

# ANALISIS EFEKTIVITAS PEMBANGUNAN GARDU INDUK NEW GARUDA SAKTI UNTUK MENGURANGI RUGI DAYA SALURAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV

**Rani Sulistiani<sup>1)</sup>, Nurhalim<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Elektro  
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Jl. H.R.Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam,  
Pekanbaru, Riau 28293  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Email: [sulistianrani04@gmail.com](mailto:sulistianrani04@gmail.com)

## ABSTRACT

*The New Garuda Sakti substation (GI NGS) is a substation that function to reduce electrical power losses at Pekanbaru region. This substation has five feeders of 20 KV which are distribution the load from the previous feeders supplied from three substations. By calculating the amount of power losses, electricity costs, comparison of power losses before and after in the New Garuda Sakti Substation, it can be seen the effectiveness of the substation construction. The total power losses before being supplied from the GI NGS is 201,801.77 W and after being supplied from the GI NGS is 34,251.94 W. Then, the average power losses per month can be reduced by 43,600.05 W and the average savings cost per month is Rp. 26,468,513.33. Thus, the presence of GI NGS is very effective in reducing electricity losses for the Pekanbaru region and saving operational cost for the company.*

*Keywords : The effectiveness of GI NGS, distribution load, power losses, average power losses*

## I. PENDAHULUAN

Dalam pendistribusi listrik ke konsumen pada wilayah Riau khususnya di Kota Pekanbaru terdapat sebuah Gardu Induk baru yang berfungsi untuk mengurangi rugi-rugi daya listrik di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Pekanbaru. Gardu Induk baru ini diberi nama Gardu Induk 150 kV New Garuda Sakti dengan kapasitas transformator 1 x 60 MVA dan mulai beroperasi pada bulan November 2018. Pada Gardu Induk New Garuda Sakti terdapat 5 (lima) penyulang 20 kV yang merupakan pembagian beban dari penyulang sebelumnya yang disuplai dari

Gardu Induk Garuda Sakti, Gardu Induk Teluk Lembu dan Gardu Induk Perawang.

Bedasarkan pemaparan tersebut, hal inilah yang melatar belakangi untuk mengadakan penelitian mengenai berapa besar efektivitas pembangunan Gardu Induk New Garuda Sakti dalam mengurangi rugi-rugi daya listrik. Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan rugi-rugi daya sebelum dan setelah adanya gardu induk baru sehingga didapatkan perbandingan nilai rugi-rugi daya sebelum dan setelah adanya Gardu Induk New Garuda Sakti. Nilai perbandingan rugi-rugi daya inilah yang menentukan seberapa

besar efektivitas adanya Gardu Induk New Garuda Sakti dalam mengurangi rugi-rugi daya di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Pekanbaru.

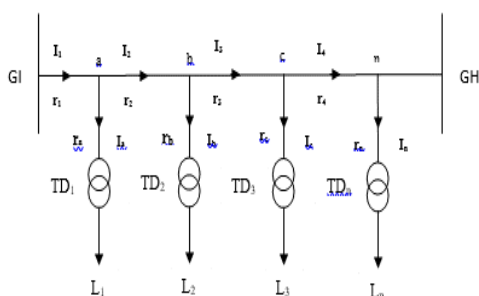
## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan gabungan mulai dari pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi, dan saluran distribusi. Dengan peningkatan tenaga listrik yang semakin meningkat dan luas daerah yang juga semakin meningkat, dengan demikian penyalur tenaga listrik tidak memungkinkan menggunakan tegangan rendah lagi, tetapi harus ditingkatkan menjadi tegangan menengah. Hal ini untuk mengurangi rugi-rugi daya jaringan dan jatuh tegangan yang terlalu besar (Ir.Badruddin, Sistem Distribusi).

### 2.2 Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer digunakan sebagai penyalur tenaga listrik dari Gardu Induk distribusi menuju ke pusat-pusat beban. Pada saluran ini dapat digunakan di saluran udara, saluran kabel udara, dan saluran kabel tanah, sesuai dengan tingkat keandalan yang dibutuhkan dan kondisi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang area yang disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban (Nolki, 2015). Saluran distribusi primer digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Saluran distribusi (Donald, 2015)

### 2.3 Penghantar

Penghantar dalam teknik elektronika adalah zat yang dapat menghantarkan arus listrik, baik berupa zat padat, cair atau gas. Karena sifatnya yang konduktif maka disebut konduktor. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil (id.wikipedia.org). Secara umum penghantar yang digunakan pada sistem distribusi terbagi dua jenis yaitu kawat dan kabel. Resistansi pada penghantar AAAC dan penghantar XLPE terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Resistansi / tahanan penghantar AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) (SPLN 64 1985)

Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Jari-jari (mm)	Jumlah urat	GMR (mm)	Resistansi (ohm /km)
35	3,3371	7	2,4227	0,9217
50	3,9886	7	2,897	0,6452
70	4,7193	7	3,4262	0,4608
95	5,4979	19	4,1674	0,3396
120	6,1791	19	4,6837	0,2688
150	6,9084	19	5,2365	0,2162
185	7,6722	19	5,8155	0,1744
240	8,7386	19	6,6238	0,1344

Sumber : SPLN No 64 Tahun 1985

Tabel 2 Resistansi / tahanan penghantar XPLE (kabel tanah) (SPLN 43-5-4 1995)

Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Resistansi (ohm/km)	Induktansi (mH / km)	Kapasitansi (mf / km)
150	0,206	0,33	0,26
240	0,125	0,31	0,31
300	0,100	0,30	0,34

Sumber : SPLN No 64 Tahun 1985

### 2.4 Rugi Daya Pada Saluran Distribusi

Rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti ke rumah-rumah, ke gedung-gedung dan lain sebagainya.

Berdasarkan rumus dasar rugi daya pada Persamaan 1 (Donal, 2015):

$$P = I^2 \cdot R \quad (1)$$

Keterangan Persamaan 1:

- P = Rugi daya pada penghantar (W)
  - I = Arus beban rata-rata (A)
  - R = Tahanan penghantar (Ohm /  $\Omega$ )
- . Nilai hambatan dirumuskan pada persamaan 2 (Donald, 2015).

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (2)$$

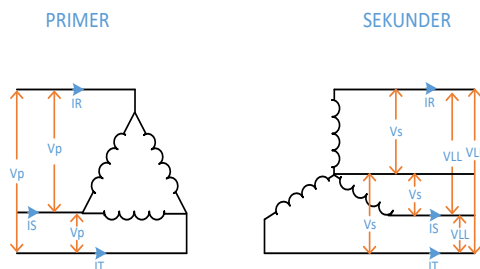
Keterangan Persamaan 2:

- R = Tahanan penghantar (Ohm /  $\Omega$ )
- $\rho$  = Tahanan jenis (ohm meter)
- L = Panjang penghantar (m)
- A = Luas penampang (m)

## 2.5 Hubungan Belitan Delta-Bintang ( $\Delta$ -Y)

Hubungan belitan yang digunakan pada trafo distribusi adalah trafo dengan hubungan belitan delta-bintang ( $\Delta$ -Y).

Hubungan belitan ( $\Delta$ -Y) ini merupakan hubungan campuran, dimana ke tiga kumparan primer dihubungkan dengan  $\Delta$  dan ketiga kumparan sekunder dihubungkan dengan Y. Hubungan Belitan ( $\Delta$ -Y) ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2 Hubungan trafo sisi primer ( $\Delta$ ) dan sisi sekunder (Y)

Persamaan daya 3 fasa dan 1 fasa untuk belitan delta ( $\Delta$ ) ditunjukkan pada Persamaan 3 dan 4 serta belitan bintang (Y) ditunjukkan pada Persamaan 5 dan 6

$$P_{P-3Fasa} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \times \text{Cos}\phi \quad (3)$$

$$P_{P-1Fasa} = V_p \times I_p \times \text{Cos}\phi \quad (4)$$

$$P_{S-3Fasa} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \times \text{Cos}\phi \quad (5)$$

$$P_{S-1Fasa} = V_s \times I_s \times \text{Cos}\phi \quad (6)$$

Untuk mengetahui besarnya arus

primer, dapat dapat dihitung dari Persamaan 7.

$$I_p = \frac{P_s + P_{\text{rugi trafo}}}{\frac{V_p}{\sqrt{3}} \times \text{cos}\phi} \quad (7)$$

Keterangan Persamaan 3 s.d Persamaan 7:

- $V_p$  = Tegangan pada belitan sisi primer trafo
- $V_{L-L}$  = Tegangan fasa-fasa pada trafo
- $P_{P-3Fasa}$  = Daya 3 fasa pada sisi primer trafo
- $P_{S-3Fasa}$  = Daya 3 fasa pada sisi sekunder trafo
- $I_p$  = Arus pada belitan sisi primer trafo
- $I_s$  = Arus pada belitan sisi sekunder trafo
- $I_L$  = Arus saluran trafo
- $P_{P-1Fasa}$  = Daya 1 fasa untuk sisi primer trafo
- $P_{S-1Fasa}$  = Daya 1 fasa untuk sisi sekunder trafo

### 2.5.1 Rugi Daya Pada Transformator

Rugi yang terjadi pada trafo distribusi terdiri dari 2 macam, yaitu : rugi daya pada inti besi dan rugi daya pada tembaga. Rumus rugi daya pada trafo dapat dilihat pada Persamaan 8.

$$P_{\text{rugi trafo}} = P_{\text{cu}} + P_{\text{inti}} \quad (8)$$

Keterangan:

$P_{\text{cu}}$  = Rugi tembaga

$P_{\text{inti}}$  = Rugi inti besi

Menurut SPLN no 50 tahun 1997 besarnya rugi daya pada inti besi pada trafo distribusi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rugi-rugi inti besi trafo distribusi (SPLN 50 1997)

No	kVA (Rating Trafo)	Rugi-rugi Inti Besi (Watt)
1	25	75
2	50	150
3	100	300
4	160	400
5	200	480
6	250	600
7	315	770
8	400	930
9	500	1100
10	630	1300
11	800	1750
12	1000	2300
13	1250	2500
14	1600	3000
15	2000	3600
16	2500	4000

Rugi tembaga diakibatkan oleh arus beban yang mengalir pada belitan transformator.

Karena arus beban yang berubah-ubah, maka rugi tembaga juga tidak konstan karena bergantung pada besarnya beban. Besarnya rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat ditentukan dengan Persamaan 9.

$$P_{CU2} = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \times P_{Cu1} \quad (9)$$

Keterangan Persamaan 10:

$P_{CU2}$  = Rugi tembaga saat pembebanan tertentu

$P_{CU1}$  = Nominal rugi tembaga pada SPLN no 50 1997

$S_2$  = Beban yang dioperasikan

$S_1$  = Nilai pengenalan trafo

Nilai pengenalan trafo ( $S_1$ ) didapat dari nilai rugi-rugi tembaga pada tiap rating trafo sesuai SPLN 50 Tahun 1997. Adapun nilai rugi-rugi tembaga trafo dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai beban yang dioperasikan ( $S_2$ ) didapat dari persamaan 11.

$$S_2 \text{ per fasa} = \sqrt{3} \times V_s \times I_{sek} \quad (10)$$

Keterangan Persamaan 10:

$V_s$  = Tegangan trafo seimbang yaitu 220 V

$I_{sek}$  = Arus sekunder pengukuran PLN saat beban malam (A)

Tabel 4 Rugi-rugi Tembaga Trafo Distribusi (SPLN 50 1997)

No	kVA (Rating Trafo)	Rugi-rugi Tembaga (Watt)
1	25	425
2	50	800
3	100	1600
4	160	2000
5	200	2500
6	250	3000
7	315	3900
8	400	4600
9	500	5500
10	630	6500
11	800	9100
12	1000	12100
13	1250	15000
14	1600	18100
15	2000	21000
16	2500	25000

## 2.6 Rugi-Rugi Energi Pada Penghantar

Besarnya nilai rugi energi dalam kWh tiap bulan dapat dihitung dengan Persamaan 11.

$$P_{kWh} = (P \times F_{LS} \times t) / 1000 \quad (11)$$

Keterangan Persamaan 12:

$P_{kWh}$  = Rugi energi dalam kWh tiap bulan (kWh)

$P$  = Rugi daya pada penghantar (W)

$F_{LS}$  = Faktor *losses*

$t$  = Waktu dalam 1 bulan (24 jam x 30 hari = 720 jam)

Total besarnya rugi-rugi energi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 13.

$$P_{kWh \text{ Total}} = P_{kWh1} + P_{kWh2} + P_{kWh3} + \dots + P_{kWhn} \quad (12)$$

Keterangan Persamaan 12:

$P_{kWh \text{ Total}}$  = Rugi energi total

$P_{kWhn+1}$  = Rugi energi penyulang ke-1 s.d. n

Faktor beban merupakan perbandingan antara beban rata-rata dengan beban maksimum untuk suatu periode waktu tertentu. Beban rata-rata dengan beban puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovolt ampere dan sebagainya, tetapi satuan dari keduanya harus sama. Dari definisi faktor beban dapat ditulis dalam Persamaan 13 (Donal, 2015).

$$LF = \frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}} \quad (13)$$

Keterangan Persamaan 13:

$LF$  = Load faktor (faktor beban)

$I_{rata-rata}$  = Beban rata-rata (A)

$I_{puncak}$  = Beban puncak (A)

Faktor *losses* didefinisikan sebagai perbandingan antara rugi dan rata-rata terhadap rugi daya pada beban puncak pada periode tertentu. Faktor *losses* dapat dicari dengan Persamaan 14.

$$F_{LS} = 0,3 (LF) + 0,7 (LF)^2 \quad (14)$$

Keterangan persamaan 14:

$F_{LS}$  = Faktor *losses*

$LF$  = Faktor beban

## 2.7 Perhitungan Rugi-Rugi Secara Finansial

Untuk menghitung besarnya kerugian finansial yang disebabkan oleh adanya rugi-rugi daya dapat dilakukan dengan melihat tarif tenaga listrik (TTL) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Tarif tenaga listrik

No	Daya Listrik (VA)	Tarif Listrik (Rp/kWh)	Keterangan
1	1.200	1467,28	
2	2.200	1467,28	
3	3.500 s.d 5.500	1467,28	
4	6.600 ke atas	1467,28	
5	6.600 s.d 200 kVA	1467,28	
<b>Rata-rata Tarif</b>		<b>1467,28</b>	

Perhitungan biaya listrik yang hilang dapat dihitung dengan Persamaan 15.

$$\text{Rugi Finansial} = P_{kwh} \times \text{TTL} \quad (15)$$

Keterangan Persamaan 15:

$P_{kWh}$  = Rugi energi dalam kWh tiap bulan (kWh)

TTL = Tarif tenaga listrik (Rp/kWh)

## 2.8 Penentuan Efektivitas Adanya Gardu Induk Baru Terhadap Pengurangan Rugi Daya Listrik

Efektifitas adanya Gardu Induk baru dapat dihitung atau ditentukan dari perbandingan selisih dari nilai rugi daya saat penyulang tersebut disuplai oleh Gardu Induk baru dengan nilai rugi daya saat penyulang tersebut disuplai dari Gardu Induk baru. Adapun perhitungannya dapat dilihat pada Persamaan 2.16.

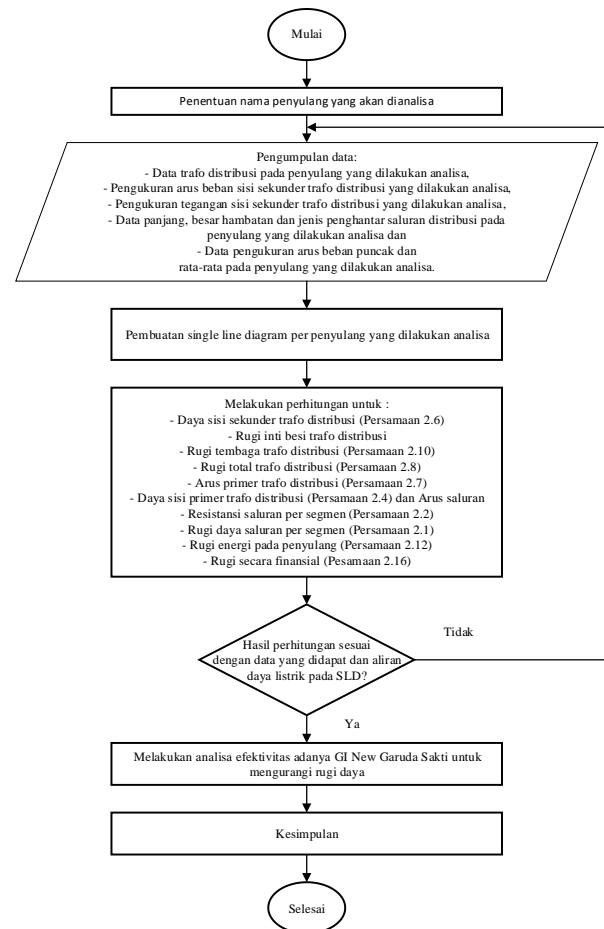
$$\text{Nilai efektifitas} = | P_{\text{penyulang lama}} - P_{\text{penyulang baru}} | \quad (16)$$

Keterangan Persamaan 16:

$P_{\text{penyulang lama}}$  = Nilai rugi daya penghantar saat disuplai dari gardu induk lama (W)

$P_{\text{penyulang baru}}$  = Nilai rugi daya penghantar saat disuplai dari gardu induk baru (W)

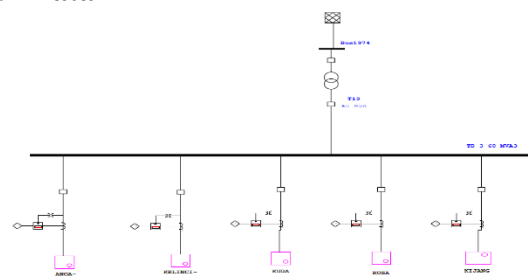
## III. METODE PENELITIAN



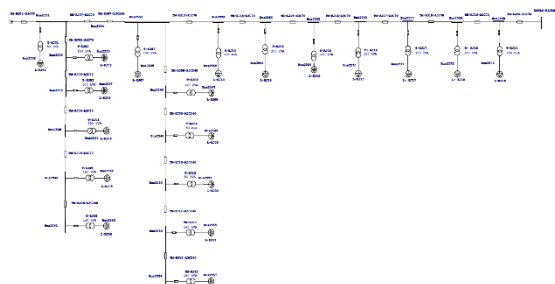
Gambar 3. Flow chart penelitian

Pada Gambar 3 diatas menunjukkan proses dan alur dalam perhitungan serta analisis untuk mendapat nilai efektifitas pembangunan Gardu Induk New Garuda Sakti dalam mengurangi rugi daya listrik.

### 3.1 Data



Gambar 4. Single line diagram GI New Garuda Sakti



Gambar 5. One line diagram Penyulang Kijang (GI New Garuda Sakti)

Gambar 4 merupakan single line diagram untuk GI New Garuda Sakti dan Gambar 5 merupakan gambar one line diagram penyulang kijang yang dilakukan analisa. Pada Penyulang Kijang, jenis penghantar pada Penyulang Kijang di Gardu Induk New Garuda Sakti yaitu menggunakan A3C 70 mm, A3C 240 mm dan A3C 150 mm. Panjang penghantar dari satu trafo ke trafo lainnya bervariasi. Panjang Penyulang Kijang yaitu 12.400 m atau 12,4 KMS.

Data yang didapatkan dari PT.PLN (Persero) ULP Rumbai adalah nominal KVA trafo, data arus beban pada sisi sekunder trafo dan data tegangan sekunder trafo sedangkan untuk melakukan perhitungan rugi-rugi daya saluran distribusi primer data yang dibutuhkan adalah data arus beban pada sisi primer trafo. Jadi, untuk mendapatkan nilai arus beban pada sisi primer trafo dapat menggunakan Persamaan 7. Nilai tegangan sisi primer trafo dan  $\cos \phi$  yang digunakan adalah nilai standar PT.PLN (Persero) yaitu untuk tegangan primer trafo sebesar 20 kV dan untuk  $\cos \phi$  sebesar 0,85.

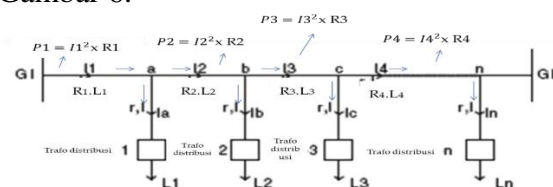
Tabel 6 Data beban puncak dan beban rata-rata pada Oktober 2018 di GI Garuda Sakti, GI Teluk Lembu dan GI Perawang

No	Penyulang	Beban Puncak	Beban Rata-Rata
1	5 Perawang (GI GS)	275	192
2	Libra (GI PW)	122	53
3	Sungkai (GI TL)	202	150
4	Meranti (GI TL)	190	139

Pada Tabel 6 merupakan data beban puncak dan beban rata-rata sebelum adanya pemecahan beban ke GI New Garuda Sakti. Data ini diambil pada bulan Oktober 2018.

### 3.2 Analisis Data

Langkah awal menghitung besarnya rugi daya pada saluran distribusi primer. Perhitungan rugi daya ini dilakukan pada setiap segmen, hal ini sesuai Hukum Kirchoff 1 “Arus total yang masuk melalui suatu titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan tersebut”. Adapun ilustrasi gambar perhitungannya ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Langkah-langkah perhitungan rugi daya pada sistem distribusi primer (Sumber : Waluyo, 2007 “telah diolah kembali)

Langkah ke-2 yaitu perhitungan rugi-rugi energi. Untuk menghitung rugi energi, rugi daya pada saluran distribusi primer harus terlebih dahulu didapat nilainya. Langkah ke-3 yaitu perhitungan rugi-rugi secara finansial. Adapun besarnya tarif tenaga listrik sesuai surat edaran yang dikeluarkan oleh PT. PLN (Persero) mengenai tarif tenaga listrik. Langkah ke-4 yaitu menghitung nilai efektivitas didapat dari besarnya rugi daya sebelum adanya pemecahan beban dikurangi besarnya rugi daya setelah adanya pemecahan beban

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Umum

Pada bab ini akan membahas tentang perhitungan rugi daya, rugi energi, rugi secara finansial dan penentuan nilai efektivitas

terkait GI New Garuda Sakti untuk mengurangi rugi daya saluran distribusi primer 20 kV. Data pada penyulang di GI New Garuda Sakti dibuat sama dengan nilai pengukuran arus dan tegangan pada sekunder trafo dari penyulang sebelum dilakukan pembagian beban, agar dapat dilakukan perbandingan besarnya rugi-rugi daya sebelum dan setelah pemecahan beban ke GI New Garuda Sakti.

#### 4.2 Hasil dan Pembahasan

Untuk sample perhitungan yaitu menggunakan Penyulang Kijang. Langkah untuk perhitungan rugi daya pada saluran distribusi primer 20 kV untuk Penyulang Kijang yaitu sebagai berikut:

##### 1. Menghitung Daya Sisi Sekunder Trafo Distribusi

No Trafo	T-KJ01
ID Trafo	RB 314
Nominal KVA	50 KVA
Lokasi	Simpang Bingung
Tegangan Sekunder	R = 209 V      S = 226 V T = 223 V
Arus Sekunder	R = 10 V      S = 13 V T = 8 V
Cosφ	0,85

Maka, dari data tabel diatas untuk menghitung besarnya daya sisi sekunder trafo dapat disubstitusikan ke dalam Persamaan 6.

$$\begin{aligned} \text{Fasa R : } P_{S-\text{Fasa R}} &= V_S \times I_S \times \text{Cos}\phi \\ &= 209 \times 10 \times 0,85 \\ &= 1.776,50 \text{ W} \end{aligned}$$

##### 2. Menghitung Rugi Trafo

Dalam menghitung total rugi trafo dapat digunakan Persamaan 8, namun terlebih dahulu menghitung besarnya rugi inti besi ( $P_{\text{inti}}$ ) dan rugi tembaga ( $P_{\text{cu}}$ ). Besarnya rugi inti besi pada trafo didapat dari Tabel 3 sesuai SPLN 50 1997. Besarnya rugi tembaga pada trafo dapat dihitung dengan Persamaan 10.

##### 3. Menghitung arus sisi primer trafo

Untuk menghitung arus sisi primer pada trafo distribusi yaitu menggunakan Persamaan 7. Dari beberapa perhitungan diatas nilai yang didapat dimasukkan ke dalam Persamaan 7.

Diasumsikan nilai  $V_p = 20 \text{ kV}$ , maka arus sisi primer trafo:

$$\begin{aligned} \text{Fasa R : } I_p - \text{fasaR} &= \frac{P_s + \text{Prugi trafo}}{\frac{V_p}{\sqrt{3}} \times \text{cos}\phi} \\ &= \frac{1.776,50 + 54,65}{\frac{20.000}{\sqrt{3}} \times 0,85} \\ &= 0,19 \text{ A} \end{aligned}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama pada setiap trafo distribusi yang terdapat di Penyulang Kijang didapatkan hasil seperti pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai Arus Beban Pada Sisi Primer Trafo

No	ID Trafo	No. Trafo	KVA	Arus Sisi Primer Trafo (A)		
				R	S	T
1	RB 314	T-KJ01	50	0,19	0,26	0,16
2	RB 130	T-KJ02	160	2,31	2,69	1,85
3	RB 247	T-KJ03	100	0,66	1,22	0,62
4	RB 38	T-KJ04	250	3,47	3,09	2,52
5	RB 255	T-KJ05	160	1,90	1,18	1,50
6	RB 262	T-KJ06	160	1,65	1,88	1,42
7	RB 74	T-KJ07	100	2,74	2,94	1,48
8	RB 231	T-KJ08	100	0,11	0,21	0,23
9	RB 64	T-KJ09	50	0,12	0,02	0,08
10	RB 87	T-KJ10	50	0,08	0,20	0,31
11	RB 181	T-KJ11	160	1,72	1,42	0,80
12	RB 107	T-KJ12	160	1,86	2,42	2,42
13	RB 159	T-KJ13	100	0,15	0,13	0,09
14	RB 200	T-KJ14	100	1,34	1,74	1,28
15	RB 254	T-KJ15	160	0,75	0,40	0,51

16	RB 175	T- KJ16	100	0,91	0,72	0,63
17	RB 282	T- KJ17	160	0,15	0,11	0,13
18	RB 201	T- KJ18	160	1,26	1,51	0,56
19	RB 237	T- KJ19	250	1,82	1,65	1,26

Dengan didapatkan nilai arus primer trafo distribusi seperti pada maka dapat dihitung besarnya arus pada saluran atau arus yang mengalir pada penghantar di Penyulang Kijang seperti pada Tabel 8.

Tabel 8 Arus saluran atau arus yang mengalir pada penghantar

NO	SUTM Pada ETAP	RUMUS	ARUS PRIMER		
			R	S	T
1	TM-KJ-19	$IL1 = IT19$	1,82	1,65	1,26
2	TM-KJ-18	$IL2 = IL1 + IT8$	3,08	3,16	1,82
3	TM-KJ-17	$IL3 = IL2 + IT17$	3,23	3,27	1,95
4	TM-KJ-16	$IL4 = IL3 + IT16$	4,14	3,99	2,58
5	TM-KJ-15	$IL5 = IL4 + IT15$	4,88	4,39	3,09
6	TM-KJ-14	$IL6 = IL5 + IT14$	6,22	6,13	4,37
7	TM-KJ-13	$IL7 = IL6 + IT13$	6,37	6,26	4,46
8	TM-KJ-12	$IL8 = IT12$	1,86	2,42	2,42
9	TM-KJ-11	$IL9 = IL8 + IT11$	3,58	3,83	3,21
10	TM-KJ-10	$IL10 = IL9 + IT10$	3,66	4,04	3,52
11	TM-KJ-9	$IL11 = IL10 + IT9$	3,78	4,06	3,60
12	TM-KJ-8	$IL12 = IL11 + IT8$	3,89	4,27	3,83
13	TM-KJ-7	$IL13 = IL7 + IL12 + IT7$	13,01	13,47	9,77
14	TM-KJ-6	$IL14 = IT6$	1,65	1,88	1,42
15	TM-KJ-5	$IL15 = IL14 + IT5$	3,56	3,06	2,92
16	TM-KJ-4	$IL16 = IL15 + IT4$	7,03	6,15	5,45
17	TM-KJ-3	$IL17 = IL16 + IT3$	7,68	7,37	6,07

18	TM-KJ-2	$IL18 = IL17 + IT2$	9,99	10,06	7,92
19	TM-KJ-1	$IL19 = IL13 + IL18 + IT1$	23,18	23,79	17,85

#### 4. Menghitung resistansi penghantar per segmen

Untuk menghitung resistansi penghantar per segmen diperlukan nilai panjang penghantar, jenis penghantar dan resistansi (ohm/km) untuk jenis penghantarnya terdapat pada Tabel 1.

#### 5. Menghitung rugi daya per segmen

Setelah didapat nilai arus saluran atau arus penghantar per segmen dan besarnya resistansi penghantar per segmen, maka dapat dihitung rugi daya per segmen dengan menggunakan Persamaan 1.

Tabel 10 Nilai rugi daya saluran distribusi primer 20 kV untuk Penyulang Kijang

NO	SUTM Pada ETAP	RUGI DAYA (W)		
		R	S	T
1	TM-KJ-19	0,54	0,44	0,26
2	TM-KJ-18	1,31	1,38	0,46
3	TM-KJ-17	2,88	2,96	1,05
4	TM-KJ-16	0,79	0,74	0,31
5	TM-KJ-15	8,79	7,11	3,52
6	TM-KJ-14	0,89	0,86	0,44
7	TM-KJ-13	6,55	6,32	3,20
8	TM-KJ-12	0,37	0,63	0,63
9	TM-KJ-11	1,12	1,28	0,90
10	TM-KJ-10	0,18	0,22	0,17
11	TM-KJ-9	0,48	0,55	0,44
12	TM-KJ-8	4,38	5,28	4,24
13	TM-KJ-7	59,26	63,55	33,45
15	TM-KJ-5	0,17	0,21	0,12
16	TM-KJ-4	0,58	0,43	0,39
17	TM-KJ-3	14,79	11,34	8,89
18	TM-KJ-2	16,32	15,02	10,17
19	TM-KJ-1	22,99	23,32	14,45

Dari langkah perhitungan di atas, jika diterapkan pada seluruh penyulang yang dianalisa maka didapat besarnya rugi daya saluran distribusi primer 20 kV untuk 9 (sembilan) penyulang dapat dilihat pada Tabel 11.



Tabel 11. Nilai rugi daya per penyulang dan total rugi daya penyulang sebelum dan setelah pembagian beban

Sebelum Pembagian Beban			Setelah Pembagian Beban		
No	Penyulang	Rugi Daya (W)	No	Penyulang	Rugi Daya (W)
1	Meranti	81.514,97	1	Kijang	1.972,37
			2	Kelinci	6.293,34
2	Sungkai	59.539,72	3	Anoa	3.801,56
3	5 Perawang	47.378,49	4	Kuda	15.396,58
4	Libra	13.368,60	5	Rusa	6.788,09
	<b>Total Rugi Daya</b>	<b>201.801,77</b>		<b>Total Rugi Daya</b>	<b>34.251,94</b>

#### 6. Menghitung Rugi Finansial

Dalam menghitung rugi finansial terlebih dahulu dicari besarnya rugi energi dalam kWh menggunakan persamaan 16. Kemudian besarnya nilai rugi finansial terdapat pada Tabel 12.

Tabel 12. Total rugi finansial pada penyulang sebelum dan setelah pembagian beban

Sebelum Pembagian Beban			Setelah Pembagian Beban		
No	Penyulang	Rugi Finansial (Rp)	No	Penyulang	Rugi Finansial (Rp)
1	Meranti	51.163.043,37	1	Kijang	1.237.962,25
			2	Kelinci	3.950.029,93
2	Sungkai	38.291.392,39	3	Anoa	2.444.874,95
3	5 Perawang	27.562.719,67	4	Kuda	8.957.053,20
4	Libra	3.706.423,40	5	Rusa	1.881.986,56
	<b>Total</b>	<b>120.723.578,83</b>		<b>Total</b>	<b>18.471.906,91</b>

#### 7. Analisis Penentuan Efektivitas

Dalam penentuan efektivitas GI New Garuda Sakti untuk mengurangi rugi daya saluran distribusi primer dengan membandingkan nilai rugi daya rata-rata sebelum dan setelah adanya pemecahan beban ke GI New Garuda Sakti. Besarnya nilai rata-rata rugi daya sebelum dan setelah pembagian beban dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai rata-rata rugi daya penyulang sebelum dan setelah pembagian beban ke GI New Garuda Sakti dan nilai efektivitas

Sebelum Pembagian Beban			Setelah Pembagian Beban			Nilai Efektivitas
No	Nama Penyulang	Rugi Daya (W)	No	Nama Penyulang	Rugi Daya (W)	
1	Meranti	81.514,97	1	Kijang	1.972,37	73.249,26
			2	Kelinci	6.293,34	
2	Sungkai	59.539,72	3	Anoa	3.801,56	55.738,16
3	5 Perawang	47.378,49	4	Kuda	15.396,58	31.981,91
4	Libra	13.368,60	5	Rusa	6.788,09	6.580,51
	<b>Total Rugi Daya</b>	<b>201.801,77</b>		<b>Total Rugi Daya</b>	<b>34.251,94</b>	<b>167.594,84</b>
	<b>Rugi Daya Rata - Rata (W)</b>	<b>50.450,44</b>		<b>Rugi Daya Rata - Rata (W)</b>	<b>6.850,39</b>	<b>43.600,05</b>

Dengan dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 16.

$$\text{Nilai efektivitas} = | P_{\text{penyulang lama}} - P_{\text{penyulang baru}} |$$

$$\text{Nilai efektivitas} = 50.450,44 - 6.850,39 = 43.600,05 \text{ W}$$

Dari nilai efektivitas tersebut, maka GI New Garuda Sakti mampu mengurangi rugi daya sebesar 43.600,05 W setiap bulannya, sehingga keuntungan bagi masyarakat mendapatkan kualitas tegangan dan arus yang

baik untuk dikonsumsi dan keuntungan bagi perusahaan yaitu berkurangnya rugi daya yang berpengaruh terhadap biaya operasional serta kebutuhan listrik akan daerah/pelanggan dapat terpenuhi.

## V.KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai rugi-rugi daya, rugi energi, kerugian secara finansial dan penentuan efektivitas GI New Garuda Sakti dalam mengurangi rugi daya saluran distribusi primer 20 kV dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Total rugi daya sebelum adanya pemecahan beban ke GI New Garuda Sakti sebesar 201.801,77 W dan rata-rata rugi daya sebesar 50.450,44 W, sedangkan total rugi daya setelah dilakukan pemecahan beban ke GI New Garuda Sakti sebesar 34.251,94 W dan rata-rata rugi daya sebesar 6.850,39 W sehingga setelah GI New Garuda Sakti beroperasi maka rugi-rugi daya rata-rata tiap bulan dapat berkurang sebesar 43.600,05 W.
- b. Total rugi energi sebelum adanya pemecahan beban ke GI New Garuda Sakti sebesar 82.277,12 W dan secara finansial sebesar Rp 120.723.578,83, sedangkan total rugi energi setelah dilakukan pemecahan beban ke GI New Garuda Sakti sebesar 12.589,22 kWh dan secara finansial sebesar Rp 18.471.906,91 sehingga setelah GI New Garuda Sakti beroperasi dapat dilakukan penghematan/efisiensi sebesar Rp 102.251.671,93 atau rata-rata tiap bulannya sebesar Rp. 26.468.513,33.
- c. Dengan adanya pembangunan GI New Garuda Sakti dan telah beroperasi di November 2018, maka sangat efektif dalam mengurangi rugi-rugi daya dan penghematan/efisiensi bagi perusahaan. GI New Garuda Sakti mampu mengurangi rugi-rugi daya rata-rata sebesar 43.600,05 W setiap bulannya.

## DAFTAR PUSTAKA

Alfredo, D. 2016. Analisa perhitungan susut daya dan energi dengan pendekatan kurva beban pada jaringan distribusi

PT.PLN (Persero) Area Pekanbaru. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.

Setyawan, A. 2012. Analisa susut energi pada konduktor jaringan tegangan menengah berbasis bentuk kurva beban harian. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.

Arismunandar A. dan Kuwahara S., 1993, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II, Jakarta: PT. Pranya Paramitha.

Khoiriyah, Siti, "Analisa Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Gardu Induk Bringin Penyulang BRG-4 Menggunakan Software Etap 12.6," 2018. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

Eka Putra, Dedy. (2016). Analisa Pengaruh Penambahan Jaringan Dari Gardu Induk Masaran Ke PT Sinar Agung Selalu Sukses Terhadap Susut Daya. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.