

## IMPLEMENTASI PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI BARU SERTA INVESTASI BIAYA PERALATAN PADA FEEDER MEDARI 2

Tegar Tumpur Pamungkas<sup>\*</sup>), Hermawan dan Darjat

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

\*E-mail: [ptegartumpur@gmail.com](mailto:ptegartumpur@gmail.com)

### Abstrak

Salah satu bagian dari proses penyediaan tenaga listrik bagi konsumen pelanggan listrik adalah operasi jaringan distribusi. Karena sistem jaringan distribusi merupakan titik pertemuan dari para pemakai tenaga listrik dengan sistem penyaluran tenaga listrik. Salah satu komponen yang memerlukan biaya yang besar pada distribusi saluran udara tegangan menengah adalah penghantar (konduktor). Oleh karena itu, diperlukan analisa perencanaan yang matang agar dapat ditentukan jenis ukuran konduktor yang paling tepat dan sesuai dengan kebutuhan permintaan beban listrik pelanggan, sehingga didapat juga biaya yang ekonomis. Susut dan drop tegangan merupakan permasalahan yang saat ini dihadapi oleh Rayon Sleman terutama untuk penyulang Medari 02. Rayon Sleman penyulang Medari 02 memiliki rugi-rugi sebesar 4,873 kW. Susut dan drop tegangan memiliki dampak yang besar bagi pelanggan maupun bagi PLN. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan rekonfigurasi jaringan. Dengan mempertimbangkan beberapa aspek lokasi yang paling tepat dan efisien untuk pembangunan saluran baru Medari 02 yaitu Caturharjo menuju Ganjuran dan Kadisobo menuju Kalangan. Setelah rekonfigurasi jaringan terdapat pembuatan saluran baru dan penurunan rugi-rugi daya sebesar 197 Watt atau 4,043%. Perencanaan tersebut membutuhkan biaya sebesar Rp 208,826,871 Setelah dikenakan PPN 10% biaya total perencanaan menjadi sebesar Rp 229,709,557.

*Kata kunci: Jaringan Distribusi, Investasi, Rekonfigurasi, Susut Daya*

### Abstract

*One part of the ready process electric power for electricity customer consumer distribution network operation. Because distribution network system is meeting points from electric power users with electric power canalization system. One of the component that need big cost in kerage tension air-duct distribution conductor. Therefore, be need ripe planning analysis so that determinable conductor size kind correctest and as according to customer electricity load request need, so that got also economical cost. Losses and voltage drop are the problems currently faced by Rayon Sleman especially for Medari 02 Feeder. Sleman Rayon Medari 02 feeders have losses of 4,873 kW. Losses and voltage drop have a major impact on both customers and PLN. To overcome this problem, network reconfiguration can be done. By considering several aspects of the most appropriate and efficient location for the construction of the new Medari 02 channel, namely Caturharjo to Ganjuran and Kadisobo to Kalangan. After reconfiguring the network, there was a new channel creation and a reduction in power losses of 4.7192 kW or 6.274%. This planning requires a fee of Rp. 208,826,871. After being subject to tax 10%, the total cost of planning is Rp. 229,709,557.*

*Keywords: Distribution Network, Investment, Reconfiguration, Losses*

### 1. Pendahuluan

Di era globalisasi sekarang ini tingkat pertumbuhan industri dan pertumbuhan perumahan sangat pesat. Peningkatan tersebut menyebabkan permintaan akan energi listrik semakin meningkat. Semakin tingginya tuntutan terhadap mutu dan keandalan sistem tenaga listrik maka meningkatnya kesadaran hak konsumen. Peningkatan kebutuhan tenaga listrik mempengaruhi peningkatan keandalan sistem penyaluran tenaga listrik.[1] 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) merupakan salah satu perusahaan listrik yang melayani kebutuhan listrik bagi konsumen perumahan dan industri. Untuk melayani kebutuhan listrik di industri, membutuhkan suplai daya yang cukup besar, sehingga PT. PLN (Persero) distribusi melakukan manuver jaringan sebagai upaya melimpahkan beban dari suatu penyulang ke penyulang lain maupun mengurangi daerah padam akibat gangguan, agar pelanggan tidak mengalami pemadaman. Penambahan beban akan mengakibatkan penambahan suplai daya yang akan meningkatkan rugi-rugi daya pada saat

didistribusikan. Besarnya rugi-rugi daya bergantung pada besar aliran daya aktif dan reaktif, yang terhubung pada beban-beban aktif dan reaktif.[2]

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis merancang sebuah analisis rekonfigurasi jaringan distribusi dengan metode *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO). Lalu membandingkan dengan metode geografis yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) UP3 Yogyakarta. Setelah ditentukan jalur perencanaan jaringan distribusi dengan metode BPSO. Penelitian ini berfokus pada kontruksi peralatan, kriteria desain, saluran udara tegangan menengah SUTM berdasarkan SPLN dan membahas investasi biaya yang diperlukan dalam perencanaan jaringan baru.[3]

Perencanaan jaringan baru ini didasarkan pada pertimbangan dari data lapangan dan bantuan perancangan menggunakan software ETAP 12.6 untuk mensimulasikan aliran daya. Dalam perancangan penentuan rute saluran udara tegangan menengah (SUTM) menggunakan software *Google Earth* dalam penentuan mapping lapangan. Serta menggunakan *software Microsoft Excel* dalam menentukan perhitungan investasi biaya jaringan baru yang dibuat.[4]

Permasalahan konfigurasi jaringan listrik dengan rugi-rugi daya terendah ini akan diselesaikan dengan memodelkan ke dalam ETAP 12.6. Dengan konfigurasi baru yang telah diimplementasikan menggunakan ETAP 12.6 diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan dan dapat mengoptimasi fungsi obyektif secara cepat serta akurat dan hasilnya dapat dijadikan sebagai acuan dalam penentuan konfigurasi jaringan yang optimal dengan rugi-rugi terendah.[5]

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

Tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1.

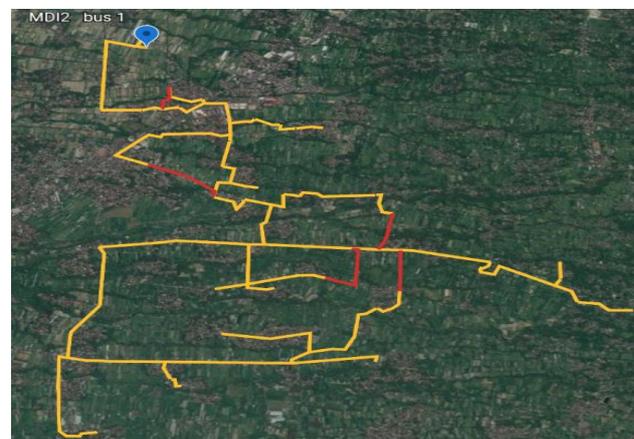
Dapat dilihat pada Gambar 1 merupakan langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan oleh penulis. Penelitian dimulai dengan melakukan pengambilan data kemudian pengolahan data. Selanjutnya akan dibuat *single line* dengan ETAP kemudian akan dimasukkan data-data yang telah diolah sebelumnya. Selanjutnya *single line* tersebut akan disimulasikan dengan kondisi sebelum dan sesudah rekonfigurasi. Kemudian akan dilakukan perancangan jaringan distribusi baru yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan biaya investasi peralatannya.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

### 2.2. Perencanaan Rute Jaringan Baru

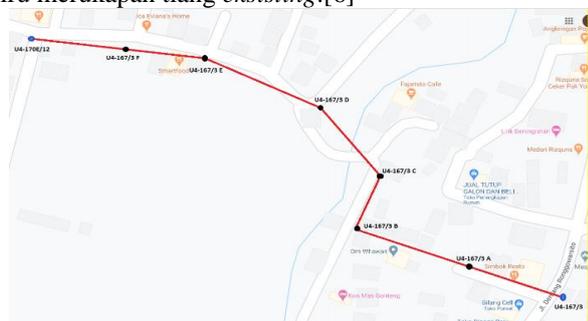
Perencanaan rute jaringan baru berdasarkan data *single line* diagram (SLD) pada Medari 02 maka akan dibuat rute jaringan baru guna untuk mendapatkan *losses* terkecil. Perencanaan jaringanbaru tersebut ditunjukkan pada gambar 2, dimana warna merah menunjukkan jaringan baru yang akan direncanakan. Sedangkan warna kuning jaringan distribusi penyulang MDI-02. Sehingga rute jaringan baru pada SLD dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Penyulang Medari 2 dengan 5 Tie Line

2.2.1. Penentuan Jarak Antar Tiang

Berdasarkan single line diagram Gardu Induk Medari 02 berdasarkan pada gambar 2, maka akan dibuat rute saluran baru penyulang feeder Medari 02 pada jalan Caturharjo menuju Ganjuran dengan jarak 0,354 km dimulai tiang U4-167/3 sampai nomor tiang U4-170E/12 yaitu dengan jumlah tiang sebanyak 6 tiang baru. Dan saluran baru di jalan Kadisobo menuju Kalangan dengan jarak 0,514 km dimulai dari tiang U1-105/48 sampai nomor tiang U4-22/25 yaitu dengan jumlah tiang sebanyak 9 tiang baru. Sehingga dapat digambarkan penampang saluran dan tiang berdasarkan peta google maps dalam ketinggian 200 kaki dan dengan skala 1:100 meter sebagai gambar 3 dan 4, dengan keterangan tiang hitam merupakan tiang baru, tiang biru merupakan tiang eksisting.[6]



Gambar 3. Perencanaan Saluran Baru Medari 02 U4-167/3 sampai U4-170E/12



Gambar 4. Perencanaan saluran baru Medari 02 U1-105/48 sampai U4-22/25

2.3. Hasil Simulasi ETAP

Pada hasil simulasi ETAP untuk kondisi setelah rekonfigurasi didapatkan rugi-rugi daya aktif sebesar 4,676 kW dan rugi-rugi daya reaktif sebesar 16,332 kVAR. Hasil simulasi ETAP kondisi setelah rekonfigurasi terjadi penurunan rugi-rugi daya aktif sebesar 197 Watt atau 4,043% dari total rugi-rugi daya aktif sebelum rekonfigurasi yaitu 4,873 kW.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Perencanaan Jaringan Baru

Dengan diketahui letak dan jarak antar bus yang akan direkonfigurasi, sehingga dapat dilakukan perencanaan jaringan baru yang terdiri dari:[7]

1. Pemilihan Ukuran Konduktor
2. Perencanaan Outline Tiang
3. Penentuan Panjang Cross arm
4. Pemilihan Kekuatan Tiang
5. Pemilihan Konfigurasi Jaringan
6. Penentuan Kontruksi dan Pondasi Tiang
7. Penentuan Pentanahan Tiang
8. Penentuan Isolator

3.1.1. Pemilihan Ukuran Konduktor [7]

- A. Pemilihan Konduktor Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Konduktor pada saluran yang akan dibuat dipilih dengan pertimbangan ukuran dan jenis kabel yang sama dengan kondisi kabel yang diputus yaitu untuk saluran dari bus U4-167/3 (Caturharjo) menuju ke bus U4-170E/12 (Ganjuran) dengan jarak 354 meter menggunakan jenis kabel AAAC dan ukuran 70 mm<sup>2</sup>, begitu juga pembuatan saluran baru dari bus U1-105/48 (Kadisobo) menuju ke bus U4-22/25 (Kalangan) dengan jarak 514 meter juga menggunakan jenis kabel AAAC dan ukuran 70 mm<sup>2</sup>.

- B. Pemilihan Ukuran Konduktor 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 [3]. Sehingga untuk KHA AAAC 70 mm<sup>2</sup> sama dengan 255 A maka harus memilih konduktor dengan KHA di atas 170 A yaitu AAAC 50 mm<sup>2</sup> untuk mengantisipasi peningkatan arus pada konduktor netral akibat tidak seimbangnyanya fasa R, S, dan T.

3.1.2. Penentuan Outline Tiang [7]

- A. Jarak Antar Tiang

Setelah dibuat peta jaringan distribusi baru, kemudian dapat dihitung jarak span antar tiang baru tersebut. Jarak span antar tiang jaringan distribusi baru ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Span Antar Tiang Jaringan Distribusi Baru

No	Dari Tiang	Menuju Tiang	Span Antar Tiang (m)
1	U4-167/3	U4-167/3 A	55
2	U4-167/3 A	U4-167/3 B	56
3	U4-167/3 B	U4-167/3 C	40
4	U4-167/3 C	U4-167/3 D	54
5	U4-167/3 D	U4-167/3 E	54
6	U4-167/3 E	U4-167/3 F	40
7	U4-167/3 F	U4-170E/12	55
8	U1-105/48	U1-105/48 A	50
9	U1-105/48 A	U1-105/48 B	50
10	U1-105/48 B	U1-105/48 C	50
11	U1-105/48 C	U1-105/48 D	50
12	U1-105/48 D	U1-105/48 E	50
13	U1-105/48 E	U1-105/48 F	50
14	U1-105/48 F	U1-105/48 G	50
15	U1-105/48 G	U1-105/48 H	50
16	U1-105/48 H	U1-105/48 I	54
17	U1-105/48 I	U4-22/25	60

B. Panjang Andongan

Hasil perhitungan andongan jaringan distribusi baru ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Andongan Tiang Jaringan Distribusi Baru

Dari Tiang	Ke Tiang	Gaya Regangan (daN)	Andongan (m)
U4-167/3	U4-167/3 A	112,112	0,702
U4-167/3 A	U4-167/3 B	114,15	0,714
U4-167/3 B	U4-167/3 C	81,536	0,51
U4-167/3 C	U4-167/3 D	101,92	0,638
U4-167/3 D	U4-167/3 E	101,92	0,638
U4-167/3 E	U4-167/3 F	81,536	0,638
U4-167/3 F	U4-170E/12	112,112	0,702
U1-105/48	U1-105/48 A	101,92	0,638
U1-105/48 A	U1-105/48 B	101,92	0,638
U1-105/48 B	U1-105/48 C	101,92	0,638
U1-105/48 C	U1-105/48 D	101,92	0,638
U1-105/48 D	U1-105/48 E	101,92	0,638
U1-105/48 E	U1-105/48 F	101,92	0,638
U1-105/48 F	U1-105/48 G	101,92	0,638
U1-105/48 G	U1-105/48 H	101,92	0,638
U1-105/48 H	U1-105/48 I	110,074	0,689
U1-105/48 I	U4-22/25	122,304	0,765

C. Panjang Penghantar Total

Setelah dihitung jarak antar span dan panjang andongan, kemudian dari hasil perhitungan tersebut akan digunakan untuk menghitung penghantar total. Hasil perhitungan panjang penghantar total ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Data Panjang Penghantar Total Jaringan Distribusi Baru

Dari Tiang	Ke Tiang	Span Antar Tiang (m)	Panjang Penghantar (m)
U4-167/3	U4-167/3 A	55	55,024
U4-167/3 A	U4-167/3 B	56	56,024
U4-167/3 B	U4-167/3 C	40	40,017
U4-167/3 C	U4-167/3 D	54	54,023
U4-167/3 D	U4-167/3 E	54	54,023
U4-167/3 E	U4-167/3 F	40	40,017
U4-167/3 F	U4-170E/12	55	55,024
U1-105/48	U1-105/48 A	50	50,022
U1-105/48 A	U1-105/48 B	50	50,022
U1-105/48 B	U1-105/48 C	50	50,022
U1-105/48 C	U1-105/48 D	50	50,022
U1-105/48 D	U1-105/48 E	50	50,022
U1-105/48 E	U1-105/48 F	50	50,022
U1-105/48 F	U1-105/48 G	50	50,022
U1-105/48 G	U1-105/48 H	50	50,022
U1-105/48 H	U1-105/48 I	54	54,023
U1-105/48 I	U4-22/25	60	60,026

D. Jarak Antar Kawat

Hasil perhitungan jarak antar kawat ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Data Jarak Antar Kawat

Dari Tiang	Ke Tiang	Jarak Antar Kawat (m)
U4-167/3	U4-167/3 A	0,648
U4-167/3 A	U4-167/3 B	0,654
U4-167/3 B	U4-167/3 C	0,556
U4-167/3 C	U4-167/3 D	0,642
U4-167/3 D	U4-167/3 E	0,642
U4-167/3 E	U4-167/3 F	0,556
U4-167/3 F	U4-170E/12	0,648
U1-105/48	U1-105/48 A	0,619
U1-105/48 A	U1-105/48 B	0,619
U1-105/48 B	U1-105/48 C	0,619
U1-105/48 C	U1-105/48 D	0,619
U1-105/48 D	U1-105/48 E	0,619
U1-105/48 E	U1-105/48 F	0,619
U1-105/48 F	U1-105/48 G	0,619
U1-105/48 G	U1-105/48 H	0,619
U1-105/48 H	U1-105/48 I	0,642
U1-105/48 I	U4-22/25	0,676

3.1.3. Penentuan Panjang Cross Arm

Hasil perhitungan panjang cross arm ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data Panjang Cross Arm

Dari Tiang	Ke Tiang	Panjang Cross arm Minimal (m)
U4-167/3	U4-167/3 A	1,496
U4-167/3 A	U4-167/3 B	1,508
U4-167/3 B	U4-167/3 C	1,311
U4-167/3 C	U4-167/3 D	1,485
U4-167/3 D	U4-167/3 E	1,485
U4-167/3 E	U4-167/3 F	1,311
U4-167/3 F	U4-170E/12	1,496
U1-105/48	U1-105/48 A	1,438
U1-105/48 A	U1-105/48 B	1,438
U1-105/48 B	U1-105/48 C	1,438
U1-105/48 C	U1-105/48 D	1,438
U1-105/48 D	U1-105/48 E	1,438
U1-105/48 E	U1-105/48 F	1,438
U1-105/48 F	U1-105/48 G	1,438
U1-105/48 G	U1-105/48 H	1,438
U1-105/48 H	U1-105/48 I	1,485
U1-105/48 I	U4-22/25	1,552

3.1.4. Pemilihan Kekuatan Tiang

A. Gaya Terima Tiang Tengah

Hasil perhitungan gaya terima tiang tengah pada jaringan distribusi baru dengan konduktor konduktor 70 mm<sup>2</sup> berdiameter 0,01125 m ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Data Gaya Terima Tiang Tengah

Dari Tiang	Ke Tiang	Gaya Terima Tiang (daN)
U4-167/3	U4-167/3 A	24,75
U4-167/3 A	U4-167/3 B	25,2
U4-167/3 B	U4-167/3 C	18
U4-167/3 C	U4-167/3 D	24,3
U4-167/3 D	U4-167/3 E	24,3
U4-167/3 E	U4-167/3 F	18
U4-167/3 F	U4-170E/12	24,75
U1-105/48	U1-105/48 A	22,5
U1-105/48 A	U1-105/48 B	22,5
U1-105/48 B	U1-105/48 C	22,5
U1-105/48 C	U1-105/48 D	22,5
U1-105/48 D	U1-105/48 E	22,5
U1-105/48 E	U1-105/48 F	22,5
U1-105/48 F	U1-105/48 G	22,5
U1-105/48 G	U1-105/48 H	22,5
U1-105/48 H	U1-105/48 I	24,3
U1-105/48 I	U4-22/25	27

B. Gaya Terima Tiang Sudut

Hasil perhitungan gaya terima tiang sudut ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Data Gaya Terima Tiang Sudut

Tiang	Jarak (m)	Sudut Lintasan (°)	2T (daN)	Gaya terima tiang (daN)
U4-167/3 B	56	90	195,686	179,748
U4-167/3 C	40	60	191,61	186,54
U4-167/3 D	54	34	220,147	218,335
U4-167/3 E	54	20	191,61	124,629

C. Implementasi Hasil Perhitungan dalam Perencanaan Jaringan Distribusi Baru [8]

Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya kemudian digunakan sebagai acuan dalam pemilihan jenis tiang. Berikut ini ditunjukkan hasil pemilihan tiang.

Tabel 8. Pemilihan Tiang Jaringan Distribusi baru

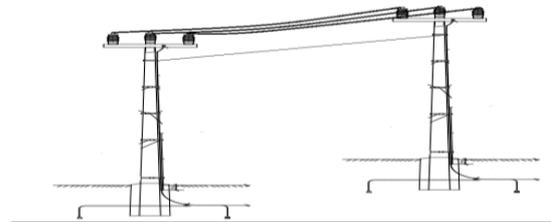
Tiang	Jenis Tiang	Jenis Tiang	Kekuatan Tiang
U4-167/3 A	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U4-167/3 B	Tiang sudut 90°	Beton Bulat	350 daN
U4-167/3 C	Tiang sudut 60°	Beton Bulat	350 daN
U4-167/3 D	Tiang sudut 34°	Beton Bulat	350 daN
U4-167/3 E	Tiang sudut 20°	Beton Bulat	350 daN
U4-167/3 F	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 A	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 B	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 C	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 D	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 E	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 F	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 G	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 H	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN
U1-105/48 I	Tiang Tumpu	Beton Bulat	350 daN

3.1.5. Penentuan Konfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV [8]

Berdasarkan bentuk konfigurasi yang diterapkan pada feeder Medari 02 menggunakan konfigurasi sistem radial

karena faktor kawasan yang menyebar, jangkauan luas dengan pengurangan luas pemadaman menggunakan LBS, ABSW dengan koordinasi relai atau dengan sistem SCADA.

Dengan pola sistem distribusi di PLN distribusi Jawa Tengah dan D.I.Y maka digunakan konfigurasi saluran 4 kawat dengan pentanahan netral secara langsung ke tanah. Kontruksi SUTM dengan ciri-ciri pemakaian penghantar netral pada sistem Tegangan Menengah yang di bumikan pada tiap-tiap 3 gawang dam dijadikan satu dengan netral JTR. Bentuk Konfigurasi saluran tersebut akan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV di Jawa Tengah dan D.I.Y [8]

3.1.6. Penentuan Konstruksi dan Pondasi Tiang [9]

Untuk membangun saluran baru pada feeder Medari 02 dari tiang U4-167/3 ke U4-170E/12 dibutuhkan 6 tiang baru dan dari tiang U1-105/48 ke U4-22/25 dibutuhkan 9 tiang baru dengan penjelasan seperti di bawah ini.

A. Konstruksi Tiang Baru

Secara rinci berdasarkan standar kontruksi SUTM maka dapat dipilihlah pemilihan tiang sebagai berikut :

1. Kontruksi Tiang Tumpu

Berdasarkan hasil perencanaan 15 tiang baru, terdapat 11 tiang yang menggunakan kontruksi tiang CC1-A yaitu U4-167/3 A, U4-167/3 F, U1-105/48 A hingga U1-105/48 I. Sehingga untuk membuat kawat konduktor saling terhubung maka ditambahkan 3 isolator tumpu dimana terdiri dari 2 Line Post dan 1 Pin Post.

2. Kontruksi Tiang Sudut 90°

Kontruksi Tiang U4-167/3 B yang mana terletak disaluran Medari 02 yang mana akan berfungsi sebagai tiang percabangan (tee-Off Pole) maka kontruksi yang tepat yaitu gabungan antara tiang penumpu untuk menumpu saluran lama yaitu menggunakan kontruksi CC1-A dan kontruksi awal tiang percabangan dengan kontruksi yang sesuai yaitu CC7 yang mana fungsi tipe kontruksi tersebut dapat digunakan pada awal/akhir tiang. Kontruksi tiang ini menyambungkan pada jaringan lama dengan sudut 90°. Sehingga Kontruksi yang sesuai dengan fungsi tiang yaitu

CC7 sebagai single dead end. Untuk konstruksi tipe CC1-A yang mana difungsikan sebagai tiang penumpu saluran.

3. Kontruksi Tiang Sudut 60°

Pada Kontruksi tiang U4-167/3 C menggunakan CC8 karena digunakan untuk menambah saluran baru, sehingga untuk membuat kawat konduktor saling terhubung maka ditambahkan 3 isolator tumpu dan 3 isolator tarik.

4. Kontruksi Tiang Sudut 34° dan 20°

Pada Kontruksi tiang U4-167/3 D dan U4-167/3 E menggunakan CC2-A karena berdasarkan fungsi tiangnya sebagai tiang penumpu dengan sudut 20° dan 34° maka konstruksi yang sesuai dengan fungsi tiang adalah konstruksi CC2-A dengan sudut kerja yaitu antara 20° - 35°.

B. Pondasi Tiang

Pondasi tiang sangat tergantung atas kondisi tanahnya. Berdasarkan Data hasil survei lapangan tipe tanah pada daerah Medari 02 memiliki keadaan tanah yang keras, berpasir coarsif dan memiliki tanah liat keras. Maka dari data tersebut bisa dipilihlah pondasi tiang yang sesuai klasifikasi tanah untuk pondasi dipilihlah tiang tipe A. Dengan pemilihan tiang 12 m dan penanaman tiang sebesar 2 meter ketanah. Dengan tinggi tiang 10 meter maka sudah sesuai karena dengan jarak minimal antara konduktor tegangan menengah 20 kV dengan tanah sebesar 7 meter.

3.1.6. Penentuan Pentanahan Tiang [10]

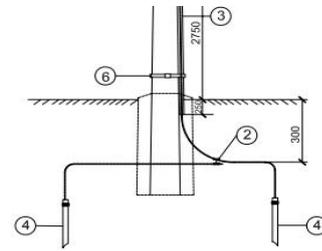
Berdasarkan pola distribusi utama yang dianut PT.PLN wilayah Jawa Tengah dan DIY mengenai (Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah) menggunakan sistem distribusi 3 fasa dengan 4 kawat dengan pentanahan netral secara langsung. Arti dari pentanahan secara langsung yaitu Netral ditanahkan sepanjang jaringan. Dengan memperhatikan jenis tanah pada jalan Caturharjo yaitu tanah keras, berpasir coarsif, tanah liat keras maka teknik pemasangan susunan elektroda ditanam secara vertikal atau tegak lurus kedalam tanah. Dengan PLN menggunakan elektroda batang dengan diameter 5/8 inci = 15.89 mm = 0.7945 cm dengan panjang 3 meter yang ditanam 20 cm didalam tanah, dan peletakkan antar elektroda sepanjang 2 meter. Maka diketahui S<L dengan tahanan pentanahan sebagai berikut :[11]

$$R_{dz} = \frac{100}{4\pi^3} \left( Ln \frac{4x3}{0.7945} + Ln \frac{4x3}{2} - 2 + \frac{2}{2x3} - \frac{2^2}{16x3^2} + \frac{2^4}{512x3^4} \right)$$

$$R_{dz} = 7,468 \Omega$$

Dengan menggunakan menempatkan peletakkan seperti syarat diatas didapatkan tahanan pentanahan perhitungan sebesar 7,468 Ω. Hal tersebut sudah memenuhi persyaratan/ standar dari PLN untuk pembumian bagian konduktif terbuka dan bagian konduktif *extra* pada tiap-

tiap 4 tiang yaitu tidak melebihi 10 Ohm. Berikut gambar 6 pentanahan pada tiang.[12]



Gambar 6. Kontruksi Pertanahan Pada Jaringan Distribusi [9]

3.1.7. Penentuan Isolator Jaringan Distribusi

Setelah mengetahui hasil analisis pemilihan konstruksi yang dapat dilihat pada perhitungan sebelumnya, maka otomatis juga mengetahui isolator yang digunakan berdasarkan konstruksi yang terpasang. Untuk penentuan isolator yang digunakan dalam perencanaan jaringan baru berdasarkan konstruksi tiang dan jenis tiang yang digunakan sehingga penentuan isolator jaringan baru dapat dilihat pada tabel 9.[13]

Tabel 9. Penggunaan Jenis Isolator [14]

Tiang	Jenis Tiang	Konstruksi Tiang	Jenis Isolator	Jumlah
U4-167/3 A	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	7
U4-167/3 B	Tiang sudut 90°	CC8-A	Suspension, Tipe Post	8
U4-167/3 C	Tiang sudut 60°	CC8	Suspension, Tipe Post	9
U4-167/3 D	Tiang sudut 34°	CC2-A	Tipe Post	6
U4-167/3 E	Tiang sudut 20°	CC2-A	Tipe Post	6
U4-167/3 F	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 A	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 B	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 C	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 D	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 E	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 F	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 G	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 H	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3
U1-105/48 I	Tiang Tumpu	CC1-A	Tipe Post	3

3.1.8. Biaya Perencanaan Distribusi

Setelah sebelumnya menganalisis dan membahas mengenai perhitungan manual mengenai pemilihan

kontruksi yang tepat dan sesuai berdasarkan standar PLN. Pada pembahasan ini akan membahas mengenai biaya perencanaan yang dikeluarkan dalam membuat suatu perencanaan jaringan distribusi berdasarkan HSS tahun 2018 PT.PLN. [15] Pada biaya perencanaan saluran, terdiri dari biaya investasi dan biaya operasional, dengan rincian jumlah biaya yang dikeluarkan sebelum kena pajak PPN 10% adalah sebesar Rp 208.826.871 dengan rincian untuk biaya total MDU yaitu sebesar Rp 57.239.186 , biaya total Hardware sebesar Rp 135.751.660 dan biaya jasa sebesar Rp 15.836.025. Setelah dikenakan pajak biaya total perencanaan menjadi sebesar Rp229.709.557 dengan rincian biaya total MDU menjadi sebesar Rp 62.963.104, biaya total Hardware menjadi sebesar Rp149.326.826 dan biaya total jasa sebesar Rp 17.419.627.

#### 4. Kesimpulan

Saluran baru setelah konfigurasi terletak dari bus 5 ke bus 10 atau dari Jalan Caturharjo ke Ganjuran dengan jarak 0,354 km dan bus 63 ke bus 32 atau dari Jalan Kadisobo ke Kalangan dengan jarak 0,514. Konfigurasi baru dilakukan dengan mencari perkiraan saluran baru yang lebih pendek tanpa mengubah posisi trafo distribusi. Dari hasil simulasi ETAP untuk kondisi sebelum rekonfigurasi didapatkan total rugi-rugi daya aktif 4,873 kW dan rugi-rugi daya reaktif 16,461 kVAR. Jenis Penghantar dan ukuran konduktor yang digunakan untuk jaringan SUTM yaitu kabel AAAC 70 mm<sup>2</sup> sesuai dengan jenis dan ukuran konduktor pada saluran sebelumnya yang diputus. Tiang yang dipakai pada jaringan distribusi 20 yaitu tiang beton bulat dengan tinggi 12 meter dengan menggunakan kontruksi tiang tipe CC1-A, CC2-A, CC7, CC8, CC8-A. Jumlah biaya yang dikeluarkan sebelum kena pajak PPN 10% adalah sebesar Rp 208.826.871 dengan rincian untuk biaya total MDU yaitu sebesar Rp 57.239.186 , biaya total Hardware sebesar Rp 135.751.660 dan biaya jasa sebesar Rp 15.836.025. Setelah dikenakan pajak biaya total perencanaan menjadi sebesar Rp229.709.557 dengan rincian biaya total MDU menjadi sebesar Rp 62.963.104, biaya total Hardware menjadi sebesar Rp149.326.826 dan biaya total jasa sebesar Rp 17.419.627.

#### Referensi

- [1]. Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik Edisi Pertama*, Padang
- [2]. Laurentius, Erik Krisprastawa. 2013. *Rekonfigurasi Jaringan Sistem Tenaga Listrik Tegangan Menengah Untuk Memperkecil Jatuh Tegangan dan Rugi Daya di Universitas Gadjah Mada*. Skripsi. Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- [3]. *SPLN 59 Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*, SPLN 1985, 1985
- [4]. *SPLN 68-2 Tingkat jaminan system tenaga listrik Bagian dua: Sistem distribusi*, SPLN 1986, 1986
- [5]. Cahyo, Restu Dwi. 2008. *Studi Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya Pada Penyulang Pupur dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap dan Penggantian Kabel Penyulang*.
- [6]. Buku PLN 5 “ *Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*”, PT PLN ( Persero), 2010
- [7]. Buku PLN 1 “ *Kriteria Desain Enjineri Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*”, PT PLN ( Persero), 2010
- [8]. Suswanto, Daman ” *Diktat kuliah : Sistem Distribusi Tenaga Listrik* ”, Teknik Elektro Universitas Negeri Padang, Padang
- [9]. Buku PLN 3 “ *Standar Kontruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik*”, PT PLN ( Persero), 2010
- [10]. Hardiansyah, Amin Harist. 2016. *Analisis Koordinasi Proteksi Pada Jaringan Distribusi*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [11]. Farasleoury El Adel “ *Practician and Theoretical Investigation Of Current Carrying Capacity ( Ampacity) Of Under Ground Cable*”, Skripsi, Suez University, Egypt
- [12]. Lindstrom, Ludvig “ *Evaluating Impact On Ampacity According to IEC-60287 Regarding Thermally Unfavourable Placement Of Power Cable* ”, Thesis, Stockholm, Sweden, 2011
- [13]. SPLN-10:1991 Penghantar Aluminium Paduan Berselubung Polietilen Ikat Silang ( AAAC-S)
- [14]. R.D Yuana Arfita, Fauzan “ *Perencanaan Saluran udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Pada Komplek Perkebunan AMP ( Agra Masang Perkasa )*”, Tugas Akhir, Institut Teknologi Padang, Padang, 2012.
- [15]. Patrick Dale R, W.F Stephen “ *electrical Distribution System* “ 2<sup>nd</sup> , The Faimont Press, Inc france. 1999