

Pengaruh Suhu Dan Tekanan Angin Terhadap Andongan Dan Tegangan Tarik Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV GI Payakumbuh – GI Koto Panjang

Erhaneli*, Zhafran Ariby
Institut Teknologi Padang, Padang
E-mail: erhanelimarzuki@gmail.com

ABSTRACT

Transmission line is the process of channeling electrical energy from generators to consumers by using ACSR conductors. Problems that occur on the use of ACSR conductors are the change of sagging and tensile stresses. The tensile stresses and sagging will be increased by the influence of channel currents, temperature and wind pressure. This study aims to find out how big the influence of channel currents, temperature, and wind pressure to sagging and tensile stress. The results of this study indicate that the value of sagging and tensile stress increased due to the influence of channel currents in February 2017 of 13.556 m and tensile stress of 9407,139 kg. And due to the effect of the temperature of sagging increased the in March 2017 of 1.954 m while the tensile stress is 8720,836 kg. And as a result of the influence of wind pressure sagging increased in March 2017 amounted to 2.7936 m while the tensile stress of 9294.9746 kg.

Keywords: SUTT, channel currents, temperature and wind pressure

ABSTRAK

Saluran transmisi merupakan proses penyaluran energi listrik dari pembangkit menuju konsumen dengan menggunakan konduktor ACSR. Permasalahan yang terjadi pada penggunaan konduktor ACSR adalah berubahnya andongan dan tegangan tarik. Tegangan tarik dan andongan akan meningkat oleh pengaruh arus saluran, suhu, dan tekanan angin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh arus saluran, suhu, dan tekanan angin terhadap andongan dan tegangan tarik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai andongan dan tegangan tarik meningkat akibat pengaruh arus saluran pada bulan Februari 2017 sebesar 13,556 m dan tegangan tariknya sebesar 9407,139 kg. Dan akibat pengaruh temperatur andongan meningkat pada bulan Maret 2017 sebesar 1,954 m sedangkan tegangan tariknya sebesar 8720,836 kg. Dan akibat pengaruh tekanan angin andongan meningkat pada bulan Maret 2017 sebesar 2,7936 m sedangkan tegangan tariknya sebesar 9294,9746 kg.

Kata kunci : SUTT, arus saluran, suhu dan tekanan angin

1. PENDAHULUAN

Energi listrik yang di salurkan dari pusat pembangkit ke pusat beban pada umumnya disalurkan melalui saluran transmisi yakni Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) yang merupakan sarana diatas tanah untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke Gardu Induk. Misalkan dari GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang yang terdiri dari kawat/konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang melalui isolator-isolator dengan sistem tegangan tinggi 150 kV. Konduktor merupakan bagian yang sangat penting dalam penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit sampai ke konsumen. Oleh karena itu, konduktor yang digunakan harus memiliki kemampuan hantar arus yang besar dan mempunyai karakteristik temperatur yang tinggi.

Setiap kawat/konduktor yang direntangkan antara kedua tower penyangga memiliki jarak

lenturan yang besar diperhitungkan berdasarkan garis lurus (Horizontal), melainkan akan membentuk suatu andongan (*sag*). Besarnya lenturan kawat tersebut tergantung pada berat dan panjang kawat penghantar atau panjang gawang (Span). Berat kawat akan menimbulkan tegangan tarik pada penampang kawat. Jika menimbulkan kekuatan tarik yang besar akan menyebabkan kawat putus, atau dapat merusak tiang pengikat kawat tersebut. Andongan yang terjadi tidak boleh melebihi batas aman dari ruang dan jarak bebas minimum. Suhu yang tinggi ini dapat di akibatkan oleh banyak hal, salah satunya adalah karena timbulnya rugi-rugi tembaga karena arus beban yang lewat pada konduktor tersebut. Apabila arus beban yang lewat pada konduktor lebih besar maka akan menyebabkan kerugian berupa panas yang semakin tinggi dan akan menambah panas pada kawat konduktor.

Andongan dapat juga dipengaruhi oleh tekanan angin, tekanan angin akan mempengaruhi berat spesifik kawat. Berat kawat bekerja vertikal sedangkan tekanan angin dianggap seluruhnya bekerja horizontal. Resultan dari keduanya merupakan berat total spesifik dari kawat tersebut.

Paper ini bertujuan untuk mengkaji seberapa besar pengaruh suhu dan tekanan angin terhadap andongan dan tegangan tarik pada SUTT 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang.

2. ANDONGAN DAN TEGANGAN TARIK

2.1 Pengaruh Temperatur Terhadap Andongan dan Tegangan Tarik pada saluran transmisi

Temperatur merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dari suatu benda yang berkaitan dengan energi termis yang terkandung dalam benda tersebut. Makin besar energi termisnya, maka makin besar temperaturnya. Temperatur disebut juga dengan suhu. Semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut.

Pada saluran transmisi kenaikan suhu yang meningkat akan mempengaruhi suatu penghantar yaitu membuat penghantar menjadi lebih panjang serta membuat tegangan tarik kawat yang semakin kuat. Maka dari itu, kriteria unjuk kerja mekanis suatu 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. Perubahan arus yang terjadi pada kawat penghantar merupakan pengaruh internal yang menyebabkan perubahan andongan dan tegangan tarik.

Tahanan kawat berubah oleh temperatur, dalam batas temperatur 10°C sampai 100°C, maka untuk kawat tembaga dan aluminium menggunakan rumus pada persamaan berikut ini:

$$R_{t2} = R_{t1} [1 + a_{t1} (t_2 - t_1)] \quad (1)$$

Dimana :

R_{t2} = tahanan pada temperatur t_2

R_{t1} = tahanan pada temperatur t_1

a_{t1} = koefisien temperatur dari tahanan pada temperatur t_1 °C

Arus yang diperbolehkan untuk saluran transmisi udara dibatasi oleh kenaikan suhu yang disebabkan oleh mengalirnya arus dalam saluran tersebut. Pemuluran yang terjadi pada kawat konduktor tidak boleh melebihi batas aman dari ruang dan jarak bebas minimum. Besarnya arus yang mengalir pada konduktor menyebabkan timbulnya rugi-rugi berupa panas. Besarnya rugi-

rugi pada kawat konduktor dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$W = I^2 \cdot R \quad (2)$$

Dimana :

W : Rugi-rugi listrik (Watt/meter)

I : Arus penghantar (A)

R : Hambatan dari konduktor(Ω/meter)

Andongan akibat arus saluran dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$d = \frac{WL^2}{8T} \quad (3)$$

Dimana :

L = Panjang gawang / span (meter)

T = Tegangan kawat (kg)

W = Rugi-rugi listrik (Watt/meter)

d = Andongan/ sag (meter)

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

$$l = L \left(1 + \frac{8d^2}{3L^2} \right) \quad (4)$$

Dimana : l : Panjang kawat (meter)

Selain andongan, tegangan tarik juga dapat berubah, tegangan tarik dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$T_{AB} = T + \frac{L^2 W^2}{8T} = T \left[1 + \frac{1}{8} \left(\frac{LW}{T} \right)^2 \right] \quad (5)$$

Dimana :

T_{AB} : Tegangan tarik kawat (kg)

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. Panjang konduktor bergantung pada perubahan temperatur lingkungan di sekitar konduktor, apabila temperatur lingkungan di sekitar konduktor meningkat maka akan menyebabkan pemuluran konduktor. Perubahan temperatur lingkungan mengakibatkan tegangan kawat berubah. Perubahan tegangan kawat tersebut dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

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

dengan :

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

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

Dimana :

α = Koefisien muai panjang kawat

E = Modulus elastisitas kawat

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

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

L = Panjang gawang (m)

q = Luas permukaan kawat (mm^2)

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

T = Tegangan kawat (kg)

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

W = Berat kawat (kg/m)

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

Dengan mengetahui nilai σt diketahui, maka tegangan kawat dapat dihitung dengan persamaan:

$$T_t = \sigma_t \cdot q \quad (9)$$

Dimana :

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

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

$$d = \frac{L^2 w}{8 T_t} \quad (10)$$

$$T_{AB} = T_t \left[1 + \frac{1}{8} \left(\frac{L w}{T_t} \right)^2 \right] \quad (11)$$

2.2 Pengaruh Tekanan Angin Terhadap Andongan dan Tegangan Tarik pada saluran transmisi

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah.

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 :

$$P = p \cdot d$$

$$P = 0,1 v^2 d \quad (12)$$

Dimana :

P : Tekanan angin (kg)

p : Tekanan angin pada bidang pipih (kg/mm^2) = $0,1 v^2 (\text{kg/mm}^2)$

v : Kecepatan angin (m/detik)

d : Diameter konduktor (m)

$$w_{\text{tot}} = \sqrt{w^2 + P^2} \quad (13)$$

Dimana :

P = Tekanan angin (kg/m)

w = Berat sendiri kawat (kg/m)

w_{tot} = 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:

$$d = \frac{L^2 w_{\text{tot}}}{8 T} \quad (14)$$

$$T_{AB} = T \left[1 + \frac{1}{8} \left(\frac{L w_{\text{tot}}}{T} \right)^2 \right] \quad (15)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah melihat bagaimana pengaruh suhu dan tekanan angin terhadap andongan dan tegangan tarik Pada SUTT 150 kV dengan lokasi kajian adalah SUTT 150 kV dari GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,844 km . Data beban saluran transmisi dan karakteristik kawat penghantar yang di peroleh dari PT. PLN (Persero) UPT Padang tragi Payakumbuh ditunjukkan pada berikut :

Tabel 1 Karakteristik kawat penghantar

Panjang Route	: 84,844 km
Jenis Konduktor	: ACSR
Diameter Konduktor (d)	: 25 mm
Luas Penampang Konduktor (q)	: 340 mm^2
Tegangan Tarik Kawat (T)	: 9290 kg
Tegangan Kawat Spesifik (σ)	: 9290/340 = 27,3235 kg/mm^2
Berat per meter (w)	: 1,169 kg/m
Berat Kawat Spesifik (γ) kg/m/mm^2	: 1,169/340 = 0,00344 kg/m/mm^2
Jarak Gawang Rata - Rata (L)	: 341, 46 m
Modulus Elastisitas (E)	: 7700 kg/m^2
Temperatur Operasi Maks	: 90 $^{\circ}\text{C}$
Koefisien Muai Panjang (α)	: 18,9 x 10 $^{-6}$
Jumlah Menara Transmisi	: 249 buah
Tinggi Menara (h)	: 32 meter

Tabel 2 Data beban puncak siang hari

Bulan	I Rata-rata Bulan
Januari	383 A
Februari	313 A
Maret	245 A
April	167 A
Mei	198 A
Juni	210 A
Juli	206 A
Agustus	122 A
September	158 A
Oktober	215 A
November	133 A
Desember	246 A

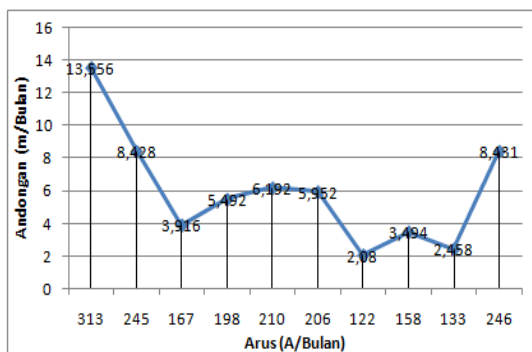
Data temperatur dan data kecepatan angin didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun sicincin:

Tabel 3 Data temperatur bulanan dan kecepatan angin daerah Payakumbuh

Bulan	T_{rata}^2 °C	T_{max} °C	T_{min} °C	v_{rata}^2 m/s	v_{max} m/s	v_{min} m/s	P mb
Januari	-	-	-	-	-	-	-
Februari	20,4	28,1	17,5	0,8	5,50	0,03	951,3
Maret	21,7	32,1	15,7	0,9	23,18	0,03	951,7
April	21,7	32,0	15,7	0,9	9,62	0,03	951,7
Mei	22,5	31,5	17,0	0,9	10,00	0,03	950,8
Juni	22,2	31,9	15,2	0,9	8,97	0,03	951,6
Juli	21,7	31,7	15,0	0,9	7,44	0,03	951,9
Agustus	21,1	30,9	16,4	0,9	7,44	0,03	950,7
September	21,7	31,2	16,5	0,9	9,62	0,03	951,5
Oktober	-	-	-	-	-	-	-
November	21,1	29,5	16,9	1,0	10,74	0,03	949,9
Desember	21,7	29,9	15,5	1,2	16,12	0,03	950,7

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

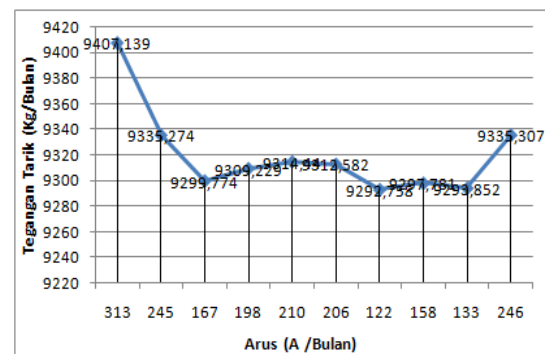
Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan maka dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pengaruh arus terhadap andongan seperti gambar-1 dan pengaruh arus terhadap tegangan tarik ditunjukkan pada Gambar1 berikut.



Gambar 1 Pengaruh arus terhadap andongan

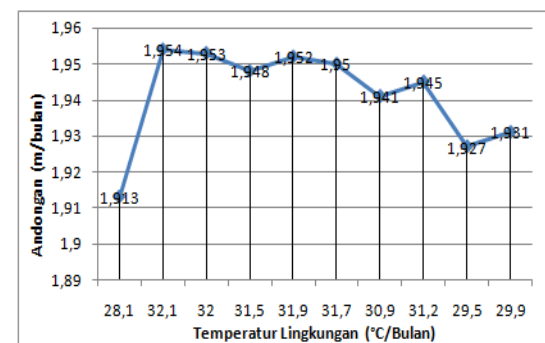
Dari gambar-1 terlihat bahwa pada arus maksimum terjadi pada bulan Februari tahun 2017 sebesar 313 Ampere maka andongannya adalah sebesar 13,556 m dan sebaliknya pada arus saluran rendah/minimum terjadi pada bulan Agustus sebesar 122 Ampere dengan andongannya sebesar 2.080 m. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi arus saluran maka andongan semakin besar dan semakin rendah/kecil arus saluran maka andongannya semakin kecil.

Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa pada saat arus saluran maksimum sebesar 313 Ampere maka tegangan tarik yang terjadi sebesar 9407,1397 kg dan sebaliknya pada arus saluran rendah/minimum sebesar 122 Ampere maka tegangan tarik terjadi sebesar 9292,758 kg. Dan membuktikan bahwa tegangan tarik maksimum terjadi ketika arus maksimum.



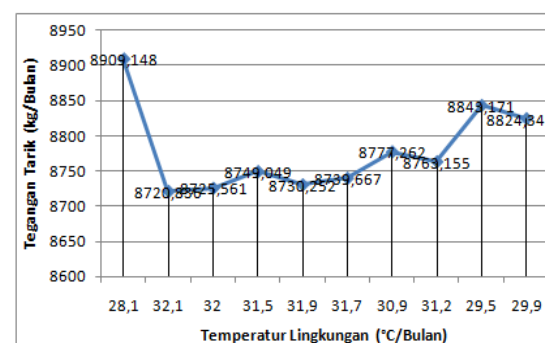
Gambar 2 Pengaruh arus terhadap tegangan tarik

Hasil perhitungan untuk pengaruh temperatur lingkungan terhadap andongan ditunjukkan pada gambar 3, sedangkan hasil perhitungan untuk pengaruh temperatur lingkungan terhadap tegangan tarik ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3 Pengaruh temperatur lingkungan terhadap andongan

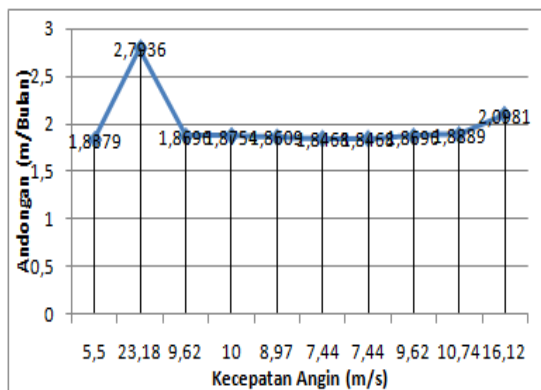
Dari Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa pada temperatur lingkungan maksimum terjadi pada bulan Maret tahun 2017 sebesar 32,1°C maka andongannya adalah sebesar 1,954 m dan sebaliknya pada suhu lingkungan rendah/minimum terjadi pada bulan Februari tahun 2017 sebesar 28,1°C maka andongannya sebesar 1,913 m. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur lingkungan maka andongan semakin besar dan semakin rendah/kecil temperatur lingkungan maka andongannya semakin kecil.



Gambar 4 Pengaruh temperatur lingkungan terhadap tegangan tarik

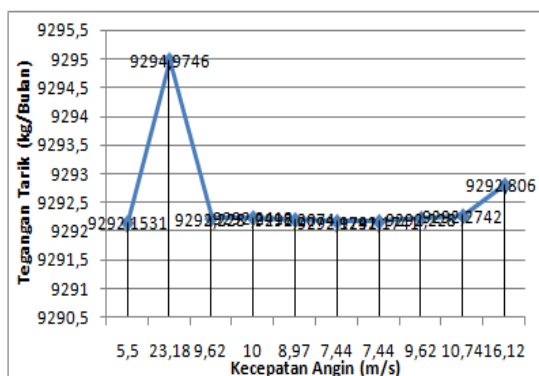
Gambar 4 menunjukkan hasil perhitungan pengaruh temperatur lingkungan terhadap tegangan tarik, dimana pada saat suhu maksimum sebesar $32,1^{\circ}\text{C}$ maka tegangan tarik terjadi sebesar 8720,836 kg dan sebaliknya pada saat suhu rendah/minimum sebesar $28,1^{\circ}\text{C}$ maka tegangan tarik terjadi sebesar 8909,148 kg. Dan membuktikan bahwa tegangan tarik maksimum terjadi ketika temperatur minimum.

Untuk hasil perhitungan andongan dan tegangan tarik akibat pengaruh tekanan angin ditunjukkan pada Gambar 5, dan pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan tarik ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5 Pengaruh kecepatan angin terhadap andongan

Gambar 5 diatas merupakan karakteristik kecepatan angin terhadap andongan. Pada kecepatan angin maksimum yang terjadi pada bulan Maret tahun 2017 sebesar 23,18 m/s maka andongannya adalah sebesar 2,7936 m dan sebaliknya pada kecepatan angin terendah/minimum terjadi pada bulan Februari tahun 2017 sebesar 5,5 m/s maka andongannya sebesar 1,8379 m. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan angin maka andongan semakin besar dan semakin rendah/kecil kecepatan angin maka andongannya semakin kecil.



Gambar 6 Pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan tarik

Gambar 6 menunjukkan karakteristik pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan tarik, dimana

pada saat kecepatan angin maksimum sebesar 23,18 m/s maka tegangan tarik terjadi sebesar 9294,9746 kg dan sebaliknya pada saat kecepatan angin rendah/minimum sebesar 5,50 m/s maka tegangan tarik terjadi sebesar 9292,1531 kg. Dan membuktikan bahwa tegangan tarik maksimum terjadi ketika kecepatan angin maksimum.

5. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dari pengaruh arus saluran, suhu dan tekanan angin terhadap tegangan tarik pada saluran transmisi 150 kV dari Gardu Induk Payakumbuh ke Gardu induk Koto Panjang dengan panjang saluran 84,844 km, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Andongan maksimum yang dipengaruhi oleh arus saluran terjadi pada bulan Februari 2017 sebesar 13,556 m, dan tegangan tarik maksimum adalah 9407,139 kg. Kemudian rugi-rugi daya maksimum dari pengaruh arus saluran maksimum terjadi di bulan Februari 2017 dengan total 8,641 watt/m dan rugi-rugi daya minimum terjadi pada arus minimum di bulan Agustus dengan total 1,326 watt/m. Semakin besar arus saluran maka semakin besar rugi-rugi daya dan semakin besar andongan.
2. Andongan maksimum yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan terjadi pada bulan Maret 2017 dengan total 1,954 m dan andongan minimum terjadi pada bulan Februari 2017 dengan total 1,913 m, sedangkan tegangan tarik maksimum terjadi pada bulan Februari dengan total 8909,148 kg dan tegangan tarik minimum terjadi pada bulan Maret dengan total 8720,836 kg. Semakin besar suhu maka semakin besar andongan dan tegangan tarik akan menurun.
3. Andongan maksimum yang dipengaruhi oleh tekanan angin terjadi pada bulan Maret 2017 dengan total 2,7936 m dan tegangan tarik maksimum adalah 9294,9746 kg, sedangkan andongan minimum terjadi pada bulan Februari 2017 dengan total 1,8379 m dan tegangan tarik minimum adalah 9292,1531 kg. Semakin besar kecepatan angin maka semakin besar andongan dan tegangan tarik akan semakin kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kadir., *Transmisi Tenaga Listrik*, Jakarta: Universitas Indonesia , 1998.
- [2] Arismunandar dan Artono., *Saluran Transmisi*, Jakarta: Pradnya Paramita , 1993.
- [3] A. Firmansyah, "Dasar-dasar Pemogramatan Matlab", 2007. <http://ilmukomputer.org/wp->

- <content/uploads/2007/08/firman-dasarmatlab.pdf>
- [4] H. A. Lastya, "Analisa Pengaruh eksternal dan internal terhadap andongan dan tegangan tarik pada saluran transmisi 150 kv". [online]. Available: <http://www.arraniry.ac.id/index.php/circuit/article/download/773/605>, 2014.
- [5] M. Ihsan, I. D. Sara, R. S. Lubis "Pengaruh Suhu dan Angin Terhadap Andongan dan Kekuatan Tarik Konduktor Jenis ACCC Lisbon". [online]. Available: <http://www.unsyiah.ac.id/kitektro/article/download/8342/6763>, 2017.
- [6] Permen ESDM, "Ruang Bebas dan Jarak Minimum Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi", 2015
- [7] R. Y. Desprianto, S. Prasetyono dan D. K. Setiawan, "Studi Perencanaan Upgrade Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Perak-Ujung Menggunakan Konduktor HTLS (High Temperature-Low Sag)". [online]. Available: <https://www.unej.ac.id/index.php/BS/article/download/5704/4251>, 2017.
- [8] SK DIR 114.K/DIR/2010, No. Dokumen: 10/HARLUR-PST/2009, "Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik SUTT SUTET", PT PLN (Persero), 2010.
- [9] Standart Perusahaan Listrik Negara, "Konstruksi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV Dan 150 kV dengan Tiang Beton Baja", vol. 121-7:1996.
- [10] Stephanus A. Ananda, , E. Hosea dan V. Chandra, "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.
- [11] S. Ramadan dan H. Zulkarnaini, "Perbandingan kuat medan listrik di bawah saluran transmisi 150 kv antara G.I. T.Kuning dan G.I Berastagi berdasarkan pengukuran dan perhitungan dengan menggunakan metode bayangan". [online]. Available: https://www.usu.ac.id/singuda_ensikom/article/download/3332/2296, 2015.
- [12] T.S. Hutaeruk, M.Sc,"*Transmisi Daya Listrik*". Jakarta:Erlangga ,1993.
- [13] Turan Gonen, *Electrical Power Transmission System Engineering: Analysis and Design*, USA: John Willey & Sons Inc.,1988.
- [14] W. Saputra, " Pengaruh Perubahan Arus Saluran Terhadap Tegangan Tarik dan Andongan Pada SUTT 150 kV". Padang. ITP. 2017