

# Perancangan Sistem Transmisi Daya Listrik Bertegangan 150 KV dan Berkapasitas 35 MVA di Kabupaten Bulungan Kalimantan Timur

HERI SEPTIADI ALIUS, NASRUN HARIYANTO, SYAHRIAL

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung  
Email: hericorey12@gmail.com

## ABSTRAK

*Ketersediaan dan penyaluran sumber energi listrik perlu ditingkatkan semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut. Salah satu langkah yang dilakukan adalah merencanakan perancangan transmisi 150 kV di Kabupaten Bulungan. Penelitian ini membahas tentang perancangan pembangunan saluran transmisi 150 kV sepanjang 30 km, mulai dari GI 150 kV Sajau sampai 150 kV Mangkupadi. Parameter yang mempengaruhi perancangan transmisi ini adalah kondisi lahan tempat tower, jarak antar kawat, pemilihan kawat yang ekonomis, jumlah isolator, perhitungan tegangan tarik andongan, penentuan kaki tower transmisi, dan kawat pelindung petir. Saluran transmisi ini menggunakan menara tower tipe AA setinggi 33,8 m dan tipe DD setinggi 32,2 m, tipe kabel AAAC dengan luas penampang 70 mm<sup>2</sup> dengan resistans 0,438 Ω/km dan kemampuan hantar arus 255 A. Isolator yang digunakan adalah double string 2x11 buah dan digunakan menara transmisi dengan jarak antar menara 300 m, kawat pelindung petir yang digunakan 2 buah kawat tanah baja dengan jari-jari kawat 0,48 cm dan luas penampang 55 mm<sup>2</sup>. Dari hasil rancangan ini diperoleh andongan antara dua menara yang sama tinggi sebesar 11,08 m - 12,7 m dan andongan untuk dua menara yang berbeda tinggi sebesar 10,83 m-12,45 m.*

**Kata Kunci :** konduktor, isolator, transmisi 150 kV, andongan, menara

## ABSTRACT

*The availability and distribution of electrical energy sources should be increased as much as possible to meet the needs, One of the steps taken is to plan the design of 150kV transmission in Bulungan district. This research discussed the 150 kV project design of transmission line along 30 km from Sajau Mangkupadi. The parameters that affect the design of transmission line were the condition of tower occupied, the distance between the wires, economical wire selection, the number of insulators, sagging calculation, grounding leg transmission tower, and lightning protective wire determination. This transmission line used towers 33.8 m high AA, and DD types as high as 32.2 m. AAAC conductor type was used with cross sectional area of 70 mm<sup>2</sup>, with resistance of 0.438 Ω/km and current-carrying capacity of 255 A, using double insulator strings 2x11 discs and used transmission towers with distance between towers 300 m, used the lightning protective wires of 2 times 0,48 radius of galvanized steel wire and wire cross-sectional area 55 mm<sup>2</sup>. The results indicated that the sagging between same two-towers height were 11.08 m – 12.7 m and between different height of two towers were 10.83 -12.45 m in ranges.*

**Keyword:** conductor, isolator, transmission 150kV, sagging

## 1. PENDAHULUAN

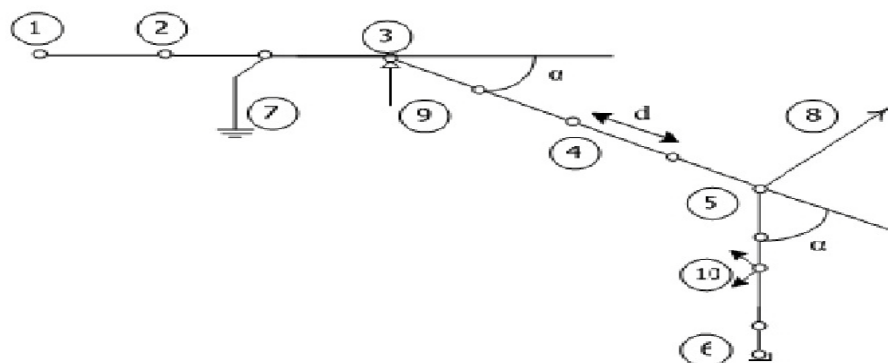
Pertumbuhan penduduk yang pesat mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Oleh karena itu PLN sebagai penyedia energi listrik semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu langkah yang dilakukan yaitu dengan merencanakan membangun Gardu Induk 150 kV Kecamatan Tanjung Palas Timur Kalimantan Timur.

Dengan adanya rencana pembangunan Gardu Induk tersebut, perlu juga dilakukan perencanaan penyaluran energi listrik yaitu melalui saluran *transmisi* (SUTT) 150 kV yang direncanakan akan menyalurkan daya sebesar 35MVA / sirkuit sepanjang  $\pm 3$  Km mulai dari Gardu Induk 150 kV Sajau sampai Gardu Induk 150 kV Mangkupadi.

Sebelum pembangunan saluran *transmisi* diatas tentu saja harus di perhatikan hal -hal yang mempengaruhi perancangan peralatan tegangan tinggi yang nantinya digunakan dalam proses penyaluran energi listrik tersebut kondisi tanah tempat *tower-tower*, jarak antar kawat – kawat (*konduktor*), pemilihan kawat (*konduktor*) yang ekonomis, jumlah *isolator*, perhitungan tegangan tarik andongan dari kawat yang dibentang, pentanahan kaki tower transmisi dan penentuan kawat pelindung petir. Sehingga hasil yang diharapkan dari perencanaan peralatan tegangan tinggi adalah dapat menghasilkan proses penyaluran energi listrik yang *efektif* dan *efisien* (Gonen , 1988).

## 2.METODOLOGI

Gambar 1 memperlihatkan secara umum gambaran umum saluran *transmisi* yang akan dirancang pada penelitian ini. Hal ini dilakukan agar memudahkan untuk merancang saluran *transmisi*.



**Gambar 1.** Terminologi Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi

1: Tiang awal, 2,4: Tiang Penumpu sebagai tiang penumpu menara, 3: Tiang sudut kecil =  $0^{\circ} - 15^{\circ}$  sebagai tiang penopang, 5: Tiang sudut besar =  $15^{\circ} - 90^{\circ}$  sebagai tiang penopang, 6 : Tiang akhir , 7 : Sistem Pembumian, 8 : Topang Tarik, 9 : Topang Tekan 10 : Tiang Peregang, d : Jarak Gawang antara 1 menara ke menara berikutnya  
Komponen utama dari Fungsi *Konstruksi* dan Pondasi pada sistem transmisi SUTT & SUTET adalah Tiang (*Tower*). Tiang adalah *konstruksi* bangunan yang kokoh untuk menyangga / merentang *konduktor* penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya dengan sekat *isolator*.

## 2.1 Komponen Sistem Transmisi Energi Listrik

### 2.1.1 Konduktor

Kawat dengan bahan *konduktor* untuk saluran transmisi tegangan tinggi selalu tanpa pelindung/isolasi kawat. Ini hanya kawat berbahan tembaga atau aluminium dengan inti baja (*steel-reinforced aluminium cable/ACSR*) telanjang besar yang terbentang untuk mengalirkan arus listrik.

### 2.1.2 Isolator

*Isolator* pada sistem transmisi tenaga listrik disini berfungsi untuk menahan bagian konduktor terhadap *ground*. Isolator disini terbuat dari bahan *porcelain*, tetapi bahan gelas dan bahan isolasi *sintetik* juga sering digunakan disini. Bahan *isolator* harus memiliki resistansi yang tinggi untuk melindungi kebocoran arus dan memiliki ketebalan yang secukupnya (sesuai standar) untuk mencegah *breakdown* pada tekanan listrik tegangan tinggi sebagai pertahanan fungsi isolasi tersebut. Kondisi nya harus kuat terhadap guncangan apapun dan beban konduktor. Jenis *isolator* yang sering digunakan pada saluran transmisi adalah jenis *porcelain* atau gelas.

### 2.1.3 Saluran Tiang Penyangga

Saluran transmisi dapat berupa saluran udara dan saluran bawah tanah, namun pada umumnya berupa saluran udara. Energi listrik yang disalurkan lewat saluran transmisi udara pada umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antar kawat penghantar. Dan untuk menyanggah/merentangkan kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, kawat-kawat penghantar tersebut dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang kokoh, yang biasa disebut menara/tower. Antar menara/tower listrik dan kawat penghantar disekat oleh *isolator*. Konstruksi tower besi baja merupakan jenis konstruksi saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT) ataupun saluran transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET yang paling banyak digunakan di jaringan PLN, karena mudah dirakit terutama untuk pemasangan didaerah pegunungan dan jauh dari jalan raya, harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan penggunaan saluran bawah tanah serta pemeliharaannya yang mudah.

#### 2.1.3.1 Lendutan (Sagging)

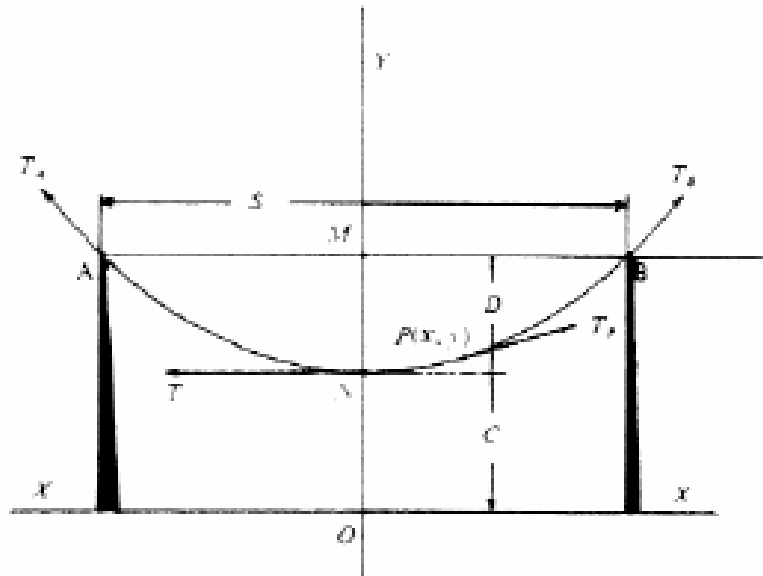
Lendutan (*sagging*) penghantar antar dua tiang ditentukan oleh berat penghantar, jarak rentang dan kuat tarik penghantar. Untuk menghitung lendutan digunakan rumus:

$$D = \frac{WS^2}{ST} \text{ m} \dots\dots\dots (1)$$

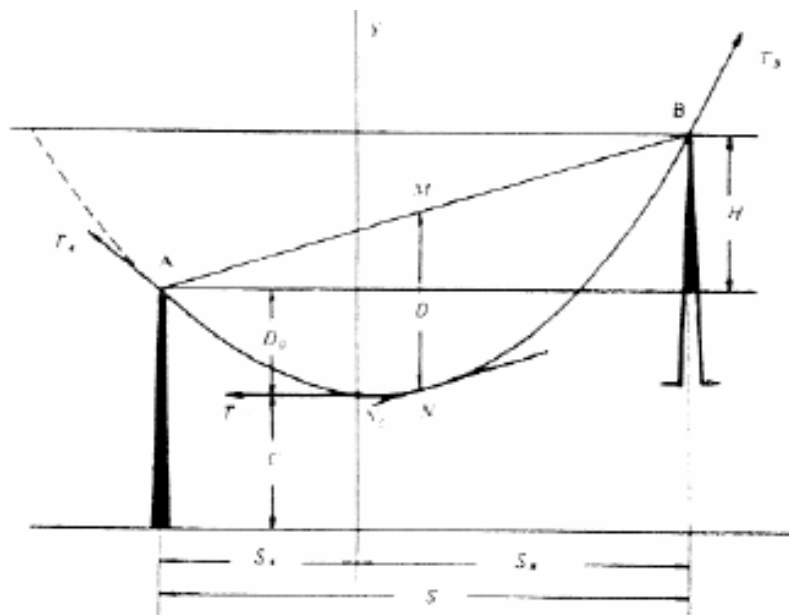
dimana :W = berat penghantar per satuan panjang (kg/m), S = jarak rentang (m), T = kuat tarik penghantar (kg), Untuk tiang yang tidak sama tingginya (gambar-1b), maka rumus lendutan di atas adalah lendutan yang miring (*oblique*), yang hubungannya dengan lendutan datar (Do) adalah :

$$D_o = \frac{D(1 - H)^2}{4D} \dots\dots\dots (2)$$

Untuk suhu dan tekanan angin yang berbeda-beda dihitung dengan rumus tersendiri yang lebih teliti. Lendutan untuk kawat tanah dihitung 80 % dari lendutan penghantar fase pada suhu harian inaksimum 40°C (Zuhal, 2000).



Gambar 2. Tiang Sama tinggi



Gambar 3. Tiang Berbeda Ketinggian

#### 2.1.4 Jarak Rentang / Gawang

Penentuan jarak rentang merupakan kunci dalam mendesain SUTT secara menyeluruh, sehingga perlu dipertimbangkan dari segi ekonomis nya dengan memperhatikan lendutan, konfigurasi penghantar, tinggi tiang, kekuatan tiang, pondasi tiang, jarak bebas minimum dan profil memanjang SUTT. Jarak tentang dasar rentang angin SUTT 70 kV dan

150 kV dengan tiang beton atau tiang baja dimuat dalam Tabel 1 berikut (**Arismunandar, 2004**).

**Tabel 1 Jarak Rentang Dasar Rentang Angin**

No.	Uraian	Satuan	70 kV							150 kV							
			Tiang baja			Tiang beton				Tiang baja			Tiang beton				
			Penghantar fase	Kawat tanah	Penghantar fase	Kawat tanah	Penghantar fase	Kawat tanah	Penghantar fase	Kawat tanah	Penghantar fase	Kawat tanah					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.	Ukuran penghantar fase ACSR dan kaat tanah	mm <sup>2</sup>	185/30	240/40	GSW 38/OP GW	125/30	185/30	240/40	GSW 38/OP GW	240/40	300/50	430/30	GSW 55/OP GW	125/30	185/38	240/40	GSW 55/OP GW
2.	Rentang dasar (maksimum)	m	160	160	160	60	60	60	60	200	200	200	200	80	80	80	80
3.	Rentang angin (maksimum)																
	- Normal	m	220	220	220	80	80	80	80	300	300	300	300	100	100	100	100
	- Penghantar putus	m	160	160	160	60	60	60	60	200	200	200	200	80	80	80	80
4.	Rentang berat (maksimum)																
	- Normal	m	320	320	320	120	120	120	120	400	400	400	400	160	160	160	160
	- Penghantar putus	m	240	240	240	80	80	80	80	300	300	300	300	100	100	100	100
5.	Tarikan beban kerja maksimum	kg	1200	1800	1000	400	600	600	300	1800	2000	2400	1100	400	600	600	400
6.	Suhu sekitar maksimum	C	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
7.	Suhu sekitar minimum	C	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8.	Suhu sekitar harian	C	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9.	Jarak bebas ke tanah minimum	m	8	8	-	8	8	8	-	9	9	9	-	9	9	9	-
10.	Jarak minimum antara penghantar dengan struktur pada posisi diam	m	0.9	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	1.5	1.5	1.5	-	1.5	1.5	1.5	-

Tabel 2 menunjuk kan Jarak rentang dasar rentang berat SUTT 70 kV dan 150 kV dengan tiang beton atau tiang baja (Arismunandar, 2004 )

**Tabel 2. Jarak Rentang Dasar Rentang Berat**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11.	Jarak isolasi minimum pada kondisi berayun maksimum yang bisa terjadi	m	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-	1.3	1.3	1.3	-	1.3	1.3	-
12.	Ayunan maksimum yang diizinkan *)	derajat	40	40	-	40	40	-	40	40	40	-	40	40	-
13.	Jarak minimum antara kawat penghantar fase dan kawat tanah ditengah-tengah rentang	m	3.5	3.5	-	3.5	3.5	-	4.5	4.5	4.5	-	4.5	4.5	-
14.	Tekanan angin arah														
	- Penghantar	kg/m2	40			40			40			40			
	- Tiang	kg/m2	70			70			70			70			
	- Isolator	kg/m2	60			60			60			60			
15.	Faktor keamanan pada beban kerja														
	- Kondisi normal														
	- Tiang gantung		2			2			2			2			
	- Tiang tarik/sudut		2			2			2			2			
	- Pondasi		2.2			2.2			2.2			2.2			
	- Kondisi normal														
	- Tiang gantung		1.5			1.5			1.5			1.5			
	- Pondasi		1.65			1.65			1.65			1.65			
16.	Kuat tarik akhir maksimum penghantar fase dan kawat tanah pada suhu harian, dalam % terhadap kuat tarik maksimum kawat putus	%	20			20			20			20			
17.	Kuat tarik maksimum penghantar fase dan kawat tanah, dalam % terhadap kuat tarik maksimum kawat putus	%	40			40			40			40			
18.	Faktor keamanan isolator dan lengkapannya didasarkan pada beban kerja penghantar fase		2.5			2.5			2.5			2.5			

\*) Berlaku untuk isolator renteng bentuk "I", untuk isolator pejal (rigid) dan isolator dengan konfigurasi tetap ("V" atau "Vee") maka sudut ayunan maksimum sama dengan not

Dengan memperhatikan Standar Gawang berdasarkan SPLNI, maka ketentuan Gawang Standar pada tegangan bias dilihat pada Tabel 3 berikut ini (BSN, 2000):

**Tabel 3. Jarak Rentang Dasar Rentang Berat**

Tegangan Nominal	Gawang Standar (m)
Kurang dari 77 kV	200-250
154 kV	250-300
275 kV	300-350

Penentuan gawang standar merupakan pertimbangan ekonomi dalam perencanaan perancangan menara *transmisi* juga memperhatikan keadaan tanah dan penggunaan tanah.

Jarak bebas minimum penghantar terhadap tanah dan terhadap benda yang berada di bawahnya seperti Tabel berikut (**Timscheff, 1971**).

Tabel 4 Jarak bebas minimum SUTT 70 kV dan 150 kV

No.	Uraian	Jarak bebas minimum (m)	
		70 kV	150 kV
1.	Lapangan terbuka	6.5	7.5
2.	Lalu lintas jalan/jalan raya	8.0	9.0
3.	SUTT, SUTM, SUTR, saluran telepon, entene radio, TV, dan kereta gantung	3.0	4.0
4.	Diatas bangunan tanpa atap tahan api	12.5	13.5
5.	Diatas bangunan dengan atap tahan api	3.5	4.5
6.	Pepohonan, hutan, perkebunan	3.5	4.5
7.	Lapangan olah raga	12.5	13.5
8.	Rel KA biasa	8.0	9.0
9.	Jembatan besi, rangka besi penahan penghantar, kereta rel listrik	3.0	4.0
10.	Titik tertinggi tiang kapal pada kedudukan air pasang tertinggi pada lalu lintas air.	3.0	4.0

## 2.2 Pemilihan Ukuran Konduktor

Perencanaan suatu jaringan juga meliputi penentuan ukuran tipe konduktor. Ukuran dan tipe konduktor ditentukan oleh arus yang lewat melalui konduktor, karena besar penampang konduktor berbanding lurus dengan kapasitas kuat arusnya. Semakin besar kuat arus yang mengalir melalui saluran *transmisi* maka semakin besar pula daya yang mampu dikirim oleh saluran *transmisi*. Kuat arus perphasa pada perencanaan ini berdasarkan pada rumus sebagai berikut (Chapman, 1999).

$$I = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL}} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan I = Arus per fasa (A),  $S_{3\phi}$  = Daya yang dikirim (MVA),  $V_{LL}$  = Tegangan sistem (kV) Dari hasil perhitungan arus per *konduktor* tersebut akan ditentukan jenis dan ukuran konduktor dengan melihat pada table pemilihan ukuran *konduktor*. Kapasitas saluran transmisi dapat dinyatakan sebagai fungsi dari tegangan pada titik penerimaan dan panjang saluran. Standar pemilihan tipe serta ukuran *konduktor* selalu mempertimbangkan faktor - faktor keamanan, sehingga pada pemilihannya akan dipilih ukuran diameter *konduktor* yang lebih besar.

## 2.3 Jatuh Tegangan

Akibat adanya arus yang mengalir dan adanya impedans dalam penghantar, maka akan terjadi jatuh tegangan pada penghantar tersebut.

Persamaan jatuh SUTM adalah :

$$\Delta V = \frac{S_{3\phi} \cdot L \cdot 100 (r \cdot \cos \phi + x \cdot \sin \phi)}{V_{LL}^2} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Dengan S = daya dalam MVA, L = jarak dalam km, r = resistans saluran dalam  $\Omega$ /km dan x = reaktans saluran dalam  $\Omega$ /km.

## 2.4 Pentanahan Kaki Menara

Tahanan kaki menara perlu dibuat sekecil mungkin untuk menghindarkan efek sambaran petir. Tahanan ini ditentukan oleh bentuk fisik tahanan dan tahanan jenis dari tanah (untuk ini dipilih tahanan berbentuk *elektrode* batang ditanam tegak lurus di dalam tanah atau

menggunakan *elektroda* batang berselubung pipa galvanis 2"). Biasanya digunakan rod *elektroda* sepanjang 5,5 m dengan kedalaman yang sama yaitu 5,5 meter dengan jari – jari rod elektroda sebesar 1,27 cm. Berdasarkan standar PT. PLN (Persero) P3B pentanahan kaki menara dipasang pada setiap menara, dengan jumlah pentanahan 4 buah tiap *tower*. Bila tahanan pentanahan masih lebih besar dari 5 ohm, maka diusahakan dengan pentanahan counterpoise yang dibuat dari kawat baja 38 mm<sup>2</sup> sebagai *counterpoise* yang ditanam secara *radial*.

### 3. HASIL DATA PERANCANGAN DAN ANALISIS

#### 3.1 Tegangan

Tegangan sistem *transmisi* yang dipilih adalah 150 kV dengan Daya 35 MVA.

#### 3.2 Panjang Kawat Sutm

Panjang saluran *transmisi* ini adalah 30 km antara gardu induk saju sampai gardu induk Mangkupadi.

#### 3.3 Kapasitas Hantar Arus

Daya yang disalurkan  $S_{3\phi} = 35$  MVA, Tegangan sistem 3 fasa  $V_{LL} = 150$  kV Arus yang melalui kawat SUTM :  $I = 135$ A. Dengan standarisasi Keamanan untuk tegangan *transmisi* 150 kV sebesar 125%. Maka  $1,25 \times 135 = 168,75$  A.

Dengan standarisasi kewanaman untuk tegangan transmisi 150 kV 125%. Berdasarkan Tabel Kabel AAAC Kapasitas Hantar Arus nya adalah tipe kabel AAAC dengan diameter 70 mm<sup>2</sup> dengan  $R = 0,438 \Omega$  dengan hantar arus 255 A.  $X = 0 \Omega$  dengan jari-jari 2,25 mm.

#### 3.4 Penentuan Span Gawang

Perancangan *transmisi* ini memakai jarak 300 m antara satu tiang dengan tiang lainnya.

#### 3.5 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan pada yang didapat pada Perancangan *transmisi* ini adalah 2,04 %.

#### 3.6 Menghitung Andongan

Untuk dua menara yang sama tinggi :

$D = 1,08$  M ( sag normal ;  $t = 20^{\circ} C$  )

Didapat sagging sebesar 1,08 antara dua menara yang sama tinggi.

Panjang total penghantar :  $L_0 = 300,00000168$  m  $\approx 300$  m

Gaya Tarik Pada Tiang = 301,438 m

SAG 2 = 12,7 m (sag max ;  $t = 90^{\circ} C$ )

Untuk dua menara yang berbeda tinggi dengan beda tinggi antar menara  $H = 1$  meter

$D = 1,08$  M

SAG 1 = 0,83m (sag normal ;  $t = 20^{\circ} C$ )

$L_0 = 300,00000168$  m  $\approx 300$  m,  $L_t = 301,438$

$D_2 = 12,7$  m , SAG 2 = 12,45 m (sag max ;  $t = 90^{\circ} C$  ).

Penentuan Jarak Bebas Pada *Conductor* ke Tanah (Phase to Ground Clearence) untuk 2 tower yang sama tinggi nya :

$GC = 6,096 + (V - 50) \cdot 0,0127 + 0,73 (SAG2 - SAG1)$   $GC = 6,096 + (150 - 50) \cdot 0,0127 + 0,73 (12,7 - 1,08)$   $GC = 9,83$  meter

Penentuan Jarak Bebas Pada *Conductor* ke Tanah (Phase to Ground Clearence) untuk 2 tower yang tidak sama tinggi dengan  $H = 1$ m :

$GC = 6,096 + (V - 50) \cdot 0,0127 + 0,73 (SAG2 - SAG1)$



$$GC = 6,096 + (150 - 50) \cdot 0,0127 + 0,73 (12,45 - 0,83) \quad GC = 9,50 \text{ meter.}$$

### 3.7 Isolator

Perhitungan jumlah *isolator* optimal dimaksudkan untuk menentukan jumlah *isolator* pada tiap – tiap menara yang mampu menahan tegangan lebih switching dan lightning pada daerah tertentu. Untuk konfigurasi vertikal maka : Penentuan jumlah *isolator* dengan mengacu pada standar di dapatkan jumlah *isolator* (*jjs*) = 11 maka dipilih *isolator* dengan panjang / tinggi tiap isolator sebesar 146 mm, sehingga panjang rangkaian *isolator* (D):  $D = 10 \times 146 \text{ mm} = 1460 \text{ mm}$ . *Isolator* berkonfigurasi double suspension jumlah *isolator*

$$(jjs) = 2 \text{ jjs} = 2 \times 11 = 22$$

Untuk mencari jarak sambaran ditentukan dengan mengetahui harga kerapatan udara dengan asumsi sepanjang jalur homogen dan kondisi cuaca cerah dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban udara 60%. Untuk mencari jarak sambaran ditentukan dengan mengetahui harga kerapatan udara dengan asumsi sepanjang jalur homogen dan kondisi cuaca cerah dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban udara 60% yaitu :

$$\text{SPF} = \text{D. HS. } \delta \text{ SPF} = 1,46 \times 60\% \times 0,96 = 0,84 \text{ meter}$$

Sedangkan untuk *gap arching horn* fasa pinggir direncanakan yaitu :

$$\text{GFP} = 0,73 \text{ meter.}$$

### 3.8 Resistansi Pentanahan Kaki Menara

Resistansi pentanahan yang di dapat untuk tanah rawa sebesar  $1,47 \Omega$  dan resistansi untuk pentanahan daerah lading sebesar  $4,92 \Omega$ .

## 4. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan simulasi yang dijalankan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut "

Saluran *transmisi* ini menggunakan menara tower tipe AA setinggi 33,8m dan tipe DD setinggi 32,2 m, sirkuit vertikal ganda dengan Tipe Kabel AAAC dengan diameter  $70 \text{ mm}^2$  dengan  $R = 0,438 \Omega$  dengan hantar Arus 255 A.  $X = 0 \Omega$  *isolator* menggunakan *double string* 2x11 buah dan menggunakan menara *transmisi* dengan jarak antar menara 300 m.

Kawat pelindung petir menggunakan 2 buah kawat tanah baja (GSW) dengan jari - jari kawat 0,48 cm dan luas penampang  $55 \text{ mm}^2$ .

Sagging untuk dua menara yang sama tinggi antara 11,08 m – 12,7 m dan untuk dua menara yang berbeda tinggi ( $h = 1\text{m}$ ) antara 10,83 m – 12,45 m.

### 4.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka kita dapat menyarankan :

1. Meskipun penempatan peralatan telah sesuai dengan standar jarak bebas, diharapkan agar manusia berhati - hati saat beraktifitas disekitar saluran *transmisi*.
2. Pada perancangan ini tidak dibahas pengaruh keberatan masyarakat terhadap pembangunan saluran *transmisi* dari *survey* jalur hingga beroperasinya saluran *transmisi*. Sehingga diharapkan suatu saat ada yang meneliti mengenai pengaruh keberatan masyarakat terhadap pembangunan saluran *transmisi*.
3. Perancangan ini untuk selanjutnya perlu diperhitungkan tentang konstruksi menara dan pondasi menara supaya mendapat perhitungan yang tepat dan akurat.
4. Perancangan *transmisi* harus disertai dengan alat pengaman (proteksi) yang handal agar dapat mencegah terjadi Kerusakan/gangguan pada jaringan transmisi.

## DAFTAR RUJUKAN

- A. Arismunandar Dr, S. Kuwara Dr.(2004). *Buku Pegangan Teknik Tegangan Listrik Jilid II, PT. Pradnya Paramita*, Jakarta, Cetakan Ketujuh
- Andrew S. Timscheff. (1971). *Calculation of Gradien for Phase on Three Phase Bundle Conductor Line, IEEE Trans. On Power System App.*
- BSN. (2000). SNI 04-0225-2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL), Standar Perusahaan Listrik Negara.*
- Gonen, Turan. (1988). *Electric of Power Transmission System Engineering, Mc Graw Hill.*
- Zuhal. (2000). *Dasar Teknik Tegangan Listrik dan Elektronika Daya*, Pustaka Utama, Jakarta.
- Chapman, Stephen J. (1999) *Electric Machinery Fundamentals, 2rd Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Singapore, p. 440.*