

## **PERENCANAAN RANCANGAN KONSTRUKSI DAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV BARU DI KAWASAN INDUSTRI SEGAYUNG BATANG**

Irzi Rifa'i Mufti Haryadi<sup>1\*)</sup>, Karnoto<sup>2</sup>, Imam Santoso<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

\*) Email: [irzimufti30@students.undip.ac.id](mailto:irzimufti30@students.undip.ac.id)

### **Abstrak**

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik setelah jaringan transmisi dan sebelum disalurkan ke pelanggan. Seiring pesatnya kemajuan teknologi dan kebutuhan listrik dari berbagai sektor salah satunya sektor industri, membuat pasokan listrik mengalami banyak permintaan. PT. PLN UP3 Pekalongan menerima permintaan dari Kawasan Industri Segayung Batang yang berlokasi di Jalan Raya Bandar-Tulis, Area Sawah, Posong, Kec. Tulis, Kab. Batang, Jawa Tengah. Permintaan kebutuhan listrik dengan daya 20 MW dan dibutuhkan 2 penyulang baru untuk mensuplai daya tersebut. TLS06 dan TLS07 merupakan jaringan baru yang akan direncanakan berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN). Perencanaan jaringan terbagi menjadi dua 2 rute, panjang jaringan rute 1 yaitu ±4900 meter dan panjang jaringan rute 2 yaitu ±6200 meter. Penghantar yang dipakai pada perencanaan jaringan ini menggunakan NFAAXSEY-T mm<sup>2</sup> untuk semua rute dan menggunakan tiang beton panjang 14 meter dengan kekuatan tiang 500 daN untuk tiang awal dan 350 daN untuk tiang lainnya. Rute pada perencanaan jaringan distribusi 20 kV yang efisien berdasarkan konstruksi dan biaya yang mengacu pada harga satuan standar (HSS) PT. PLN Distribusi Jawa Tengah dan DIY yaitu rute pengganti 1 dengan biaya investasi sebesar Rp. 4.303.242.550.

Kata Kunci: Jaringan Baru, Segayung, SPLN, TLS06, TLS07, Harga Satuan Standar, Jaringan Distribusi 20 kV.

### **Abstract**

The electricity distribution network is a part of the power system that comes after the transmission network and before it is delivered to customers. With the rapid advancement of technology and the increasing electricity demand from various sectors, including the industrial sector, the supply of electricity has seen a significant rise. PT. PLN UP3 Pekalongan has received a request from Segayung Batang Industrial Zone, located in Batang Regency, Central Java. The requested electricity demand is 20 MW. TLS06 and TLS07 are the new networks that will be planned based on SPLN. The network planning is divided into two routes, with the length of route 1 approximately 4900 meters and the length of route 2 approximately 6200 meters. The conductors used in this network planning is NFAAXSEY-T mm<sup>2</sup> for all routes, and use concrete poles 14-meter-long with a strength of 500 daN for the initial poles and 350 daN for the others poles. The efficient 20 kV distribution network route is selected based on construction and cost, referring to the standard unit price (HSS) of PT. PLN Distribusi Jawa Tengah and DIY, which is an alternative route 1 with an investment cost of Rp. 4.303.242.550.

Keywords: New Network, Segayung, SPLN, TLS06, TLS07, standard unit price, Distribution Network 20 kV.

### **1. Pendahuluan**

Energi listrik merupakan hal yang dibutuhkan bagi setiap kegiatan manusia, mulai dari sektor industri, pendidikan, ekonomi, pariwisata, dan lainnya. Ketersediaan listrik yang memadai menjadi syarat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan pada era modern. Kebutuhan masyarakat terhadap listrik tiap tahun bertambah bersamaan dengan kemajuan teknologi. Industri penyedia listrik dituntut dapat melayani kebutuhan para pelanggan serta harus optimal

dengan kebutuhan konsumen. Industri penyedia energi listrik di Indonesia dikala ini adalah PT. PLN (Persero).

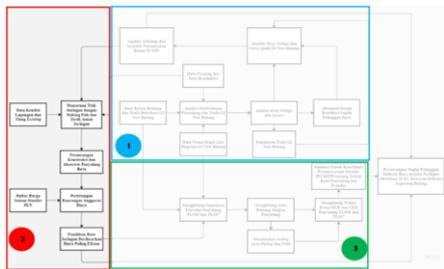
PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Pekalongan mencakup 4 ULP yaitu ULP Kedungwuni, ULP Batang, ULP Pemalang, dan ULP Wiradesa. Berdasarkan survey PT. PLN UP3 Pekalongan menerima permohonan pelanggan baru di Kawasan Industri Segayung Batang sebesar 20 MW. Kawasan Industri Segayung Batang merupakan kawasan industri yang berlokasi di Jl. Raya Bandar-Tulis, Area Sawah, Posong, Kec. Tulis, Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Pemasangan daya listrik dilakukan secara bertahap sesuai

dengan kebutuhan pelanggan baru. Atas permintaan pelanggan tersebut, maka dibuat desain jaringan baru yang tujuannya untuk memenuhi kebutuhan pelanggan baru dan menjaga pasokan listrik pelanggan yang sudah ada sebelumnya. Tahapan pertama yang dilakukan PLN dalam pemasangan daya pelanggan baru sebesar 20 MW dengan melihat beberapa sumber judul penelitian sebelumnya tentang perencanaan jaringan distribusi baru 20 kV di PT. Bukit Asam[1], perencanaan jaringan baru 20 kV di UP3 Yogyakarta[2], dan Perencanaan jaringan baru di Kawasan Industri Randu Garut[3]. Pada saat merencanakan jaringan baru, terlebih dahulu melaksanakan analisis beban kebutuhan jaringan baru, setelah itu perencanaan jaringan yang termasuk konstruksi dengan perhitungan biaya serta desain sistem koordinasi proteksi desain jaringan baru.

## 2. Metode

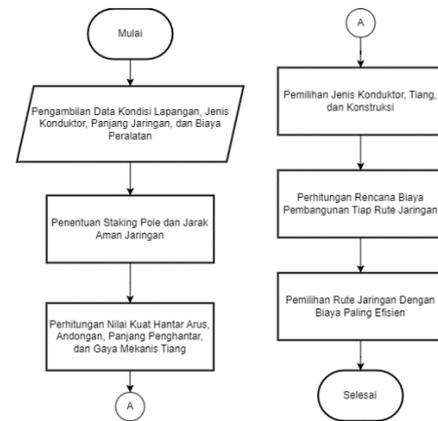
### 2.1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Perencanaan jaringan distribusi baru perlu tahapan dalam pelaksanaannya, Gambar 1 merupakan diagram blok yang menjelaskan gambaran visual proses pelaksanaan perencanaan jaringan distribusi dalam bentuk sederhana.



Gambar 1 Diagram Blok Proses Perencanaan Jaringan Distribusi 20 kV Baru

Terdapat 3 tahapan kerja dalam perencanaan jaringan distribusi 20 kV baru ini, dilihat pada Gambar 1 tahapan pertama ditunjukkan nomor 1 atau warna biru. Dalam kerjanya terlebih dahulu mencari *drop voltage* dan *losses* trafo GI New Batang lalu penambahan rencana beban yang diminta dan mendapatkan nilai arus yang dibutuhkan. Tahapan yang kedua yaitu ditunjukkan oleh nomor 2 atau warna merah. Proses kerjanya yaitu membuat rute pengganti untuk dibangun rute perencanaan jaringan baru, dan didapatkan nilai KHA dari tahapan 1 kemudian pemilihan jenis konduktor. Selanjutnya pemilihan konstruksi serta tiang yang akan digunakan yang sesuai dengan perhitungan yang telah dibuat yang berdasarkan pada SPLN. Selanjutnya pemilihan rute dengan investasi biaya konstruksi dan tiang paling ekonomis. Tahapan yang ketiga yaitu ditunjukkan oleh angka 3 atau warna hijau. Proses kerjanya yaitu setelah mendapatkan rute jaringan baru kemudian perhitungan arus hubung singkat pada penyulang dan mengatur koordinasi proteksi pada perencanaan jaringan distribusi baru. Gambar 2 merupakan Flowchart Perencanaan Jaringan Distribusi 20 kV baru



Gambar 2 Flowchart Perencanaan Jaringan Distribusi 20 kV baru

Berdasarkan Gambar 2 langkah kerja perencanaan jaringan distribusi dengan melakukan survey lapangan, menentukan letak tiang baru dengan metode *staking pole*, menghitung andongan dan panjang konduktor, melakukan perhitungan rencana anggaran biaya jaringan distribusi, dan melakukan pemilihan rute yang sesuai berdasarkan efisiensi biaya

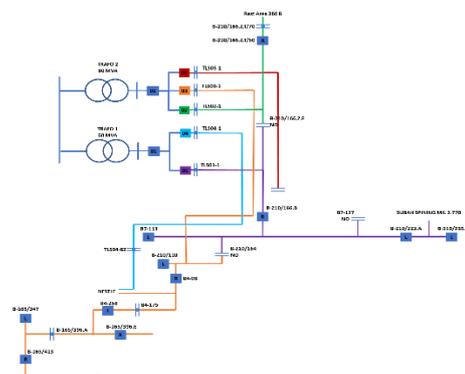
### 2.2. Pengumpulan data

Data survey lapangan pada perencanaan jaringan baru dapat dilihat pada Tabel 1.

No	Jenis Survey	Hasil Survey
1	Lokasi Pelanggan Baru	Jl. Raya Bandar – Tulis, Area Sawah, Posong, Kec. Tulis, Kab. Batang
2	Jarak Pelanggan Baru dengan GI New Batang	4,3 Kilometer
3	Jenis Tanah	Tanah Keras
4	Suhu	Max 33° C Min 21° C
5	Tinggi Banguna di Lokasi	± 5 – 10,5 meter

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan data lapangan dari pelanggan industri baru dengan jarak ±4,3 km dengan jenis tanah keras, suhu antara 21° - 35° C, dan tinggi bangunan sekitar 5 sampai 10 meter.

Gambar 3 merupakan Single Line Diagram Jaringan 20 kV GI New Batang



Gambar 3 Single Line diagram GI New Batang

Berdasarkan Gambar 3 perencanaan jaringan baru ini akan disupply dari penyulang TLS06 dan TLS07 GI New Batang. Jaringan Existing yang Melewati Pelanggan Baru terdapat 3 penyulang existing GI New Batang yang melewati lokasi pelanggan baru yaitu TLS03, TLS04, BTG08.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Rute Jaringan Baru

Pada perencanaan jaringan distribusi ini didapatkan 2 rute Pengganti. Rute untuk jaringan baru dapat dilihat pada Gambar 4

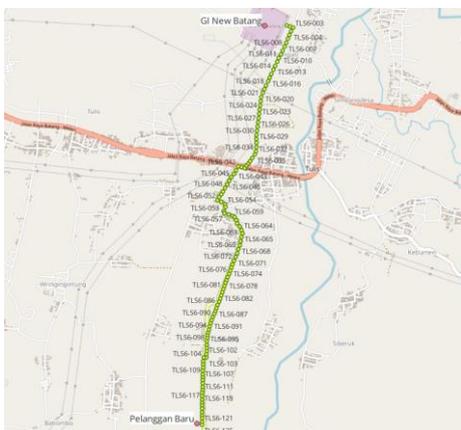


Gambar 4 Rute Pengganti 1 (Biru) dan Rute pengganti 2 (Merah)

Berdasarkan Gambar 4 rute 1 melewati Jalan Wonodriyo Raya dengan jarak ±4836 m melewati Jalan Raya Sembojo dengan jarak ±6132 m.

#### 3.2 Penentuan Letak Tiang

Penentuan titik tiang ini dilakukan menggunakan aplikasi QGIS berdasarkan survei lapangan dengan memperhatikan standar jarak aman jaringan. Gambar 5 menunjukkan Letak tiang rute pengganti 1



Gambar 5 Letak Tiang Rute Pengganti 1

Berdasarkan Gambar 5 Jumlah tiang yang direncanakan pada rute Pengganti 1 berjumlah 125 buah tiang. Gambar 6 menunjukkan letak tiang rute pengganti 2



Gambar 6 Letak Tiang Rute Pengganti 2

Berdasarkan Gambar 6 Jumlah tiang yang direncanakan pada rute Pengganti 2 berjumlah 140 buah tiang.

#### 3.3 Pemilihan Konduktor

Pada Perencanaan jaringan distribusi 20 kV ini daya yang akan dialirkan sebesar 11,76 MVA, besar arus maksimum yang akan melalui jaringan tersebut dapat dicari dengan Persamaan (1) [4].

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \quad (1)$$

$$I = \frac{8824 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 20,7 \text{ kV}}$$

$$I = 328 \text{ A}$$

Dengan faktor keamanan sebesar 125% maka didapatkan arus jaringan sebesar 328 A, sehingga akan dipilih konduktor NFAAXSEY-T 240 mm<sup>2</sup> dengan KHA sebesar 435 A untuk SKUTM [5].

#### 3.4 Penentuan Outline Tiang

Dalam menghitung gaya regangan konduktor diperlukan data berupa berat konduktor dan jarak antar tiang (span). Dengan mengambil contoh jarak tiang TLS06-1-TLS06-2 dengan besar *span* 31 m maka gaya regangan konduktor yaitu

$$T = m \times g \times s \quad (2)$$

$$T = 6 \times 9,8 \times 31$$

$$T = 1833 \text{ daN}$$

Menentukan andongan tiang sama tinggi diperlukan data berupa gaya regangan, jarak antar tiang, berat konduktor. Dengan mengambil contoh tiang TLS06-1-TLS06-2 sehingga didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut [4]

$$S = \frac{W_c s^2}{8T} \quad (3)$$

$$= \frac{6 \times 31^2}{8 \times 1833}$$

$$= 0,398 \text{ m}$$

Menentukan andongan miring diperlukan data andongan titik tumpang dan perbedaan tinggi tiang Dengan mengambil contoh tiang TLS06-3 – TLS06-4 maka besarnya andongan miring dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

$$S_0 = S \left(1 - \frac{H}{4S}\right)^2 \quad (4)$$

$$= 0,58 \left(1 - \frac{2}{4(0,58)}\right)^2$$

$$= 0,154$$

Menentukan Panjang Konduktor Total

Dalam menentukan panjang konduktor total diperlukan data berupa jarak antar tiang dan besarnya andongan. Dengan mengambil contoh tiang TLS06-1 - TLS06-2 didapatkan panjang konduktor total yaitu

$$L = a + \frac{8s^2}{3a} \quad (5)$$

$$= 31 + \frac{8 \times 0,398^2}{3 \times 31}$$

$$= 31,188 \text{ m}$$

Jarak Aman (*Safety Distance*)

Jarak aman untuk jaringan distribusi 20 kV memperhatikan lingkungan sekitar berdasarkan buku 1 PT. PLN dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Jarak Aman Jaringan Distribusi 20 kV

No	Uraian	Jarak Aman
1	Terhadap permukaan jalan raya	≥ 6 meter
2	Balkon rumah	≥ 2,5 meter
3	atap rumah	≥ 2 meter
4	Dinding bangunan	≥ 2,5 meter
5	Antena TV/radio, menara	≥ 2,5 meter
6	Pohon	≥ 2,5 meter
7	Lintasan kereta api	≥ 2 meter dari atap kereta
8	Underbuild TM-TM	≥ 1 meter
9	Underbuild TM-TR	≥ 1 meter

### 3.5 Penentuan Kekuatan Tiang

Pada perencanaan jaringan baru ini untuk rute pengganti 1 menggunakan tiang baru dari GI New Batang sampai tiang TLS06 – 074 dan setelahnya menggunakan jaringan existing TLS 4 pada Jl. Raya. Sementara itu, Sembojo rute pengganti 2 akan menggunakan tiang baru dari GI New

Batang sampai tiang TLS06 – 059 dan setelahnya menggunakan tiang existing bersamaan dengan jaringan TLS 4. Untuk menentukan kekuatan tiang dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

Gaya Mekanis Tiang Awal

Pada perencanaan jaringan baru ini hanya terdapat tiang awal untuk tiap rute dengan menggunakan rumus berikut

$$F = \sqrt{F_m^2 + F_a^2} \quad (6)$$

Sehingga didapatkan besarnya gaya mekanis tiang awal tiap rute yaitu

Untuk gaya mekanis tiang awal rute 1,

$$F = \sqrt{1029^2 + 7000^2} = 1244,524 \text{ daN}$$

Untuk gaya mekanis tiang awal rute 2,

$$F = \sqrt{911,4^2 + 620^2} = 1102,293 \text{ daN}$$

Gaya Mekanis Tiang tengah

Pada perencanaan ini tiang baru yang merupakan tiang tengah adalah tiang TLS06-2. Dengan jarak antar 2 titik andongan 45,5 m didapatkan gaya mekanis tiang tengah adalah

$$F = F_a \times d \times l \quad (7)$$

$$= 40 \times 0,083 \times 35,5$$

$$= 117,837 \text{ daN}$$

Gaya Mekanis Tiang Sudut

Pada perencanaan ini tiang baru yang merupakan tiang sudut mendapat gaya tarikan lebih dari tiang lain. Dengan mengambil contoh tiang TLS06-3 dengan sudut 90° didapatkan gaya mekanis tiang sudut adalah

$$F = F_a \times d \times a \times \cos \frac{\alpha}{2} + 2T \sin \frac{\alpha}{2} \quad (8)$$

$$= 40 \times 0,083 \times 40,6 \times \cos \frac{90}{2} + 4776,975 \sin \frac{90}{2}$$

$$= 3472,975 \text{ daN}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dan dengan memperhatikan jarak aman (*safety distance*) akan dipilih tiang beton pada perencanaan jaringan baru menggunakan pemilihan beban kerja 500 daN pada tiang awal dan 350 daN pada tiang lain dengan panjang tiang 14 meter dan penambahan tiang topang tarik/*guy wire* pada tiang awal dan tiang sudut, berdasarkan SPLN 93:1991 menggunakan tiang praktekkan dengan kriteria sesuai dengan buku 1 PLN.

### 3.6 Menentukan Konstruksi Tiang

Berdasarkan Buku 5 keputusan direksi PT. PLN (Persero) tentang standar konstruksi jaringan tegangan menengah tenaga listrik dan buku pedoman standar konstruksi jaringan distribusi tahun 2008 dapat disimpulkan penentuan konstruksi tiang perencanaan jaringan baru dengan memperhatikan jarak aman (*safety distance*) dengan konstruksi untuk rute pengganti 1 dan rute pengganti 2 menggunakan Konstruksi DB01, DB02, DB03, DB04, DB05, dan DB06

### 3.7 Penumbumian

Penumbumian pada tiang perencanaan jaringan distribusi 20 kV sebagai langkah penting dalam memastikan keamanan perlindungan dari lonjakan arus atau petir. Menurut Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah PLN (Persero) Buku 5, pada sistem distribusi di wilayah Jawa Tengah dan Yogyakarta, penumbumian dilakukan dengan menggunakan sistem solid, yaitu penumbumian langsung ke bumi. Hal ini sesuai dengan panduan dari Buku Pedoman Konstruksi Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) untuk wilayah Distribusi Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta, di mana penumbumian dilakukan dengan menggunakan elektroda batang berdiameter 5/8 inci dan panjang 8 kaki (ft). [6].

### 3.8 Biaya Investasi

Pada perencanaan ini terdapat dua Pengganti rute untuk jaringan baru. Setelah melakukan penentuan rute jaringan, letak tiang, konduktor, dan konstruksi tiang, akan dilakukan penentuan biaya investasi yang akan dikeluarkan dalam perencanaan jaringan baru berdasarkan Harga Satuan Standar (HSS) PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DIY. Didapatkan biaya investasi yang dibutuhkan pada rute pilihan 1 sejumlah Rp. 4.303.242.550. Sementara itu, biaya investasi yang dibutuhkan untuk rute pilihan 2 sebesar Rp. 5.146.858.453. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perencanaan jaringan distribusi 20 kV menggunakan rute 1 lebih ekonomis dari rute 2 dengan total selisihnya sebesar Rp. 843.615.903.

## 4. Kesimpulan

Perencanaan perancangan jaringan distribusi 20 kV baru Kawasan Industri Segayung Batang menggunakan konduktor yang melalui saluran kabel udara tegangan menengah (SKUTM) dengan menggunakan konduktor jenis NFAAXSEY-T dan luas penampang 3 x 240 mm<sup>2</sup>. Penambahan tiang baru berjumlah 59 tiang pada rute 1 dan 74 tiang pada rute 2 dengan ukuran panjang tiang 14 m, kekuatan tiang 500 daN untuk tiang awal dan 350 daN untuk tiang lainnya, serta penambahan *guy wire* pada tiang awal dan tiang sudut. Konstruksi tiang yang digunakan yaitu konstruksi DB01, DB02, DB03, DB04 DB05, dan DB06 untuk rute 1 maupun rute 2. Perencanaan jaringan distribusi 20 kV untuk memenuhi kebutuhan pelanggan baru memerlukan investasi biaya total sebesar Rp. 4.303.242.550 untuk rute pengganti 1 dan memerlukan investasi biaya total sebesar Rp. 5.146.858.453 untuk rute pengganti 2. Sehingga dipilih rute dengan biaya investasi yang lebih efisien yaitu rute pengganti 1 dengan selisih biaya sebesar Rp. 843.615.903.

## Daftar Pustaka

- [1] Y. Prastyo, Juningtyastuti, and Karnoto, "Perancangan Jaringan Distribusi 20 kV Pada PT. Bukit Asam (Persero), Tbk," 2015.
- [2] I. R. Shaleh, "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," 2020
- [3] M. F. Gibran, "Perencanaan Jaringan Distribusi 20 Kv Pelanggan Industri Baru Kawasan Randu Garut," 2022.
- [4] PT. PLN (Persero), Buku 1: Kriteria Desain Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Penyusun. 2010.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).
- [6] E. Uda, "Sistem Pentanahan Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Helvetia," 2019