

Analisis Keandalan Gardu Induk Teluk Lembu PT. PLN Pekanbaru Dengan Metode Section Technique Menggunakan Software ETAP

Athur Marune C, Nurhalim

Program Studi Teknik Elektro S1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: athur_mchristian@yahoo.com

ABSTRACT

Analysis of the level reliability in this study using section technique methods compared with ETAP software. Objectives to be presented in this study provide information about reliability of the Teluk Lembu substation PT. PLN Pekanbaru. By dividing the distribution networks based methods of calculating level of reliability section technique, which impacts the perceived failure of the same component if the occurrence of the disorders that cause system outages. Step by step execution of this study include collecting data, performing calculations failure parameter, calculating the reliability index SAIDI (System Average Interruption Duration Index) and SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). The calculate result obtained by using section technique method SAIFI = 1,745 time/hour, SAIDI = 5,34 hour/year, and CAIDI = 3,06 hour/year. With exiting standard in Indonesia as SPLN 68-2 : 1986 has values SAIFI (System Average Frequency Duration Index) is 3,2 time/hour and SAIDI (System Average Interruption Duration Index) is 21 hour/year, the index reliability of the distribution Feeder Surian still in the category reliable.

Keywords: Section Technique, reliability, distribution system

1. PENDAHULUAN

Di dalam penggunaan daya listrik, mutlak diperlukan sistem distribusi. Sistem distribusi yang berguna menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Sistem distribusi merupakan sub-sistem tersendiri yang terdiri dari : Gardu Induk Distribusi, Saluran Tegangan Menengah yang merupakan saluran udara atau kabel tanah, Gardu Distribusi (GD) tegangan menengah dan trafo sampai dengan panel-panel distribusi tegangan rendah (380V/220V) yang menghasilkan tegangan kerja/tegangan jala-jala untuk industri dan

konsumen perumahan. Sedangkan secara umum keandalan sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai suatu kemampuan sistem untuk memberikan suatu pasokan tenaga listrik yang cukup dengan kualitas yang memuaskan. Keandalan peralatan-peralatan listrik pada sistem distribusi menentukan kontinuitas tenaga listrik sehingga berpengaruh terhadap produsen (dalam hal ini perusahaan penyedia tenaga listrik) maupun konsumen. Agar kontinuitas penyaluran tenaga listrik dapat memadai, maka diperlukan cara penilaian terhadap mutu dan keandalan pelayanan, agar dapat memberikan pegangan yang

terarah dalam menentukan tingkat keandalan dari sistem distribusinya.

Dalam tugas akhir ini, analisa yang akan dilakukan adalah analisa keandalan sistem distribusi di wilayah Pekanbaru, Riau. Indeks-indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem distribusi adalah SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), dan CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

Dengan demikian perlu dilakukan studi tentang perhitungan tingkat keandalan di Gardu Induk Teluk Lembu untuk mengetahui apakah Gardu Induk tersebut sudah memberikan pelayanan yang memuaskan terhadap konsumen. Ada beberapa teknik analitik yang digunakan untuk melakukan evaluasi sistem keandalan jaringan distribusi 20 kV, salah satunya adalah metode *Section Technique*, yaitu metode yang melakukan evaluasi keandalan dengan cara memecah sistem dalam bagian-bagian yang lebih kecil atau section terlebih dahulu, sehingga kemungkinan terjadi kesalahan dapat diminimalkan, serta waktu yang dibutuhkan lebih singkat. Agar tingkat keandalan yang didapatkan akurat maka hasil perhitungan dari metode *Section Technique* akan dibandingkan dengan rumus *running software ETAP (Electrical Transient Analysis Program)*, yaitu *software* yang dapat melakukan analisa studi tentang keandalan (*reliability*).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan dari pembangkit hingga ke beban. Sistem distribusi yang paling umum digunakan pada distribusi tenaga listrik dengan sistem radial. Sistem distribusi radial merupakan sistem yang banyak digunakan dalam menyuplai energi listrik di beberapa industri. Dikarenakan dalam sistem ini paling sederhana dan lebih

ekonomis dibandingkan dengan sistem distribusi yang lainnya. Pada sistem ini terdapat beberapa *feeder* yang menyuplai ke titik beban.

Dalam *feeder-feeder* tersebut terdapat trafo-trafo dimana akan mendistribusikan energi listrik tersebut ke titik beban langsung. Kelebihan dari sistem distribusi radial ini adalah tidak rumit dan harga yang dibutuhkan untuk instalasi pada sistem ini tidak terlalu memakan biaya. Namun dibalik itu terdapat kekurangan dari sistem ini, yaitu tingkat keandalan dari sistem ini merupakan yang paling jelek dibandingkan dengan sistem distribusi yang lainnya.

Penyebab dari tingkat keandalan yang rendah pada sistem ini adalah hanya terdapat satu jalur utama pada tiap *feeder* yang menyuplai energi listrik ke tiap titik beban. Oleh karena itu apabila terdapat gangguan pada *feeder* utama, maka imbas yang dirasakan ke semua titik beban yang terhubung pada *feeder* tersebut. Oleh karena itu tiap industri yang memakai sistem distribusi ini memerlukan beberapa cara untuk mengatasi tiap kegagalan yang dialami oleh sistem tersebut.

Terdapat beberapa metode dalam perhitungan tingkat keandalan dari sebuah sistem distribusi, yaitu metode *Section Technique*, Metode RIA (*Reliability Index Assessment*), metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), *Monte Carlo Simulation*, *Markov Modeling*, dan lain sebagainya. Penelitian saat ini akan menggunakan metode *Section Technique*.

2.2 Metode Reliability

2.2.1 Metode RIA (Reliability Index Assessment)

Metode RIA adalah sebuah metode pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai keandalan komponen.

Secara fungsional RIA mendata kegagalan yang terjadi pada peralatan secara komprehensif, lalu mengidentifikasi kegagalan tersebut, dan menganalisis mode kegagalan tersebut. Filosofi dari metode RIA adalah suatu sistem mode yang melibatkan analisis *bottom-up* dimana suatu analisis mode kegagalan spesifik dari sub sistem, dilihat pengaruhnya terhadap keseluruhan sistem sehingga dapat dihasilkan indeks-indeks keandalan yang memiliki kontribusi terhadap indeks keandalan seluruh sistem.

2.2.2 Metode Section Technique

Pada perhitungan keandalan saat ini menggunakan metode *Section Technique*, dimana metode ini melakukan analisa perhitungan secara structural dalam sebuah sistem distribusi. Saat ini dilakukannya pengevaluasian keandalan sistem tersebut dianalisa seberapa besar kegagalan pada suatu komponen mempengaruhi tingkat kegagalan suatu sistem saat itu.

Dengan menganalisa tiap-tiap peralatan yang berkontribusi pada suatu sistem distribusi tersebut dilakukan pendekatan sehingga dapat titik fokus seberapa pengaruhnya dengan nilai tingkat keandalan suatu sistem distribusi itu sendiri. Dengan metode ini dilakukan pengamatan secara *bottom-up* dan diperbandingkan dengan kegagalan dalam suatu waktu.

Perhitungan tingkat kegagalan peralatan distribusi dengan pembagian yang akan dilakukan maka akan didapat kegagalan masing-masing peralatan yang dianalisis dari semua titik beban (*Load point*). Pendekatan ini dilakukan secara *bottom-up* dengan membagi sistem dalam bentuk bagian-bagian dan dengan itu dapat meminimalkan kesalahan yang dilakukan dan juga membutuhkan waktu yang lebih singkat.

2.3. Keandalan Sistem Distribusi

Menurut Rukmi Hartati (2007), Keandalan sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai. Ukuran keandalan dapat dinyatakan seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*). Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam.

Tingkat keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 5 (lima) hal antara lain (SPLN 52-3, 1983: 5) :

Tingkat 1 : Dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena adanya gangguan.

Tingkat 2 : Padam beberapa jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir gangguan dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara dari arah atau saluran yang lain.

Tingkat 3 : Padam beberapa menit, manipulasi oleh petugas yang *stand by* di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.

Tingkat 4 : Padam beberapa detik, pengamanan dan manipulasi secara otomatis.

Tingkat 5 : Tanpa padam, dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis.

Sistem distribusi dikatakan memiliki keandalan tinggi jika berada pada tingkat 4 dan tingkat 5, dan memiliki keandalan menengah jika berada pada tingkat 3, serta memiliki keandalan rendah jika berada pada tingkat 1 dan tingkat 2.

2.4 Faktor-Faktor Nilai Keandalan

2.4.1 Mean Time To Failure

Mean Time To Failure (MTTF) adalah waktu rata-rata kegagalan yang terjadi selama beroperasinya suatu sistem, dapat dirumuskan :

$$MTTF = \frac{T_1+T_2+T_3+\dots+T_N}{n} \quad (1)$$

Dimana : T= waktu operasi (up time)
n= jumlah kegagalan

2.4.2 Mean Time To Repair

Mean Time To Repair adalah waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan terhadap terjadinya kegagalan suatu sistem yang dapat dirumuskan :

$$MTTR = \frac{L_1+L_2+L_3+\dots+L_N}{n} \quad (2)$$

Dimana : L= waktu perbaikan (down time)
n= jumlah perbaikan

2.4.3 Laju Kegagalan

Laju kegagalan (λ) adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan per satuan waktu pada suatu selang waktu pengamatan (T). Laju kegagalan ini dihitung dengan satuan kegagalan per tahun. Untuk selang waktu pengamatan diperoleh :

$$\lambda = \frac{d}{T} \quad (3)$$

λ = Laju kegagalan konstan (kegagalan per tahun)

d = banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu

T = jumlah selang waktu pengamatan (tahun)

2.5 Indeks Kegagalan dari Sisi Pelanggan

2.5.1 Frekuensi Gangguan (*failure rate*)

a) Frekuensi gangguan (*failure rate*) untuk setiap *load point* λ_{LP} , merupakan penjumlahan laju kegagalan semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*, dengan persamaan

$$\lambda_s = \sum_{i=K} \lambda_i \quad (4)$$

Dimana : λ_i = laju kegagalan ke-i
K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap load point

b) Lama/durasi gangguan tahunan rata-rata untuk *load point* U_{LP} dengan persamaan :

$$U_s = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i \times r_i \quad (5)$$

Dimana : r_i = waktu perbaikan (repairing time atau switching time)

2.5.2 SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per satuan waktu (umumnya tahun). Persamaan untuk SAIFI dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \quad (6)$$

Dimana : λ_i = angka kegagalan rata-rata/frekuensi padam

N_i = jumlah konsumen yang terganggu pada beban i

2.5.3 SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI (System Average Interruption Duration Index) adalah nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Persamaan SAIDI dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \quad (7)$$

Dimana : U_i = durasi gangguan

N_i = jumlah konsumen yang dilayani pada beban i

$N =$ jumlah konsumen yang dilayani

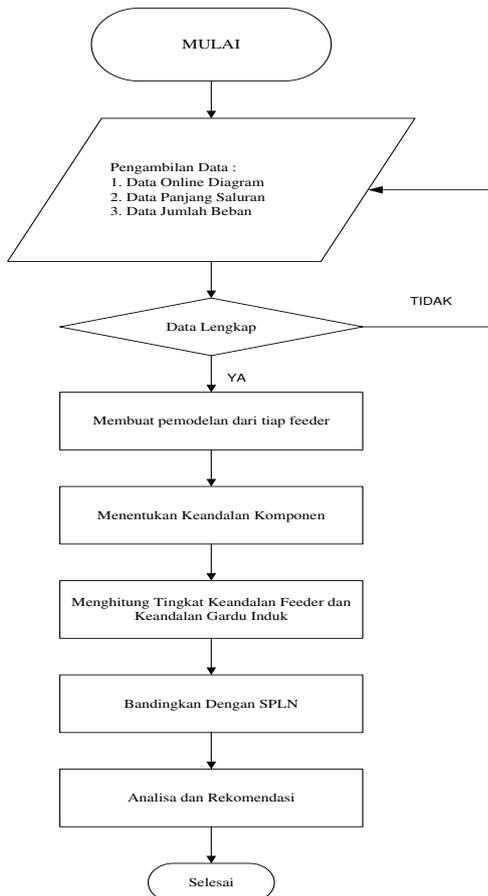
2.5.4 CAIDI (Customer Average Interruption Index)

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

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (8)$$

3. Metode Penelitian

3.1 Langkah-Langkah Penelitian



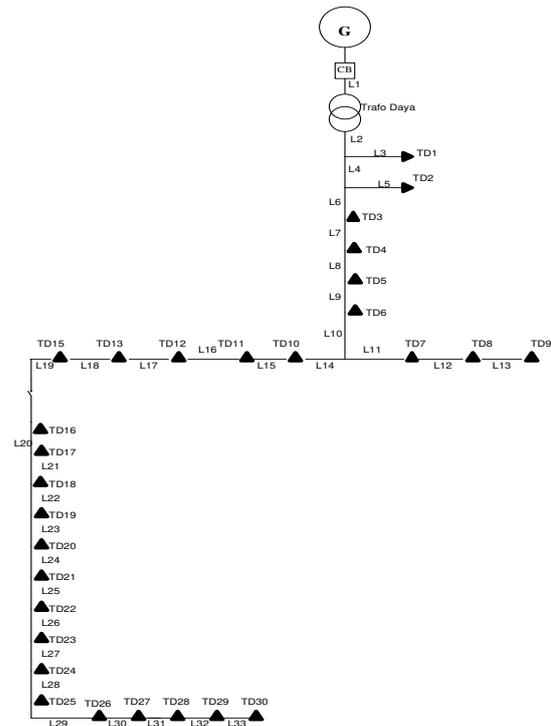
Gambar 1 Flowchart Penelitian

3.2 Pemodelan Sistem Distribusi Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru

Pada Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru terdapat 3 buah Trafo Daya

dengan total 11 feeder yaitu feeder Surian, feeder Cemara, feeder Akasia, feeder Kuras, feeder Ketapang, feeder Bakau, feeder Rengas, feeder Ubar, feeder Sengon, feeder Ramin, dan feeder Kulim. Masing – masing feeder tersebut melayani pelanggan di daerah Pekanbaru dan sekitarnya. Tujuan mengevaluasi ini adalah untuk menghitung tingkat keandalan jaringan distribusi agar dapat dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh PLN. Dengan metode yang dipakai oleh penulis pada penelitian saat ini, *Section Technique*, maka data *one line diagram* sangat dibutuhkan hingga mendetail tiap – tiap feeder yang menyuplai pada Gardu Induk Teluk Lembu.

3.2.1 Feeder Surian

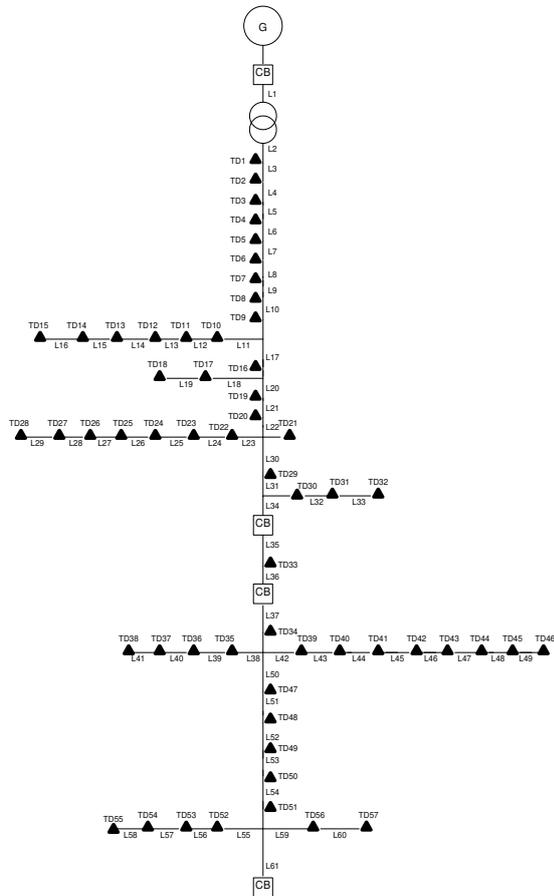


Gambar 2 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Surian

Feeder Surian disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder surian memiliki 30 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 3184. Feeder ini dibagi

menjadi 33 *line* dengan total panjang 8.65 km.

3.2.2 Feeder Cemara



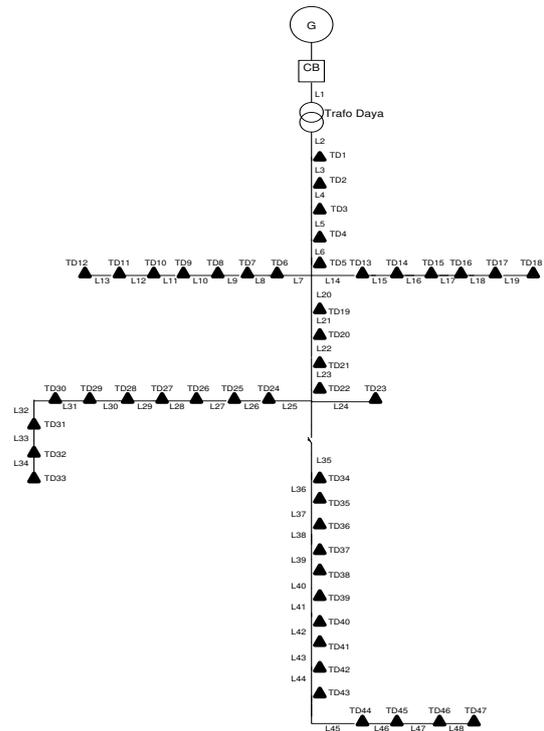
Gambar 3 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Cemara

Feeder Cemara disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Cemara memiliki 57 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 3101. Feeder ini dibagi menjadi 61 *line* dengan total panjang 62.27 km.

3.2.3 Feeder Akasia

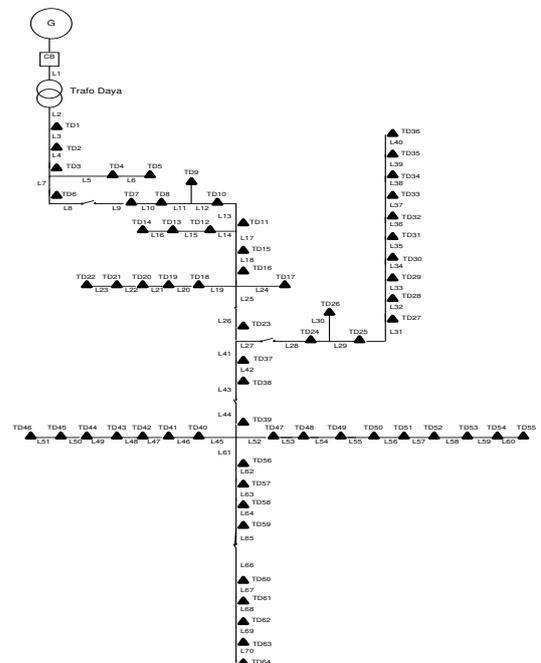
Feeder Akasia disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Akasia memiliki 47 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 5915. Feeder ini dibagi

menjadi 48 *line* dengan total panjang 16.875 km.



Gambar 4 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Akasia

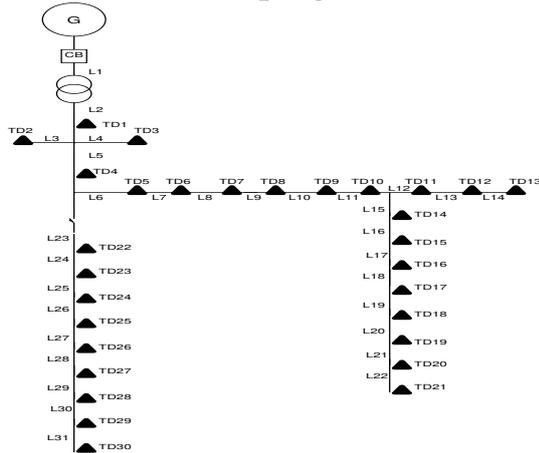
3.2.4 Feeder Kurus



Gambar 5 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Kurus

Feeder Kuras disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Kuras memiliki 64 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 2740. Feeder ini dibagi menjadi 70 *line* dengan total panjang 20.6 km.

3.2.5 Feeder Ketapang

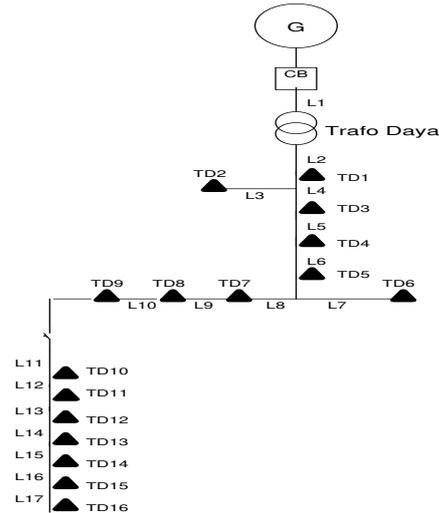


Gambar 6 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Ketapang

Feeder Ketapang disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Ketapang memiliki 30 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 106. Feeder ini dibagi menjadi 31 *line* dengan total panjang 13.65 km.

3.2.6 Feeder Bakau

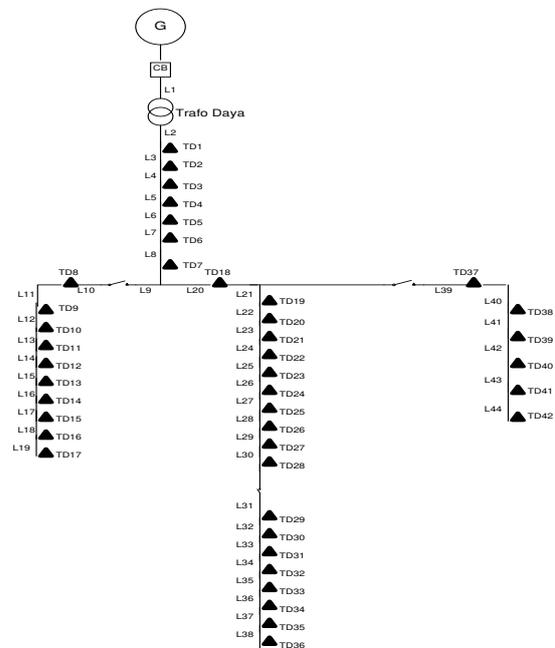
Feeder Bakau disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Bakau memiliki 16 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 2617. Feeder ini dibagi menjadi 17 *line* dengan total panjang 4.62 km.



Gambar 7 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Bakau

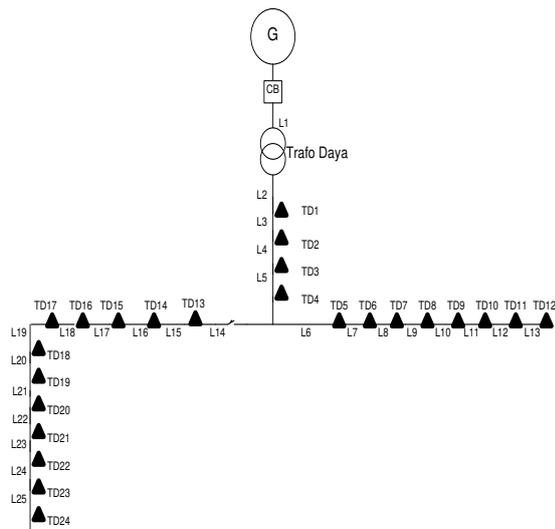
3.2.7 Feeder Rengas

Feeder Rengas disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Rengas memiliki 42 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 1142. Feeder ini dibagi menjadi 44 *line* dengan total panjang 19.2 km.



Gambar 8 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Rengas

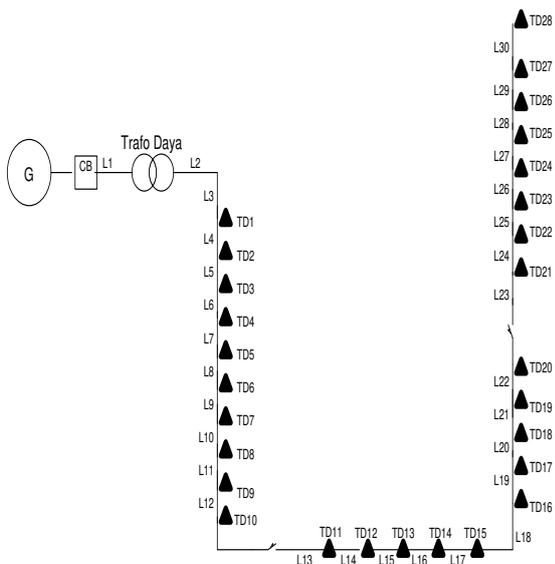
3.2.8 Feeder Ubar



Gambar 9 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Ubar

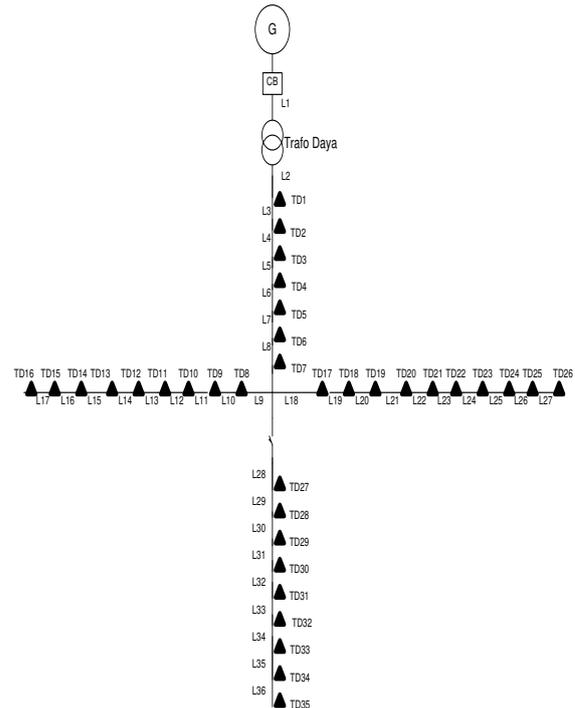
Feeder Ubar disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Ubar memiliki 24 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 3270. Feeder ini dibagi menjadi 25 *line* dengan total panjang 12.985 km.

3.2.9 Feeder Sengon



Gambar 10 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Sengon

3.2.10 Feeder Ramin

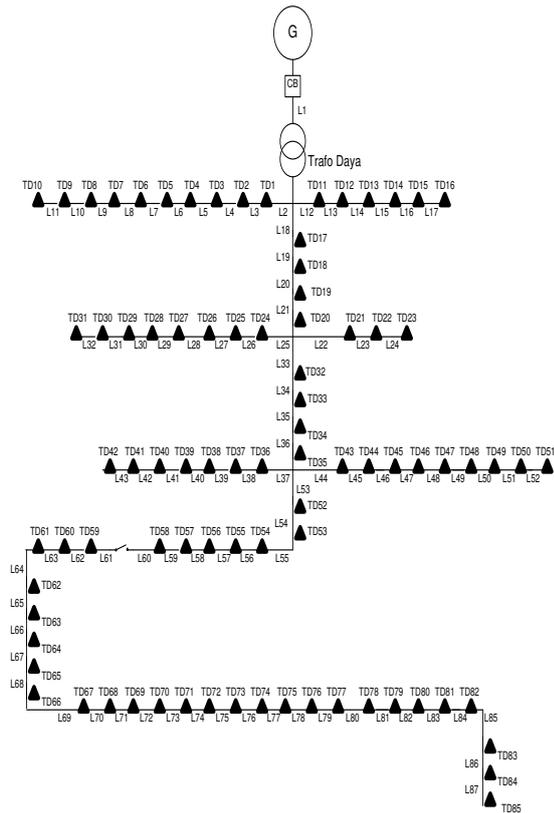


Gambar 11 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Ramin

Feeder Ramin disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Ramin memiliki 35 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 4295. Feeder ini dibagi menjadi 36 *line* dengan total panjang 14.25 km.

3.2.11 Feeder Kulim

Feeder Kulim disuplai dari gardu induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan daya 60 MVA. Feeder ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban industri dan rumah tangga. Feeder Kulim memiliki 30 *load point* berupa trafo distribusi dengan total pelanggan 7339. Feeder ini dibagi menjadi 33 *line* dengan total panjang 41.25 km.



Gambar 12 Pemodelan sistem distribusi pada Feeder Kulim

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Panjang saluran dan jumlah pelanggan *load point*

Tabel 1 Jumlah *load point* feeder Surian section I

No	Load Point	Jumlah Pelanggan
1	TD1	123
2	TD2	123
3	TD3	123
4	TD4	123
5	TD5	123
6	TD6	123
7	TD7	123
8	TD8	123
9	TD9	123
10	TD10	123
11	TD11	123
12	TD12	123
13	TD13	123
14	TD15	123

Tabel 2 Jumlah *load point* feeder Surian section II

No	Load Point	Jumlah Pelanggan
1	TD16	123
2	TD17	123
3	TD18	123
4	TD19	123
5	TD20	123
6	TD21	123
7	TD22	123
8	TD23	123
9	TD24	123
10	TD25	1
11	TD26	1
12	TD27	38
13	TD28	38
14	TD29	77
15	TD30	77

Dapat dilihat dari tabel bahwa beban dari feeder ini bervariasi, itu dapat dilihat dari jumlah pelanggan yang berbeda. Pelanggan di feeder ini terdiri dari pelanggan industri dan pelanggan rumah tangga. Pelanggan di *load point* paling sedikit yaitu dengan jumlah 1 pelanggan dan pelanggan paling banyak dengan jumlah 123 pelanggan.

Tabel 3 Data panjang saluran feeder Surian

Saluran	Panjang (km)	Saluran	Panjang (km)
L1	0,1	L18	0,1
L2	0,85	L19	0,15
L3	0,2	L20	0,15
L4	1,2	L21	0,1
L5	1,2	L22	0,2
L6	0,1	L23	0,1
L7	0,25	L24	0,1
L8	0,15	L25	0,05
L9	0,15	L26	0,15
L10	0,45	L27	0,15
L11	0,3	L28	0,25
L12	0,05	L29	0,45
L13	0,05	L30	0,05
L14	0,1	L31	0,25
L15	0,15	L32	0,4
L16	0,2	L33	0,1
L17	0,4		

Tabel 4 Data indeks kegagalan saluran udara

Saluran Udara	
<i>Sustained failure rate</i> (λ /km/yr)	0.2
<i>r</i> (<i>repaire time</i>) (jam)	3
<i>rs</i> (<i>switching time</i>) (jam)	0.15

Tabel 5 Data indeks kegagalan peralatan

Komponen	λ (<i>failure rate</i>)	<i>r</i> (<i>repaire time</i>) (jam)	<i>rs</i> (<i>Switching time</i>) (jam)
Trafo Distribusi	0.005/unit/tahun	10	0.15
Circuit Breaker	0.004/unit/tahun	10	0.15
Sectionalizer	0.003/unit/tahun	10	0.15

Sumber : SPLN No. 59 : 1985, "Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV", Perusahaan Listrik Negara, Jakarta, 1985.

Tabel 6 Indeks keandalan *load point* section I

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	λ (fault/year)	U (hour/year)
TD1	1,242	3,81
TD2	1,242	3,81
TD3	1,242	3,81
TD4	1,242	3,81
TD5	1,242	3,81
TD6	1,242	3,81
TD7	1,242	3,81
TD8	1,242	3,81
TD9	1,242	3,81
TD10	1,242	3,81
TD11	1,242	3,81
TD12	1,242	3,81
TD13	1,242	3,81
TD15	1,242	3,81

Tabel 7 Perhitungan λ dan U *load point* I

Peralatan	Failur rate peralatan (unit/yr atau fault/yr/km)	Panjang saluran udara (km)	Λ (fault/year)	Repaire time (hour)	U (hour/year)
CB	0,004	-	0,004	10	0,04
T1	0,005	-	0,005	10	0,05
S	0,003	-	0,003	10	0,03
L1	0,2	0,1	0,02	3	0,06
L2	0,2	0,85	0,17	3	0,51
L3	0,2	0,2	0,04	3	0,12
L4	0,2	1,2	0,24	3	0,72
L5	0,2	1,2	0,24	3	0,72
L6	0,2	0,1	0,02	3	0,06
L7	0,2	0,25	0,05	3	0,15
L8	0,2	0,15	0,03	3	0,09
L9	0,2	0,15	0,03	3	0,09
L10	0,2	0,45	0,09	3	0,27
L11	0,2	0,3	0,06	3	0,18
L12	0,2	0,05	0,01	3	0,03
L13	0,2	0,05	0,01	3	0,03
L14	0,2	0,1	0,02	3	0,06
L15	0,2	0,15	0,03	3	0,09
L16	0,2	0,2	0,04	3	0,12
L17	0,2	0,4	0,08	3	0,24
L18	0,2	0,1	0,02	3	0,06
L19	0,2	0,15	0,03	3	0,09
TOTAL			1,242	TO TA	3,81

Tabel 8 Indeks keandalan *section I*

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	SAIFI	SAIDI
TD1	0,0828	0,254
TD2	0,0828	0,254
TD3	0,0828	0,254
TD4	0,0828	0,254
TD5	0,0828	0,254
TD6	0,0828	0,254
TD7	0,0828	0,254
TD8	0,0828	0,254
TD9	0,0828	0,254
TD10	0,0828	0,254
TD11	0,0828	0,254
TD12	0,0828	0,254
TD13	0,0828	0,254
TD15	0,0828	0,254
TOTAL	1,242	3,81

Berdasarkan tabel di atas, dapat diperoleh SAIFI dan SAIDI pada *section I* dengan nilai 1,242 kali/tahun untuk SAIFI dan 3,81 jam/tahun untuk SAIDI.

SAIFI untuk TD1 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada load point tersebut dengan λ TD1 kemudian membaginya dengan total konsumen pada *section I*. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{SAIFI} = \frac{\lambda \text{TD1} * \text{NTD1}}{N \text{Section I}} = \frac{1,242 * 123}{1845} = 0,0828 \text{ kali/tahun pada TD1}$$

Sedangkan SAIDI untuk TD1 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada load point tersebut dengan U TD1 kemudian membaginya dengan total konsumen pada *section I*. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{SAIDI} = \frac{UTD1 * \text{NTD1}}{N \text{section 1}} = \frac{3,81 * 123}{1845} = 0,254 \text{ jam/tahun pada TD1}$$

Section II

Tabel 9 Indeks Keandalan *load point* *section II*

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	λ (fault/year)	U (hour/year)
TD16	0,503	1,53
TD17	0,503	1,53
TD18	0,503	1,53
TD19	0,503	1,53
TD20	0,503	1,53
TD21	0,503	1,53
TD22	0,503	1,53
TD23	0,503	1,53
TD24	0,503	1,53
TD25	0,503	1,53
TD26	0,503	1,53
TD27	0,503	1,53
TD28	0,503	1,53
TD29	0,503	1,53
TD30	0,503	1,53

Tabel 10 Perhitungan λ dan U *load point II*

Peralatan	Failure rate peralatan (unit/yr atau fault/yr/km)	Panjang saluran udara (km)	Λ (fault/year)	Reparir time (hour)	U (hour/year)
S	0,003	-	0,003	10	0,03
L20	0,2	0,15	0,03	3	0,09
L21	0,2	0,1	0,03	3	0,09
L22	0,2	0,2	0,04	3	0,12
L23	0,2	0,1	0,02	3	0,06
L24	0,2	0,1	0,02	3	0,06
L25	0,2	0,05	0,01	3	0,03
L26	0,2	0,15	0,03	3	0,09
L27	0,2	0,15	0,03	3	0,09
L28	0,2	0,25	0,05	3	0,15
L29	0,2	0,45	0,09	3	0,27
L30	0,2	0,05	0,01	3	0,03
L31	0,2	0,25	0,05	3	0,15
L32	0,2	0,4	0,08	3	0,24
L33	0,2	0,1	0,02	3	0,06
TOTAL	0,503			TOTAL	1,53
AL				AL	

Tabel 11 Indeks keandalan *section II*

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	SAIFI	SAIDI
TD16	0,04620	0,14054
TD17	0,04620	0,14054
TD18	0,04620	0,14054
TD19	0,04620	0,14054
TD20	0,04620	0,14054
TD21	0,04620	0,14054
TD22	0,04620	0,14054
TD23	0,04620	0,14054
TD24	0,04620	0,14054
TD25	0,00037	0,00114
TD26	0,00037	0,00114
TD27	0,01427	0,04342
TD28	0,01427	0,04342
TD29	0,02892	0,08798
TD30	0,02892	0,08798
TOTAL	0,503	1,53

Berdasarkan tabel di atas dapat, dapat diperoleh SAIFI dan SAIDI pada *section II* dengan nilai 0,68288 kali/tahun untuk

SAIFI dan 2,06988 jam/tahun untuk SAIDI.

SAIFI untuk TD16 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada load point tersebut dengan λ TD16 kemudian membaginya dengan total konsumen pada section II. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\lambda TD16 * NTD16}{N Section II} = \frac{0,503 * 123}{1339} = 0,04620$$

kali/tahun pada TD16

SAIDI untuk TD16 diperoleh dari mengalikan jumlah konsumen pada load point tersebut dengan U TD16 kemudian membaginya dengan total konsumen pada section II. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{UTD16 * NTD16}{N section II} = \frac{1,53 * 123}{1339} = 0,14054$$

jam/tahun pada TD16

Setelah mengetahui nilai indeks keandalan tiap *section* dapat diperoleh nilai indeks keandalan sistem jaringan pada feeder surian dengan menjumlahkan indeks keandalan tiap *section*. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 12 Indeks keandalan Feeder Surian

Section	Indeks Keandalan Sistem	
	SAIFI	SAIDI
I	1,242	3,81
II	0,503	1,53
Total	1,745	5,34

Nilai SAIFI dan SAIDI diperoleh dengan menjumlahkan besarnya indeks keandalan tiap *section*. Untuk Feeder Surian diperoleh nilai SAIFI sebesar 1,745 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 5,34 jam/tahun. Besar nilai CAIDI diperoleh dengan membagi nilai SAIDI dengan nilai SAIFI sehingga didapat nilai sebesar 3,06 jam/tahun.

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis tingkat keandalan sistem jaringan distribusi pada Gardu Induk Teluk Lembu

Pekanbaru untuk setiap *feeder* menggunakan metode *Section Technique*, maka didapatkan hasil SAIFI, SAIDI, dan CAIDI seperti terlihat pada Tabel 4.13 di bawah ini:

Tabel 13 Nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI masing-masing *feeder* menggunakan metode Section Technique

Feeder	SAIFI	SAIDI	CAIDI
SURIAN	1,8	5,3	2,9
CEMARA	12,7	38,1	3
AKASIA	3,4	10,3	3,02
KURAS	4,1	13,5	3,29
KETAPANG	2,6	8,4	3,23
BAKAU	0,8	2,7	3
RENGAS	3,9	11,8	3,02
UBAR	2,6	7,9	3,03
SENGON	1,8	5,6	3,1
RAMIN	2,9	8,7	3
KULIM	8,3	24,9	3

Pada Tabel 13 dapat dilihat bahwa nilai SAIFI tertinggi adalah pada *feeder* Cemara yaitu sebesar 12,7 kali/tahun dan yang terendah pada *feeder* Bakau yaitu sebesar 0,9 kali/tahun. Sedangkan untuk nilai SAIDI yang tertinggi adalah pada *feeder* Cemara yaitu sebesar 38,1 jam/tahun dan yang terendah terdapat pada *feeder* Bakau dengan nilai SAIDI sebesar 2,7 jam/tahun.

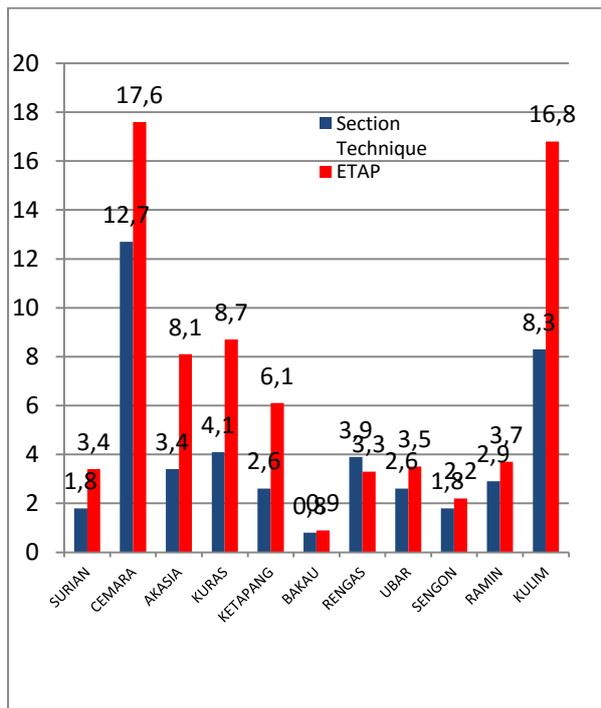
Tabel 14 Indeks keandalan masing-masing feeder berdasarkan hasil running software ETAP

Feeder	SAIFI	SAIDI	CAIDI
SURIAN	3,4	5,2	1,52
CEMARA	17,6	26,01	1,47
AKASIA	8,1	9,3	1,14
KURAS	8,7	11,29	1,29
KETAPANG	6,1	7,98	1,3
BAKAU	0,96	2,7	2,81
RENGAS	3,3	9,3	2,81
UBAR	3,5	9,2	2,62
SENGON	2,2	5,6	2,54
RAMIN	3,7	7,6	2,05
KULIM	16,8	23,9	1,42

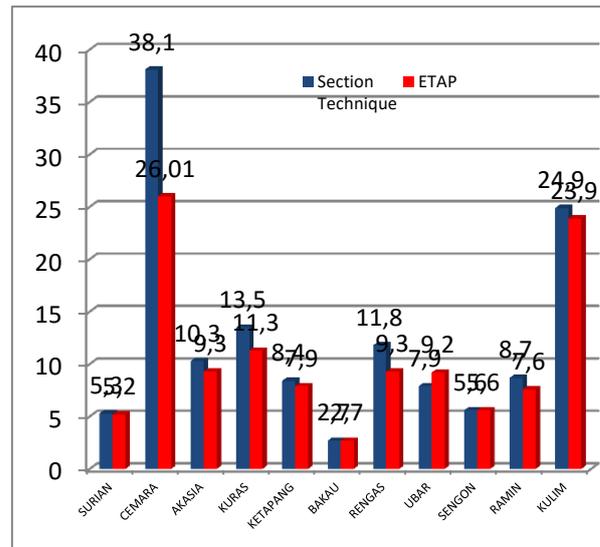
Pada Tabel 14 dapat dilihat bahwa nilai SAIFI tertinggi adalah pada *feeder*

Cemara sebesar 17,6 kali/tahun dan terendah pada *feeder* Bakau sebesar 0,96 kali/tahun. Sedangkan untuk nilai SAIDI yang tertinggi adalah pada *feeder* Cemara dengan nilai sebesar 26,01 jam/tahun dan terendah pada *feeder* Bakau dengan nilai sebesar 2,7 jam/tahun.

Berikut adalah hasil perbandingan nilai SAIFI dan SAIDI yang ditunjukkan dalam bentuk grafis :



Gambar 13 Perbandingan perhitungan nilai SAIFI berdasarkan metode Section Technique dengan software ETAP



Gambar 14 Perbandingan perhitungan nilai SAIDI berdasarkan metode Section Technique dengan software ETAP

Bab 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa keandalan jaringan distribusi pada Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk evaluasi tingkat keandalan sistem jaringan distribusi pada Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru dengan menggunakan metode Section Technique diperoleh hasil SAIFI dan SAIDI sebagai berikut :
 - a. Pada *feeder* Surian diperoleh nilai SAIFI sebesar 1,745 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 5,34 jam/tahun.
 - b. Pada *feeder* Cemara diperoleh nilai SAIFI sebesar 12,663 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 38,192 jam/tahun.
 - c. Pada *feeder* Akasia diperoleh nilai SAIFI sebesar 3,39 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 10,275 jam/tahun.
 - d. Pada *feeder* Kuras diperoleh nilai SAIFI sebesar 4,153

- kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 13,5 jam/tahun.
- e. Pada *feeder* Ketapang diperoleh nilai SAIFI sebesar 2,554 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 8,43 jam/tahun.
 - f. Pada *feeder* Bakau diperoleh nilai SAIFI sebesar 0,8642 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 2,6976 jam/tahun.
 - g. Pada *feeder* Rengas diperoleh nilai SAIFI sebesar 3,867 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 11,79 jam/tahun.
 - h. Pada *feeder* Ubar diperoleh nilai SAIFI sebesar 2,612 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 7,941 jam/tahun.
 - i. Pada *feeder* Sengon diperoleh nilai SAIFI sebesar 1,807 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 5,568 jam/tahun.
 - j. Pada *feeder* Ramin diperoleh nilai SAIFI sebesar 2,865 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 8,7 jam/tahun.
 - k. Pada *feeder* Kulim diperoleh nilai SAIFI sebesar 8,265 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 24,9 jam/tahun.
2. Dari hasil data diatas nilai SAIFI tertinggi adalah pada *feeder* Cemara yaitu sebesar 12,663 kali/tahun dan nilai SAIFI terendah pada *feeder* Bakau yaitu sebesar 0,8642 kali/tahun. Sedangkan nilai SAIDI tertinggi adalah pada *feeder* Cemara yaitu sebesar 38,192 jam/tahun dan nilai SAIDI terendah pada *feeder* Bakau yaitu sebesar 2,6976 jam/tahun.
 3. Mengganti sistem jaringan radial ke sistem jaringan spindel yang memungkinkan dapat dilaksanakan manuver antar feeder.
 4. Pemasangan sistem proteksi yang handal dapat meminimalisasi peluang gangguan suatu peralatan sehingga gangguan sistem secara keseluruhan dapat dihindari.
 5. Melakukan pemeliharaan seperti halnya dengan pemotongan pohon disekitaran jaringan untuk menghindari gangguan sentuhan pohon.

Daftar Pustaka

- Daman. 2015. *Klasifikasi Jaringan Distribusi* [Online] Available at : <https://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-2-klasifikasi-jaringan.pdf>. [accessed 19/11/2015, Jam 11 AM]
- Pulungan, Ali Basrah. 2012. *Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT. PLN (PERSERO) Cabang Padang*. Jurnal Nasional Teknik Elektro N0.1 Vol: 2. Padang, Indonesia.
- Putra Perdana, Wiwied. 2009. *Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing*. Jurnal EECCIS Vol. III, No. 1.
- SPLN No. 59 : 1985. *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 KV dan 6 KV*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta.
- SPLN No. 68-2 : 1986. *Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua : Sistem Distribusi*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta.
- Teguh Prabowo, Aditya. 2013. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20KV Pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro. Semarang, Indonesia.
- Tri Antoro, Eko. 2010. *Studi Keandalan Kontinuitas Penyaluran Tenaga Listrik Jaringan Distribusi 20 KV*

Pada Penyulang Tajur Baru.
Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
Bogor, Indonesia.

Wicaksono, Henki Projo. 2012. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Di PT. PLN (PERSERO) APJ Kudus Menggunakan Software ETAP (ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM) Dan Metode Section Technique.* Proceeding Seminar Tugas Akhir Teknik Elektro FTI-ITS. Surabaya, Indonesia.