

PENGARUH INTERNAL DAN EKSTERNAL TERHADAP ANDONGAN PADA PENGHANTAR A3CS 150 mm² PENYULANG MERBAU SUTM 20 KV ULP NABIRE KOTA

Ana Meylia Puspita Dwindi¹, Yosef Lefaan², Suparno³

^{1,2,3}) Teknik Elektro/Universitas Cenderawasih/Indonesia
Email: puspitadwindi129@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:
Diterima 25 07 2025
Direvisi 10 08 2025
Disetujui 15 08 2025

ABSTRACT

The expansion of the Central Papua Province has resulted in increase population and the use of electronic devices. One of the 20 kV medium-voltage overhead distribution lines with the highest load in the PT PLN (Persero) ULP Nabire Kota area is the Merbau Feeder, which uses A3CS-type conductors. When these conductors are strung between poles, they can cause a sag. According to the 2018 Construction Standards of PT PLN (Persero) for the Papua and West Papua Regions, the maximum standard sag for A3CS conductors is 2% of the span length. Sag is influenced by internal factors such as load current and external factors such as ambient temperature. This study aims to determine the effect of increasing load current and ambient temperature on the magnitude of sag. The parameters considered include conductor type and specifications, span length, load current, conductor temperature, and ambient temperature. Data analysis is carried out by calculating the sag and comparing the results with PLN's standards to determine the safety condition of the distribution system. The results show that the maximum sag occurred in February 2025 at 07:00 PM, with the largest sag of 19.37246 cm on the MRBAU 002 – 003, which has the longest span.

Keywords: Line Current, Andongan, Environmental Temperature

ABSTRAK

Pemekaran Provinsi Papua Tengah mengakibatkan jumlah penduduk dan konsumen listrik PLN semakin meningkat. Salah satu saluran distribusi udara tegangan menengah 20 kV yang ada pada wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Nabire Kota dengan pembebanan tertinggi terjadi pada Penyulang Merbau. Penyulang Merbau menggunakan konduktor jenis A3CS. Penggunaan konduktor A3CS yang direntangkan antara dua tiang penyangga pada saluran distribusi dapat menimbulkan andongan. Menurut Standar Konstruksi PT PLN (Persero) Wilayah Papua dan Papua Barat 2018, standar maksimum andongan SUTM dengan jenis konduktor A3CS adalah 2% dari panjang span. Andongan dapat dipengaruhi oleh faktor internal berupa arus beban dan faktor eksternal berupa temperatur lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh peningkatan arus beban saluran distribusi dan temperatur lingkungan terhadap besarnya andongan. Parameter yang diambil antara lain jenis dan tipe konduktor, spesifikasi konduktor, jarak antar gawang, data arus beban dan suhu konduktor, serta data temperatur lingkungan. Analisa data dilakukan dengan cara menghitung nilai andongan dan membandingkan hasil yang didapat dengan standar PLN yang berlaku. Sehingga dapat diketahui kondisi keamanan sistem saluran distribusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai andongan maksimum akibat arus beban terjadi pada bulan Februari 2025 pukul 19.00 WIT dengan andongan terbesar 19,37246 cm pada tiang MRBAU 002 – 003 dengan jarak span terpanjang.

Kata Kunci: Andongan, Arus Saluran, Temperatur Lingkungan

Penulis Korespondensi:

Ana Meylia Puspita Dwindi,
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Cenderawasih,
Email: puspitadwindi129@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia melalui program pemekaran di wilayah Provinsi Papua Tengah yang baru mengakibatkan jumlah penduduk dan pengguna teknologi elektronik membutuhkan energi yang semakin besar. PT PLN (Persero) selaku perusahaan BUMN dibidang ketenagalistrikan berupaya agar dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang aman, handal, dan ekonomis bagi masyarakat dan lingkungan.

Salah satu saluran distribusi udara tegangan menengah 20 kV yang ada pada wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Nabire Kota dengan pembebanan tertinggi terjadi pada Penyulang Merbau. Pada Penyulang Merbau menggunakan saluran udara dengan konduktor jenis A3CS.

Setiap kawat atau konduktor yang direntangkan antara kedua tiang penopang memiliki jarak lenturan yang telah dihitung melalui garis lurus (Horizontal) kedua tiang sehingga membentuk suatu andongan (sag). Andongan konduktor dipengaruhi oleh dua faktor utama, yakni faktor internal dan faktor eksternal.

Pengaruh internal berupa arus beban pada konduktor akan mengakibatkan bertambahnya berat pada konduktor. Berat konduktor dapat memicu tegangan tarik di penampang konduktor. Apabila menimbulkan tegangan tarik yang kuat maka akan menyebabkan konduktor putus atau merusak tiang pengikat konduktor.

Sedangkan pengaruh temperatur lingkungan akan menyebabkan bertambahnya panjang konduktor sehingga panjang andongan akan bertambah dan tegangan tarik berkurang, hal ini diakibatkan karena berubahnya tegangan kawat yang diakibatkan perubahan pada temperatur lingkungan.

Berdasarkan latar rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perhitungan dan pengaruh besarnya andongan yang diakibatkan oleh pengaruh internal arus beban dan pengaruh

eksternal berupa temperatur lingkungan di sekitar konduktor terhadap nilai andongan yang diperbolehkan berdasarkan Standar Kontruksi Distribusi PLN Wilayah Papua dan Papua Barat Tahun 2018 sehingga dapat diketahui jarak aman SUTM 20 kV yang sesuai standar pada Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 606.K/DIR/2010.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Andongan (Sag)

Andongan (sag) adalah jarak lenturan dari bentangan konduktor diantara tiang-tiang penyangga yang telah dihitung melalui garis horizontal kedua tiang. Ukuran lenturan konduktor bergantung pada panjang serta berat konduktor atau panjang gawang (span).

Berat pada konduktor tergantung dari :

- Berat konduktor itu sendiri
- Berat karena adanya es atau salju yang lengket pada kawat.
- Berat karena adanya tekanan angin.

Besar andongan tergantung dari suhu udara sekeliling saluran. Pada siang hari, karena terik panas matahari, kawat juga akan menjadi panas dan sedikit memanjang dan andongan akan menjadi lebih besar, sebaliknya pada malam hari dengan kondisi udara yang lebih dingin, kawat akan menjadi lebih pendek sehingga mengencang dan andongan akan mengecil.

Faktor internal yang dapat berdampak pada besar kecilnya andongan yakni :

- Berat konduktor per satuan panjang
- Jarak diantara kedua tiang (*Span*)
- Temperature konduktor

Selain faktor internal, andongan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal. Faktor eksternal tersebut diantaranya yaitu :

- Suhu lingkungan di sekitar konduktor
- Tekanan angin
- Abu (biasanya disekitar gunung merapi dan di wilayah pabrik namun tidak terlalu berdampak pada karakteristik mekanis kecil sehingga tidak dihitung).

- Es maupun salju, Indonesia memiliki iklim tropis sehingga salju dan es tidak perlu diperhatikan (Abdul, 1998).

Struktur fisik dari SUTM biasanya melibatkan penggunaan tiang distribusi yang bervariasi tergantung pada medan dan kondisi lingkungan setempat. Tiang yang digunakan untuk SUTM sering kali didesain untuk mampu menahan tegangan mekanis dari konduktor serta menahan beban akibat faktor-faktor eksternal seperti angin, hujan, dan korosi yang dapat menambah berat konduktor. Tiang ini dibangun dengan tinggi yang cukup untuk menjaga jarak aman antara konduktor dengan tanah atau bangunan di bawahnya, sehingga memastikan keselamatan publik dan mencegah gangguan operasional.

Menurut Standar Konstruksi PT PLN (Persero) Wilayah Papua dan Papua Barat Tahun 2018, perhitungan panjang konduktor per fasa dihitung dengan memperkirakan maksimal sagging / andongan dari panjang SUTM sebagai berikut.

Tabel 1. Standar Andongan pada SUTM

JENIS	ANDONGAN
AAAC	1,5 %
AAAC-S	2,0 %

Terdapat ketentuan ruang bebas dan jarak aman yang harus dipenuhi agar keselamatan manusia dan ekosistem tetap terjaga serta keamanan saat pengoperasian. Jarak aman jaringan terhadap bangunan lain menurut Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 606.K/DIR/2010 tentang standar konstruksi jaringan tegangan menengah tenaga listrik, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Jarak Aman SUTM

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

2.2 Panas Akibat Arus Saluran

Besarnya panas konduktor bergantung pada nilai arus dan resistansi pada suhu konduktornya. Arus yang mengalir pada kawat konduktor akan menyebabkan timbulnya rugi-rugi berupa panas. Persamaan untuk mencari besarnya rugi-rugi akibat panas saluran dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$W_c = R (1 + \alpha (T_0 - 20)) I^2 \quad (1)$$

Keterangan :

- W_c = rugi-rugi atau panas yang diakibatkan arus saluran (watt / meter)
 R = resistansi konduktor pada temperatur 20 °C (Ω)
 α = koefisien temperatur
 I = arus penghantar (A)
 T = suhu pada T_0 (°C)

2.3 Pengaruh Arus Beban Terhadap Andongan

Besarnya arus yang melewati konduktor menyebabkan terjadinya rugi - rugi berupa panas. Perubahan temperatur konduktor terhadap perubahan temperatur lingkungan rata-rata menghasilkan pertambahan berat pada konduktor tersebut. Pertambahan berat didapatkan melalui rumus (Reza, 2020):

$$m c_a \cdot (T_c - T_a) = W_c \quad (2)$$

Keterangan :

- m = pertambahan berat yang dihasilkan panas konduktor (kg/m)
 c_a = kalor jenis aluminium (900 J/kg °C)
 T_c = temperatur konduktor (°C)
 T_a = temperatur lingkungan rata-rata (°C)
 W_c = rugi-rugi atau panas (Watt/meter)

Pertambahan berat total konduktor menjadi :

$$w_{total} = w + m \quad (3)$$

Pertambahan berat yang terjadi karena perubahan temperatur menyebabkan tegangan kawat konduktor menjadi berkurang, sehingga perubahan tegangan kawat (*tension*) dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\Delta T_{tension} = - E \cdot \alpha \cdot A \cdot \Delta T_{suhu} \quad (4)$$

Keterangan :

- $\Delta T_{tension}$ = perubahan tegangan pada konduktor (kg)

E = modulus elastisitas konduktor (70.000 N/mm²)
 α = koefisien muai panjang konduktor (23 x 10⁻⁶ /°C)
 A = luas Penampang (mm²)
 ΔT_{suhu} = perubahan suhu (°C)

Tegangan kawat pada konduktor menjadi :

$$T_t = T_{mula-mula} + \Delta T_{tension} \quad (5)$$

Keterangan :

T_t = Tegangan konduktor akhir (kg)

Mencari nilai andongan akibat faktor internal yaitu perubahan arus saluran atau arus beban puncak dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini :

$$D = \frac{w_{total} \times S^2}{8T_t} \quad (6)$$

Keterangan :

D = Andongan (m)
 w_{total} = Berat konduktor total (kg/m)
 T_t = Tegangan kawat akhir (kg)
 S = Jarak antar Menara / *Span* (m)

2.4 Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Andongan

Andongan dapat berubah - ubah sesuai dengan temperatur lingkungan di sekitar kawat. Kenaikan temperatur lingkungan dapat menambah panjang konduktor sehingga panjang andongan dapat bertambah.

Perubahan pada temperatur lingkungan mengakibatkan tegangan kawat berubah. Perubahan tegangan kawat tersebut dapat ditentukan dengan persamaan berikut

$$\sigma_t^3 + A\sigma_t^2 = B \quad (6)$$

Dimana :

$$A = \frac{L^2 \gamma^2}{24 \sigma^2} E + \alpha E (t_2 - t_1) - \sigma \quad (7)$$

$$B = \frac{L^2 \gamma^2 E}{24} \quad (8)$$

Keterangan :

α = koefisien muai panjang kawat (/°C)
 E = modulus elastisitas kawat (N/m²)
 t_1 = temperatur lingkungan mula - mula (°C)

t_2 = temperatur lingkungan akhir (°C)
 $a = L$ = panjang gawang (m)
 q = luas permukaan kawat (mm²)
 $\sigma = \frac{T}{q}$ = tegangan spesifik kawat (kg/mm²)
 T = tegangan kawat (kg)
 $\gamma = \frac{W}{q}$ = berat spesifik kawat (kg/m/ mm²)
 W = berat kawat (kg/m)
 σ_t = tegangan spesifik kawat pada t °C (kg/mm²)

Setelah nilai σ_t diketahui, maka tegangan kawat dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_t = \sigma_t \cdot q$$

Dimana : T_t = Tegangan kawat pada t °C (kg)

Mencari nilai andongan akibat faktor eksternal yaitu perubahan temperatur lingkungan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Anna, 2016) :

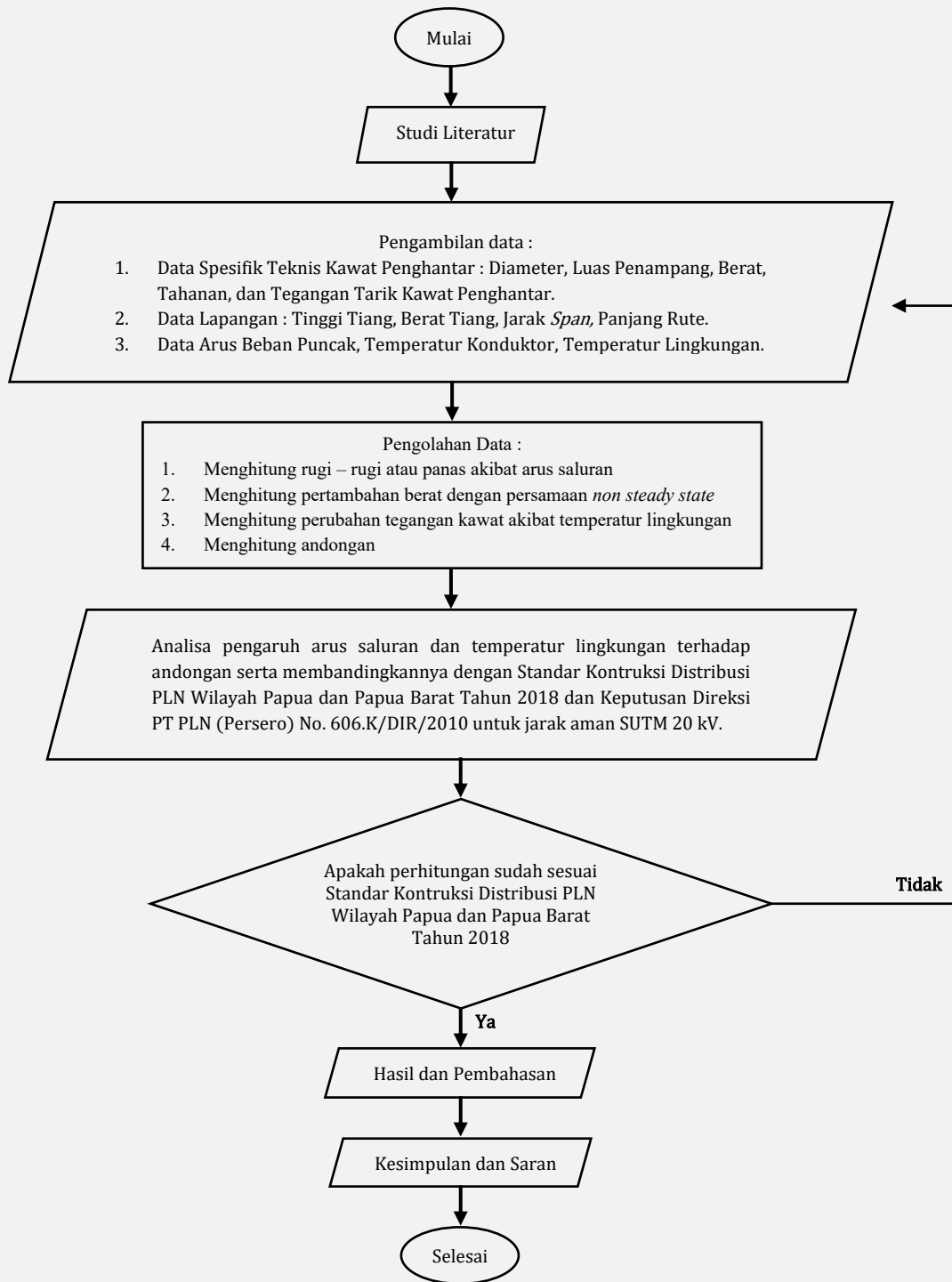
$$D = \frac{S^2 \times w}{8T_t}$$

Keterangan :

D = Andongan (m)
 w = Berat konduktor (kg/m)
 S = Jarak antar Menara / *Span* (m)
 T_t = Tegangan kawat pada t °C (kg)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengambilan data dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Nabire Kota dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kabupaten Nabire. Metode yang digunakan adalah studi literatur, observasi, wawancara, dan pengambilan dokumentasi kemudian didapatkan data sekunder berupa data kuantitatif diantaranya yaitu tinggi tiang, jarak span, panjang rute, data spesifik teknis konduktor A3CS, arus beban, suhu konduktor, dan temperatur rata-rata di lingkungan Nabire. Teknik pengolahan data statistika dalam penelitian ini menggunakan penghitungan manual dengan kalkulator *scientific* dan *Software Microsoft Excel* dari persamaan rumus yang ada. Sedangkan, metode analisis data menggunakan teknik analisis data statistik deskriptif yang akan dibandingkan dengan standar.

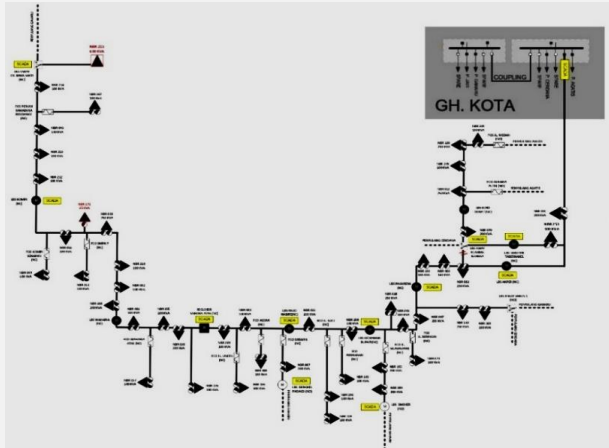


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

Penyulang Merbau merupakan salah satu dari saluran distribusi di wilayah cakupan PT PLN (Persero) ULP Nabire Kota UP3 Nabire. Penyulang Merbau ini terdapat 570 tiang dengan panjang rute sepanjang 29,8 km.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang Merbau

Tabel 3. Data Lapangan

Jenis Konduktor	A3CS
Panjang Rute	29,8 kms
Tinggi Tiang (h)	11 m
Jumlah Tiang	570 tiang
Berat Tiang	156 daN
Luas Penampang Konduktor (A)	150 mm ²
Diameter Konduktor (d)	21,8 mm
Jarak Span (S)	MRBAU 002 - 003 = 47,98 m MRBAU 003 - 004 = 46,00 m MRBAU 004 - 005 = 44,69 m
Tahanan Konduktor (R)	0,225 ohm / km
Tegangan Tarik Kawat (T)	4.190 kg
Tegangan Kawat Spesifik (σ)	$4.190 / 150 = 27,933$ kg/mm ²
Berat Kawat per Meter (w)	0,593 kg/m
Berat Kawat Spesifik (γ)	$0,593 / 150 = 0,00395$ kg/m/mm ²
Modulus Elastisitas (E)	70 GPa = 70.000 N/mm ²

Tabel 4. Data Arus Beban Puncak dan Temperatur Konduktor

Bulan	Tahun	Arus Puncak (A) 19.00 WIT	Suhu Konduktor (°C)
Januari	2024	93,67	37,4
Februari	2024	98,00	39,1
Maret	2024	97,33	38,8
April	2024	94,67	37,0
Mei	2024	96,33	37,9
Juni	2024	87,00	35,3
Juli	2024	90,33	36,4
Agustus	2024	100,00	38,5
September	2024	107,33	40,4
Oktober	2024	88,67	35,7
November	2024	108,67	40,5
Desember	2024	107,00	40,4
Januari	2025	105,00	39,8
Februari	2025	110,00	41,2
Maret	2025	100,67	38,5

Tabel 5. Data Arus Beban Minimum dan Temperatur Konduktor

Bulan	Tahun	Arus Min (A) 08.00 WIT	Suhu Konduktor (°C)
Januari	2024	66,00	30,3
Februari	2024	68,33	30,9
Maret	2024	66,00	30,3
April	2024	71,00	32,2
Mei	2024	68,00	30,9
Juni	2024	68,67	31,0
Juli	2024	65,00	30,1
Agustus	2024	68,00	30,9
September	2024	75,00	33,4
Oktober	2024	72,00	32,5
November	2024	76,33	33,6
Desember	2024	77,33	34,0
Januari	2025	73,67	32,7
Februari	2025	81,33	35,6
Maret	2025	77,67	34,1

Tabel 6. Data Temperatur Lingkungan

Bulan	Tahun	Suhu Min Th (°C)	Suhu Maks Tx (°C)	Suhu Rata - Rata Tavg (°C)
Januari	2024	24,9	33,0	28,3
Februari	2024	24,6	32,4	27,8
Maret	2024	24,1	31,3	27,6
April	2024	24,4	31,6	27,9
Mei	2024	24,5	31,8	27,9
Juni	2024	24,2	31,3	27,3
Juli	2024	23,9	31,4	27,0
Agustus	2024	24,0	31,3	27,1
September	2024	24,1	31,6	27,6
Oktober	2024	24,1	31,3	27,3
November	2024	24,3	31,7	27,6
Desember	2024	24,4	31,5	27,5
Januari	2025	24,2	30,9	27,2
Februari	2025	24,0	31,6	27,3
Maret	2025	24,3	31,2	27,3

4.2 Hasil

1. Perhitungan Andongan Akibat Arus Beban Puncak Pukul 19.00 WIT Bulan Januari 2024

Menghitung nilai rugi – rugi atau panas yang diakibatkan oleh arus saluran yang terukur pada pukul 19.00 WIT.

$$\begin{aligned}W_c &= R (1 + \alpha (T - 20)) I^2 \\W_c &= 0,225 (1 + 4,03 \times 10^{-3} (228,1 - 20)) 93,67^2 \\W_c &= 3629,79 \text{ W/km}\end{aligned}$$

Menghitung pertambahan berat yang dihasilkan oleh panas arus konduktor.

$$\begin{aligned}m (c_a) \cdot (T_c - T_a) &= W_c \\m (900) \cdot (37,4 - 28,3) &= 3629,79 \\m &= 0,4432 \text{ kg/km}\end{aligned}$$

Berat total konduktor menjadi :

$$\begin{aligned}w_{total} &= w + m \\w_{total} &= 593 + 0,4432 \\w_{total} &= 593,4432 \text{ kg/km} \\w_{total} &= 0,5934432 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Mencari nilai perubahan tegangan kawat (*tension*) setelah terjadinya pertambahan berat. Perubahan tegangan kawat menjadi :

$$\begin{aligned}\Delta T_{tension} &= -E \cdot \alpha \cdot A \cdot \Delta T_{suhu} \\ \Delta T_{tension} &= -70.000 \times 23 \times 10^{-6} \times 150 \times (37,4 - 28,3) \\ \Delta T_{tension} &= -2197,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

Pertambahan berat konduktor menyebabkan berkurangnya kekuatan tarik atau tegangan kawat sehingga nilai dari perubahan tegangan kawat bernilai negatif.

Menghitung nilai tegangan kawat yang dipengaruhi oleh suhu. Tegangan kawat pada konduktor menjadi :

$$\begin{aligned}T_t &= T_{mula-mula} + \Delta T_{tension} \\T_t &= 4190 - 2197,65 \\T_t &= 1992,35 \text{ kg}\end{aligned}$$

Besarnya andongan tiang MRBAU 002 - 003 dengan jarak span terpanjang 47,98 meter yang

Nilai andongan tiang MRBAU 002 - 003 dengan jarak span terpanjang 47,98 meter akibat faktor eksternal yaitu perubahan temperatur lingkungan pada bulan Januari 2024.

$$\begin{aligned}D &= \frac{S^2 \times w}{8T_t} \\D &= \frac{47,98^2 \times 0,593}{8 \times 1782,00} \\D &= 0,0957585 \text{ m}\end{aligned}$$

dipengaruhi oleh arus beban puncak pada bulan Januari 2024 pukul 19.00 WIT.

$$\begin{aligned}D &= \frac{w_{total} \times S^2}{8T} \\D &= \frac{0,5934432 \times 47,98^2}{8 \times 1992,35} \\D &= 0,0857125 \text{ m} \\D &= 8,57125 \text{ cm}\end{aligned}$$

2. Perhitungan Andongan Akibat Temperatur Lingkungan Bulan Januari 2024

Perubahan temperatur lingkungan mengakibatkan tegangan kawat berubah. Perubahan tegangan kawat tersebut dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\sigma_t^3 + A\sigma_t^2 = B$$

Untuk menghitung nilai A

$$\begin{aligned}A &= \frac{L^2 \gamma^2}{24 \sigma^2} E + \alpha E (t_2 - t_1) - \sigma \\A &= \frac{47,98^2 \times 0,00395^2}{24 \times 27,933^2} \times 70.000 + \\&\quad 23 \times 10^{-6} \times 70.000 (33,0 - 24,9) - 27,933 \\A &= -11,142\end{aligned}$$

Sedangkan, nilai B dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}B &= \frac{L^2 \gamma^2 E}{24} \\B &= \frac{47,98^2 \times 0,00395^2 \times 70.000}{24} \\B &= 104,76\end{aligned}$$

Nilai A dan B disubstitusikan ke persamaan menjadi :

$$\sigma_t^3 - 11,142 \sigma_t^2 = 104,76$$

Mencari nilai σ_t digunakan persamaan ekuivalen, maka hasilnya :

$$\sigma_t = 11,88 \text{ kg/mm}^2$$

Setelah nilai σ_t diketahui, maka tegangan kawat yang dipengaruhi oleh temperatur lingkungan yaitu :

$$\begin{aligned}T_t &= \sigma_t \cdot q \\T_t &= 11,88 \times 150 \\T_t &= 1782,00 \text{ kg} \\D &= 9,57585 \text{ cm}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan besarnya andongan saat dipengaruhi oleh arus beban minimum maupun beban puncak, serta temperatur lingkungan pada bulan - bulan selanjutnya dapat menggunakan persamaan rumus-rumus yang sama pada perhitungan sebelumnya dengan

bantuan penghitungan menggunakan kalkulator dan *Microsoft Excell*.

Tabel 7. Data Hasil Perhitungan Andongan Akibat Faktor Internal (Arus Beban)

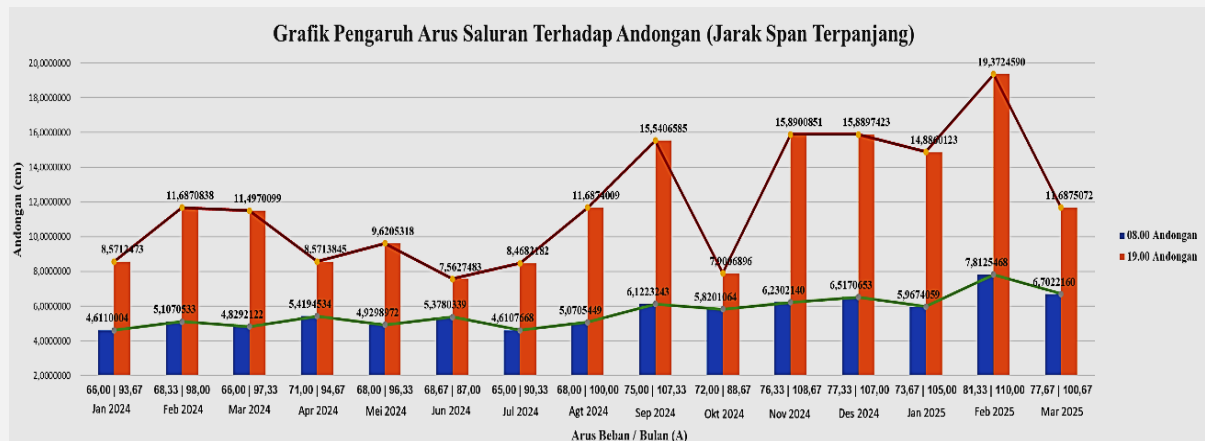
Bulan	Tahun	08.00 WIT				19.00 WIT			
		I_{min} (A)	$D_{terpanjang}$ (cm)	D_{sedang} (cm)	$D_{terpendek}$ (cm)	I_{maks} (A)	$D_{terpanjang}$ (cm)	D_{sedang} (cm)	$D_{terpendek}$ (cm)
Januari	2024	66,00	4,61100	4,23829	4,00033	93,67	8,57125	7,87842	7,43608
Februari	2024	68,33	5,10705	4,69424	4,43068	98,00	11,68708	10,74240	10,13926
Maret	2024	66,00	4,82921	4,43886	4,18964	97,33	11,49701	10,56769	9,97436
April	2024	71,00	5,41945	4,98139	4,70171	94,67	8,57138	7,87855	7,43620
Mei	2024	68,00	4,92990	4,53141	4,27699	96,33	9,62053	8,84289	8,34640
Juni	2024	68,67	5,37803	4,94332	4,66577	87,00	7,56275	6,95144	6,56115
Juli	2024	65,00	4,61077	4,23807	4,00012	90,33	8,46822	7,78372	7,34670
Agustus	2024	68,00	5,07054	4,66069	4,39901	100,00	11,68740	10,74269	10,13954
September	2024	75,00	6,12232	5,62745	5,31149	107,33	15,54066	14,28449	13,48248
Oktober	2024	72,00	5,82011	5,34966	5,04930	88,67	7,90069	7,26207	6,85433
November	2024	76,33	6,23021	5,72662	5,40509	108,67	15,89009	14,60567	13,78562
Desember	2024	77,33	6,51707	5,99028	5,65395	107,00	15,88974	14,60535	13,78533
Januari	2025	73,67	5,96741	5,48505	5,17709	105,00	14,88601	13,68275	12,91453
Februari	2025	81,33	7,81255	7,18105	6,77786	110,00	19,37246	17,80656	16,80680
Maret	2025	77,67	6,70222	6,16047	5,81458	100,67	11,68751	10,74279	10,13963

Tabel 8. Data Hasil Perhitungan Andongan Akibat Faktor Eksternal (Temperatur Lingkungan)

Bulan	Tahun	T_n (°C)	T_x (°C)	ΔT (°C)	$D_{terpanjang}$ (cm)	D_{sedang} (cm)	$D_{terpendek}$ (cm)
Januari	2024	24,9	33,0	8,1	9,57585	8,80182	8,30764
Februari	2024	24,6	32,4	7,8	9,23386	8,48747	8,01094
Maret	2024	24,1	31,3	7,2	8,62480	7,92765	7,48255
April	2024	24,4	31,6	7,2	8,62480	7,92765	7,48255
Mei	2024	24,5	31,8	7,3	8,71733	8,01269	7,56282
Juni	2024	24,2	31,3	7,1	8,52782	7,83851	7,39841
Juli	2024	23,9	31,4	7,5	8,92244	8,20123	7,74077
Agustus	2024	24,0	31,3	7,3	8,71733	8,01269	7,56282
September	2024	24,1	31,6	7,5	8,92244	8,20123	7,74077
Oktober	2024	24,1	31,3	7,2	8,62480	7,92765	7,48255
November	2024	24,3	31,7	7,4	8,81869	8,10587	7,65076
Desember	2024	24,4	31,5	7,1	8,52782	7,83851	7,39841
Januari	2025	24,2	30,9	6,7	8,16077	7,50112	7,07997
Februari	2025	24,0	31,6	7,6	9,02150	8,29228	7,82671
Maret	2025	24,3	31,2	6,9	8,34026	7,66610	7,23569

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

1. Pengaruh Arus Beban Terhadap Nilai Andongan



Gambar 2. Grafik Hasil Perhitungan Andongan Akibat Arus Beban Pada Tiang MRBAU 002 – MRBAU 003



Gambar 3. Pengaruh Arus Beban Puncak Terhadap Andongan

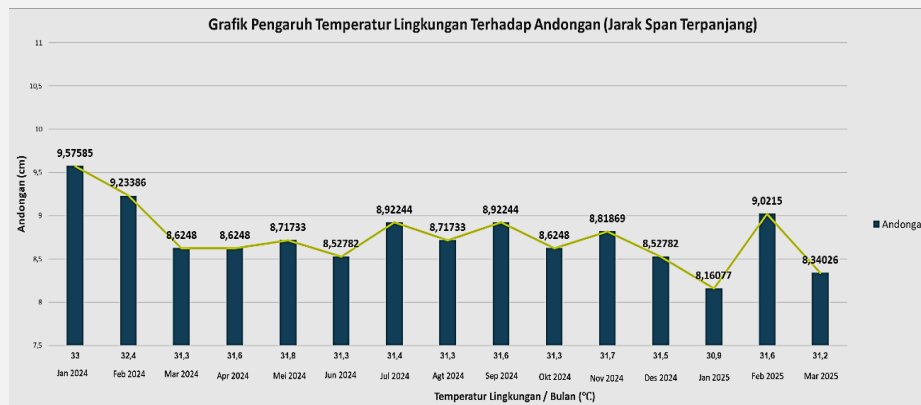
Hasil perhitungan andongan akibat arus beban dapat ditunjukkan melalui grafik pada Gambar 2, dengan nilai andongan terbesar / tertinggi terjadi saat pukul 19.00 WIT bulan Februari 2025 yaitu pada tiang MRBAU 002 – MRBAU 003 ketika arus beban puncak maksimum mencapai 110,00 A dengan nilai andongan sebesar 19,3724590 cm. Sedangkan, nilai andongan terkecil / terendah terjadi pada pukul 08.00 WIT bulan Juli 2024 yaitu pada tiang MRBAU 004 – MRBAU 005 ketika arus beban minimum mencapai 65,00 A dengan nilai andongan sebesar 4,00012 cm.

Nilai andongan pada pukul 19.00 WIT lebih besar dibandingkan pada pukul 08.00 WIT dikarenakan pada pukul 19.00 WIT terjadi

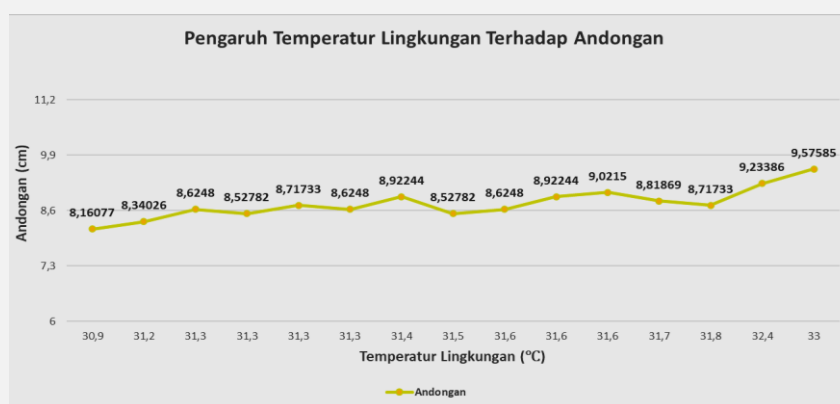
beban puncak sehingga nilai arus bebannya lebih besar.

Terlihat pada Gambar 3, semakin besar nilai arus beban pada distribusi yang terjadi maka nilai andongan juga akan semakin besar. Arus beban yang tinggi akan menimbulkan rugi – rugi panas yang dapat menyebabkan pertambahan berat pada konduktor. Pertambahan berat konduktor menyebabkan berkurangnya kekuatan tarik atau tegangan kawat. Apabila nilai tegangan kawat (tension) semakin kecil maka akan mempengaruhi nilai andongan yang semakin besar.

2. Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Nilai Andongan



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Andongan Akibat Temperatur Lingkungan (Jarak Span Terpanjang)



Gambar 5. Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Andongan

Hasil perhitungan andongan akibat temperatur lingkungan dapat ditunjukkan melalui grafik pada Gambar 4, dengan nilai andongan terbesar / tertinggi terjadi pada bulan Januari 2024 yaitu ketika temperatur lingkungan maksimum mencapai suhu 33 °C dengan nilai andongan sebesar 9,57585 cm. Sedangkan, nilai andongan terkecil / terendah terjadi bulan Januari 2025 yaitu ketika temperatur lingkungan minimum pada suhu 30,9 °C dengan nilai andongan sebesar 8,16077 cm.

Terlihat pada grafik Gambar 5, semakin tinggi temperatur lingkungan di sekitar saluran distribusi yang terjadi maka nilai andongan juga akan semakin besar. Kenaikan temperatur lingkungan mengakibatkan pertambahan panjang konduktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tarik atau tegangan kawat (tension) yang semakin berkurang. Apabila nilai tegangan kawat (tension) semakin kecil maka akan mempengaruhi nilai andongan yang semakin besar.

Menurut Standar yang ditetapkan pada Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 606.K/DIR/2010, jarak aman minimum tinggi konduktor di atas atap rumah untuk tiang SUTM 20 kV adalah 2 meter dan batas andongan maksimum yang boleh dicapai sesuai dengan Standar Kontruksi Distribusi PLN Wilayah Papua dan Papua Barat Tahun 2018 adalah 1 meter atau 100 cm. 1. Nilai andongan terbesar ketika dipengaruhi oleh arus beban maupun temperatur lingkungan menunjukkan masih dalam kondisi aman sesuai standar dan tidak melebihi ruang bebas yang ditetapkan.

3. KESIMPULAN

Pengaruh internal dan eksternal terhadap andongan pada penghantar A3CS pada Penyulang Merbau dari hasil perhitungan dan analisa yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisa perhitungan nilai maksimum andongan saat dipengaruhi oleh arus beban terjadi pada pukul 19.00 WIT bulan

Februari 2025 ketika arus beban puncak maksimum mencapai 110,00 A dengan andongan sebesar 19,3724590 cm. Berdasarkan Standar Kontruksi Distribusi PLN Wilayah Papua dan Papua Barat Tahun 2018, andongan masih dalam kategori sesuai standar PLN dan tidak mengganggu ruang bebas antara konduktor dengan atap rumah.

2. Analisa perhitungan nilai maksimum andongan saat dipengaruhi oleh temperatur lingkungan terjadi saat temperatur lingkungan mencapai suhu 33 oC dengan andongan sebesar 9,57585 cm. Berdasarkan Standar Kontruksi Distribusi PLN Wilayah Papua dan Papua Barat Tahun 2018, andongan masih dalam kategori sesuai standar PLN dan tidak mengganggu ruang bebas antara konduktor dengan atap rumah.
3. Pengaruh arus beban pada penghantar A3CS yang semakin besar akan menimbulkan rugi – rugi panas yang dapat menyebabkan pertambahan berat pada konduktor. Konduktor yang semakin berat akan menyebabkan berkurangnya kekuatan tarik atau tegangan kawat. Apabila nilai tegangan kawat (tension) semakin kecil maka akan mempengaruhi nilai andongan yang semakin besar.
4. Pengaruh temperatur lingkungan di sekitar saluran distribusi yang terjadi akan mengakibatkan pertambahan panjang konduktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tarik atau tegangan kawat (tension) yang semakin berkurang. Apabila nilai tegangan kawat (tension) semakin kecil maka akan mempengaruhi nilai andongan yang semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji Putra Mahendra, Bramantya. 2019. Pengaruh Suhu Lingkungan Terhadap Andongan Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi T.52-T53 TMII – Poncol Untuk Menentukan Jarak Bebas Vertikal. Tugas Akhir. Sekolah Tinggi Teknik – PLN (STT – PLN). Jakarta.
- [2] Asrul, Junaidi. 2016. Reconnecting Sambungan Rumah (SR) Pada Gardu 079 Sovia Untuk Mengurangi Losses di PT PLN (Persero) Rayon Bukittinggi (Menggunakan Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan). Jurnal. Politeknik Negeri Padang. Padang.
- [3] Dwi Haryadi, dkk. 2022. Evaluasi Koordinasi Pemutus (PMT) dengan Recloser (PBO) Pada Penyulang 20 kV Rayon Wonogiri. Jurnal. Institut Teknologi Nasional Yogyakarta. Yogyakarta.
- [4] Hestikah Eirene Patoding. 2019. “Energi dan Operasi Tenaga Listrik Dengan Aplikasi Etap”. Yogyakarta : Deepublish.
- [5] Hutaeruk, T. S. 1999. “Transmisi Daya Listrik”. Jakarta : Erlangga.
- [6] Kadir, Abdul. 1998. “Transmisi Tenaga Listrik”. Jakarta : Universitas Indonesia.
- [7] Keputusan Direksi PT PLN (Persero). 2010. Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. Jakarta Selatan. Perusahaan Listrik Negara.
- [8] Keputusan Direksi PT PLN (Persero). 2010. Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Jakarta Selatan. Perusahaan Listrik Negara.
- [9] Keputusan General Manager PT PLN (Persero). 2018. Standar Konstruksi Distribusi PLN Wilayah Papua dan Papua Barat. Jayapura. Perusahaan Listrik Negara.
- [10] Lastya, Hari Anna. 2016. Analisa Pengaruh Eksternal dan Internal Terhadap Andongan dan Tegangan Tarik Pada Saluran Transmisi 150 kV. Jurnal. Universitas Islam Negeri Ar – Raniry. Aceh.
- [11] M. Amin dan Bima Mustaqim. 2022. “Distribusi Sistem Tenaga Listrik”. Yogyakarta : Teknosain.
- [12] Suhadi dan T. Wrahatnolo. 2008. “Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1”. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [13] Suropto, Slamet Ir. 2017. “Sistem Tenaga Listrik”. Yogyakarta : LP3M UMY.
- [14] Suswato, Daman. 2009. Diktat Kuliah : “Sistem Distribusi Tenaga Listrik”. Jurusan Teknik Elektro. Padang : Institut Teknologi Padang.
- [15] Hasan, M. Iqbal. 2002. Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya. Jurnal. Ghalia Indonesia, Bogor.

- [16] Sudjana. 2001. Metode & Teknik Pembelajaran Partisipatif. Bandung : Falah Production.