

## PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN BIAYA KONSTRUKSI JARINGAN DISTRIBUSI 20kV HASIL OPTIMASI PELIMPAHAN SEBAGIAN BEBAN FEEDER KTN 11 KE KTN 14 PT.PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA PELAYANAN PELANGGAN (UP3) YOGYAKARTA

Ridwan Ismail Shaleh<sup>\*)</sup>, Hermawan dan Nugroho Agus Darmanto

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: ridwanismailshhi@gmail.com

### Abstrak

Kebutuhan akan energi listrik di bidang bisnis, industri maupun rumah tangga menyebabkan kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data pengukuran beban pelanggan pada bulan Maret tahun 2018 di Gardu Induk Kentungan Yogyakarta mendekati overload sebesar 338 Ampere untuk feeder KTN 11. Dari permasalahan tersebut PT. PLN (Persero) UP3 Yogyakarta sebagai unit pelaksana pelayanan pelanggan yang bertugas mengatur seluruh distribusi energi listrik mengambil keputusan untuk melakukan pelimpahan beban feeder sebesar 46 A pada section antara U3-284/82 hingga U3-284/56, dengan cara membangun joint feeder antara feeder KTN 14 dengan feeder KTN 11. Titik pelimpahan beban pada tiang U3-284/76 pada tiang KTN 11 dan tiang U3-244/116 pada KTN 14, pertimbangan pemilihan didasarkan atas susut daya (losses) terkecil dengan menggunakan perangkat bantu ETAP 12.6. Oleh karena itu, pada Penelitian ini berisi perencanaan saluran udara jaringan distribusi 20 kV dengan berdasarkan Standart Perusahaan Listrik Negara (SPLN) dan perhitungan biaya konstruksi berdasarkan harga satuan PT.PLN (Persero) tahun 2018. Saluran joint feeder ini diharapkan dapat mengurangi beban pada feeder KTN 11, meningkatkan keandalan dan mengurangi rugi daya pada sistem pada feeder KTN 11 dan feeder KTN 14.

Kata Kunci: Joint Feeder, KTN 11, KTN 14, PT. PLN (Persero), ETAP 12.6, SPLN, Jaringan Distribusi 20 kV

### Abstract

*The demand for electrical energy in business, industry and households is increasing every year. Based on customer load measurement data in March 2018 at the Kentungan Yogyakarta substation approaching an overload of 338 Ampere for the KTN 11 feeder. From this problem, PT. PLN (Persero) UP3 Yogyakarta as a customer service implementation unit in charge of regulating the entire distribution of electrical energy took the decision to transfer the feeder load of 46 A in the section between U3-284 / 82 to U3-284 / 56, by building a joint feeder between the KTN 14 and KTN 11feeder. The load transfer points are on pole U3-284 / 76 on KTN 11 and pole U3-244 / 116 on KTN 14, the consideration for selection is based on the smallest losses using ETAP 12.6 software. Therefore, this final project contains a 20 kV distribution network air line plan based on the State Electricity Company (SPLN) Standard and the calculation of construction costs based on the unit price of PT PLN (Persero) in 2018. This joint feeder channel is expected to reduce the burden on feeder KTN 11, improve reliability and reduce power losses in the system on the KTN 11 feeder and KTN 14 feeder.*

Keywords: Joint Feeder, KTN 11, KTN 14, PT. PLN (Persero), ETAP 12.6, SPLN, Distribution Network 20 kV

### 1. Pendahuluan

PT. PLN (Persero) UP3 Yogyakarta merupakan Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan yang bertugas mengatur seluruh distribusi energi listrik di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. PT.PLN (Persero) melakukan penjaminan kualitas penyaluran energi listrik diantaranya dengan cara manuver jaringan sebagai upaya melimpahkan beban dari suatu penyulang ke penyulang lain maupun mengurangi daerah padam akibat gangguan, agar pelanggan tidak mengalami pemadaman [1]

Berdasarkan data pengukuran beban pada bulan Maret tahun 2018 di Gardu Induk Kentungan mendekati *overload* sebesar 338 Ampere untuk *feeder* KTN 11. Sehingga PT. PLN (Persero) UP3 Yogyakarta berencana untuk melakukan pelimpahan beban *feeder* sebesar 46 A pada *section* tersebut, dengan cara membangun *joint feeder* antara *feeder* KTN 14 dengan *feeder* KTN 11 [2]. Dengan berdasarkan perencanaan tersebut telah ditentukan titik pelimpahan beban pada tiang U3-284/76 pada tiang KTN 14 dan tiang U3-244/116 pada KTN 11, pertimbangan pemilihan didasarkan atas optimasi penentuan titik

pelimpahan beban untuk meminimalkan susut daya (*losses*) terkecil [3].

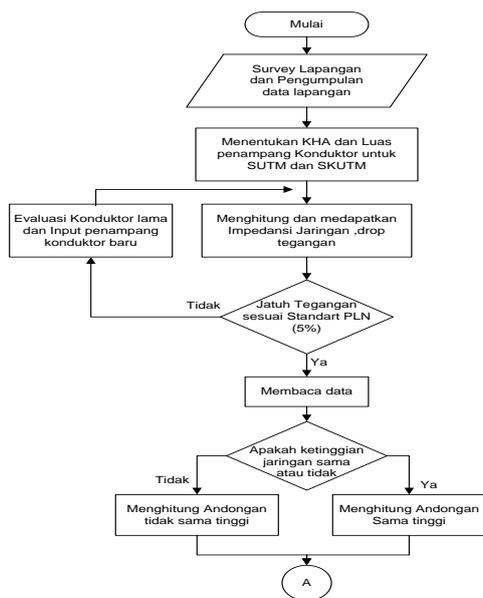
Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis merancang sebuah analisis perencanaan jaringan dan investasi biaya peralatan pada pembangunan jaringan distribusi 20 kV baru untuk *joint feeder* [4]. Penelitian ini berfokus pada penentuan jalur, penempatan tiang serta penggunaan hasil teori perhitungan dalam pemilihan pemilihan konduktor, perhitungan impedansi saluran, andongan, jumlah panjang kabel, pondasi tiang, ,pentanahan ,isolator, dan pemilihan cross arm dengan berdasar SPLN dan PUIL 2000. Setelah mengetahui peralatan yang sesuai standart maka selanjutnya membahas investasi biaya konstruksi yang digunakan dengan berdasar harga satuan PT.PLN(Persero) tahun 2018 [5].

Perencanaan jaringan baru dalam pembangunan *joint feeder* ini didasarkan pada pertimbangan dari data geografis langsung lapangan, data foto google maps, pembebanan lapangan, serta single line diagram dan bantuan perancangan menggunakan software ETAP 12.6.0, untuk mensimulasikan aliran daya. Serta menggunakan software Microsoft Excel dalam menentukan perhitungan investasi biaya jaringan baru yang dibuat.

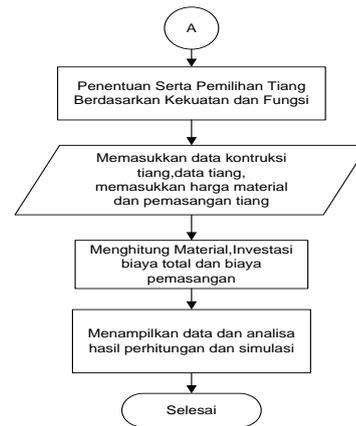
## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Langkah Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. a Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. b Diagram Alir Penelitian

### 2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini meliputi kondisi geografis, *single line diagram* kondisi eksisting, data Gardu Induk Kentungan Yogyakarta, serta pengumpulan data beban maksimal limpahan, dan titik pelimpahan beban yang digunakan untuk merancang jalur distribusi 20 kV baru untuk join antar *feeder*.

Tabel 1. Data Hasil Survei Lapangan

No	Jenis Survey	Hasil Survey
1	Letak titik perencanaan	Tiang U3-244/116 pada saluran KTN 14 dengan <i>latitude</i> -7.763662 dan <i>longitude</i> 110.45158 pada jalan sambiroto, kel purwomartani, kec kalasan dihungkan ke tiang U3-284/76 pada saluran KTN 11 dengan <i>latitude</i> -7.73567 dan <i>longitude</i> 110.46107 Salakan, Selomartani
2	Panjang jaringan	1,10 Kilometer
2	Tipe tanah	Tanah keras, berpasir coarsif , tanah liat keras
3	Suhu Lokasi	Max 34,8 °C Min 23,4 °C

Tabel 2. Data Beban Maksimal Trafo

Feeder	Nomor Tiang		Jumlah Total Daya (KVA)
	Tiang Awal	Tiang Akhir	
KTN 11	U3-284/82	U3-284/56	1735
GJN 19	U3-284/56	U3-284/2	3525

## 3. Analisa dan Pembahasan

### 3.1. Peta Rute Jaringan Join Feeder

Berdasarkan keadaan geografis untuk membuat saluran distribusi antara tiang U3-244/116 dengan tiang U3-284/76 maka dibuat pemetaan letak tiang dengan jumlah tiang sebanyak 23 dapat dilihat pada gambar 2 dengan rincian pertiang pada dapat dilihat Tabel 3.



Gambar 2. Pemetaan Letak dan Jarak Antar Tiang Jaringan Baru

Dengan hasil 23 buah tiang dengan rincian kerja tiang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Tiang Jaringan Baru

No.	Tiang	Span Antar Tiang (m)	Jenis Tiang	Beda Ketinggian (m)
1	T1	35	Tiang sudut 10°	-
2	T2	45	Tiang sudut 30°	-
3	T3	37	Tiang sudut 60°	-
4	T4	50	Tiang Tumpu	-
5	T5	50	Tiang Tumpu	-
6	T6	50	Tiang Tumpu	-
7	T7	50	Tiang Tumpu	-
8	T8	50	Tiang Tumpu	-
9	T9	52	Tiang Tumpu	-
10	T10	50	Tiang Tumpu	-
11	T11	50	Tiang sudut 5°	-
12	T12	50	Tiang sudut 10°	-
13	T13	40	Tiang Regang	-
14	T14	47	Tiang sudut 20°	3,8
15	T15	42	Tiang Tumpu	2,2
16	T16	42	Tiang Sudut 50°	-
17	T17	45	Tiang Tumpu	-
18	T18	40	Tiang Tumpu	-
19	T19	45	Tiang Tumpu	4,94
20	T20	50	Tiang Tumpu	3,09
21	T21	50	Tiang Tumpu	1,12
22	T22	55	Tiang sudut 10°	-
23	T23	55	Tiang Percabangan (90°)	-

### 3.2. Perancangan Jaringan Baru

#### 3.2.1. Pemilihan Ukuran Konduktor

##### 1. Menentukan Ukuran Kabel Fasa

Dengan berdasarkan pembebanan penuh pada section yang dilimpahkan sebesar 5.260 kVA, maka besarnya arus yang melalui jaringan adalah :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{LL}} = \frac{5.260 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ KV}} = 151,843 \text{ A} \quad (1)$$

Maka dapat didapatkan kuat hantar arus sebagai berikut:

$$KHA = 125\% \times I = 125\% \times 151,834 = 189,804 \text{ Ampere} \quad (2)$$

Dengan pertimbangan penambahan kebutuhan beban listrik pada 5-10 tahun kedepan, dengan mengetahui bahwa perencanaan jaringan merupakan saluran utama dan berdasarkan arus yang mengalir maka dipilihlah kawat SUTM dengan luas penampang 150 mm<sup>2</sup> dan kabel SKUTM yaitu NFAAXSEY-T 3x240 mm<sup>2</sup>[5]. Dengan pemakain kabel SKUTM hanya terletak pada tiang T14 hingga tiang T21[6].

#### 2. Menentukan Ukuran Kabel Netral

Untuk menentukan luas penghantar pada kabel netral, PUIL 2000 menjelaskan bahwa luas dimensi penghantar dari kabel netral tidak boleh lebih kecil 33,3% dari KHA penghantar [7]. Sehingga didapatkan perhitungan sebesar 49.95 maka dengan hasil tersebut dipilihlah kawat netral AAAC dengan luas penampang 50 mm<sup>2</sup>.

#### 3.2.2. Impedansi Jaringan

Dengan mengambil sampel tiang U3-244/109 ke T1 pada peta rute jaringan baru join feeder dengan panjang saluran 0.035 km dan impedansi kabel AAAC (0.2162+ j 0.3305)[8] , maka dapat dihitung besarnya nilai impedansi yaitu :

$$\begin{aligned} Z &= (R + jX) I \\ &= (0.2162 + 0.3305j) 0.035 \text{ Km} \\ &= 0.0138 \angle 56.808^\circ \\ &= 0.007567 + j0.011053 \Omega \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan impedansi saluran tiap titik yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Impedansi Jaringan Baru 20 kV

Titik Saluran	Span Antar Tiang (m)	Impedansi Saluran ( $\Omega/\text{km}$ )
U3-244/116 - T1	35	0.00756 + j0.0115
T1-T2	45	0.00972 + j0.0148
T2-T3	37	0.00799 + j0.0120
T3-T4	50	0.0108 + j0.01650
T4-T5	50	0.0108 + j0.0165
T5-T6	50	0.0108 + j0.0165
T6-T7	50	0.0108 + j0.0165
T7-T8	50	0.0108 + j0.0165
T8-T9	52	0.0112 + j0.0170
T9-T10	50	0.0108 + j0.0165
T10-T11	50	0.0108 + j0.0165
T11-T12	50	0.0108 + j0.0165
T12-T13	47	0.0101+j0.0155
T13-T14	40	0.0050 + j0.0040
T14-T15	42	0.0052+ j0.0042
T15-T16	42	0.0052+ j0.0042
T16-T17	45	0.0056+ j0.0045
T17-T18	40	0.0050 + j0.0040
T18-T19	45	0.0050+ j0.00456
T19-T20	50	0.0062+ j0.00507
T20-T21	50	0.0062+ j0.00507
T21-T22	55	0.0118 + j0.01817
T22-T23	55	0.0118 + j0.01817

### 3.2.3. Perhitungan Jatuh Tegangan

Berdasarkan Tabel 4. diperoleh total impedansi jaringan  $0.201199 + j 0.27547$ , dengan arus 46 A, maka besarnya drop voltage jaringan yaitu :

$$\begin{aligned} \Delta V &= \sqrt{3} (IR \cos \theta + IX \sin \theta) \\ &= \sqrt{3} (0,201199 \times 46 \cos 0,85 \\ &\quad + 0.27547 \times 46 \times \sin 0,52) \\ &= 16.2278 \text{ Volt} \end{aligned} \quad (4)$$

Maka besarnya persentase drop voltage yaitu :

$$\% = \frac{16,227}{20000 \text{ Volt}} \times 100\% = 0,081139 \% \quad (5)$$

### 3.2.4. Penentuan Outline Tower

#### A. Perhitungan Andongan

Andongan dibedakan menjadi dua yaitu [9]:

##### 1. Andongan tiang sama tinggi

Dengan mengambil sampel jarak span T2-T3 sebesar 45 m maka dapat dicari besarnya andongan. Sebelum mencari besarnya andongan, maka perlu diketahui besarnya gaya regang kabel (T) untuk tiang T6-T7 yaitu

$$\begin{aligned} T &= 0,406 \times 9,8 \times S \\ &= 0,406 \times 9,8 \times 45 \\ &= 179,046 \text{ daN} \end{aligned} \quad (6)$$

Dengan didapkannya nilai regangan kabel, maka didapatkan besarnya andongan pada tiang T2-T3 yaitu:

$$\begin{aligned} D &= \frac{WS^2}{8T} \\ &= \frac{0,406 \text{ kg/m} \times 45^2}{8 \times 179,046 \text{ daN}} \\ &= 0,5855 \text{ m} \end{aligned} \quad (7)$$

Untuk Penggunaan kabel SKUTM berat kabel menggunakan berat 6 kg/m. Dengan menggunakan cara yang sama dan ditambah 2% toleransi mekanis maka didapatkan nilai andongan untuk tinggi tiang sama yang dapat dilihat pada tabel 5 [3].

Tabel 5. Andongan tiang sama tinggi

Titik Saluran	Span Antar Tiang (m)	Gaya Regangan	Andongan (m)
U3-244/116 - T1	35	139.258	0.4554
T1-T2	45	179.046	0.5855
T2-T3	37	147.2156	0.4814
T3-T4	50	198.94	0.6505
T4-T5	50	198.94	0.6505
T5-T6	50	198.94	0.6505
T6-T7	50	198.94	0.6505
T7-T8	50	198.94	0.6505
T8-T9	52	206.897	0.6765
T9-T10	50	198.94	0.6505
T10-T11	50	198.94	0.6505
T11-T12	50	198.94	0.6505
T12-T13	47	187.0036	0.6115
T16-T17	50	2940	0.6505
T17-T18	50	2940	0.6505
T18-T19	40	2352	0.5204
T19-T20	40	2352	0.5204
T22-T23	55	218.834	0.7156

##### 2. Andongan Tinggi Tiang Berbeda

Dengan mengambil sampel tiang T13-T14 dapat dihitung besarnya andongan miring pada tiang tersebut. Sebelum menghitung andongan miring diperlukan besarnya andongan titik penunjang pada tiang T13-T14. Besarnya andongan titik penunjang tiang T13-T14 yaitu:

$$\begin{aligned} D &= \frac{WS^2}{8T} \\ &= \frac{6 \text{ kg/m} \times 40^2}{8 \times 139,258 \text{ daN}} \\ &= 0,5204 \text{ m} \end{aligned} \quad (8)$$

Maka besarnya andongan miring tiang T6-T7 yaitu :

$$\begin{aligned} D_0 &= 0,5204 \left(1 - \frac{1,6}{4 \times 0,5204}\right)^2 \\ &= 03297 \text{ m} \end{aligned} \quad (9)$$

Dengan cara yang sama maka didapatkan andongan untuk tinggi tiang berbeda yaitu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Andongan Tiang Sama Tinggi

Titik Saluran	Span Antar Tiang (m)	Andongan D(m)	Beda Tinggi(m)	Andongan (D0)
T13-T14	40	0.5204	3,8	0.3297
T14-T15	42	0.5464	2,2	0.3147
T15-T16	42	0.5464	4,94	0.0626
T19-T20	50	0.6505	3,09	0.1674
T20-T21	50	0.6505	1.12	0.4621

B. Panjang Penghantar Total

Dengan mengambil sampel tiang U3-244/116-T1 dapat dihitung besarnya panjang total konduktor berdasarkan andongan yang ada. Besarnya kabel penghantar total dapat dicari sebagai berikut.

$$L = a + \frac{8s^2}{3a} \tag{10}$$

$$L = 35 + \frac{8x(0,4554)^2}{3x35}$$

$$L = 35,015 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama berdasarkan andongan pada Tabel 5 dan Tabel 6 maka dapat diketahui total pemakaian AAAC 150 mm<sup>2</sup> sepanjang 726,328 meter, dan pada SKUTM menggunakan kabel NFAAXSEY 3x240 mm<sup>2</sup> menggunakan kabel sepanjang 314.0954 meter.

C. Jarak Bebas

Jarak bebas untuk jaringan distribusi baru join antar feeder saluran 20 kVn harus sesuai dengan standart SPLN yang sesuai dengan kriteria design distribusi.

3.2.5. Penentuan Cross Arm

Tabel 7. Panjang Cross Arm Pada Tiap Tiang

Nomer Tiang	Jarak Antar Kawat (m)	Panjang Cross Arm Minimal(m)	Perencanaan Cross Arm
T1	0.526	1.252	1.5
T2	0.594	1.388	2
T3	0.54	1.281	2
T4	0.625	1.45	1.5
T5	0.625	1.45	1.5
T6	0.625	1.45	1.5
T7	0.625	1.45	1.5
T8	0.625	1.45	1.5
T9	0.637	1.474	1.5
T10	0.625	1.45	1.5
T11	0.625	1.45	1.5
T12	0.625	1.45	1.5
T13	0.606	1.413	2
T14	SKUTM	SKUTM	2
T15	SKUTM	SKUTM	-
T16	SKUTM	SKUTM	-
T17	SKUTM	SKUTM	-
T18	SKUTM	SKUTM	-
T19	SKUTM	SKUTM	-
T20	SKUTM	SKUTM	-
T21	SKUTM	SKUTM	2
T22	0.654	1.509	1.5
T23	0.654	1.509	3.2 dan 2

Dengan mengambil sampel pada tiang T1 untuk pemilihan panjang cross arm. sebelumnya harus mencari jarak antar kawat dengan jarak antar kawat antara titik U3-244/116 hingga T1 sebagai berikut.

$$\text{Jarak antar kawat} = 0,75 \times \sqrt{S} + \frac{v^2}{20000} \tag{11}$$

$$\text{Jarak antar kawat} = 0,75 \times \sqrt{0,4554} + \frac{20^2}{20000}$$

$$\text{Jarak antar kawat} = 0,526 \text{ m}$$

Dengan didapkannya nilai jarak antar kawat, maka didapatkan besarnya cross arm pada tiang T1 yaitu:

$$L = (2xa) + (2x 0,1 \text{ meter}) \tag{12}$$

$$L = 2 \times 0,521 + 2 \times 0,1$$

$$L = 1,242 \text{ m}$$

Dengan cara yang sama maka didapat panjang cross arm untuk setiap tiang dengan pemilihan cross arm menggunakan bahan besi dengan profil UNP galvanis [10].

3.2.6. Penentuan Kekuatan Tiang

Kekuatan tiang dibedakan mendjadi tiang awal, tiang tengah dan tiang sudut [2]. Dari perencanaan yang dilakukan maka dapat dapat dilakukan perencanaan kekuatan tiang sebagai berikut.

A. Tiang Awal

Pada saluran tidak merupakan tiang awal/akhir karena merupakan tiang percabangan.

B. Tiang Tengah

Dengan mengambil sampel tiang T4 dengan span antara 2 titik andongan( T3-T4-T5) sepanjang 50 m maka besarnya gaya terima tiang yaitu:

$$F = Fa \times D \times a \tag{13}$$

$$= 40 \text{ daN/m}^2 \times 0,01575 \text{ m} \times 50 \text{ m}$$

$$= 31.5 \text{ daN}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan gaya terima pada tiap tiang tengah dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Gaya Terima Tiang Tengah

Tiang	Span Antar Tiang (m)	Diameter Konduktor(m)	Gaya Terima Tiang (daN)
T4	50	0.01575	31.5
T5	50	0.01575	31.5
T6	50	0.01575	31.5
T7	50	0.01575	31.5
T8	50	0.01575	31.5
T9	52	0.01575	32.76
T10	50	0.01575	31.5
T13	40	0.01575	25.2
T15	42	0.083	139.44
T17	45	0.083	149.4
T18	40	0.083	132.8
T19	45	0.083	149.4
T20	50	0.083	166
T21	50	0.083	166

C. Tiang Sudut

Dengan mengambil sampel tiang T1 yang memiliki sudut belokan 10° span 35 m maka dapat dicari besarnya gaya terima tiang sudut T1 yaitu :

$$F = Fa \times d \times a \times \text{Cos} \frac{\alpha}{2} + 2 F_H \tag{14}$$

$$= 40 \times 0,0201 \times 46 \times \text{Cos} 3^\circ + 404,81$$

$$= 441,7 \text{ daN}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan gaya terima pada tiap tiang sudut yaitu :

Tabel 9. Gaya Terima Tiang Sudut

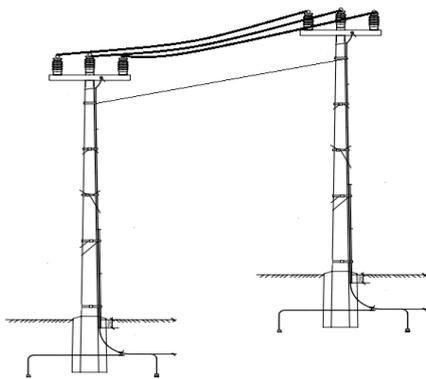
Tiang	Span Antar Tiang (m)	Sudut Lintasan	2T (daN)	Gaya terima tiang (daN)
T1	35	10°	318.304	29.938
T2	45	30°	326.262	87.181
T3	37	70°	346.156	200.456
T11	50	5°	397.880	48.825
T12	50	10°	358.092	62.589
T14	47	20°	5233.200	1062.405
T16	42	50°	5115.600	1458.703
T22	55	10°	437.668	72.663
T23	55	(90°)	218.834	179.240

D. Penggunaan Hasil Perhitungan Dalam Konsep Perencanaan

Dari hasil perhitungan maka dipilihlah kekuatan tiang yang sesuai berdasarkan buku 1 PT.PLN (Persero) mengenai kriteria disain enjinerig konstruksi jaringan distribusi pada Tabel 2.5. maka digunakan pemilihan beban kerja 350 daN dengan panjang tiang 12 meter dan berdasarkan SPLN 93:1991 menggunakan tiang beton pratekan[5].

3.2.7. Pemilihan Konfigurasi Jaringan

Berdasarkan konfigurasi yang dipakai pada feeder KTN 11 dan KTN 14 menggunakan konfigurasi sistem radial dengan pola sistem distribusi di daerah Jawa Tengah dan Yogyakarta menggunakan konfigurasi saluran 4 kawat dengan dengan ciri-ciri pemakaian penghantar netral yang dibumikan pada tiap-tiap tiang. Dengan konfigurasi dapat dilihat pada gambar 3[9].



Gambar 3. Konfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Jawa Tengah dan DIY

3.2.8. Penentuan Konstruksi Dan Pondasi Tiang

Dengan berdasarkan data tiang perencanaan yang merupakan dasar untuk pemilihan konstruksi yang sesuai dengan standart PLN, Berikut mengacu pemilihan konstruksi SUTM dan SKUTM dengan pemilihan konstruksi dapat ditunjukkan sebagai berikut [11].

Tabel 10. a Pemilihan Konstruksi Tiang

No.	Tiang	Jenis Tiang	Konstruksi Tiang
1	T1	Tiang sudut 10°	CC1-A
2	T2	Tiang sudut 30°	CC2-A
3	T3	Tiang sudut 70°	CC8
4	T4	Tiang Tumpu	CC1-A
5	T5	Tiang Tumpu	CC1-A
6	T6	Tiang Tumpu	CC1-A
7	T7	Tiang Tumpu	CC1-A
8	T8	Tiang Tumpu	CC1-A
9	T9	Tiang Tumpu	CC1-A
10	T10	Tiang Tumpu	CC1-A

Tabel 10. b Pemilihan Konstruksi Tiang

No.	Tiang	Jenis Tiang	Konstruksi Tiang
11	T11	Tiang sudut 5°	CC1-A
12	T12	Tiang sudut 10°	CC1-A
13	T13	Tiang Regang	CC8
14	T14	SUTM-SKUTM	DB08
15	T15	Tiang Tumpu	DB01
16	T16	Tiang Sudut 50°	DB09
17	T17	Tiang Tumpu	DB01
18	T18	Tiang Tumpu	DB01
19	T19	Tiang Tumpu	DB09
20	T20	Tiang Tumpu	DB01
21	T21	SUTM-SKUTM	DB08
22	T22	Tiang sudut 10°	CC1-A
23	T23	Tiang Percabangan (90°)	CC7 dan CC1-A

Dengan data hasil survei lapangan pada Tabel 1 didapat tanah pada perencanaan jaringan 1 memiliki keadaan tanah yang keras, berpasir coarsif dan memiliki tanah liat keras. Maka dari data tersebut bisa dipilihlah pondasi tiang mengenai klasifikasi tanah untuk pondasi dipilihlah tiang tipe A dengan panjang tiang yang ditanam sepanjang 1/6 dari panjang tiang [12].

3.2.9. Pentanahan Tiang

Dengan memperhatikan jenis tanah pada jaringan baru maka teknik pemasangan elektrodanya ditanam secara vertical dan tegak lurus kedalam tanah (pentanahan Rod)[13]. Dengan penggunaan 2 elektroda dengan susunan peletakakan yaitu elektroda ditanam 3 meter dari tanah dan jarak antar elektroda 2 meter sehingga didapatkan tahanan pembumian dengan syarat pembumian langsung ketanah dibawah 10 Ω sebagai berikut [14].

$$R_{d2} = \frac{100}{4\pi3} \left( Ln \frac{4x3}{0.7945} + Ln \frac{4x3}{2} - 2 + \frac{2}{2x3} - \frac{2^2}{16x3^2} + \frac{2^4}{512x3^4} \right)$$

$$R_{d2} = 7,468 \Omega \tag{14}$$

3.2.10. Penentuan Isolator

Setelah mengetahui hasil analisis pemilihan konstruksi pada tabel 10, maka otomatis juga mengetahui isolator yang digunakan berdasarkan konstruksi yang dipilih. Dari data tersebut dapat ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 11. Pemilihan Isolator

No.	Tiang	Konstruksi Tiang	Jenis Isolator	Banyaknya
1	T1	CC1-A	Tipe Post	3
2	T2	CC2-A	Tipe Post	6
3	T3	CC8	Suspension, Tipe Post	9
4	T4	CC1-A	Tipe Post	3
5	T5	CC1-A	Tipe Post	3
6	T6	CC1-A	Tipe Post	3
7	T7	CC1-A	Tipe Post	3
8	T8	CC1-A	Tipe Post	3
9	T9	CC1-A	Tipe Post	3
10	T10	CC1-A	Tipe Post	3
11	T11	CC1-A	Tipe Post	3
12	T12	CC1-A	Tipe Post	9
13	T13	CC8	Suspension, Tipe Post	9
14	T14	DB08	Suspension	3
15	T15	DB01	SKUTM	-
16	T16	DB09	SKUTM	-
17	T17	DB01	SKUTM	-
18	T18	DB01	SKUTM	-
19	T19	DB09	SKUTM	-
20	T20	DB01	SKUTM	-
21	T21	DB08	Suspension	3
22	T22	CC1-A	Tipe Post	3
23	T23	CC7 dan CC1-A	Suspension, Tipe Post	7

### 3.3. Perancangan Investasi Biaya

Setelah melakukan perancangan jaringan baru dari perhitungan yang didapat selanjutnya yaitu mengubah konstruksi yang didapat kedalam investasi biaya perencanaan dengan berdasarkan Harga Satuan Standart(HSS) tahun 2018 PT.PLN (Persero) distribusi Jawa Tengah dan D.I.Y [15].

#### 3.3.1. Investasi Biaya Perencanaan Jaringan

Hasil investasi perencanaan jaringan baru ini dibedakan menurut investasi tiang, investasi konstruksi pertiang dan investasi konduktor yang digunakan dengan berdasarkan konstruksi pada tabel 10, Ditambah dengan penambahan konstruksi LBS, ABSW, *Disconnecting Switch*, dan penunjang selain dengan investasi perencanaan dapat dilihat tabel dibawah ini.

Tabel 12. Biaya Investasi Tiang

No.	Nama Material	Harga Satuan/ Konstruksi (Rp)	Jumlah Konstruksi	Harga Total Konstruksi (Rp)
1	Tiang Beton 12M 350 daN+E	6.125.000	23	140.875.000
2	Upah Pasang Tiang Beton 12M-350 daN+E	870.000	23	20.010.000
3	Jumlah Total Biaya			160.885.000

Tabel 13. Biaya Perencanaan Investasi Konstruksi Perencanaan Saluran Baru

No	Konstruksi	Jumlah Harga/ Konstruksi (Rp)	Jumlah Dibutuhkan	Harga Total Konstruksi (Rp)
1	Tiang CC7	2.700.700	1	2.700.700
2	Tiang CC1-A	1.427.020	12	17.124.240
3	Tiang CC2-A	2.920.660	1	2.920.660
4	Tiang CC8	5.298.840	3	15.896.520
5	Tiang DB01	294.932	4	1.179.728
6	Tiang DB08	11.608.347	2	23.216.694
7	Tiang DB09	6.566.046	2	13.132.092
8	LBS	99.359.952	1	99.359.952
9	ABSW	26.979.352	1	26.979.352
10	Disconnecting Switch (DS)	12.102.800	1	12.102.800
Jumlah Total Biaya				214.315.903

Tabel 14. Biaya Investasi Konduktor

No	Material	Harga / Meter (Rp)	Jumlah/ Meter	Total Biaya (Rp)
1	AAAC 150 mm <sup>2</sup>	19.972	2178.983	43.518.648,48
2	MVTIC 3 x 240 + N 95 mm <sup>2</sup>	324.521	314.094	101.930.099
3	AAAC 50 mm <sup>2</sup>	10.611	1.08	9.720.000
4	Biaya pemasangan dan lain-lain			11.845.905
Total Biaya				167.000.252

#### 3.2.2. Total Investasi Biaya

Tabel 15. Biaya Total Perencanaan

No.	Keterangan Biaya	Total Investasi Biaya
1	Jumlah Sebelum Kena Pajak	568.596.582
2	Jumlah Pajak MDU-Hardware-Jasa (PPN 10 %)	56.859.658,23
3	Jumlah Biaya Setelah Kena Pajak	652.456.241

Dari Tabel 15 dapat dilihat bahwa jumlah biaya investasi yang dikeluarkan dalam merencanakan join *feeder* saluran ini dengan panjang jaringan 1.08 km dengan investasi sebelum kena pajak PPN 10% adalah sebesar Rp568.596.582, Setelah dikenakan pajak biaya total perencanaan menjadi sebesar Rp 652.456.241

## 4. Kesimpulan

Dengan memperhatikan arus yang mengalir sebesar 151,834 A dan fungsi saluran sebagai saluran utama maka dipilihlah konduktor SUTM dengan AAAC luas penampang sebesar 150 mm<sup>2</sup> dan untuk SKUTM menggunakan kabel NFAAXSEY-T dengan luas penampang 240 mm<sup>2</sup>. Didapatkan jatuh tegangan pada saluran baru dengan perhitungan manual didapatkan hasil 16.2278 Volt dengan jatuh tegangan pada ETAP 12.6.0 sebesar , Hal ini menunjukkan bahwa drop voltage pada jaringan jaringan baru sudah memenuhi standar PLN yaitu masih dibawah 5%. Perencanaan tiang yang dipakai pada jaringan baru distribusi 20 kV ini yaitu tiang beton dengan

panjang 12 meter dengan kekuatan tiang 350 daN dengan pondasi penanaman tiang sepanjang 2 meter dengan tinggi 10 meter. Dengan jumlah penambahan tiang jaringan baru yang di rancang berjumlah 23 tiang dengan kekuatan tiang 350 daN, untuk tiang T14,T16,T21 menggunakan penambahan *guy wire*. Didapatkan perencanaan jaringan distribusi 20 kV untuk joint antar feeder KTN 11 dan KTN 14 didapatkan investasi biaya totalnya sebesar Rp652.456.241.

## Referensi

- [1] Suhadi, SMK Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta, Indonesia: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan,2008, hal 4-27.
- [2] Buku 1 : Kriteria Disain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik No. 475.K/DIR/2010. Jakarta. PT. PLN (Persero).
- [3] Sulasno . Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Semarang Indonesia : Badan Penerbit Universitas Diponegoro,2001 hal 57.
- [4] Suswanto, Daman ” *Diktat kuliah : Sistem Distribusi Tenaga Listrik* ”, Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, Padang
- [5] PT.PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan *Konsep Dasar Jaringan Distribusi* . Jakarta,Indonesia.
- [6] Katalog Kabel Sutrado, Bogor, 2018.
- [7] Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000). Jakarta. 2000.
- [8] Theraja, B.L. *A Text Book Of Electrical Technology*. 1983.
- [9] Baharuddin. Modul I J Nagrath, *Modern Power System Analysis Third Edition*. New Delhi: Tata McGraw Hill Education private Limited,2003, hal 128-130.
- [10] Buku 5 : Standart Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga listrik No 606.K/DIR/2010. Jakarta. PT.PLN (Persero).
- [11] Ahmad Ardiansyah, *Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV*, 2010, Hal 7.
- [12] Prasetya, Yoga. 2015 .”Perencanaan jaringan Distribusi 20 kV pada PT.Bukit Asam (persero) Tbk. Teknik . Departemen Teknik Elektro. Universitas Diponegoro.
- [13] D P Kothari dan I J Nagrath, *Modern Power System Analysis Third Edition*. New Delhi: Tata McGraw Hill Education private Limited, 2003, hal 128-130.
- [14] Hutauruk, T S. *Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga. 1987.
- [15] HSS 2018 “ *Harga Satuan HSS 2018* ”, PT PLN (Persero) Distribusi JATENG & DIY. 2018.