

ANALISIS DAMPAK PEKERJAAN DALAM KEADAAN BERTEGANGAN (PDKB) 20 KV TERHADAP PENYELAMATAN KWH DAN NILAI SAIDI, SAIFI, CAIDI PT. PLN (PERSERO) AREA MALANG RAYON KOTA

Tegar Wahyu Pamungkas, M. Jasa Afroni¹, Bambang Dwi Sulo²
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang Jl. MT. Haryono 193 Malang
tegar.wahyu@pln.co.id

ABSTRAK

Setiap terhentinya aliran listrik akan menimbulkan keluhan bagi konsumen listrik dan hal ini merupakan kerugian terutama bagi konsumen industri serta di sisi lain kerugian bagi PT. PLN (Persero) karena energi listrik (kWh) yang tidak terjual ke pelanggan. Untuk menangani hal tersebut, PT. PLN (Persero) Area Malang melaksanakan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) 20 kV. Selama ini frekuensi pemadaman dan lamanya pemadaman terencana yang disebabkan oleh pekerjaan pemeliharaan, perluasan jaringan, dan penyambungan baru Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV masih cukup tinggi sehingga dengan menggunakan metode kerja PDKB diharapkan pemadaman karena faktor - faktor tersebut dapat dikurangi. Hasil penelitian skripsi ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode PDKB TM 20 kV PLN Rayon Kota Malang dapat menyelamatkan kWh pada tahun 2015 sebesar 2.490.360,18 kWh dan setara dengan nilai uang sebesar 2.830.294.345 rupiah. Nilai keandalan mutu pelayanan pelanggan yaitu SAIDI, SAIFI, dan CAIDI menjadi semakin baik dengan menggunakan PDKB TM, yaitu SAIDI = 21,9 menit/pelanggan/tahun, SAIFI = 0,32 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI = 1,13 jam/pelanggan/tahun, dibandingkan dengan tanpa menggunakan PDKB TM, yaitu SAIDI = 292 menit/pelanggan/tahun, SAIFI = 2,30 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI = 7,85 jam/pelanggan/tahun.

Kata Kunci : Energi Listrik (kWh), Jaringan Distribusi, PDKB 20 kV, SUTM 20 kV.

1. PENDAHULUAN

Setiap terhentinya aliran listrik akan menimbulkan keluhan bagi konsumen listrik dan hal ini merupakan kerugian terutama bagi konsumen industri serta di sisi lain kerugian bagi PT. PLN (Persero) karena energi listrik (kWh) yang tidak terjual ke pelanggan. Tidak bisa dipungkiri bahwa semua jaringan transmisi maupun distribusi serta peralatan listrik lainnya membutuhkan pemeliharaan dan perbaikan, baik secara berkala dan terencana, maupun yang bersifat mendadak akibat gangguan yang tidak jarang akan mengakibatkan terhentinya suplai aliran listrik kepada konsumen.

Untuk menangani hal tersebut, PT. PLN (Persero) Area Malang melaksanakan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) 20 kV. Pekerjaan tanpa pemadaman dilakukan dengan mengutamakan segi keamanan dan keselamatan pekerja dan instalasi karena PDKB termasuk dalam pekerjaan beresiko tinggi. Selama ini frekuensi pemadaman dan lamanya pemadaman terencana yang disebabkan oleh pekerjaan pemeliharaan, perluasan jaringan, penyambungan baru maupun perbaikan listrik Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV masih cukup tinggi sehingga dengan menggunakan metode kerja PDKB diharapkan pemadaman karena faktor - faktor tersebut dapat dikurangi. Selain itu, manfaat PDKB dapat dilihat dari nilai *Sistem Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *Sistem Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI).

1.1 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang akan dibahas adalah:

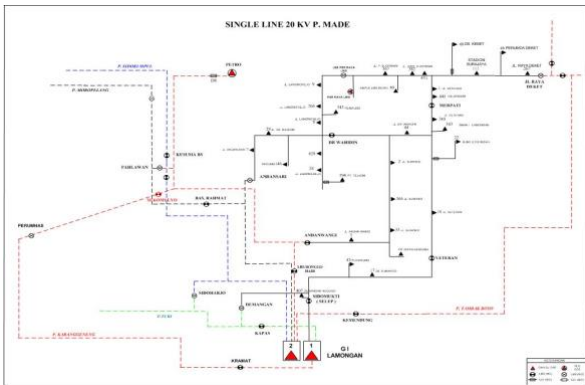
1. Berapa jumlah energi listrik (kWh) yang bisa diselamatkan dari pelaksanaan kerja menggunakan metode PDKB di PLN Area Malang Rayon Kota Malang?
2. Berapa besar dampak pelaksanaan PDKB terhadap nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI di PLN Area Malang Rayon Kota Malang tahun 2015?

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik dikatakan sebagai kumpulan/gabungan yang terdiri dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem.

Sistem Distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan. Sistem Distribusi adalah bagian sistem tenaga listrik yang paling banyak mengalami masalah utama dalam operasi sistemnya, yaitu pelayanan kepada pelanggan dan mengatasi gangguan sistem. Disamping masalah tegangan, bagian-bagian instalasi yang berbeban lebih dan rugi-rugi daya dalam jaringan merupakan masalah yang perlu dicatat dan dianalisa secara terus-menerus untuk dijadikan masukan bagi perencanaan pengembangan sistem dan juga untuk melakukan tindakan-tindakan penyempurnaan pemeliharaan dan penyempurnaan operasi sistem distribusi.



Gambar 2.3. Single Line Diagram Distribusi 20 kV
 Sumber : PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur

2.2 Sistem Distribusi Primer 20 kV

2.2.1 Saluran Udara Tegangan Menengah

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah konstruksi termurah untuk penyaluran distribusi tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini hampir seluruhnya digunakan oleh semua konsumen Jaringan Tegangan Menengah di Indonesia. Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton.

2.2.2 Indeks Keandalan dari Sisi Pelanggan

➤ **SAIDI**

SAIDI (*Sistem Average Interruption Duration Index*) adalah nilai rata-rata dari lamanya gangguan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dan lamanya gangguan secara terus menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah total pelanggan yang dilayani selama tahun itu. Rumus perhitungan SAIDI adalah: [4]

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_c M_c}{\sum M} \tag{2.1}$$

dimana:

μ_c = Lama pelanggan padam

$\sum M_c$ = Jumlah pelanggan padam pada saluran C

$\sum M$ = Jumlah total pelanggan pada sistem

Sumber: *Udiklat Pandaan, Keandalan Sistem Distribusi*

➤ **SAIFI**

SAIFI (*Sistem Average Interruption Frequency Index*) adalah jumlah rata-rata gangguan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per satuan waktu. Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua gangguan dalam satu tahun dengan jumlah total pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut. Rumus perhitungan SAIFI adalah: [4]

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_c M_c}{\sum M} \tag{2.2}$$

dimana:

λ_c = Frekuensi pelanggan padam

$\sum M_c$ = Jumlah pelanggan padam pada saluran C

$\sum M$ = Jumlah total pelanggan pada sistem

Sumber: *Udiklat Pandaan, Keandalan Sistem Distribusi*

➤ **CAIDI**

CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) adalah indeks durasi gangguan pelanggan rata-rata tiap tahun, menginformasikan tentang waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap pelanggan dalam satu tahun. Rumus perhitungan CAIDI adalah: [4]

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \tag{2.3}$$

SAIFI

Sumber: *Udiklat Pandaan, Keandalan Sistem Distribusi*

2.2.3 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

PDKB adalah pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan, penyambungan baru, modifikasi, rehabilitasi, perbaikan maupun perluasan jaringan dimana jaringan tetap dalam keadaan bertegangan (*on-line*) dengan menggunakan peralatan serta perlengkapan yang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Metode kerja ini harus menjamin perlindungan terhadap pekerja dari bahaya listrik sehubungan dengan adanya tegangan.

2.2.3.1 Ketentuan Tentang Kepala Operasi

Kepala Operasi adalah seorang pegawai yang secara tertulis ditunjuk sebagai penanggung jawab atas satu atau sejumlah instalasi yang batas-batasnya ditetapkan dengan jelas.

2.2.3.2 Ketentuan Tentang Koordinator PDKB

Koordinator PDKB adalah pemimpin regu pelaksana PDKB yang bertanggung jawab kepada Kepala Operasi. Tanggung jawab lainnya yaitu pengelolaan peralatan dan sarana kerja lain yang sesuai standar teknis yang dipersyaratkan PDKB.

2.2.3.3 Ketentuan Tentang Pengawas Pekerjaan Bertegangan

Pengawas Pekerjaan Bertegangan adalah seorang pegawai yang secara aktif memimpin pekerjaan dan bertanggung jawab atas tindakan-tindakan mengenai keselamatan di lokasi kerja. Pengawas pekerjaan dibedakan dari pekerja lainnya oleh warna helmnya yang berwarna merah sedangkan pekerja lainnya memakai helm berwarna biru.

2.2.3.4 Ketentuan Tentang Surat Penunjukan Pengawas Pekerjaan Bertegangan (SP3B)

SP3B adalah sebuah dokumen tertulis yang bersifat sementara yang dibuat oleh Kepala Operasi atau Pimpinan Kontraktor (yang telah disetujui oleh Kepala Operasi) dengan memberi wewenang kepada pegawai yang secara sah ditunjuk sebagai Pengawas Pekerjaan Bertegangan untuk melaksanakan pekerjaan yang ditentukan dengan jelas di suatu lokasi tertentu.

2.2.3.5 Ketentuan Tentang Surat Perintah Melaksanakan Pekerjaan Bertegangan (SP2B)

SP2B adalah sebuah dokumen tetap tertulis yang dibuat oleh Kepala Operasi atau Pimpinan Kontraktor (yang telah disetujui oleh Kepala Operasi) untuk digunakan oleh pegawai yang diserah pekerjaan. Dokumen tersebut menetapkan pekerjaan yang dapat dilaksanakan dalam keadaan bertegangan dengan menyatakan cara atau metode yang dapat digunakan dan dimana perlu pembatasan atau larangan yang bersifat setempat. Penyampaian SP2B untuk bekerja dalam keadaan bertegangan harus diakui penerimaannya dengan sebuah tanda terima yang disimpan oleh Kepala Operasi.

2.2.3.6 Jarak Tegangan

Jarak Tegangan adalah jarak antara fasa ke bumi “t” atau jarak antara fasa ke fasa “T” sesuai kasusnya. Jarak ini merupakan jarak minimum teoritis yang harus diperhatikan untuk menghindari setiap bahaya lewat denyar (*flashover*) dalam kondisi tanpa pelindung/penyekat yang memadai.

2.2.4 Metode Kerja PDKB

2.2.4.1 Metode Berjarak

Pekerja yang melaksanakan pekerjaan pada konduktor bertegangan berada pada jarak aman yang sesuai dengan level tegangan, menggunakan bantuan perkakas yang dipasang pada ujung galah berisolasi. Pekerja tetap berada di luar daerah terlarang sesuai dengan konduktor dimana pekerja berada. [6]



Gambar 2.3. PDKB Metode Berjarak

Sumber : PLN Udiklat Semarang, Teori PDKB TM

2.2.4.2 Metode Sentuh Langsung

Pekerja yang melaksanakan pekerjaan pada konduktor bertegangan menembus daerah terlarang dengan menggunakan kombinasi dari: sarung tangan isolasi, galah berisolasi, dan pakaian pelindung. Metode ini mengharuskan pekerja melindungi semua sumber bertegangan yang mungkin dapat kontak dengannya.

2.2.4.3 Metode Potensial

Metode ini melibatkan kontak langsung dengan konduktor bertegangan dimana pada saat yang sama menjaga jarak aman dari bagian yang berbeda tegangan maupun tidak bertegangan lainnya. Pekerja mengeliminasi daerah terlarang dengan menempatkan dirinya pada potensial yang sama dengan potensial konduktor bertegangan.

2.2.5 PDKB Pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV

2.2.5.1 Elemen Pelindung (EP)

Elemen pelindung adalah suatu unit ukuran tingkat perlindungan terhadap bahaya kejutan listrik dan hubung singkat. Satu EP dapat dinyatakan dengan celah udara sepanjang 10 cm, tabung isolasi sepanjang 10 cm, selang isolasi hidrolik sepanjang 15 cm atau lengan isolasi elevator sepanjang 20 cm.

2.2.5.2 Potensial Kerja

Adalah potensial pada bagian dimana pekerja melaksanakan pekerjaannya. Hal ini diperlukan untuk dijadikan acuan dalam menganalisis rangkaian listrik dan menentukan jumlah EP yang diberikan sehingga tidak terjadi hubungan antara dua potensial tetap yang berbeda.

2.2.5.3 Daerah Gerak Bebas Bagi Pekerja

Merupakan ruang gerak bagian tubuh yang tidak terlindung, termasuk semua bagian tidak berisolasi yang dapat berhubungan dengan tubuh pekerja selama berlangsungnya pekerjaan. Bagian yang tidak terlindung adalah bagian tubuh yang tidak tertutup oleh perlengkapan kerja yang mempunyai EP cukup.

2.2.6 Pengertian Energi Listrik (kWh) Terselamatkan

Energi (kWh) terselamatkan adalah energi listrik yang masih dapat tersalurkan ke pelanggan saat dilakukan pekerjaan tanpa pemadaman. Sedangkan energi yang tidak terselamatkan adalah energi listrik yang hilang akibat pemadaman untuk pekerjaan pemeliharaan, perbaikan, atau perluasan jaringan SUTM 20 kV.

Pada sistem Distribusi 3 Fasa 20 kV, energi listrik (*kWh*) yang tersalur ke pelanggan adalah jumlah perkalian dari $\sqrt{3}$ dengan Tegangan (V_L), Arus yang mengalir pada jaringan (I_L), Faktor Daya ($\cos \phi$), dan Waktu (t). Hasil perkalian tersebut menghasilkan daya (Energi) listrik dengan satuan Wh (*Watt hour*). Apabila ingin merubah menjadi kWh (*kilo Watt hour*), maka hasil perkalian diatas dibagi dengan 1000 sehingga satuan energi listrik menjadi kWh. Tegangan yang digunakan adalah tegangan antar fasa dengan asumsi rata – rata tegangan SUTM di Area Malang Rayon Kota sebesar 20 kV dan Faktor Daya ($\cos \phi$) rata-rata sebesar 0,85.

Pada sistem 3 fasa, formula perhitungan energi terselamatkan dalam kilo Watt hour (kWh) adalah: [5]

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi \cdot t}{1000} \tag{2.4}$$

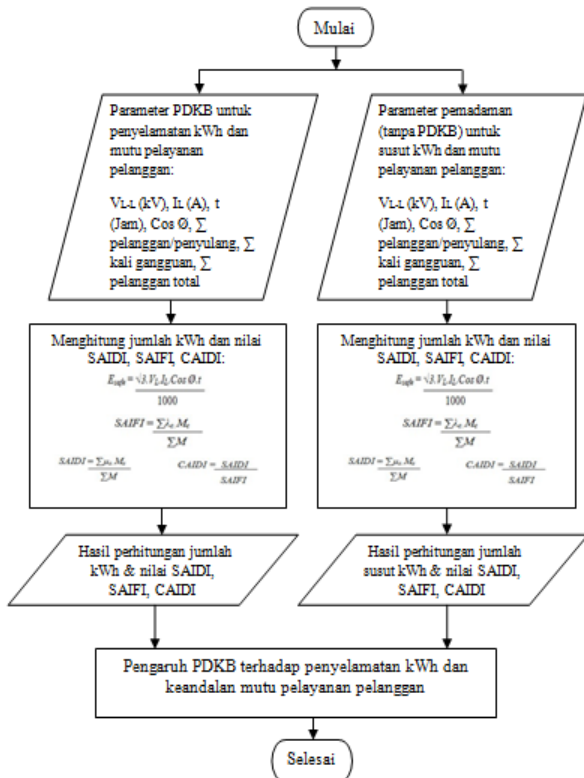
dimana:

- E_{safe} = Energi terselamatkan (kWh)
- V_L = Tegangan line to line (Volt)
- I_L = Arus saluran (Ampere)
- $\cos \phi$ = Faktor daya
- t = Waktu pengerjaan (Jam)

Sumber : Udiklat Semarang, Teori Perhitungan kWh

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Penjelasan tahapan proses penelitian:

1. Penelitian mengenai pengaruh PDKB SUTM 20 kV terhadap energi (*kWh*) yang terselamatkan dan keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan dimulai.
2. Melakukan survey terhadap rencana pekerjaan pemeliharaan, perbaikan, dan perluasan jaringan SUTM 20 kV. Survey bertujuan untuk menentukan metode kerja yang akan digunakan.
3. Melaksanakan pekerjaan yang telah disurvei dengan menggunakan metode kerja PDKB atau menggunakan metode pemadaman aliran listrik.
4. Melakukan analisis terhadap penyelamatan kWh dan nilai keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan.
5. Mengevaluasi dan membandingkan hasil pekerjaan yang telah dilaksanakan dengan menggunakan metode PDKB dan menggunakan metode pemadaman.
6. Penelitian selesai.

3.2 Data Penelitian

Sebelum melakukan analisis, terlebih dahulu mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam proses penelitian, diantaranya:

1. Rekapitulasi pelaksanaan kerja jaringan SUTM 20 kV dengan menggunakan metode PDKB TM tahun 2015 di Rayon Kota Area Malang.

2. Beban Penyulang dan jumlah Pelanggan di Rayon Kota Area Malang.
3. Tabel standar waktu penyelesaian pekerjaan pemeliharaan SUTM 20 kV.
4. Data rekapitulasi jumlah Gangguan Penyulang 20 kV Rayon Kota Area Malang tahun 2015.
5. Data laporan harga Tarif Tenaga Listrik Rayon Kota Area Malang tahun 2015.

4. ANALISIS DAN PERHITUNGAN

4.1 Perhitungan Penyelamatan kWh

Contoh perhitungan sebagai berikut:

Sebuah jaringan listrik SUTM 3 Fasa dengan Tegangan sebesar 20 kV, Arus yang mengalir sebesar 120 Ampere, dan Faktor Daya 0,85. Pada jaringan tersebut dilakukan pemeliharaan penggantian Isolator Tempu selama 2 jam dengan menggunakan metode PDKB TM. Maka berapa jumlah energi listrik (*kWh*) yang dapat terselamatkan?

Jawab :

$$V_{Line} = 20.000 \text{ V}$$

$$I_{Line} = 120 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \phi = 0,85$$

$$\text{Waktu (t)} = 2 \text{ jam}$$

➤ Berdasarkan persamaan pada 2.4 : ^[5]

$$E_{safe} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_{Line} \cdot I_{Line} \cdot \text{Cos } \phi \cdot t}{1000}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 120 \cdot 0,85 \cdot 2}{1000}$$

$$= 7.066,7 \text{ kWh}$$

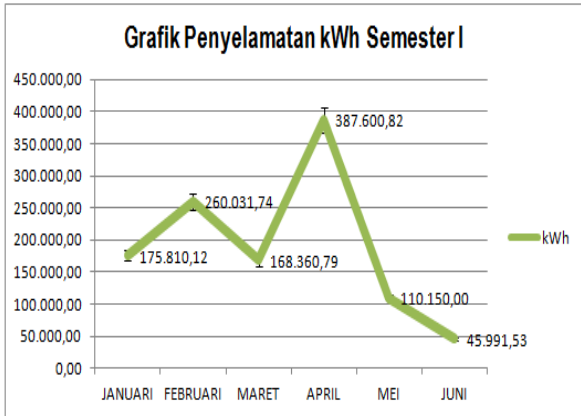
4.1.1 Analisis Perhitungan Penyelamatan kWh Semester I Th. 2015

Berdasarkan contoh metode perhitungan penyelamatan kWh diatas dan dengan perhitungan matematis dari data yang telah didapatkan, maka jumlah total kWh yang terselamatkan per bulan pada Semester I tahun 2015 PLN Rayon Kota Malang dapat dihitung dan direkapitulasi pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Hasil Analisis Penyelamatan kWh Semester I Th. 2015 Rayon Kota

NO	Bulan	Σ Beban Total (A)	Σ Titik Kerja	Σ Waktu Total (jam)	Σ Total Energi Terselamatkan (kWh)
1.	JANUARI	2351	18	46	175.810,12
2.	FEBRUARI	3794	19	41	260.031,74
3.	MARET	2988	20	38	168.360,79
4.	APRIL	5771	45	103	387.600,82
5.	MEI	1989	17	32	110.150,00
6.	JUNI	648	6	14	45.991,53

Tabel 4.1 diatas menunjukkan hasil analisis penyelamatan kWh pada Semester I tahun 2015 oleh Tim PDKB TM 20 kV Area Malang di Rayon Kota dimana tampak bahwa semakin besar jumlah beban (I), jumlah titik kerja, dan semakin lama waktu (t) yang dibutuhkan untuk pekerjaan pemeliharaan, perbaikan, maupun perluasan SUTM 20 kV, maka akan semakin besar jumlah kWh yang bisa diselamatkan. Dari Tabel 4.1, maka dapat diperoleh Grafik sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Hasil Analisis Penyelamatan kWh Semester I

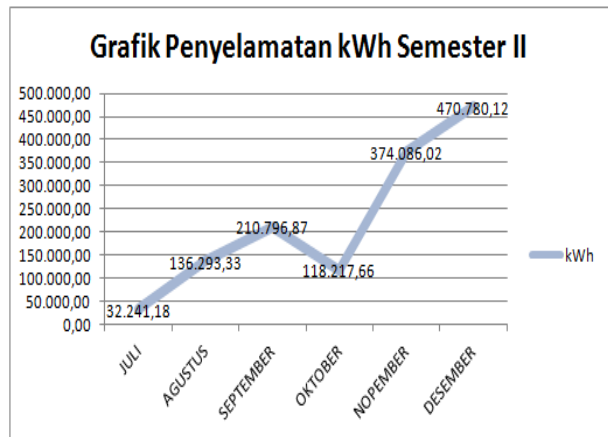
Gambar 4.1 menunjukkan grafik hasil analisis penyelamatan kWh pada semester I tahun 2015 di PLN Rayon Kota Malang. Pada bulan April terlihat bahwa jumlah kWh yang terselamatkan mencapai 387.600,82 kWh. Sedangkan pada bulan Juni kWh yang terselamatkan sebanyak 45.991,53 kWh. Artinya, hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah kWh terselamatkan berbanding lurus dengan besar beban dan lama waktu pengerjaan serta jumlah titik kerja PDKB TM.

4.1.2 Analisis Perhitungan Penyelamatan kWh Semester II Th. 2015

Tabel 4.2 Hasil Analisis Penyelamatan kWh Semester II Th. 2015 Rayon Kota

NO	Bulan	Σ Beban Total (A)	Σ Titik Kerja	Σ Waktu Total (jam)	Σ Jumlah Total Energi Terselamatkan (kWh)
1.	JULI	691	7	11	32.241,18
2.	AGUSTUS	2276	16	32	136.293,33
3.	SEPTEMBER	3788	18	36	210.796,87
4.	OKTOBER	1378	12	35	118.217,66
5.	NOPEMBER	3781	25	69	374.086,02
6.	DESEMBER	6869	45	104	470.780,12

Tabel 4.2 diatas menunjukkan hasil analisis penyelamatan kWh pada Semester II tahun 2015, dimana menggunakan metode perhitungan yang sama dengan semester I dan didapatkan hasil yang sama yaitu semakin besar jumlah beban (Arus), semakin lama waktu (t) yang dibutuhkan, dan semakin banyak titik kerja PDKB TM untuk pekerjaan SUTM 20 kV, maka akan semakin besar jumlah kWh yang bisa diselamatkan. Dari Tabel 4.2, maka dapat diperoleh Grafik sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik Hasil Analisis Penyelamatan kWh Semester II

Gambar 4.2 menunjukkan grafik hasil analisis penyelamatan kWh pada semester II tahun 2015. Pada bulan Desember terlihat bahwa jumlah kWh yang terselamatkan mencapai 470.780,12 kWh. Sedangkan pada bulan Juli kWh yang terselamatkan sebanyak 32.241,18 kWh. Artinya, sama dengan hasil analisis pada Semester I, bahwa jumlah kWh terselamatkan berbanding lurus dengan besar beban dan lama waktu pengerjaan serta jumlah titik kerja PDKB TM.

Berdasarkan hasil analisis perhitungan penyelamatan kWh pada Semeseter I dan II tahun 2015, maka jumlah total kWh yang terselamatkan selama semester I dan II tahun 2015 sebesar :

$$\sum \text{total penyelamatan kWh 2015} = \sum \text{total penyelamatan kWh semester I} + \sum \text{total penyelamatan kWh semester II} = 1.147.945,00 + 1.342.415,18 = 2.490.360,18 \text{ kWh.}$$

Apabila jumlah penyelamatan kWh pada semester I dan II diatas dirupiahkan, maka tinggal mengkalikan jumlah kWh yang terselamatkan dengan harga Tarif Tenaga Listrik. Nilai Tarif Tenaga Listrik / TTL didapatkan dari Laporan hasil penjualan tenaga listrik per bulan selama tahun 2015 di PLN Rayon Kota.

Dari data Tabel Tarif Tenaga Listrik, kita ambil rata – rata selama satu tahun harga rupiah/kWh adalah sebesar 1136,5 Rp/kWh. Contoh perhitungan sebagai berikut :

Pada bulan Januari 2015, jumlah kWh yang berhasil diselamatkan oleh tim PDKB TM 20 kV sebesar 175.810,12 kWh dan dengan harga Rp/kWh rata – rata sebesar 1136,5, maka rupiah yang berhasil

diselamatkan sebesar: $175.810,12 \times 1136,5 = 1.291.632,25$ rupiah. Dengan demikian, jumlah total rupiah yang dapat terselamatkan selama semester I dan II tahun 2015 dengan menggunakan metode kerja PDKB TM 20 kV di Rayon Kota sebesar :

$$R_{p\text{Safe}} = \sum \text{total penyelamatan kWh 2015} \times \sum \text{harga rata-rata Rp/kWh}$$

$$= 2.490.360,18 \times 1136,5$$

$$= \mathbf{2.830.294.345} \text{ rupiah}$$

- ❖ Jadi nilai uang yang terselamatkan selama tahun 2015 di PLN Rayon Kota Area Malang dari pekerjaan SUTM 20 kV dengan menggunakan metode PDKB TM sebesar **2.830.294.345** rupiah.

4.2 Analisis Perhitungan Nilai Keandalan Mutu Pelayanan Pelanggan

4.2.1 Analisis Perhitungan Nilai SAIDI

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Kerja PDKB TM PLN Rayon Kota 2015

NO	Bulan	Σ Pelanggan Padam	Σ Pelanggan Unit/Area	Σ Waktu (Jam)	Σ Kali Kerja
1.	JANUARI	136488	17266788	46	18
2.	FEBRUARI	167631	18332777	41	19
3.	MARET	160201	19338040	38	20
4.	APRIL	356287	43677675	103	45
5.	MEI	146017	16500455	32	17
6.	JUNI	55828	5883864	14	6
7.	JULI	24737	6887153	11	7
8.	AGUSTUS	197513	15776768	32	16
9.	SEPTEMBER	96190	17798256	36	18
10.	OKTOBER	63821	11927496	35	12
11.	NOPEMBER	232964	24949200	68,5	25
12.	DESEMBER	318174	45069300	104	45

Tabel 4.6 diatas adalah data rekapitulasi hasil kerja PDKB TM di Rayon Kota, dimana data Σ pelanggan per penyulang adalah jumlah pelanggan yang ada di suatu penyulang dimana penyulang tersebut dikerjakan oleh PDKB TM. Sedangkan data Σ pelanggan Unit/Area adalah jumlah pelanggan total se-Area Malang. Data tersebut diatas dibutuhkan untuk mencari nilai SAIDI dan SAIFI di Rayon Kota Malang.

- Berdasarkan persamaan pada 2.1 : ^[4]

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_c M_c}{\sum M}$$

dimana:

μ_c = Lama pelanggan padam

$\sum M_c$ = Jumlah pelanggan padam pada saluran C

$\sum M$ = Jumlah total pelanggan pada sistem

Contoh perhitungan :

Pada Bulan Januari 2015 diketahui jumlah waktu total untuk pekerjaan pemeliharaan dan perluasan jaringan SUTM 20 kV yang dilakukan di Rayon Kota Malang

sebesar 46 Jam. Jumlah pelanggan per penyulang yang dikerjakan selama satu bulan total sebanyak 136488 pelanggan dengan jumlah pelanggan total se-Area Malang sebanyak 17266788 pelanggan (komulatif). Berapa nilai SAIDI pada bulan Januari :

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_c M_c}{\sum M}$$

$$= \frac{46 (136488)}{17266788}$$

= **0,36 jam atau 21,8 menit/pelanggan**

Seperti contoh model perhitungan diatas, maka :

- Nilai SAIDI Tahun 2015 PLN Rayon Kota Malang dengan menggunakan metode PDKB TM 20 kV :

$$SAIDI = \frac{\sum \text{pelanggan padam} \times \sum \text{lama waktu gangguan}}{\sum \text{pelanggan Area total}}$$

$$= \frac{(1002628) 89}{243407772}$$

$$= \mathbf{0,36 \text{ jam atau } 21,9 \text{ menit/pelanggan/tahun.}}$$

Artinya, dengan menggunakan metode PDKB TM maka nilai SAIDI yang dihitung hanya berasal dari data total lama waktu gangguan Penyulang murni dan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman Rayon Kota 2015, karena PDKB TM bekerja tanpa padam sehingga listrik tetap tersalur.

Jadi nilai SAIDI PLN Rayon Kota Malang apabila menggunakan PDKB TM sebesar **0,36 jam atau 21,9 menit/pelanggan/tahun.**

Untuk menghitung nilai SAIDI Tahun 2015 PLN Rayon Kota tanpa menggunakan PDKB TM, maka nilai SAIDI PDKB TM ditambah dengan jumlah SAIDI gangguan Rayon Kota selama Tahun 2015 yaitu sebesar $89 \times 1002628 = \mathbf{89233892}$.

Nilai SAIDI Tahun 2015 PLN Rayon Kota tanpa menggunakan metode PDKB TM 20 kV :

$$SAIDI = \frac{(\sum \text{pelgg. padam total} \times \sum \text{lama waktu total}) + 89233892}{\sum \text{pelanggan Area total}}$$

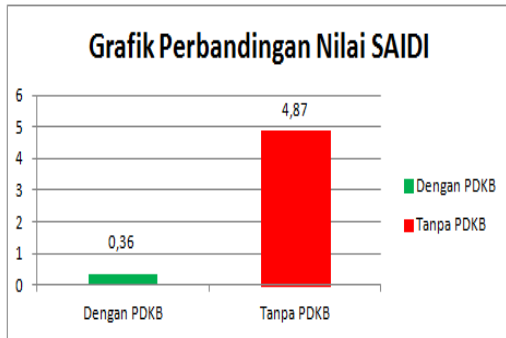
$$= \frac{(1955851 \times 560,5) + 89233892}{243407772}$$

$$= \mathbf{4,87 \text{ jam atau } 292 \text{ menit/pelanggan/tahun}}$$

$$= \mathbf{4,87 \text{ jam atau } 292 \text{ menit/pelanggan/tahun}}$$

Jadi nilai SAIDI PLN Rayon Kota Malang apabila tidak menggunakan PDKB TM sebesar **4,87 jam atau 292 menit/pelanggan/tahun.** Hasil analisis perbandingan nilai SAIDI dengan menggunakan PDKB TM dan tanpa menggunakan PDKB TM dapat dilihat pada grafik berikut :

Gambar 4.3 Grafik Hasil Analisis Perbandingan Nilai SAIFI dengan PDKB dan Tanpa PDKB



4.2.2 Analisis Perhitungan Nilai SAIFI

➤ Berdasarkan persamaan pada 2.2 : ^[4]

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_c M_c}{\sum M}$$

dimana:

- λ_c = Frekuensi pelanggan padam
- $\sum M_c$ = Jumlah pelanggan padam pada saluran C
- $\sum M$ = Jumlah total pelanggan pada sistem

➤ Nilai SAIFI Tahun 2015 PLN Rayon Kota dengan menggunakan metode PDKB TM 20 kV :
= **0,32 kali/pelanggan/tahun.**

$$SAIFI = \frac{\sum \text{kali gangguan} \times \sum \text{pelanggan padam}}{\sum \text{pelanggan Area total}}$$

$$= \frac{77 (1002628)}{243407772}$$

Artinya jumlah nilai SAIFI PLN Rayon Kota dengan menggunakan PDKB TM hanya diambil dari data murni jumlah kali gangguan pemadaman Penyulang dan jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman Rayon Kota 2015. Jadi nilai SAIFI PLN Rayon Kota Malang apabila menggunakan PDKB TM sebesar **0,32 kali/pelanggan/tahun.**

Untuk menghitung nilai SAIFI Tahun 2015 PLN Rayon Kota tanpa menggunakan PDKB TM, maka nilai SAIFI PDKB TM ditambah dengan jumlah SAIFI kali gangguan Rayon Kota selama Tahun 2015 yaitu sebesar

$$77 \times 1002628 = 77202356$$

• Nilai SAIFI Tahun 2015 PLN Rayon Kota tanpa menggunakan metode PDKB TM 20 kV :

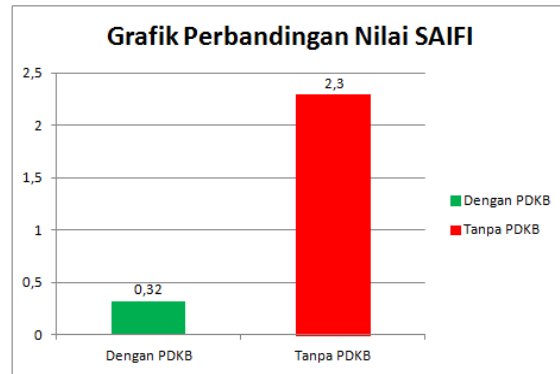
$$SAIFI = \frac{\sum \text{kali gangguan total} \times \sum \text{pelanggan padam}}{\sum \text{pelanggan Area total}}$$

$$= \frac{(248 \times 1955851) + 77202356}{243407772}$$

$$= \mathbf{2,30 \text{ kali/pelanggan/tahun.}}$$

Jadi nilai SAIFI PLN Rayon Kota Malang apabila tidak menggunakan PDKB TM sebesar **2,30 kali/pelanggan/tahun.** Hasil analisis perbandingan nilai SAIFI dengan menggunakan PDKB TM dan tanpa menggunakan PDKB TM dapat dilihat pada grafik berikut :

Gambar 4.4 Grafik Hasil Analisis Perbandingan Nilai SAIFI dengan PDKB dan Tanpa PDKB



4.2.3 Analisis Perhitungan Nilai CAIDI

Berdasarkan persamaan pada 2.3 : ^[4]

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) adalah indeks durasi gangguan pelanggan rata-rata tiap tahun, menginformasikan tentang waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap pelanggan dalam satu tahun.

➤ Nilai CAIDI Tahun 2015 PLN Rayon Kota dengan menggunakan metode PDKB TM 20 kV :

$$CAIDI = \frac{SAIDI \text{ Gangguan Rayon}}{SAIFI \text{ Gangguan Rayon}}$$

$$= \frac{0,36}{0,32}$$

$$= \mathbf{1,13 \text{ jam/pelanggan/tahun}}$$

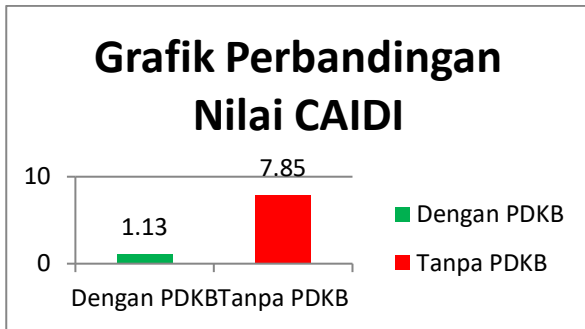
• Nilai CAIDI Tahun 2015 PLN Rayon Kota tanpa menggunakan metode PDKB TM 20 kV :

$$CAIDI = \frac{SAIDI \text{ Gangguan Rayon} + SAIDI \text{ PDKB}}{SAIFI \text{ Gangguan Rayon} + SAIFI \text{ PDKB}}$$

$$= \frac{0,36 + 4,87}{0,32 + 2,30}$$

$$= \mathbf{7,85 \text{ jam/pelanggan/tahun}}$$

Jadi nilai CAIDI Tahun 2015 PLN Rayon Kota dengan menggunakan metode PDKB TM 20 Kv sebesar **1,13 jam/pelanggan/tahun.** Sedangkan nilai CAIDI Tahun 2015 PLN Rayon Kota tanpa menggunakan metode PDKB TM 20 kV sebesar **7,85 jam/pelanggan/tahun.** Hasil analisis perbandingan nilai CAIDI dengan menggunakan PDKB TM dan tanpa menggunakan PDKB TM dapat dilihat pada grafik berikut :



5. KESIMPULAN & SARAN

5.1 KESIMPULAN :

- ✓ Dengan menggunakan metode pelaksanaan kerja PDKB TM untuk pekerjaan pemeliharaan, perbaikan, dan perluasan jaringan SUTM 20 kV, maka PLN Area Malang Rayon Kota Malang dapat menyelamatkan energi listrik (*kwh*) pada Semester I dan II tahun 2015 sebesar **2.490.360,18 kWh**.
- ✓ Apabila dikonversikan menjadi nilai uang sesuai dengan harga Tarif Tenaga Listrik sebesar 1136,5 rupiah/kwh, maka nilai rupiah yang dapat diselamatkan sebesar **2.830.294.345** rupiah.
- ✓ Pelaksanaan PDKB TM 20 kV PLN Area Malang Rayon Kota Malang berdampak besar pada Nilai SAIDI, yaitu sebesar **0,36 jam atau 21,9 menit/pelanggan/tahun**. Sedangkan nilai SAIDI apabila tidak menggunakan PDKB TM sebesar **4,87 jam atau 292 menit/pelanggan/tahun**. Artinya semakin kecil nilai SAIDI, maka semakin baik dan handal nilai pelayanan PLN kepada pelanggan.
- ✓ Dampak Pelaksanaan PDKB TM 20 kV terhadap nilai SAIFI yaitu sebesar **0,32 kali/pelanggan/tahun**. Sedangkan nilai SAIFI apabila tidak menggunakan PDKB TM sebesar **2,30 kali/pelanggan/tahun**. Semakin kecil nilai SAIFI, maka semakin baik pelayanan PLN Rayon Kota Malang kepada pelanggan.
- ✓ Pelaksanaan PDKB TM 20 kV PLN Area Malang Rayon Kota Malang juga berdampak besar terhadap nilai CAIDI yaitu sebesar **1,13 jam/pelanggan/tahun**. Sedangkan nilai CAIDI apabila tidak menggunakan PDKB TM sebesar **7,85 jam/pelanggan/tahun**.

5.2 SARAN :

- Pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan, perbaikan, dan perluasan jaringan SUTM 20 kV agar dapat dilaksanakan dengan menggunakan metode PDKB TM dengan tujuan penyaluran energi listrik kepada pelanggan tidak terganggu sehingga energi listrik (*kWh*) tetap terjual ke pelanggan dan listrik juga tidak sering mengalami pemadaman sehingga berdampak pada nilai SAIDI, SAIFI, CAIDI yang semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fajarwati, Nurul. 2009. *Analisis Penyelamatan Energi Dan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Dengan Adanya PDKB TM Di PT. PLN (Persero) APJ Surakarta*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [2] Hasyim, Mokh. Yusuf. 2011. *Analisis Pengaruh PDKB Tegangan Menengah 20 kV Terhadap SAIDI SAIFI & K3 di PT. PLN (Persero) APJ Surakarta*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- [3] Pusat Pendidikan Dan Pelatihan PT. PLN (Persero). 2010. *Sistem Tenaga Listrik*. Udiklat Pandaan.
- [4] Pusat Pendidikan Dan Pelatihan PT. PLN (Persero). 2010. *Keandalan Sistem Distribusi*. Udiklat Pandaan.
- [5] Pusat Pendidikan Dan Pelatihan PT. PLN (Persero). 2012. *Teori Perhitungan kWh*. Udiklat Semarang.
- [6] Pusat Pendidikan Dan Pelatihan PT. PLN (Persero). 2013. *Teori PDKB TM*. Udiklat Semarang.
- [7] SPLN 82-1. 1991. *Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [8] SPLN 82-3. 1993. *Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [9] Vernandez, Aggie Brenda. 2013. *Analisis Perhitungan KWH Terselamatkan Pada Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Area Jambi*. Semarang : Universitas Diponegoro.