

# ANALISA PENGARUH EKSTERNAL DAN INTERNAL TERHADAP ANDONGAN DAN TEGANGAN TARIK PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV

Hari Anna Lastya

Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry  
halastya@gmail.com

## **Abstrak:**

Saluran transmisi udara umumnya menggunakan konduktor jenis ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) yang memiliki batas temperatur kerja yang diizinkan sebesar 90°C. Permasalahan utama dari penggunaan konduktor ACSR adalah timbulnya andongan dan tegangan tarik. Andongan dan tegangan tarik dapat meningkat akibat arus saluran, tekanan angin dan temperatur lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh arus saluran, temperatur lingkungan, dan tekanan angin terhadap andongan dan tegangan tarik konduktor. Metode yang digunakan untuk menentukan andongan dan tegangan tarik adalah metode catenary. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa andongan dapat meningkat sebesar 0,00012% akibat pengaruh 1 Ampere arus saluran, 0,415% akibat pengaruh 1°C temperatur lingkungan, dan 0,0002% akibat pengaruh 1 m/s kecepatan angin. Tegangan tarik tidak berubah apabila dipengaruhi kenaikan 1 ampere arus saluran, tetapi dapat meningkat 0,000001% apabila dipengaruhi 1 m/s kecepatan angin. Sebaliknya, setiap kenaikan temperatur 1°C, tegangan tarik berkurang 0,0407%.

**Kata Kunci :** Saluran transmisi, ACSR, andongan, tegangan tarik

## **Abstract:**

Most overhead transmission lines use with a type of ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced). This conductor has a limited temperature up to 90°C. At present, the need for electricity is increasing rapidly. The need for reliable electricity transmission is demanding. Problems associated with the transmission lines are sagging and tension of conductors. The sagging and tension can be increased as a result of current flowing transmission line, wind pressure, and temperature. The effect of internal and external factors are investigated by using catenary method. Therefore, in this research results show that an increase in 1 ampere of current this conductor can increase sagging as much as 0,00012%, and an increase in 1°C of temperature can produce sagging as much as 0.415%, while an increase in 1 m/s of wind speed can yield a sagging of 0.0002%. Meanwhile, there is no effect of the amount current flowing in transmission line to the increase of tension, but the increase of tension mainly effect by the increase 0.000001% because 1 m/s of wind speed, in temperature an increase 1°C of temperature in decrease tension 0.0407%.

**Keyword :** transmission line, ACSR, sagging, tension

## **PENDAHULUAN**

Peningkatan kebutuhan tenaga listrik yang pesat akhir-akhir ini menyebabkan perlu penambahan kapasitas saluran transmisi seiring dengan perluasan kapasitas pusat-pusat pembangkit, tetapi

hal tersebut memerlukan biaya yang sangat tinggi. Untuk mengimbangi kebutuhan listrik yang ada maka diupayakan pada pengembangan penghantar pada saluran transmisi. Pemilihan konduktor lebih ditujukan pada

peningkatan kemampuan hantar arus yang semakin besar. Untuk meningkatkan kemampuan hantar arus tersebut, maka penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memiliki karakteristik temperatur yang tinggi. Saluran transmisi udara dengan tegangan 150 kV umumnya menggunakan konduktor ACSR yang memiliki batas temperatur kerja yang diijinkan 90°C.

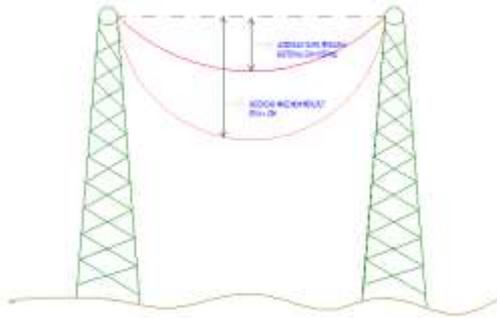
Penggunaan konduktor ACSR dapat mengoptimalkan saluran transmisi dalam menghantarkan arus. Akan tetapi pengoptimalan saluran transmisi dapat menimbulkan tegangan tarik dan andongan yang timbul dikawat konduktor. Tegangan tarik dan andongan semakin meningkat karena adanya pengaruh internal dan eksternal. Pengaruh internal, diakibatkan adanya perubahan arus saluran. Pada beban puncak mengakibatkan tegangan tarik dan andongan semakin besar. Sedangkan pengaruh eksternal terdiri dari temperatur, tekanan angin, salju dan abu (terdapat di daerah gunung berapi dan di daerah industri, tetapi pengaruhnya terhadap karakteristik mekanis kecil dan dapat diabaikan).

Titik berat permasalahan dalam penelitian ini yaitu analisa perhitungan terhadap tegangan tarik dan andongan karena pengaruh internal berupa arus

saluran dan pengaruh eksternal berupa temperatur dan tekanan angin di sekitar konduktor. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar tegangan tarik dan panjang andongan konduktor yang ditimbulkan akibat pengaruh internal (perubahan arus saluran) maupun akibat pengaruh eksternal (temperatur lingkungan dan tekanan angin yang terjadi di sekeliling kawat penghantar).

## PEMBAHASAN

Andongan dan tegangan tarik pada konduktor merupakan dua hal yang sangat penting dipertimbangkan pada saluran transmisi dan saluran distribusi *overhead*. Tegangan tarik pada konduktor dapat menambah beban mekanik pada menara transmisi. Apabila tegangan tarik terlalu besar maka dapat menyebabkan kegagalan mekanik pada konduktor itu sendiri. Menurut standar Perusahaan Listrik Negara untuk saluran transmisi 150 kV, tinggi kawat diatas tanah adalah 9 meter, jadi andongan maksimum yang dapat terjadi apabila tinggi menara transmisi 21 meter adalah 12 meter. Sedangkan untuk tegangan tarik maksimum sebesar 1800 kg [7]. Andongan minimum dan andongan maksimum yang mungkin terjadi pada saluran transmisi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Andongan saluran transmisi [7]

Penelitian mengenai andongan dan tegangan tarik telah banyak dilakukan antara lain, tentang perubahan arus terhadap tegangan tarik dan andongan yang dilakukan oleh Ananda, dkk [4], hasil penelitian mereka menunjukkan pembebanan arus saluran akan menyebabkan kenaikan temperatur konduktor sebesar 125.94% pada temperatur maksimum sehingga mengakibatkan kenaikan andongan bertambah besar, dan semakin panjang jarak span di antara dua menara maka semakin tinggi nilai andongan yang terjadi.

Migiantoro melakukan penelitian terhadap konduktor TACSR [5], yaitu penghantar aluminium tahan panas yang mampu dioperasikan sampai 150°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan konduktor TACSR meningkatkan kemampuan hantar arus sekitar 41,20% akan tetapi berpengaruh pada kenaikan andongan sekitar 16,44%.

Untuk daerah Banda Aceh, Agus Fianudin telah melakukan penelitian mengenai analisis dampak arus kawat terhadap tegangan tarik dan andongan pada saluran menengah 20 kV dengan metode catenary dan rulling span di Banda Aceh dan Aceh Besar [6], yang hasil penelitiannya menyimpulkan dengan adanya perubahan arus saluran dari 58,48 Ampere menjadi 75,05 Ampere mengakibatkan terjadinya peningkatan andongan sebesar 41,37% dan penurunan tegangan tarik sebesar 4,2%.

Andongan dan tegangan tarik selain dipengaruhi oleh faktor internal, juga dipengaruhi oleh faktor eksternal. Faktor-faktor eksternal terdiri dari [3]:

- a. Temperatur
- b. Tekanan angin
- c. Abu (terdapat di daerah gunung berapi dan di daerah industri tetapi pengaruhnya terhadap karakteristik mekanis kecil dan dapat diabaikan).
- d. Salju dan es, untuk di Indonesia tidak perlu diperhatikan [1].

Menimbang pengaruh abu, salju dan es di Indonesia tidak perlu diperhatikan, maka pengaruh eksternal yang akan dibahas berupa temperatur dan tekanan angin.

### **Pengaruh Internal terhadap Andongan dan Tegangan Tarik**

Kriteria unjuk kerja mekanis penghantar adalah penghantar harus tahan terhadap perubahan temperatur akibat arus yang dilewatkan dan harus tahan terhadap segala gaya atau tekanan/tarikan yang ada padanya akibat pembebanan mekanik maupun elektrik. Adanya perubahan arus pada kawat penghantar merupakan pengaruh internal yang menyebabkan perubahan andongan dan tegangan tarik.

Arus yang diperbolehkan untuk saluran transmisi udara dibatasi oleh kenaikan suhu yang disebabkan oleh mengalirnya arus dalam saluran tersebut. Pemuluran dan andongan tidak boleh melebihi batas aman dari ruang dan jarak bebas minimum [8]. Besarnya arus yang mengalir pada konduktor menyebabkan timbulnya rugi-rugi berupa panas. Besarnya rugi-rugi pada kawat konduktor dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$W = I^2 R_m$$

(1)

Dimana:

$W$  : Rugi-rugi listrik (Watt/meter)

$I$  : Arus penghantar (A)

$R_m$  : Hambatan dari konduktor ( $\Omega$ /meter)

Andongan akibat arus saluran dapat dihitung dengan persamaan berikut [10]:

$$d = \frac{WL^2}{8T^2}$$

(2)

Dimana:

$L$  : Panjang gawang / span (meter)

$T$  : Tegangan kawat (kg)

$W$  : Rugi-rugi listrik (watt/m)

$d$  : Andongan/ sag (meter)

Panjang kawat berubah apabila andongan berubah, panjang kawat dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini [4]:

$$l = L \left( 1 + \frac{8d^2}{3L^2} \right)$$

(3)

Dimana :  $l$  : Panjang kawat (meter)

Selain andongan, tegangan tarik juga dapat berubah, tegangan tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut ini [10].

$$T_{AB} = T + \frac{L^2 W^2}{8T} = T \left[ 1 + \frac{1}{8} \left( \frac{LW}{T} \right)^2 \right]$$

(4)

Dimana :  $T_{AB}$  : Tegangan tarik kawat (kg)

### **Pengaruh Eksternal Terhadap Andongan Dan Tegangan Tarik Pada Saluran Transmisi**

Andongan dan tegangan tarik dapat berubah-ubah sesuai dengan temperatur

lingkungan di sekitar kawat. Kenaikan temperatur lingkungan dapat menambah panjang konduktor sehingga panjang andongan dapat bertambah dan tegangan tarik dapat berkurang [4]. Panjang konduktor bergantung pada perubahan temperatur lingkungan di sekitar konduktor, apabila temperatur lingkungan di sekitar konduktor meningkat maka akan menyebabkan pemuluran konduktor [8]. Perubahan temperatur lingkungan mengakibatkan tegangan kawat berubah. Perubahan tegangan kawat tersebut dapat ditentukan dengan persamaan berikut [2]:

$$\sigma_t^3 + A\sigma_t^2 = B \quad (5)$$

Dimana:

$$A = \frac{L^2 \gamma^2}{24\sigma^2} E + \alpha E(t_2 - t_1) - \sigma \quad (6)$$

$$B = \frac{L^2 \gamma^2 E}{24} \quad (7)$$

Dimana:

$\alpha$ : Koefisien muai panjang kawat

E: Modulus elastisitas kawat

$t_1$ : Temperatur lingkungan mula-mula ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_2$ : Temperatur lingkungan akhir ( $^{\circ}\text{C}$ )

$a = L$  : Panjang gawang (m)

$q$  : Luas permukaan kawat ( $\text{mm}^2$ )

$\sigma$ : Tegangan spesifik kawat ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ):  $\frac{T}{q}$

T: Tegangan kawat (kg)

$\gamma$ : Berat spesifik kawat ( $\text{kg}/\text{m}/\text{mm}^2$ ):  $\frac{W}{q}$

W: Berat kawat (kg/m)

$\sigma_t$ : Tegangan spesifik kawat pada  $t^{\circ}\text{C}$  ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

Setelah nilai  $\sigma_t$  diketahui, maka tegangan kawat dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_t = \sigma_t \cdot q \quad (8)$$

Dimana:  $T_t$  : Tegangan kawat pada  $t^{\circ}\text{C}$  (kg)

Andongan dan tegangan tarik karena perubahan temperatur lingkungan dapat dihitung dengan persamaan berikut [2]:

$$d = \frac{L^2 W}{8T_t} \quad (9)$$

$$T_{AB} = T_t \left[ 1 + \frac{1}{8} \left( \frac{LW}{T_t} \right)^2 \right] \quad (10)$$

Tekanan angin juga merupakan faktor eksternal yang berpengaruh pada besar andongan dan tegangan tarik. Tekanan angin mempengaruhi berat spesifik kawat. Berat sendiri kawat bekerja vertikal sedang tekanan angin dianggap seluruhnya bekerja horizontal. Resultan dari keduanya merupakan berat total spesifik dari kawat. Secara umum tekanan angin dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = pd \quad [4]$$

(11)

Dimana :

P = Tekanan angin (kg)

p = Tekanan angin pada bidang pipih  
(kg/mm<sup>2</sup>) = 0,1v<sup>2</sup> (kg/mm<sup>2</sup>)

[1]

v = Kecepatan angin (m/detik)

d = Diameter konduktor (m)

$$w_{tot} = \sqrt{w^2 + P^2}$$

(12)

Dimana:

P: Tekanan angin (kg/m)

w: Berat sendiri kawat (kg/m)

w<sub>tot</sub>: Berat total kawat (kg/m)

Adanya tekanan angin menyebabkan perubahan berat spesifik kawat. Sekarang spesifik kawat bergantung pada berat kawat itu sendiri dan berat karena adanya tekanan angin. Perubahan berat spesifik kawat, menyebabkan perubahan pada andongan dan tegangan tarik, yang ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$d = \frac{L^2 w_{tot}}{8T}$$

(13)

$$T_{AB} = T \left[ 1 + \frac{1}{8} \left( \frac{L w_{tot}}{T} \right)^2 \right]$$

(14)

### Pemilihan lokasi survei

Lokasi survei yang dipilih adalah jalur transmisi dari P. Brandan-Banda Aceh. Saluran yang ditinjau adalah daerah Seulawah dan Lampeneurut Data yang dibutuhkan berupa data beban saluran transmisi, data temperatur, dan kecepatan angin. Data beban saluran transmisi dan karakteristik kawat penghantar didapatkan dari Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Banda Aceh. Data karakteristik kawat penghantar yaitu:

- Diameter konduktor (d): 21,80 mm
- Luas penampang konduktor (q): 204,08 mm<sup>2</sup>
- Tegangan kawat (T) : 1720 kg
- Tegangan kawat spesifik (σ): 1720/204,08 = 8,842807 kg/mm<sup>2</sup>
- Berat per meter (w): 1 kg/m
- Berat kawat spesifik (γ): 1/204,08 = 0,0049 kg/m/mm<sup>2</sup>
- Jarak gawang rata-rata (L) : 350 m
- Modulus Elastisitas (E): 7700 kN/mm<sup>2</sup>
- Koefisien muai panjang (α) : 18,9 . 10<sup>-6</sup> /°C
- Tinggi menara (h) : 21 meter

Data temperatur dan data kecepatan angin didapatkan dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Aceh. Data temperatur dan kecepatan angin ditinjau pada ketinggian 30 meter di atas permukaan tanah, dengan

pertimbangan tinggi menara transmisi 150 kV adalah sekitar 21 meter. Untuk data temperatur dan kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Data temperatur dan kecepatan angin tahun 2014 di B. Aceh dan sekitarnya

Bulan	Temperatur (°C)	Kecepatan angin (m/s)
Jan	26,6	3,5
Feb	26,7	2,3
Mar	26,4	1,9
Apr	27	1,6
Mei	27,7	1,5
Juni	27,8	1,9
Juli	27,3	1,7
Agust	27,4	1,8
Sept	27,7	1,7
Okt	26,9	1,6
Nov	26,4	1,6
Des	25,9	2,1

### Perhitungan andongan pada saluran transmisi

#### ➤ Perhitungan andongan akibat pengaruh arus saluran

Andongan akibat pengaruh arus saluran, hal-hal yang perlu diperhitungkan untuk menentukan rugi-rugi listrik. Rugi-rugi listrik saluran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Pada bulan Januari tahun 2014 arus penghantar Sigli –Banda Aceh 1 sebesar 56 Ampere, sehingga diperoleh rugi-rugi listrik pada bulan Januari tahun 2014 adalah:

$$W = 56^2 \cdot 0,00012 = 0,37632 \text{ watt} / m$$

Setelah rugi-rugi listrik diketahui, maka panjang andongan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2). Maka andongan akibat arus saluran pada bulan Januari adalah:

$$d = \frac{0,3763 \cdot 350^2}{8 \cdot 1720^2} = 8,9046 m$$

Pertambahan andongan dapat menyebabkan pertambahan panjang kawat, panjang kawat dapat dihitung dengan persamaan (3). Maka panjang kawat konduktor pada bulan Januari tahun 2014 adalah:

$$l = 350 \left( 1 + \frac{8 \cdot 8,9046^2}{3 \cdot 350^2} \right) = 350,6041 m$$

#### ➤ Perhitungan andongan akibat pengaruh temperatur

Andongan akan berubah karena adanya perubahan temperatur. Hal-hal yang perlu diperhitungkan untuk menentukan andongan akibat temperatur adalah tegangan kawat. Tegangan kawat ( $T_i$ ) dapat dihitung dengan persamaan (5), (6), (7), (8). Pada bulan Januari tahun 2014 suhu sekitar 28,2 °C, maka tegangan kawat adalah:

$$A = \frac{350^2 \cdot 0,0049}{24 \cdot 8,42807} 7700 + \dots$$

$$0,0000189 \cdot 7700 \cdot (28,2 - 25) - \dots$$

$$8,4280674 = 5,32254$$

$$B = \frac{350^2 \cdot 0,0049^2 \cdot 7700}{24} = 943,658$$

$$\sigma_i^3 + 5,32254 \sigma_i^2 = 943,658$$

$$\sigma_t = 8,3176$$

$$T_i = 8,3176 \cdot 204,08 = 1697,4558 \text{ kg}$$

Perhitungan besar andongan dapat menggunakan persamaan (9), maka didapat:

$$d = \frac{350^2 \cdot 1}{8.1697,4558} = 9,0209 \text{ m}$$

Andongan menyebabkan perubahan panjang kawat. Panjang kawat akibat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10). Maka didapatkan:

$$l = 350 \left( 1 + \frac{8.9,0209^2}{3.350^2} \right) = 350,6200 \text{ m}$$

➤ **Perhitungan andongan akibat pengaruh tekanan angin**

Tekanan angin juga merupakan faktor eksternal yang perlu diperhitungkan yang dapat mengubah andongan. Tekanan angin dapat dihitung apabila kecepatan angin diketahui. Untuk menghitung tekanan angin dapat digunakan persamaan (11). Pada bulan Januari tahun 2014 kecepatan angin di Banda Aceh 12 m/s, maka besar tekanan angin adalah:

$$P = 0,1(12)^2 \cdot 21,8 \cdot 10^{-3} = 0,3139 \text{ kg/m}$$

Berat total kawat ditentukan dengan persamaan (12). Maka didapat:

$$w_{tot} = \sqrt{1^2 + 0,3139^2} = 1,0481 \text{ kg/m}$$

Andongan dapat dihitung dengan persamaan (13). Maka didapat:

$$d = \frac{350^2 \cdot 1,0481}{8.1720} = 9,3310 \text{ m}$$

Panjang kawat dapat dihitung dengan persamaan (14), maka didapatkan panjang kawat akibat tekanan angin yang didapatkan sebesar:

$$l = 350 \left( 1 + \frac{8.9,3310^2}{3.350^2} \right) = 350,6634 \text{ m}$$

**Perhitungan Tegangan Tarik Akibat Pengaruh Internal Dan Eksternal Pada Saluran Transmisi**

➤ **Perhitungan tegangan tarik akibat pengaruh arus saluran**

Arus saluran dapat mengakibatkan perubahan tegangan tarik pada kawat konduktor. Perhitungan tegangan tarik ditentukan dengan menentukan rugi-rugi listrik, yang persamaannya dapat dilihat pada perhitungan rugi-rugi listrik saat menghitung andongan. Tegangan tarik pada menara sama tinggi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4). Maka didapatkan:

$$T_{AB} = 1720 \left[ 1 + \frac{1}{8} \left( \frac{0,6732 \cdot 350}{1720} \right)^2 \right] = 1720,0007 \text{ kg}$$

➤ **Perhitungan tegangan tarik akibat pengaruh temperatur**

Tegangan tarik dapat dihitung dengan persamaan (10). Maka didapatkan:

$$T_{AB} = 1697,4558 \left[ 1 + \frac{1}{8} \left( \frac{350,1}{1697,4558} \right)^2 \right] = 1706,4767 \text{ kg}$$

➤ **Perhitungan tegangan tarik akibat pengaruh tekanan angin**

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan tegangan tarik yaitu berat total kawat yang telah kita dapatkan pada perhitungan andongan akibat pengaruh tekanan angin. Tegangan tarik dapat dihitung dengan persamaan (15). Maka didapatkan:

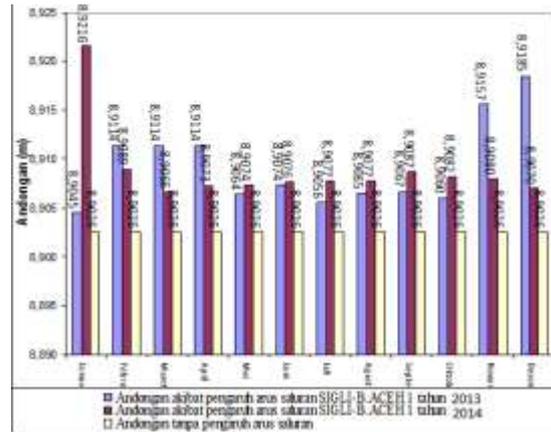
$$T_{AB} = 1720 \left[ 1 + \frac{1}{8} \left( \frac{350,1,0481}{1720} \right)^2 \right] = 1729,3310 \text{ kg}$$

➤ **Hasil Perhitungan Andongan Akibat Pengaruh Arus Saluran**

Profil andongan yang tampak pada Gambar 3 hanya pada jalur Sigli-B.Aceh, karena pada jalur ini andongan dapat dikaji besar andongan berdasarkan menara sama tinggi. Profil andongan jalur Sigli-B.Aceh dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.

Pada Gambar 3 tampak bahwa arus saluran yang terjadi pada jalur transmisi Sigli-B.Aceh menyebabkan penambahan andongan. Andongan yang maksimum terjadi pada arus saluran maksimum. Andongan akibat pengaruh arus saluran

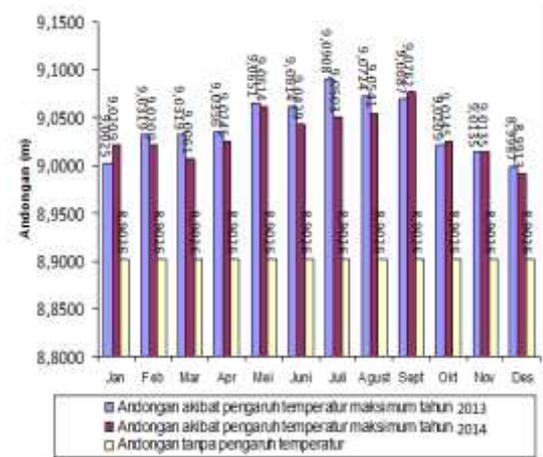
yang terjadi tahun 2013 dan 2014 belum mencapai batas maksimum yang ditetapkan oleh SPLN sebesar 12 m. Secara umum, setiap kenaikan arus saluran 1 Ampere, andongan dapat meningkat sebesar 0,0019 cm atau 0,00012%.



Gambar 3. Hubungan antara andongan terhadap arus saluran jalur Sigli-B.Aceh 1 pada menara sama tinggi

➤ **Hasil Perhitungan Andongan Akibat Pengaruh Temperatur Lingkungan**

Profil andongan akibat pengaruh temperatur lingkungan, dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



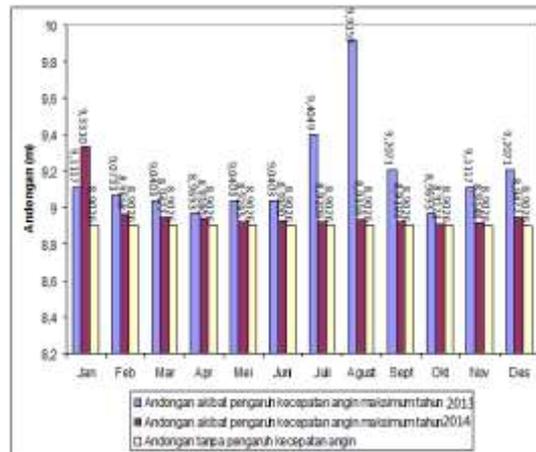
Gambar 4. Hubungan antara andongan terhadap temperatur maksimum pada menara sama tinggi di Banda Aceh.

Pada Gambar 4 tampak bahwa temperatur yang terjadi berubah-ubah setiap bulannya, ini menyebabkan perubahan andongan. Andongan akibat pengaruh temperatur yang terjadi tahun 2013 dan 2014 masih dalam keadaan aman (kurang dari 12 m).

Secara umum, setiap kenaikan temperatur 1°C, andongan dapat meningkat sebesar 3,7 cm atau 0,415%. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini semakin besar temperatur lingkungan maka semakin besar andongan yang terjadi, hal ini sesuai dengan teori bahwa andongan terbesar terjadi saat temperatur maksimum [2].

### Hasil Perhitungan Andongan Akibat Pengaruh Tekanan Angin

Profil andongan akibat pengaruh kecepatan angin pada menara sama tinggi, dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Hubungan antara andongan terhadap kecepatan angin maksimum di Lampeunerut.

Pada Gambar 5 tampak bahwa kecepatan angin yang terjadi di Lampeunerut yang terjadi tidak konstan setiap bulannya, sehingga menyebabkan andongan berubah-ubah. Andongan akibat pengaruh kecepatan angin yang terjadi tahun 2013 dan 2014 masih aman bagi objek sekitarnya.

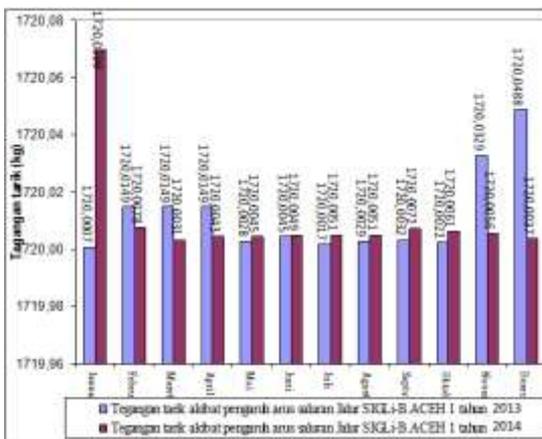
Secara umum, setiap kenaikan kecepatan angin 1 m/s, andongan dapat meningkat 0,0021 cm atau 0,0002%. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini semakin besar kecepatan angin maka semakin besar andongan yang terjadi, hal

ini sesuai dengan teori bahwa andongan terbesar terjadi saat beban maksimum [2].

### Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Akibat Pengaruh Internal dan Eksternal pada Saluran Transmisi

#### ➤ Hasil Perhitungan Andongan Akibat Pengaruh Arus Saluran

Profil andongan menara sama tinggi yang disajikan berikut ini hanya profil andongan jalur Sigli-B.Aceh, dapat dilihat pada Gambar 6.



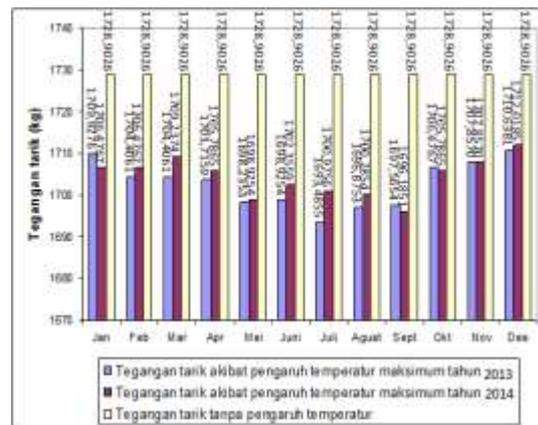
Gambar 6. Hubungan antara tegangan tarik terhadap perubahan arus saluran jalur Sigli-B.Aceh.

Pada Gambar 6 arus saluran yang terjadi pada jalur Sigli-B.Aceh tidak konstan setiap bulannya maupun tiap tahunnya, sehingga menyebabkan tegangan tarik pada kawat transmisi berubah-ubah tiap bulannya. Tegangan tarik akibat pengaruh arus saluran yang

terjadi tahun 2013 dan 2014 belum mencapai batas maksimum yang ditetapkan oleh SPLN sebesar 1800 kg. Secara umum, setiap kenaikan arus saluran 1 Ampere, tegangan tarik tidak bertambah, tetapi apabila lebih dari 1 Ampere menyebabkan tegangan tarik bertambah.

#### ➤ Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Akibat Pengaruh Temperatur Lingkungan

Hasil perhitungan tegangan tarik akibat temperatur lingkungan pada menara sama tinggi dan profil tegangan tarik dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



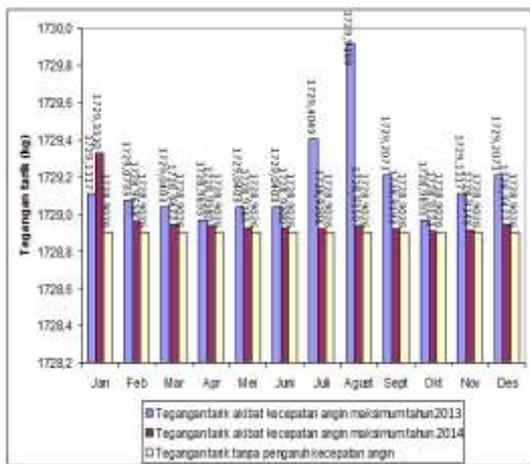
Gambar 7. Hubungan antara tegangan tarik terhadap temperatur maksimum

Pada Gambar 7 tampak bahwa temperatur di B.Aceh tidak konstan, sehingga tegangan tarik berubah-ubah. Dari hasil perhitungan, temperatur maksimum menyebabkan tegangan tarik berkurang. Secara umum, setiap kenaikan temperatur 1°C, tegangan tarik dapat berkurang sebesar 0,70397 kg atau

0,0407%. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini semakin rendah temperatur lingkungan maka semakin besar tegangan tarik yang terjadi, hal ini sesuai dengan teori bahwa tegangan tarik maksimum terjadi pada saat temperatur terendah [2].

### Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Akibat Pengaruh Tekanan Angin

Profil tegangan tarik akibat pengaruh kecepatan angin di Lampeunerut pada menara sama tinggi, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Hubungan antara tegangan tarik terhadap kecepatan angin maksimum

Pada Gambar 8 kecepatan angin yang terjadi di Lampeunerut tidak konstan setiap bulannya maupun tiap tahunnya. Kecepatan angin mengakibatkan perubahan tegangan tarik. Secara umum, setiap kenaikan kecepatan angin 1 m/s, tegangan tarik dapat meningkat 0,000021 kg atau 0,000001%. Hasil yang didapatkan

dari penelitian ini semakin besar kecepatan angin maka semakin besar tegangan tarik yang terjadi, ini sesuai teori bahwa tegangan tarik maksimum terjadi saat ada beban angin [2].

Hasil perhitungan kita dapatkan pengaruh internal berupa arus saluran pada saluran transmisi dapat mengakibatkan penambahan andongan sebesar 0,0019 cm atau 0,00012% setiap penambahan 1 Ampere arus saluran. Sedangkan akibat pengaruh eksternal berupa temperatur lingkungan dan tekanan angin, andongan dapat bertambah sebesar 3,7 cm atau 0,415% setiap kenaikan temperatur lingkungan 1°C, dan bertambah sebesar 0,0021 cm atau 0,0002% setiap kenaikan kecepatan angin 1 m/s. Apabila ditinjau dari nilai satuan (1 Ampere, 1°C dan 1 m/s), andongan lebih dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, akan tetapi pada kejadian sehari-hari pertambahan andongan lebih disebabkan oleh perubahan arus saluran, karena perubahan arus saluran antar waktu memiliki range yang lebih besar dibandingkan range perubahan temperatur. Sebagai pertimbangan andongan maksimum yang terjadi akibat temperatur lingkungan yang terjadi selama tahun 2013 dan 2014 di Banda Aceh dan sekitarnya 9,0025 m pada temperatur 30,1 °C, sedangkan andongan maksimum yang

terjadi akibat arus saluran jalur P. Brandan – Banda Aceh sebesar 9,0629 m pada arus saluran 508 Ampere. Pertambahan andongan mengakibatkan pertambahan panjang kawat saluran transmisi. Jadi, pertambahan andongan sebanding dengan peningkatan rugi-rugi kawat.

Tegangan tarik akibat arus saluran akan bertambah apabila kenaikan arus saluran lebih besar dari 1 Ampere. Temperatur lingkungan menyebabkan tegangan tarik berkurang sebesar 7,0788kg atau 0,409%, sedangkan kecepatan angin menyebabkan pertambahan tegangan tarik sebesar 0,000021 kg atau 0,00001%.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Andongan berbanding lurus dengan temperatur lingkungan. Tegangan tarik berbanding terbalik dengan temperatur lingkungan.
2. Andongan dan tegangan tarik berbanding lurus dengan kecepatan angin.
3. Setiap kenaikan temperatur 1°C andongan bertambah sebesar 0,3664 cm atau 0,041%. Sedangkan setiap kenaikan kecepatan angin 1 m/s, andongan dapat meningkat 0,0021 cm atau 0,0002%. Sehingga temperatur

lebih mempengaruhi pertambahan andongan dibandingkan kecepatan angin.

4. Tegangan tarik bertambah besar apabila dipengaruhi oleh kecepatan angin, setiap kenaikan kecepatan angin 1 m/s, tegangan tarik dapat meningkat 0,000021 kg atau 0,000001%. Sedangkan tegangan tarik menjadi berkurang apabila dipengaruhi oleh temperatur, setiap kenaikan temperatur 1°C, tegangan tarik dapat berkurang sebesar 0,70397 kg atau 0,0407%.
5. Andongan maksimum yang terjadi akibat pengaruh eksternal, masih di dalam keadaan aman, belum menimbulkan bahaya bagi kawat itu sendiri maupun objek yang berada di sekitar menara transmisi.

## REFERENSI

- [1] Abdul Kadir., *Transmisi Tenaga Listrik*, Jakarta: Universitas Indonesia, 1998.
- [2] Gonen, Turan, *Electrical Power Transmission System Engineering: Analysis and Design*, USA: John Willey & Sons Inc., 1988.
- [3]. Hutauruk, T.S., *Transmisi Daya Listrik*, Jakarta: Erlangga, 1999.

- [4]. Stephanus A. Ananda,dkk, “*Pengaruh Perubahan Arus Saluran Tegangan tarik dan Andongan pada Sutet 500 KV di Zona Krian*”, [online]. Available: <http://www.petra.ac.id/~puslit/journals/dir.php?DepartmentID=ELK>, 2006.
- [5]. Supriyadi Prasetyono, “*Analisis Unjuk Kerja Konduktor ACCR Akibat Perubahan Arus saluran*”, [online]. Available: <http://www.petra.ac.id/~puslit/journals/dir.php?DepartmentID=ELK>, 2007.
- [6]. Agus Fianuddin, “*Analisis Dampak Perubahan Arus Kawat Terhadap tegangan Tarik dan Andongan Pada saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV Dengan Metode Catenary dan Rulling Span di Banda Aceh dan Aceh Besar*”, Banda Aceh, 2008.
- [7]. Standar Perusahaan Listrik Negara,”*Konstruksi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV Dan 150 kV dengan Tiang Beton Baja*” vol .121-7: 1996.