

ANALISIS PERENCANAAN DAN INVESTASI BIAYA KONSTRUKSI JOIN FEEDER HASIL PELIMPAHAN SEBAGIAN BEBAN PENYULANG PLATINA KE PENYULANG FORD PT. PLN (PERSERO) UP3 PALEMBANG

Robby Afriansyah^{*)}, Karnoto and Darjat

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: robbyafriansyah66@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi tentunya berdampak pada meningkatnya kebutuhan energi listrik dengan cepat, yang juga berpengaruh terhadap pembebanan pada penyulang. Hal ini sering kali menyebabkan rugi-rugi daya pada penyulang tersebut, yang tentu saja menjadikan jaringan distribusi tersebut tidak andal serta memiliki kualitas tenaga yang tidak bagus. Berdasarkan data monitoring beban pada penyulang oleh PT. PLN (Persero) UP3 Palembang, terjadi rugi daya sebesar 5,83 % pada penyulang PLT. Karena itu, dilakukan analisis penentuan titik pelimpahan beban pada penyulang PLT ke penyulang FRD berdasarkan rugi daya terkecil. Setelah didapatkan titik pelimpahan beban, yaitu pada tiang FRD155 pada penyulang FRD dan tiang PLT218/R3 pada penyulang PLT dilakukan analisis perencanaan konstruksi dan investasi biaya pembangunan join feeder penyulang PLT dan FRD tersebut dengan berpatokan pada standar yang berlaku. Setelah dilakukan analisa penambahan join feeder, didapatkan konstruksi join feeder dengan pembangunan saluran baru sepanjang 198,5 m berupa penambahan 4 tiang dengan jenis penghantar AAAC 150 mm². Adapun jenis konstruksi yang digunakan adalah konstruksi TM3, TM5, TM1 2-1, dan TM4X dengan tambahan 2 isolator tumpu dengan investasi biaya total sebesar Rp 182.959.000.

Kata Kunci : PLT, FRD, Investasi Biaya, Join Feeder, Perencanaan Konstruksi.

Abstract

The technological developments certainly have an impact on the increasing demand for electrical energy, which also affects the loading on the feeder. This often causes power losses in the feeder, which makes the distribution network unreliable and has bad power quality. Based on the load monitoring data on feeder by PT. PLN (Persero) UP3 Palembang, there has been a power loss of 5,83 % on the PLT feeder. So, an analysis of determining the load transfer point on the PLT and FRD feeder based on the smallest power losses. After the load transfer point is obtained on the FRD155 pole and PLT218/R3 pole, an analysis of the construction planning and cost investment in the construction of the PLT and FRD joint feeders based on applicable standards. After analyzing the additional joint feeder, it was found that the construction of a new feeder along 198,5 m with the addition of 4 pole and the type of conductor is AAAC 150 mm². The types of construction used are TM3, TM5, TM1 2-1, TM4X with the addition of 2 pin post insulators with a total investment of Rp 182.959.000.

Keywords: PLT, FRD, Cost Investment, Joint Feeder, Construction Planning.

1. Pendahuluan

Sistem distribusi merupakan satu dari beberapa bagian terpenting pada sistem tenaga listrik dalam menyalurkan daya listrik dari pembangkit listrik kemudian melalui sistem transmisi untuk kemudian menuju konsumen [1], adapun dalam jaringan distribusi, kebutuhan listrik untuk suatu wilayah dipasok melalui suatu Gardu Induk (GI) [2]. Seiring perkembangan teknologi, menjadikan energi listrik berpengaruh besar terhadap aktifitas kehidupan masyarakat modern [3], yang tentunya juga berpengaruh terhadap pembebanan pada penyulang.

PT. PLN (Persero) UP3 Palembang sebagai instansi yang bertanggung jawab atas pemasokan tenaga listrik di wilayah kota Palembang, selalu melakukan monitoring secara berkelanjutan terhadap pembebanan pada tiap penyulang.

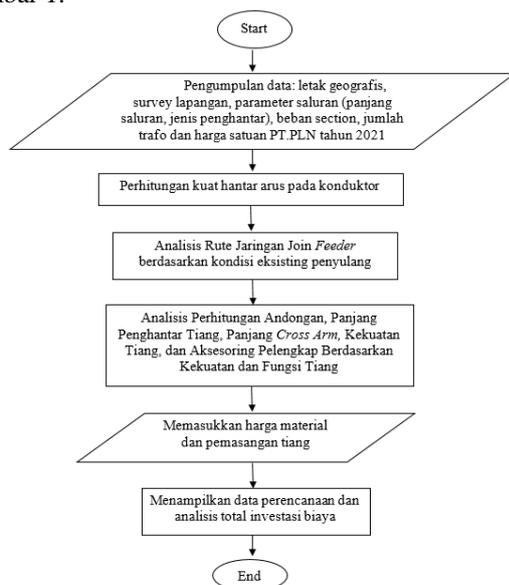
Berdasarkan data monitoring beban pada penyulang oleh PT. PLN (Persero) UP3 Palembang, Penyulang Platina (PLT) dibebani sebesar 241,9 A yang mana terjadi susut daya sebesar 5,83% dan jatuh tegangan sebesar 9,27% pada penyulang tersebut, nilai tersebut melebihi ketentuan dari target PT.PLN (Persero) UP3 Palembang, yaitu sebesar 5% baik untuk rugi daya maupun jatuh tegangan [4]. Untuk itu, dilakukan analisis apakah diperlukan

manuver atau perbaikan jaringan. Setelah dilakukan kajian terhadap kebutuhan pengurangan beban pada penyulang PLT, kemudian dilakukan analisis untuk menentukan titik pelimpahan beban pada penyulang PLT ke penyulang FRD, dengan mempertimbangkan rugi daya pada jaringan. Setelah ditentukannya titik pelimpahan, penulis melakukan kajian terhadap perencanaan jaringan baru sebagai penghubung antar penyulang dan menghitung investasi biaya dari konstruksi jaringan tersebut. Adapun yang menjadi pokok bahasan dari penelitian ini adalah penentuan jaringan baru sebagai penghubung antar penyulang, penempatan tiang, pemilihan konduktor, dan pemilihan konstruksi yang sesuai dengan keputusan direksi PT. PLN (Persero) [5][6]. Kemudian akan dilakukan perhitungan investasi biaya konstruksi yang berpatokan pada Harga Satuan Standar (HSS) PT. PLN (Persero).

2. Metode

2.1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian kali ini dikerjakan dalam beberapa langkah. Adapun tahap-tahap yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi

2.2. Pengumpulan Data

Pada kondisi eksisting, penyulang PLT dan FRD menggunakan pola jaringan dengan tahanan rendah, atau tiga kawat fasa tanpa kawat netral [7]. Adapun karakteristik geografi daerah jaringan baru dapat dilihat pada Tabel 1 serta data pembebanan penyulang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1 Karakteristik Geografi Daerah Jaringan Baru

No	Jenis Survei	Hasil Survei
1	Letak titik perencanaan	Tiang PLT 231 pada penyulang PLT dengan <i>latitude</i> - 2.925361 dan <i>longitude</i> 104.777067 dihubungkan ke Tiang FRD155 pada penyulang FRD dengan <i>latitude</i> -2,926982 dan <i>longitude</i> 104,776312
2	Panjang jaringan perencanaan	0,198 Kilometer
3	Tipe tanah	Tanah keras, berpasir coarsif
4	Suhu Lokasi	Max 34,8 °C Min 27,6 °C

Tabel 2. Data Pembebanan Penyulang

No	Penyulang	Beban Puncak (Ampere)		Setting Relay
		Siang	Malam	
1	Platina	170	241	300
2	Ford	79	85	360

Tabel 3. Data Pembebanan Section Pelimpahan Penyulang Platina

No	Kode/ Nomor Trafo	Beban Trafo (kVA)
1	PB87 – PB1181	361,36
2	PB554 – PB1183	974,92
3	PB530 – PB402	1595,11
4	PB796 – PB840	353,99
5	PB841 – PB1060	56,00

3. Analisis dan Pembahasan

3.1. Analisis Perencanaan Jaringan Baru

3.1.1. Analisis Penentuan Rute Jaringan

Pada gambar 2 merupakan rute saluran penghubung antar feeder pada titik PLT 231 dan FRD 155 sepanjang 198,5 m, dan pada Table 4 merupakan karakteristik tiap tiang pada saluran baru.



Gambar 2. Rute Perencanaan Saluran Join Feeder

Tabel 4. Data Tiang Saluran Join Feeder

No	Tiang	Span Antar Tiang (m)	Jenis Tiang	Altitude (m)
1	FRD155	40	Tiang Ujung	12
2	T1	35	Tiang sudut 23°	12
3	T2	30	Tiang sudut 20°	10
4	T3	51,2	Tiang Tumpu	10
5	T4	50	Tiang Tumpu	10
6	PLT 231	32,3	Tiang Ujung	10

3.1.2. Pemilihan Ukuran Konduktor

A. Penentuan Penghantar Pada Jaringan Baru

Berdasarkan data pembebanan pada tabel 3, diketahui beban maksimum pada *feeder* yang dilimpahkan, yaitu dari tiang PLT 218 atau LBS KPL sampai ke ujung-ujung jaringan, dilakukan perhitungan terhadap arus maksimum serta KHA konduktor pada jaringan baru sebagai berikut [8].

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{LL}} = \frac{3341,4 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}}$$

$$I = 96,57 \text{ A}$$

$$KHA = I \times 125 \% = 125 \% \times 96,57 \text{ A} = 120,71 \text{ A}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan arus maksimum yang mengalir pada jaringan baru adalah 96,57 A. Sehingga didapatkan nilai KHA konduktor dengan faktor keamanan 125 % sebesar 120,71 A. Berdasarkan kondisi eksisting kedua jaringan, dan memperhatikan hasil perhitungan di atas serta berdasarkan spesifikasi penghantar pada SPLN 64:1995 [9], maka kawat penghantar jenis AAAC 150 mm² merupakan jenis kawat yang paling sesuai dengan karakteristik saluran join *feeder*. Adapun data pemilihan penghantar dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pemilihan Penghantar Pada Jaringan Baru

No	Nomor Rentang Tiang	Status Penghantar	Jenis Penghantar
1	FRD155 – T1	Baru	AAAC 150 mm ²
2	T1 - T2	Baru	AAAC 150 mm ²
3	T2 - T3	Baru	AAAC 150 mm ²
4	T3 – T4	Baru	AAAC 150 mm ²
5	T4 – PLT231	Baru	AAAC 150 mm ²

3.1.3. Impedansi Saluran

Berikut sampel perhitungan impedansi pada tiang FRD 155 – T1 sebagai berikut [10].

Diketahui: Panjang span = 35 m
 Impedansi AAAC 150 mm² = 0,2162 + j0,3305

Maka,

$$Z = (R + jX)l$$

$$= (0,2162 + j0,3305) 0,035 \text{ km}$$

$$= 0,014 \angle 56,809^\circ$$

Tabel 6 Impedansi Tiang Pada Saluran Baru

No	Nomor Rentang Tiang	Panjang Span (m)	Impedansi (Ω)
1	FRD155 – T1	35	0,007 + j0,013
2	T1 - T2	30	0,006 + j0,010
3	T2 - T3	51,2	0,011 + j0,017
4	T3 – T4	50	0,011 + j0,017
5	T4 – PLT231	32,3	0,007 + j0,011
Total			0,042 + j0,068

3.1.4. Penentuan Outline Tiang

A. Besar Andongan

1. Perhitungan Gaya Regang Penghantar

Berikut sampel perhitungan gaya regang pada tiang FRD155 – T1 sebagai berikut [11].

Diketahui: S = 35 m
 Massa AAAC 150 mm² = 0,406 kg/m
 Gaya gravitasi (g) = 9,8 m/s²

Maka,

$$T = m \times g \times s$$

$$= 0,406 \times 9,8 \times 35$$

$$= 139,25 \text{ daN}$$

Tabel 7. Gaya Regangan Penghantar Tiap Span pada Jaringan Baru

No	Nomor Rentang Tiang	Gaya Regangan (daN)
1	FRD155 – T1	139,25
2	T1 - T2	119,36
3	T2 - T3	203,71
4	T3 – T4	198,94
5	T4 – PLT231	128,52

2. Perhitungan Andongan Pada Tiang Yang Sama Tinggi

Dilakukan perhitungan nilai andongan tiap span dengan sampel perhitungan pada span antara tiang FRD155 – T1 dalam persamaan di bawah ini [11].

Diketahui: S = 35 m
 Berat AAAC 150 mm² = W = 0,406 kg/m
 Gaya regangan penghantar = T = 139,16 daN

Maka,

$$D = \frac{WS^2}{8T}$$

$$= \frac{0,406 \times 35^2}{8 \times 139,16}$$

$$= 0,44 \text{ m}$$

Tabel 8. Besar Andongan Pada Tiang Sama Tinggi

No	Nomor Rentang Tiang	Panjang Span (m)	Besar Andongan (m)
1	FRD155 – T1	35	0,446
2	T2 – T3	51,2	0,653
3	T3 – T4	50	0,638
4	T4 – PLT231	32,3	0,411

3. Perhitungan Andongan Pada Tiang dengan Tinggi yang Berbeda

Dapat dilihat pada tabel 4 bahwa perbedaan *altitude* hanya terdapat pada span antar tiang T1 – CRV139, maka berikut merupakan perhitungan andongan antar tiang T1 dan T2 [11].

Diketahui: S = 30 m
D = 0,382 m
Perbedaan tinggi tiang = H = 2 m

Maka,

$$\begin{aligned} Do &= D \times \left(1 - \frac{H}{4D}\right)^2 \\ &= 0,382 \times \left(1 - \frac{2}{4 \times 0,382}\right)^2 \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai andongan antara tiang T1 dan T2 adalah 0,036 m.

B. Panjang Penghantar Jaringan Baru

Adapun berikut perhitungan panjang penghantar dengan sampel span pada tiang FRD155 hingga T1 [5].

Diketahui : Panjang span = a = 35 m
Besarnya andongan = S = 0,446 m

Maka,

$$\begin{aligned} L &= a + \frac{8S^2}{3a} \\ &= 35 + \frac{8(0,446^2)}{3 \times 35} \\ &= 35,02 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama, maka dapat diketahui total panjang penghantar AAAC 150 mm² sebesar 198,57 m, sehingga panjang total pada jaringan tiga fasa adalah 595,71 m.

C. Penentuan Panjang Cross Arm

1. Menentukan Jarak Antar Penghantar

Berikut merupakan sampel perhitungan jarak antar penghantar antara tiang FRD155 hingga T1 [5].

Diketahui: Besarnya andongan = S = 0,446 m
Tegangan = V = 20 kV

Maka,

$$\begin{aligned} a &= 0,75 \times \sqrt{S} + \frac{V^2}{20000} \\ &= 0,75 \times \sqrt{0,446} + \frac{20^2}{20000} \\ &= 0,52 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 9. Jarak Antar Penghantar pada Saluran Baru

No	Nomor Rentang Tiang	Jarak Antar Penghantar (m)
1	FRD155 - T1	0,52
2	T1 - T2	0,16
3	T2 - T3	0,63
4	T3 - T4	0,62
5	T4 - PLT231	0,50

2. Menghitung Panjang Cross Arm

Berikut perhitungan panjang *cross arm* yang dibutuhkan dengan sampel perhitungan antara tiang FRD155 dan T1 sebagai berikut [5].

Diketahui : Jarak antar penghantar = a = 0,16 m

Maka,

$$\begin{aligned} L &= (2 \times a) + (2 \times 0,1 \text{ meter}) \\ &= 0,52 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 10. Panjang Cross Arm Tiap Tiang Pada Saluran Baru

No	Nomor Tiang	Panjang Cross Arm Minimal (m)	Cross Arm yang dipakai(m)
1	FRD 155	1,24	2
2	T1	1,24	2
3	T2	1,45	2
4	T3	1,45	1,5
5	T4	1,43	1,5
6	PLT231	1,2	2

D. Pemilihan Tiang

1. Kekuatan Mekanis pada Tiang Ujung

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui pada saluran join feeder tidak terdapat tiang ujung, melainkan menjadi tiang percabangan, yaitu pada tiang berada pada tiang FRD155 dan PLT231. Berdasarkan kondisi eksisting, kedua tiang tersebut terdiri atas tiang ganda jenis beton dengan tinggi 12 m.

2. Kekuatan Mekanis pada Tiang Tumpu

Penggunaan tiang tumpu terdapat pada tiang T3 dan T4. Berikut perhitungan kekuatan mekanis pada tiang tumpu sampel perhitungan pada tiang T3 [5].

Diketahui: Diameter AAAC 150 mm² = d = 0,0157 m

Fa = 40 daN/m²

l = jarak antar dua titik andongan = 50,6 m

Maka,

$$\begin{aligned} F &= Fa \times d \times l \\ &= 40 \times 0,0157 \times 50,6 \\ &= 31,7768 \text{ daN} \end{aligned}$$

Tabel 11. Gaya Mekanis Pada Tiang Tengah

No	Nomor Tiang	Gaya Mekanis Tiang (daN)
1	T3	31,78
2	T4	25,84

3. Kekuatan Mekanis pada Tiang Sudut

Dilakukan perhitungan kekuatan mekanis pada tiang sudut pada tiang baru, yaitu tiang T1 sebagai berikut [5].

Diketahui: Diameter AAAC 150 mm² = d = 0,0157 m

Sudut = α = 23°

Panjang span = 32,5 m

Kuat hembus angin = Fa = 40 daN/m²

T = Gaya regang

$$\begin{aligned}
 2T &= T \text{ dengan tiang sebelum} + T \text{ dengan tiang setelah} \\
 &= 139,258 + 119,364 \\
 &= 258,62 \text{ daN}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 F &= Fa \cdot d \cdot a \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + 2T \sin \frac{\alpha}{2} \\
 &= 40 \times 0,0157 \times 32,5 \times \cos 11,5^\circ + 258,62 \sin 11,5^\circ \\
 &= 71,56 \text{ daN}
 \end{aligned}$$

Tabel 12. Gaya Mekanis Pada Tiang Tengah

No	Nomor Tiang	Gaya Mekanis Tiang (daN)
1	T1	73,09
2	T2	81,21

4. Pemilihan Jenis Tiang

Berdasarkan standar PT. PLN (Persero), maka telah ditentukan pemilihan tiang pada konstruksi tiang baru, yaitu tiang T1, T2, T3, dan T4 adalah jenis tiang beton 12 M dengan kekuatan 350 daN [12].

E. Penentuan Konstruksi Tiang

1. Konstruksi Tiang T1 dan T2

Konstruksi pada tiang T1 dan T2 merupakan tiang dengan sudut saluran (15-30)°, sehingga konstruksi yang paling tepat adalah konstruksi jenis tiang sudut TM3.

2. Konstruksi Tiang T3

Telah diketahui sebelumnya bahwa tiang T3 memiliki sudut lintasan (0-15)° dengan penghantar jenis SUTM. Sehingga konstruksi yang paling tepat adalah konstruksi tiang TM1 2-1.

3. Konstruksi Tiang PLT231 dan FRD155

Merupakan tiang ujung pada saluran join feeder sekaligus titik sambung pada penyulang PLT. Sehingga tipe konstruksi yang paling tepat pada tiang PLT231 dan FRD155 adalah tipe tiang TM4X dengan tambahan 2 isolator.

4. Konstruksi Tiang T4

Telah diketahui sebelumnya bahwa tiang T4 memiliki sudut lintasan (0-15)° dengan penghantar jenis SUTM. Hanya saja, pada tiang T4 akan dilengkapi peralatan pemutus beban, yaitu load break switch (LBS) sehingga perlu menggunakan konstruksi tiang TM5.

Penambahan LBS ini agar dapat menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik jika terjadi gangguan atau terjadi pemeliharaan pada penyulang tersebut sehingga diharuskan melakukan manuver jaringan [13] atau sebagai pemutus beban jaringan tegangan menengah [14].

F. Penentuan Pondasi Tiang

Berdasarkan data kondisi tanah yang dapat dilihat pada tabel 1. Maka dapat disimpulkan berdasarkan jenis pondasi tiang yang dipakai oleh PT.PLN (Persero) seperti pada buku 5 PLN, jenis pondasi yang cocok untuk tiang T1 adalah pondasi tipe A.

G. Pemilihan Isolator

Berdasarkan analisis pemilihan konstruksi jaringan yang telah dilakukan. Maka telah didapatkan jenis isolator yang paling sesuai dengan konstruksi yang telah dipilih pada tabel 13 di bawah ini.

Tabel 13. Jenis-Jenis Konstruksi Tiang Pada Jaringan Baru

No	Nomor Tiang	Konstruksi Tiang	Jenis Isolator	Jumlah Isolator
1	FRD 155	Tiang Ujung	Suspension, Pin Post	6
2	T1	Tiang Sudut Kecil	Pin Post	6
3	T2	Tiang Sudut Kecil	Pin Post	6
4	T3	Tiang Tumpu	Pin Post	3
5	T4	Tiang Tarik	Suspension	3
6	PLT 231	Tiang Ujung	Suspension, Pin Post	3

H. Penentuan Pentanahan Jaringan

Diasumsikan pada saluran baru dilakukan pentanahan dengan dua elektroda yang ditanam sedalam $l = 1,5$ m serta jarak antar batang elektroda sebesar $S = 2$ m. Maka dari nilai tersebut diketahui bahwa $S > l$, sehingga dapat dihitung nilai tahanan pentanahan seperti berikut [15].

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } \quad \rho &= 60 \text{ Ohm.m} \\
 \text{Jari-jari elektroda} &= a = 0,79 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\rho}{4\pi l} \left[\ln \frac{4l}{a} - 1 \right] + \frac{\rho}{4\pi S} \left[1 - \frac{l^2}{3S^2} + \frac{2}{S} \cdot \frac{l^4}{S^4} \right] \\
 &= \frac{60}{4\pi \times 1,5} \left[\ln \frac{4 \times 1,5}{0,79} - 1 \right] + \frac{60}{4\pi \times 2} \left[1 - \frac{1,5^2}{3 \cdot 2^2} + \frac{2}{2} \cdot \frac{1,5^4}{2^4} \right] \\
 &= 5,96 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 5,96 Ohm. Sehingga dapat disimpulkan, penggunaan dua batang elektroda dengan diameter 1,58 cm, yang ditanam dengan kedalaman 1,5 m serta jarak antar batang 2 m, telah memenuhi standar milik PT. PLN (Persero), yaitu ≤ 10 Ohm.

Adapun pentanahan pada *lightning arrester*, diasumsikan menggunakan dua elektroda yang ditanam sedalam $l = 0,46$ m serta jarak antar batang elektroda $S = 2$ m. Maka diketahui bahwa $S > l$, sehingga dapat dihitung nilai tahanan pentanahan seperti berikut [15].

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } \quad \rho &= 60 \text{ Ohm.m} \\
 \text{Jari-jari elektroda} &= a = 0,79 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka,

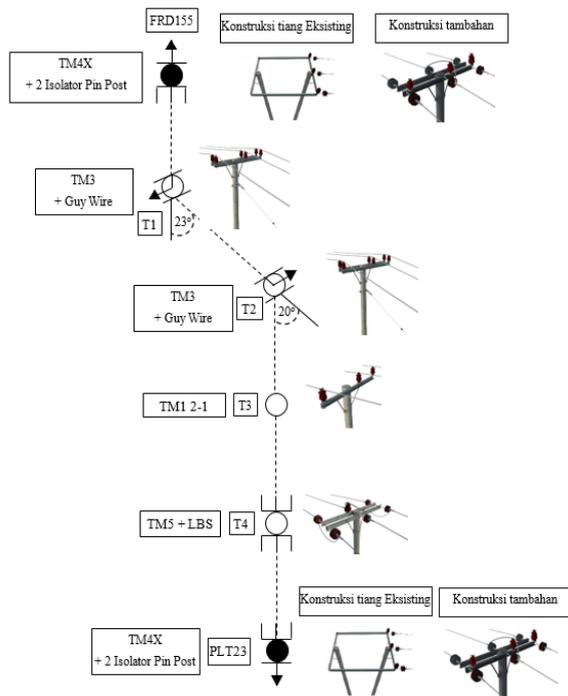
$$R = \frac{60}{4\pi \times 0,46} \left[\ln \frac{4 \times 1,5}{0,79} - 1 \right] + \frac{60}{4\pi \times 2} \left[1 - \frac{0,46^2}{3 \times 2^2} + \frac{2}{2} \cdot \frac{0,46^4}{2} \right]$$

$$= 0,749 \text{ Ohm}$$

Didapatkan nilai tahanan pentanahan sebesar 0,749 Ohm, hal tersebut telah memenuhi standar pentanahan pada *lightning arrester*, yaitu ≤ 1 Ohm. Sehingga dapat disimpulkan, penggunaan dua batang elektroda dengan diameter 1,58 cm, yang ditanam dengan kedalaman 0,46 m serta jarak antar batang 2 m, telah memenuhi standar milik PT. PLN (Persero).

I. Konstruksi Join Feeder

Setelah dilakukan analisa terhadap saluran join feeder, didapatkan konstruksi pada saluran join feeder yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Konstruksi Saluran Join Feeder

3.1.5. Analisis Rugi Daya

Berikut merupakan rugi daya total pada penyulang PLT dan FRD pada simulasi dengan *software* ETAP.

Tabel 14. Hasil Simulasi Aliran Daya Penyulang PLT Setelah Pelimpahan

Jenis Beban	MW	Mvar	MVA	% PF
Pembangkitan	4,041	2,794	4,913	82,25 Lagging
Total Beban	4,041	2,794	4,913	82,25 Lagging
Total Beban Trafo	3,925	2,433	4,618	85,00 Lagging
Rugi Daya	0,115	0,361	-	-

Tabel 15. Hasil Simulasi Aliran Daya Penyulang FRD Setelah Pelimpahan

Jenis Beban	MW	Mvar	MVA	% PF
Pembangkitan	5,617	3,896	6,836	82,16 Lagging
Total Beban	5,617	3,896	6,836	82,16 Lagging
Total Beban Trafo	5,415	3,356	6,370	85,00 Lagging
Rugi Daya	0,201	0,541	-	-

Berdasarkan tabel di atas daya tersebut dapat diketahui persentase rugi daya pada kedua penyulang dengan Persamaan berikut.

Persentase rugi daya pada Penyulang Platina:

$$\% \Delta P_{loss} = \frac{4.041 - 3.925}{4.041} \times 100\%$$

$$\% \Delta P_{loss} = 2,84 \%$$

Persentase rugi daya pada Penyulang Ford:

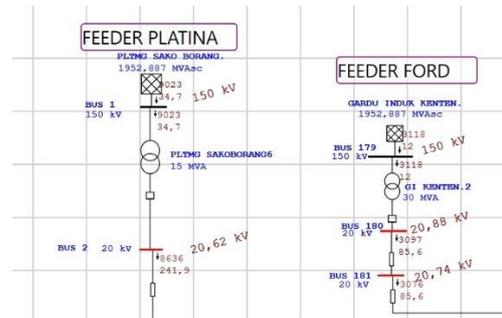
$$\% \Delta P_{loss} = \frac{5.617 - 5.415}{5.617} \times 100\%$$

$$\% \Delta P_{loss} = 3,57 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat dilihat rugi daya pada Penyulang Platina dan Penyulang Ford telah memenuhi target rugi daya PT. PLN UP3 Palembang dengan persentase rugi daya dibawah 5%.

3.1.6. Analisis Pembebanan

Setelah dilakukan pelimpahan, didapatkan pembebanan pada kedua penyulang, yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pembebanan Penyulang PLT dan FRD Setelah Pelimpahan

Berdasarkan jumlah arus yang mengalir pada Penyulang Ford dan Penyulang Platina setelah dilakukan pelimpahan. Persentase pembebanan kedua penyulang diketahui dengan menggunakan perhitungan Persamaan dibawah ini. Persentase Pembebanan Platina

$$= \frac{\text{Beban terukur}}{\text{Batas Maksimal Pembebanan}} \times 100\%$$

$$= \frac{131,7}{300} \times 100\%$$

$$= 43,9 \%$$

Persentase Pembebanan P. Ford

$$= \frac{187,7}{360} \times 100\%$$

$$= 51,9 \%$$

Persentase pembebanan Penyulang Platina turun dari 80,34 % menjadi 43,9% setelah dilakukan pelimpahan. Persentase pembebanan Penyulang Ford bertambah dari 23,7% menjadi 51,9%.

3.1.7. Analisis Jatuh Tegangan

Tabel 16. Nilai tegangan pada tiang *Dead End* penyulang Platina dan Ford setelah pelimpahan

No. Tiang	Penyulang	Tegangan (kV)	
		Sebelum Pelimpahan	Setelah Pelimpahan
PLT 189 L15 R2	Platina	19	20,21
PLT 193 L3 R6	Platina	18,98	20,21
PLT 198 L4	Platina	18,97	20,21
PLT 191 R37 R50	Platina	18,95	20,17
PLT 210 L13	Platina	18,92	20,2
PLT 236	Ford	18,9	19,6
PLT 218 R3 L8 L8	Ford	18,9	19,57
PLT 218 R45 L8	Ford	18,87	19,54

Pelimpahan sebagian beban menyebabkan perubahan pembangkit pada beberapa tiang. Tiang PLT 236, PLT 218 R3 L8 L8 dan PLT 218 R45 L8 yang sebelumnya disupply melalui PLTMG Sako Borang setelah dilakukan pelimpahan sebagian beban menjadi pasok oleh GI Kenten. Persentase tegangan jatuh dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

Persentase tegangan jatuh pada Penyulang Platina:

$$\% \Delta V P. Platina = \frac{V_s - V_p}{V_s} \times 100\%$$

$$\% \Delta V P. Platina = \frac{21,05 - 20,17}{20,17} \times 100\%$$

$$\% \Delta V P. Platina = 4,36 \%$$

Persentase tegangan jatuh pada Penyulang Ford :

$$\% \Delta V P. Ford = \frac{20,69 - 19,54}{19,54} \times 100\%$$

$$\% \Delta V P. Ford = 5,88 \%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, tegangan jatuh pada tiang dead end penyulang platina diperoleh persentase 4,36% dan pada Penyulang Ford 5,88%. Berdasarkan SPLN 72: 1987 tegangan jatuh yang diizinkan pada jaringan 20kV adalah 5% [4], maka pada tegangan kerja pada Penyulang Platina telah memenuhi standar yang berlaku, namun pada penyulang Ford masih melebihi standar sebesar 0,88 %.

3.2. Investasi Biaya Perencanaan

Biaya modal atau investasi yaitu biaya yang harus dikeluarkan dalam sebuah investasi. Biaya tersebut tidak dipengaruhi apakah usaha tersebut berjalan atau tidak [16].

3.2.1. Biaya Konstruksi

A. Biaya Pengadaan tiang

Tabel 17. Biaya Pengadaan Tiang

No	Nama Material	Jumlah	Total Harga (Rp)
1	Tiang Beton 12M-350 daN+E	4	25.972.000
2	Upah Pasang Tiang Beton 12M-350 daN+E	4	3.688.000
Total			29.660.000

B. Biaya Konstruksi Tiang

Tabel 18. Investasi Biaya Perencanaan Konstruksi Jaringan Baru

No	Konstruksi	Jumlah Harga/ Konstruksi (Rp)	Jumlah	Harga Total Konstruksi (Rp)
1	Tiang TM3	2.688.000	2	5.376.000
2	Tiang TM4X	2.107.500	2	4.215.000
3	Tiang TM1 2-1	1.394.500	1	1.394.500
4	Tiang TM5	4.251.500	1	4.251.500
5	LBS	94.325.000	1	94.325.000
Jumlah Total Biaya				109.570.570

C. Biaya Investasi Penghantar

Tabel 19 Investasi Biaya Penghantar Pada Jaringan Baru

No	Jenis Penghantar	Harga/ Meter (Rp)	Jumlah (meter)	Harga Total (Rp)
1	AAAC 150 mm ²	21.170	595,71	12.596.150
2	Biaya Pemasangan	6.521	198,5	1.291.158
Jumlah Total Biaya				13.887.308

D. Biaya Sertifikasi Laik Operasi (SLO)

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 7 Tahun 2017, sebelum dilakukan pengoperasian pada sistem tenaga listrik, setiap instalasi tenaga listrik wajib memiliki sertifikat laik operasi. Berdasarkan peraturan tersebut, didapatkan biaya SLO pada pembangunan join feeder penyulang PLT dan FRD adalah sebesar Rp 4.000.000,- berupa biaya sertifikasi pada SUTM kurang dari sama dengan 5 kms (kilo meter sirkit).

E. Biaya Pemasangan Aksesoris dan Lain-Lain

Pemasangan aksesoris tiang yang dimaksud adalah seperti penambahan *guy wire*, pentanahan bagian konduktif terbuka pada jaringan, pemasangan *lightning arrester* pada LBS, serta biaya pembersihan tanam tumpuh pada jarak aman saluran. Sehingga didapatkan biaya pemasangan aksesoris dan lain-lain sebesar, Rp. 9.216.964.-.

3.2.1. Total Investasi Perencanaan Jaringan Baru

Tabel 20. Total Investasi Biaya Perencanaan Jaringan Baru

No	Keterangan Biaya	Total Investasi Biaya (Rp)
1	Biaya Pengadaan Tiang	29.660.000
2	Investasi Biaya Perencanaan Konstruksi Jaringan Baru	109.562.000
3	Investasi Biaya Penghantar Jaringan Baru	13.887.308
4	Biaya Sertifikasi Laik Operasi	4.000.000
5	Biaya Pemasangan Aksesoris Tiang Dan Lain-Lain	9.216.946
	Total	166.326.272
	Jumlah Biaya Setelah Kena Pajak (PPN 10%)	16.632.672
	Pembulatan	182.959.000

Berdasarkan tabel 20 dapat dilihat total investasi biaya perencanaan jaringan baru sebelum dikenai PPN 10% adalah sebesar Rp 166.326.272,- dan total investasi biaya perencanaan jaringan baru setelah dikenai PPN sebesar 10% menjadi Rp 182.959.000,-.

4. Kesimpulan

Pembangunan join feeder dilakukan dengan penambahan jaringan baru berupa 4 tiang baru, dengan panjang jaringan total 198,5 m serta menggunakan kawat penghantar jenis AAAC 150 mm² dengan pola 3 fasa tanpa kawat tanah.

Setelah dilakukan analisis terhadap karakteristik jaringan pada saluran join feeder PLT dan FRD, maka didapatkan jenis konstruksi tiap tiang pada saluran penghubung diantaranya, pada tiang T1 dan T2 menggunakan konstruksi jenis TM3, pada tiang T3 menggunakan konstruksi TM1 2-1, pada tiang T4 menggunakan konstruksi TM5, serta pada tiang PLT231 dan FRD155 menggunakan konstruksi TM4X.

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai investasi biaya perencanaan pembangunan jaringan penghubung penyulang PLT dan FRD adalah sebesar Rp 182.959.000,-.

Referensi

- [1] Hajar, I., dan Muhammad Hasbi Pratama, "Analisis Nilai Saida Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya PT.PLN (Persero) Area Ciputat," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 1-93, 2018.
- [2] Mismail, Budiono, "Analisa Sistem Tenaga," Malang: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya, 1983.
- [3] Doni Ariandi Putra Hasugian, "Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Distribusi di PT.PLN(Persero) Kota Subulussalam," Aceh: Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, 2020.
- [4] SPLN 72, "Spesifikasi desain JTM dan JTR," Jakarta: PT. PLN (Persero), 1987.
- [5] Buku 1, "Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero), 2010.
- [6] Buku 5, "Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik," Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero), 2010.
- [7] Mismail, Budiono, "Dasar Teknik Elektro Sistem Tenaga Dan Telekomunikasi," Malang: UB Press, 2011.
- [8] Shaleh, Ridwan Ismail, "Perencanaan dan Perhitungan Biaya Konstruksi Jaringan Distribusi 20 kV Hasil Optimasi Pelimpahan Sebagian Beban Feeder KTN 11 ke KTN 14 PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Yogyakarta," *Transient*, vol. 9, no. 4, pp.1-31, 2020.
- [9] SPLN 64, "Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah," Jakarta: PT. PLN (Persero), 1995.
- [10] Gonen, Turan, "Modern Power System Analysis," Sacramento: CRC Press, 2013.
- [11] SPLN 121, "Konstruksi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV dan 150 kV dengan Tiang Beton/ Baja," Jakarta: PT. PLN (Persero), 1996.
- [12] SPLN 54, "Standar Tiang Baja," Jakarta: PT. PLN (Persero), 1983.
- [13] M. A. Apriyanto, "Perencanaan Pembangunan Jaringan Distribusi 20 kV Baru SGC10 Guna Mengurangi Beban dan Susut Daya pada SGH05 di PT.PLN (Persero) UP3 Magelang", Laporan Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2019.
- [14] Suswanto, Daman, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Padang: Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, 2009.
- [15] Hutauruk, T. S., "Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan," Jakarta: Erlangga, 1987.
- [16] P. Studi, K. Pertanian, F. Pertanian, and U. Hasanuddin, "ekonomi Teknik bahan ajar," 2011.