

**STUDI ANALISA PERHITUNGAN BIAYA TOTAL TAHUNAN
PENYULANG (FEEDER) DISTRIBUSI 20 KV TAHUN 2013
(Aplikasi GI PIP ke Feeder II Air Pacah)**

Oleh:
Zulkarnaini,¹, Donny Rahmad²

¹Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri,
²Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Padang Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang
Telephone: (0751) 775418 / 08126782828. E-mail: zul3eva @ yahoo.co.id.

Abstrak

Saluran distribusi 20 KV merupakan bagian terpenting dari sistem tenaga listrik terutama dalam penyaluran energi listrik ke konsumen. Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini maka penambahan jaringan distribusi juga meningkat. Sebagai pedoman untuk penambahan jaringan distribusi dimasa datang, maka diperlukan suatu kajian tentang analisa biaya penyulang (feeder). Untuk menghitung biaya feeder saluran distribusi 20 KV, dilakukan perhitungan Biaya Ekuivalen Investasi Penyulang Tahunan (BTI), Biaya Energi Ekuivalen Tahunan (BTE), Biaya Ekuivalen Demand Tahunan (BTD). Hasil penjumlahan biaya-biaya diatas maka diperoleh Biaya Total Tahunan dari Penyulang (TBT) yang berbeda sesuai dengan panjang dan besarnya beban masing-masing saluran. Hasil penelitian ini memperlihatkan beban paling tinggi terjadi pada bulan Mei yaitu 75,53 ampere menyebabkan Biaya Total Tahunan Penyulang (TBT) sebesar Rp. 417.154.453,3. Beban paling rendah terjadi pada bulan Januari yaitu 35,46 ampere menyebabkan Biaya Total Tahunan Penyulang (TBT) sebesar Rp. 416.983.422,9.

Kata Kunci : Saluran Distibusi 20 KV, Penyulang, Biaya.

Abstrac

Distribution line 20 KV represent part important of power to consumer. Fastly it development of teknologi in this time hence addition of network distribution also amount. As quidance for the addition of network distribution a period to coming hence needed a study about analisis of expense of feeder. To calculate the expence of feeder channel distribution 20 KV, to do need calculation of expence of annually ekivalen demand (BTD). Result of quantifying of cost to the hence obtained by annuallyal total expense of feeder different (TBT) as according to length and level load is each channel. Result of this research of showing the burden is higest happen in Mei that is of 75,53 ampere caus the cost tearly (TBT) is as big Rp. 417.154.453,3. Burdens are lowest happen in Januari that is of 35,46 ampere cause the cost yearly (TBT) is as big as Rp. 416.983.422,9.

Keyword : Distribution Line 20 KV, Feeder, Cost.

1. Pendahuluan

Listrik merupakan suatu tuntutan mutlak yang harus dipenuhi dalam kehidupan manusia di zaman modern ini, karena listrik dibutuhkan hampir disemua aktivitas kehidupan manusia.

Tenaga listrik merupakan suatu bentuk energi yang dibutuhkan dalam kegiatan perindustrian, perkantoran, perumahan dan dalam aktivitas kehidupan manusia sehari-hari. Perkembangan teknologi pada zaman ini akan menuntut permintaan energi listrik yang semakin meningkat pula.

Sistem tenaga listrik secara garis besar dapat dibagi atas tiga komponen utama, yaitu pembangkit listrik, transmisi listrik dan distribusi listrik. Ketiga komponen tersebut mempunyai hubungan erat satu sama lainnya dalam kaitan pada penyediaan tenaga listrik.

Sistem distribusi berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari suatu sumber daya yang besar atau suatu gardu induk sampai kepusat-pusat beban. Saluran distribusi atau penyulang terdiri dari beberapa saluran yang terkoordinasi pada suatu tegangan menengah di Gardu Induk dan menyebar menuju ke daerah beban melalui gardu-gardu distribusi.

Untuk membuat suatu penyulang (*feeder*) yang tepat, bagian distribusi harus membuat suatu studi biaya yang berhubungan dengan *feeder* (penyulang) sebagai tambahan pada masalah penurunan voltase dan kehilangan tenaga. Jadi sistem distribusi memegang peranan yang cukup penting karena sistem distribusi ini yang akan melayani beban-beban yang terpasang pada tingkat tegangan yang diperlukan.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka penulis berkeinginan untuk menghitung dan menganalisa Biaya Total Tahunan Penyulang (*feeder*) saluran 20 KV pada tahun 2013 Aplikasi *Feeder II* Air Pacah.

2. Landasan Teori

1) Metode Menganalisa Biaya Penyulang Distribusi

Salah satu faktor yang sangat menentukan dalam operasi sistem tenaga listrik adalah perkiraan beban yang dipikul oleh sistem yang bersangkutan. Beban adalah besarnya tenaga listrik yang diperlukan atau yang disalurkan pada titik sistem. Karena besarnya beban ditentukan oleh pemakai atau konsumen itu sendiri. Oleh karenanya biaya total tahunan penyulang untuk ukuran penghantar tertentu diberikan oleh persamaan sebagai berikut :

$$TBT = BTI + BTE + BTD \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana :

TBT = Biaya Total Tahunan Penyulang (Rp/km)

BTI = Biaya ekuivalen tahunan dari investasi pemasangan penyulang (Rp/km)

BTE = Biaya ekuivalen tahunan penyulang pada energi yang disebabkan oleh rugi-rugi I^2R pada kawat penyulang (Rp/km).

BTD = Biaya ekuivalen tahunan dari demand (kebutuhan beban) guna mencatu rugi-rugi I^2R pada kawat penyulang agar sistem tetap memadai.

2) Biaya Ekuivalen Tahunan Investasi

Biaya ekuivalen tahunan dari investasi pemasangan dari suatu penyulang untuk ukuran *feeder* tertentu dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$BTI = Bp_f \times I_f \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana :

BTI = Biaya ekuivalen tahunan dari investasi penyulang dengan ukuran tertentu (Rp/km).

Bp_f = Biaya pemasangan dari penyulang (Rp/km)

I_f = Biaya tetap tahunan dari penyulang.

3) Biaya Ekuivalen Rugi Energi Tahunan

Biaya ekuivalen tahunan dari energi yang disebabkan oleh rugi-rugi I^2R dari penghantar dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$BTE = 3I^2R \times HE \times F_{LB} \times F_{ri} \times 8760\dots(2.3)$$

Di mana :

BTE = Biaya ekuivalen tahunan energi yang disebabkan oleh rugi I^2R dari penghantar penyulang (Rp/km).

HE = Harga energi (Rp/Kwh)

F_{LB} = Faktor lokasi beban

F_{ri} = Faktor rugi perkotaan/pedesaan

Faktor rugi beban pada penyulang yang didistribusi bebannya seragam didefinisikan sebagai berikut :

$$F_{LB} = X / L \dots\dots\dots(2.4)$$

Di mana :

- F_{LB} = Faktor lokasi beban
- X = Jarak titik pada penyulang, di mana beban total penyulang diasumsikan terpusat pada titik tersebut dalam menghitung I^2R .
- L = Panjang total penyulang

Faktor rugi untuk daerah perkotaan :

$$F_{ri} = 0,3 F_b + 0,7 F_b^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dan untuk daerah pedesaan :

$$F_{ri} = 0,16 F_b + 0,24 F_b^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Di mana : F_b = Perbandingan beban rata-rata dengan beban puncak

Faktor rugi ikutan = F_{ri} (*loss allowance factor*) adalah faktor lokasi yang menyebabkan rugi total dari sistem tenaga bertambah akibat dari penyaluran daya dari pusat pembangkit ke Gardu Distribusi.

4) Biaya Ekuivalen Demand Tahunan

Biaya ekuivalen tahunan demand (kebutuhan) diadakan untuk mempertahankan kapasitas sistem yang cukup untuk mensuplai kehilangan yang disebabkan oleh rugi-rugi daya pada konduktor feeder yang bisa dinyatakan dengan :

$$BTD = 3I^2R \times F_{LB} \times F_{PR} \times F_{CD} \times F_{ri} [(C_G \times I_G) + (C_T \times I_T) + (C_S \times I_S)] \dots\dots(2.7)$$

Di mana :

- BTD = Biaya ekuivalen tahunan supaya kapasitas sistem mampu mensuplay rugi I^2R pada penghantar penyulang Rp/km
- F_{LB} = Faktor lokasi beban
- F_{PR} = Faktor peak responsibility
- F_{CD} = Faktor cadangan
- C_G = Biaya (puncak) pembangkit
- I_G = Biaya tetap sistem pembangkit

- C_T = Biaya (puncak) sistem transmisi Rp/km
- I_T = Biaya tetap sistem transmisi tahunan
- C_S = Biaya (puncak) gardu distribusi Rp/km
- I_S = Biaya tetap sistem gardu distribusi tahunan

3. Metodologi

- 1) Metode pengambilan data yang penulis lakukan adalah observasi langsung kelapangan.
- 2) Metode literatur yaitu dengan melakukan studi perpustakaan untuk mencari bahan yang berkaitan dengan tugas akhir tersebut.
- 3) Metode dengan melakukan perhitungan dan analisa data

4. Analisa dan Pembahasan

Data Saluran Penyulang II Air Pacah

No	Data Saluran
1.	Panjang (L) = 21,33 km
2.	Besar Penampang (L) = 150 mm ²
3.	Resistansi (R/Km) = 0,209 /Km
4.	Tahanan (R _{Total}) = 4,45797
5.	Beban Rata-rata (I) = 49,72 A
6.	Daya Sumber (P) = 30 MVA
	= 24.000 kw
7.	Power Faktor = 0,8

Data Biaya Operasi Penyulang II Air Pacah

No	Rencana Anggaran Biaya Rata-rata Jaringan SUTM untuk 1 Kms (Rp/km)	Biaya (Puncak) Pembangkit (Rp/KVA)	Biaya Transmisi (Rp/km)	Biaya Distribusi (Rp/km)	Distribusi Tahunan (%)	Harga Energi (Rp/kwh)
1.	144.652,483	1.830.500	700.500	275.000	13,5	716,76

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan biaya penyulang sebagai berikut :

1. Menghitung biaya ekuivalen penyulang tahunan dengan menggunakan persamaan 2.2.
2. Menghitung biaya ekuivalen rugi energi dengan menggunakan persamaan 2.3.

3. Menghitung biaya ekivalen demand tahunan dengan menggunakan persamaan 2.7.
 1. Menghitung biaya total tahunan penyulang dengan menggunakan persamaan 2.1.

4.1. Perhitungan Biaya Total Tahunan (TBT)

Biaya Ekivalen Investasi Penyulang Tahunan (BTI)

Untuk menentukan biaya ekivalen penyulang (*Feeder*) II Air Pacah yang panjangnya 21,33 Km yaitu :

Biaya pemasangan penyulang (B_{PF}) =
Rp. 144.652.483/Km

Pertumbuhan suku bunga (I_F) = 13,5 %

Panjang saluran (L) = 21,33 Km

Maka :

$$\begin{aligned} BT1 &= B_{PF} \times I_F \\ &= \text{Rp. } 144.652.483 / \text{ km} \times 13,5 \% \\ &= \text{Rp. } 19.528.085 \\ &= \text{Rp. } 19.528.085 \times 21,33 \text{ km} \\ &= \text{Rp. } 416.534.057,5 \end{aligned}$$

Ket :

Dengan perhitungan yang sama maka nilai BTI setiap bulannya sama

Untuk mengetahui Biaya Total Tahunan Penyulang, dilakukan perhitungan untuk tiap-tiap bulan yang terdapat pada :

- **Bulan Januari Biaya Ekivalen Investasi Penyulang Tahunan (BTI) = Rp. 416.534.057,5**
- Biaya Tahunan Energi (BTE)**

Dalam menentukan Biaya Energi Ekivalen Tahunan dibutuhkan data yaitu :

Panjang saluran (L) = 21,33 Km
= 21330 m

Resistansi (R/Km) = 0,209 /Km

Harga Energi (HE) = Rp. 716,76 / Kwh

Beban rata-rata (I) = 49,72 A

Beban puncak bulan Januari = 35,46 A

Maka :

$$BTE = 3 \cdot I^2 \cdot R \times HE \times F_{Lb} \times F_{ri} \times 8760$$

Dimana :

$$R_{\text{Total}} = R/\text{Km} \times L$$

$$\begin{aligned} &= 0,209 / \text{ km} \times 21,33 \text{ km} \\ &= 4,45797 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{losses}} (\text{KW}) &= 3 \cdot I^2 R \\ &= 3 \times (35,46)^2 \times 4,45797 \\ &= 3 \times 1.257,41 \times 4,45797 \\ &= 16.816,48 \text{ W} \\ &= 16,816 \text{ KW} \end{aligned}$$

- Faktor Lokasi Beban (F_{Lb})

$$\begin{aligned} F_{Lb} &= \frac{I_{\text{rata-rata}}}{I} = \frac{X}{I} \\ &= \frac{49,72}{21330} \\ &= 0,0023 \end{aligned}$$

- Faktor Rugi-Rugi Ikutan (F_{ri})

$$F_{ri} = 0,3 F_b + 0,7 (F_b)^2$$

Dimana :

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{I_{\text{rata-rata}}}{I_{\text{puncak}}} \\ &= \frac{49,72 \text{ A}}{35,46 \text{ A}} \\ &= 1,402 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} F_{ri} &= (0,3 \times 1,402) + 0,7 (1,402)^2 \\ &= 0,4206 + 1,3759 \\ &= 1,7965 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil di atas maka :

$$\begin{aligned} BTE &= 3 \cdot I^2 \cdot R \times HE \times F_{Lb} \times F_{ri} \times 8760 \\ &= 16,816 \times 716,76 \times 0,0023 \times \\ &\quad 1,7965 \times 8760 \\ &= \text{Rp. } 436.270,27 \end{aligned}$$

Biaya Ekivalen Demand Tahunan (BTD)

$$BTD = 3 \cdot I^2 \cdot R \times F_{Lb} \times F_{cd} \times F_{Pr} \times F_{ri} [(C_G \times I_G) + (C_T \times I_T) + (C_S \times I_S)]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} 3 \cdot I^2 \cdot R &= 16,816 \\ F_{Lb} &= 0,0023 \\ F_{ri} &= 1,7965 \end{aligned}$$

- Faktor Cadangan

$$\begin{aligned} F_{cd} &= \frac{\sqrt{3} \times V \times I_{\text{puncak}}}{\sqrt{3} \times V \times I_{\text{rata-rata}} + P_{\text{losses}}} \\ &= \frac{\sqrt{3} \times 20 \times 35,46}{\sqrt{3} \times 20 \times 49,72 + 16.816} \\ &= \frac{1228,370}{1739,167} \\ &= 0,7062 \end{aligned}$$

➤ Faktor Peak Responsibility

$$F_{Pr} = \frac{\sqrt{3} \times V \times I_{puncak} \times \cos \phi}{\sqrt{3} \times V \times I_{rata-rata} + \cos \phi + Losses}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 20 \times 35,46 \times 0,8}{\sqrt{3} \times 20 \times 49,72 \times 0,8 + 16,816}$$

$$= \frac{982,696}{1.394,697}$$

$$= 0,7045$$

Diketahui :

- C_G = Biaya (puncak) pembangkit (Rp/kVA)
- I_G = Biaya tetap sistem pembangkit (%)
- C_T = Biaya (puncak) sistem transmisi (Rp/km)
- I_T = Biaya tetap sistem transmisi tahunan (%)
- C_S = Biaya (puncak) gardu distribusi (Rp/km)
- I_S = Biaya tetap sistem gardu distribusi tahunan (%)

Jadi :

$$BTD = 3.I^2.R \times F_{Lb} \times F_{cd} \times F_{Pr} \times F_{ri} [(C_G \times I_G) + (C_T \times I_T) + (C_S \times I_S)]$$

$$= 16,816 \times 0,0023 \times 0,7062 \times 0,7045 \times 1,7965 [(1830.500 \times 0,135) + (700.500 \times 0,135) + (275.000 \times 0,135)]$$

$$= 0,03456 (247.117,5 + 94.567,5 + 37.125)$$

$$= 0,03456 \times 378.810$$

$$= Rp. 13.095,072$$

Biaya Total Tahunan Dari Penyulang (TBT)

$$TBT = BTI + BTE + BTD$$

$$= Rp. 416.534.057,5 + Rp. 436.270,27 + Rp. 13.095,072$$

$$= Rp. 416.983.422,9$$

Hasil perhitungan pada bulan Februari sampai bulan Desember 2010 sama dengan cara perhitungan bulan Januari.

4.2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Total Tahunan Penyulang (TBT) Tiap-tiap Bulan (Januari-Desember) Tahun 2010 pada Saluran Distribusi 20 KV dengan Aplikasi GI PIP ke Feeder II Air Pacah.

No	Bulan	Beban Puncak (A)	Biaya Tahunan Investasi (BTI) (Rp)	Biaya Tahunan Energi (BTE) (Rp)	Biaya Tahunan Demand (BTD) (Rp)	Total Biaya Tahunan Penyulang (TBT) (Rp)
1	Jan	35,46	416.534.057,5	436.270,27	13.095,072	416.983.422,9
2	Feb	37,71	416.534.057,5	442.534,31	14.981,984	416.991.573,8
3	Mar	61,32	416.534.057,5	509.934,72	43.863,708	417.087.864,9
4	April	63,61	416.534.057,5	516.702,02	47.595,788	417.098.355,3
5	Mei	75,53	416.534.057,5	550.745,42	69.651,341	417.154.454,3
6	Juni	49,06	416.534.057,5	475.170,05	26.773,443	417.036.002
7	Juli	50,83	416.534.057,5	480.477,05	28.973,198	417.043.507,7
8	Agus	45,87	416.534.057,5	465.651,58	23.054,911	417.022.764
9	Sept	44,26	416.534.057,5	461.414,51	21.320,543	417.016.792,6
10	Okt	43,74	416.534.057,5	459.688,23	20.760,532	417.014.486,3
11	Nov	45,86	416.534.057,5	466.184,14	23.071,088	417.023.312,7
12	Des	43,45	416.534.057,5	459.157,71	20.471,392	417.013.686,6

Ket :

Merah : beban puncak tertinggi tahun 2013

Biru : beban puncak terendah tahun 2013

Dari tabel 4.6 di atas dapat diketahui biaya ekivalen tahunan dari investasi pemasangan penyulang (BTI) adalah sebesar Rp. 416.534.057,5. Biaya ekivalen tahunan dari investasi pemasangan penyulang (BTI) tiap-tiap bulannya adalah sama dikarenakan BTI merupakan hasil perkalian dari biaya pemasangan dari penyulang dengan biaya tetap tahunan dari penyulang.

Dari tabel 4.6 di atas dapat diketahui variabel beban puncak pada tiap-tiap bulannya (Januari-Desember pada tahun 2010). Beban puncak paling tinggi terdapat pada bulan Mei yaitu sebesar 75,53 Ampere dan beban puncak paling rendah terdapat pada bulan Januari yaitu sebesar 35,46 Ampere.

4.3. Grafik Karakteristik Beban Puncak Tiap-tiap Bulan (Januari-Desember) Tahun 2013 pada Saluran Distribusi 20 KV dengan Aplikasi GI PIP ke Feeder II Air Pacah.



Dari hasil perhitungan dan analisa grafik pada gambar 4.3 yang terdapat pada Saluran Distribusi 20 KV dengan Aplikasi GI PIP ke Feeder II Air Pacah dengan panjang saluran 21,33 km, dapat diketahui bahwa Biaya Total Tahunan dari Penyulang (TBT) yang tertinggi terjadi pada bulan Mei yaitu sebesar Rp. 417.154.453,3 dikarenakan pada bulan Mei ini diketahui Beban Puncaknya tinggi dibandingkan dengan bulan lainnya. Sedangkan Biaya Total Tahunan Penyulang (TBT) yang terendah terjadi pada bulan Januari yaitu sebesar Rp. 416.983.422,9 dikarenakan Beban Puncaknya rendah pada bulan Januari ini. Pada tabel 4.6 dan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa Beban Puncak akan sangat berpengaruh terhadap Biaya Total Tahunan Penyulang (TBT) karena semakin besar Beban Puncak maka harga Biaya Total Tahunan Penyulang juga akan semakin besar dan sebaliknya, semakin kecil Beban Puncak maka akan semakin kecil pula biaya total tahunan dari penyulang tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya dan hasil pengamatan serta perhitungan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan :

- Beban paling tinggi terjadi pada bulan Mei pada tahun 2013 yaitu 75,53 Ampere menyebabkan Biaya Total Tahunan Penyulang (TBT) sebesar Rp. 417.154.453,3. Beban paling rendah terjadi pada bulan Januari pada tahun 2013 yaitu 35,46 Ampere menyebabkan Biaya Total Tahunan Penyulang (TBT) sebesar Rp. 416.983.422,9 yang mana Biaya Total Tahunan Penyulang (TBT) merupakan pedoman untuk merencanakan anggaran biaya akan datang untuk pengembangan dan pembangunan jaringan distribusi.

6. Daftar Pustaka

- [1]. Arismunandar. A, dan Kuwara., S (1992). *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II*. Jakarta : PT. Pradya Paramita.
- [2]. As Pabla, (1991). *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- [3]. Hasan Basri, (2003). *Dasar-Dasar Sistem Distribusi*. Jakarta : APEL.
- [4]. James J. Burke, (1994) *Power Distribution Engineering*. USA: Marcell Dekker, INC.
- [5]. Syofyan Efendi, (2009). *Analisa Perhitungan Biaya Penyulang (Feeder) Pada Saluran Distribusi 20 KV*. Tugas Akhir. Padang : ITP.
- [6]. Turan Gonen, (1986). *Elektrik Power Distribution System Engineering*. Colombia : MC. Graw Hill Book Company.