliharaan.

- d. Apabila pemeliharaan dilakukan dengan padam maka potensi KWH hilang sebesar 300.847,124 dari tahun 2019-2020. Dengan total Rp. 371.698.956,04 Serta dapat menambah indeks Saidi dan Saifi sesuai dengan tabel.

5.2 Saran

Adapun saran-saran dari hasil analisa yang telah dibahas tentang Pemeliharaan Isolator SUTM 20 KV Metode PDKB sebagai berikut :

- a. Disarankan untuk selalu melakukan inspeksi pada Jaringan SUTM 20 KV terhadap material yang sudah tua atau daerah yang rawan terjadi petir karena menjadi penyebab Isolator Flashover atau Pecah. Sehingga penyebab gangguan segera ditemukan dan tidak berpotensi menjadi penyebab gangguan berikutnya.
- b. Disarankan selalu melakukan pemeliharaan dengan metode PDKB karena dapat menekan jumlah SAIDI dan SAIFI yang diakibatkan pemadaman saat melakukan pemeliharaan. Dan mampu menyelamatkan KWH yang berpotensi hilang jika dilakukan pemadaman.
- c. Pada penelitian ini hanya melakukan penelitian sebatas pada Pemeliharaan Isolator SUTM 20 KV Metode PDKB. Mungkin pada penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian dari berbagai pekerjaan yang bisa dilakukan PDKB mengingat banyak hal pekerjaan yang bisa dilakukan secara PDKB.

PUSTAKA

- [1] A. Kadir, *Distribusi Dan Utilitas Tenaga Listrik*, Jakarta: Universitas Indonesia, 2000.
- [2] Standar Perusahaan Listrik Negara, “Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV Dan 6kV,” no. 59, Departemen Pertambangan Dan Energi , Jakarta, 1985.
- [3] Standar Perusahaan Listrik Negara, “Pengoperasian Dan Pemeliharaan Jaringan Distribusi,” Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta, 1982.
- [4] A. J. Pansini, *Power Transmission And Distribution*, River Publishers, 2020.
- [5] C. B. Setiawan dan T. Rijanto, “ANALISIS KWH TERSELAMATKAN PADA PEKERJAAN DALAM KEADAAN BERTEGANGAN (PDKB) DI PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR AREA SURABAYA SELATAN,” *Jurnal Teknik ELEKTRO*, pp. 81-88, 2017.
- [6] D. E. Putra, “ANALISA KONTRIBUSI PERAN PEKERJAAN DALAM KEADAAN BERTEGANGAN (PDKB) TERHADAP PENINGKATAN KWH JUAL PADA PENYULANG VIRGO DI PT. PLN (PERSERO) WS2JB AREA LAHAT,” *Jurnal Ampere*, pp. 1-13, 2016.
- [7] A. B. Vernandez dan Yuningtyastuti, “ANALISIS PERHITUNGAN KWH TERSELAMATKAN PADA PEKERJAAN DALAM KEADAAN BERTEGANGAN (PDKB) SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH (SUTM) 20 KV AREA JAMBI,” pp. 1-9, 2013.
- [8] I. N. T. W. S, A. A. G. M. Pemayun dan A. I. Weking, “ANALISIS PEMELIHARAAN SALURAN DISTRIBUSI 20 KV DALAM KEADAAN BERTEGANGAN DI RAYON KUTA,” *E Jurnal SPEKTRUM*, pp. 42-48, 2017.
- [9] A. Riyono, “STUDI EVALUASI PEMELIHARAAN SALURAN UDARA 20 KV DENGAN PEKERJAAN DALAM KEADAAN BERTEGANGAN DI PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR AREA PELAYANAN DAN JARINGAN MADIUN,” 2007.
- [10] Standar Perusahaan Listrik Negara, “Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan,” no. 82-1, PT Perusahaan Listrik Negara, Jakarta, 1991.
- [11] Standar Perusahaan Listrik Negara, “Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan,” no. 82-3, PT Perusahaan Listrik Negara , Jakarta, 1993.
- [12] Instruksi Kerja, “Pemeliharaan Dead End Insulator Phasa S PDKB-TM Metode Sentuh Langsung,” no. IK PDKB-TM SL/11/113/Komite PDKB, PT Perusahaan Listrik Negara , Jakarta, 2015.
- [13] Instruksi Kerja, “Pemeliharaan Isolator Tumpu Phasa S Kontruksi Cross Arm Unbalance PDKB-TM Metode Sentuh Langsung,” no. IK PDKB-TM SL/11/113/Komite PDKB, PT Perusahaan Listrik Negara , Jakarta, 2015.
- [14] Instruksi Kerja, “Penggantian Isolator Penegang PDKB-TM Metode Berjarak,” no. 02.01/TMMB/Komisi PDKB Pusat/2017, PT Perusahaan Listrik Negara , Jakarta, 2018.
- [15] Instruksi Kerja, “Pemeliharaan Isolator Tumpu Metode Coulisse Phasa R Atau T PDKB-TM Metode Berjarak,” no. 023.IK PDKB-TM/11/113/Komite PDKB, PT Perusahaan Listrik Negara , Jakarta, 2014.