

## Studi Perencanaan *Upgrade* Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Perak-Ujung Menggunakan Konduktor HTLS (*High Temperature-Low Sag*)

(*Study of High Voltage Transmission 150 kV Perak-Ujung Upgrade Planning Using HTLS (High Temperature-Low Sag) Conductor*)

Rahmad Yusuf Desprianto, Suprihadi Prasetyono, Dedy Kurnia Setiawan  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)  
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121  
E-mail: depri.ryd@gmail.com

### Abstrak

Saluran transmisi udara 150 kV pada umumnya menggunakan konduktor ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) yang mempunyai titik kerja suhu yang terbatas. Saluran transmisi udara akan mengalami titik jenuh seiring meningkatnya kebutuhan listrik. Dengan menyempitnya lahan dan masalah investasi maka saluran yang telah ada perlu dioptimalkan dengan melakukan *reconductoring* menggunakan konduktor HTLS (*High Temperature Low Sag*). Konduktor HTLS mempunyai titik kerja suhu yang tinggi dibandingkan konduktor ACSR. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas hantar arus serta untuk memenuhi kehandalan N-1 dari saluran transmisi udara dengan memilih konduktor jenis HTLS yang meliputi ACCC, ACCR dan TACSR yang sesuai dengan struktur jaringan transmisi. Dengan menggunakan metode keseimbangan panas dalam menghitung *ampacity* dan metode *cartenary* dalam menghitung andongan dan tegangan tarik maka akan diketahui konduktor yang sesuai dengan struktur yang telah ada. Dari hasil penelitian menunjukkan konduktor ACCC jauh lebih handal dengan mampu menaikkan kapasitas hantar arus hingga 96,3 % sedangkan ACCR sebesar 83,9 % dan TACSR sebesar 40,7%. Dan andongan maksimal ACCC sebesar 4,692 m, ACCR sebesar 6,550 m dan TACSR sebesar 8,076 m dengan tegangan tarik yang dibutuhkan pada andongan maksimal berturut-turut sebesar 12,825 kN; 9,086 kN dan 8,119 kN.

**Kata Kunci:** konduktor HTLS, *reconductoring*, transmisi udara.

### Abstract

The air transmission channel 150 kV in general using the ACSR (*Aluminum Conductor Steel Reinforced*) conductor which have a limited temperature working point. The air transmission channel will have a saturated point over rising electricity needs. With narrow land and investment issues then existing channels need to be optimized by doing *reconductoring* using HTLS (*High Temperature-Low Sag*) conductor. HTLS conductor has a working point to high temperature compared to the ACSR conductor. This research aims to increase the capacity of *ampacity* and to fulfill the N-1 reliability of the air transmission channel by selecting type of HTLS conductors which includes the ACCC, ACCR and TACSR that accordance with the structure of transmission network. By using the heat balance method in calculating the *ampacity* and *cartenary* method in calculating the sagging and tension then will be known which is in accordance with the existing structure. From the results of research showed the ACCC conductor far more reliable by being able to raise the current capacity until 96,3% where as ACCR of 83,9% and TCSR of 40,7%. And the ACCC maximum sagging of 4,692 m, ACCR of 6,550 m and TACSR of 8,076 m by tension needed on the maximum sagging in a row of 12,825 kN; 9,086 kN and 8,119 kN.

**Keywords:** air transmission, HTLS conductor, *reconductoring*.

### PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik semakin hari semakin bertambah mengingat standar kehidupan manusia yang meningkat. Kehidupan saat ini tidak terlepas dari peranan teknologi yang sumber utama dari teknologi tersebut adalah listrik. Listrik mempunyai peranan yang konvensional sehingga harus adanya keseimbangan antara beban yang ditanggung dengan listrik yang dibutuhkan. Untuk mengimbangi meningkatnya kebutuhan listrik tersebut, usaha atas perencanaan dan pengembangan sistem listrik yang ada harus diupayakan [1].

*Reconductoring* pada saluran transmisi udara merupakan hal yang mungkin untuk dilakukan pada saat ini, mengingat lahan yang mulai menyempit akibat pengembangan wilayah

kota. *Reconductoring* juga bertujuan untuk meningkatkan kehandalan dalam penyaluran transmisi udara. Hal ini terjadi pada saluran transmisi listrik 150 kV Perak-Ujung Surabaya. Selain kawasan padat penduduk dan kawasan industri, kawasan ini merupakan objek vital yaitu kawasan komando TNI AL bagian timur (LANTAMAL V) sehingga suplai akan daya listrik harus selalu terpenuhi. Selain itu juga saluran transmisi Perak-Ujung merupakan salah satu saluran transmisi yang menghubungkan ke Pulau Madura sehingga diperlukan kehandalan dalam sistem transmisi listrik. Pada tahun 2015 I nominal rata-rata transmisi Perak-Ujung telah mencapai 77,82 % dari kapasitas yang tersedia [2]. Akibatnya jika terjadi gangguan pada salah satu saluran transmisi maka saluran yang lain tidak dapat menopang

beban manuver dari saluran yang mengalami gangguan atau lebih dikenal dengan keandalan N-1. Dengan demikian pemadaman bergilir di Pulau Madura menjadi tidak terelakan. Kehandalan sistem ini sudah tidak memenuhi kriteria. Pada saluran transmisi yang tidak memenuhi keandalan N-1 akan dilaksanakan *reconductoring* dan *uprating* [3].

Saluran transmisi udara umumnya menggunakan konduktor jenis ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) yang memiliki batas temperatur kerja yang diizinkan sebesar 90°C [4]. Konduktor ini mempunyai sifat tahan panas yang terbatas walaupun konduktivitas listriknya tinggi, karena menggunakan bahan aluminium jenis *EC grade* sehingga tidak dapat memberikan peningkatan kemampuan hantar arus [5]. Konduktor jenis ini dapat beroperasi pada pembebanan harian pada suhu 75°C. Dengan keterbatasan yang dimiliki oleh konduktor konvensional tersebut memungkinkan penggantian konduktor yang sifatnya mempunyai ketahanan panas yang jauh lebih baik sehingga menghasilkan kapasitas hantar arus yang lebih besar.

Pada saat ini telah dikembangkan beberapa konduktor yang mempunyai keunggulan dibandingkan dengan konduktor yang konvensional atau yang biasa dikenal dengan konduktor *High Temperature Low Sag* (HTLS). Konduktor HTLS ini mempunyai banyak variasi yang dikembangkan, dimana konduktor jenis ini mempunyai kemampuan lebih baik dibandingkan konduktor konvensional. Sehingga dengan ini dimaksudkan agar dapat menyalurkan daya secara maksimal. Dalam saluran transmisi udara, kawat penghantar harus dirancang sedemikian rupa agar jaringan transmisi mempunyai unjuk kerja yang baik secara mekanis dan elektrik.

Penelitian mengenai upgrade saluran transmisi udara 150 kV sebelumnya telah dilakukan yaitu mengenai Evaluasi Pengaruh Faktor Eksternal Terhadap Mekanisme Kinerja Konduktor ACCC dan ACSR [5]. Penelitian yang sebelumnya yaitu membandingkan kinerja dari konduktor HTLS dengan konduktor konvensional. Namun tidak membandingkan unjuk kerja antara konduktor HTLS. Dengan hal ini penelitian ini bertujuan mengkaji konduktor HTLS yang jauh lebih handal dalam penyaluran transmisi daya listrik. Sehingga dapat menghasilkan proses penyaluran energi listrik yang lebih efektif dan efisien khususnya pada saluran transmisi udara 150 kV Perak-Ujung.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Konduktor HTLS**

Konduktor HTLS merupakan teknologi yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan daya listrik. Konduktor jenis ini mempunyai suhu yang sangat tinggi apabila dibandingkan dengan konduktor yang konvensional. Sehingga dengan mempunyai titik suhu yang tinggi maka kapasitas hantar arus semakin besar. Karena arus yang melalui sebuah konduktor mempunyai batas ambang suhu yang terdapat pada konduktor. Selain itu juga konduktor HTLS ini mempunyai konduktivitas serta kuat tariknya yang lebih baik dibandingkan dengan konduktor yang konvensional.

**Perhitungan Temperatur Konduktor**

Perhitungan kemampuan hantar arus konduktor pada saluran transmisi udara memenuhi persamaan keseimbangan panas dimana sebaran panas oleh konveksi ditambah sebaran panas oleh radiasi sama dengan panas dari matahari ditambah oleh rugi-rugi listrik, dirumuskan sebagai berikut[6]:

$$q_c + q_r = q_s + I^2 \cdot R(T_{avg}) \dots\dots\dots(1)$$

- keterangan :
- q<sub>c</sub> : penyebaran panas secara konveksi (W/m)
  - q<sub>r</sub> : penyebaran panas yang secara radiasi (W/m)
  - q<sub>s</sub> : penyerapan energi sinar matahari (W/m)
  - I : arus penghantar (A)
  - R(T<sub>avg</sub>) : resistansi AC konduktor pada temperatur T<sub>avg</sub> (Ω/m)

**Perhitungan Elektrik Konduktor**

Dengan meningkatnya kemampuan hantar arus maka daya yang akan dihasilkan oleh saluran transmisi juga ikut meningkat. Karena besar daya berbanding lurus dengan besarnya arus dan tegangan. Untuk mencari daya yang dihasilkan maka diperoleh persamaan

$$P = \sqrt{3} V \times I \cos \phi \dots\dots\dots(2)$$

- Keterangan:
- P : Daya (Watt)
  - V : Tegangan (Volt)
  - I : Arus (A)

Sama halnya dengan daya, rugi-rugi daya berlaku hal yang sama karena semakin besar arus yang dihasilkan maka rugi-rugi daya akan terus meningkat. Selain itu dengan semakin besarnya arus, resistansi konduktor pun akan semakin tinggi, sehingga akan mempengaruhi besarnya rugi-rugi daya yang terjadi.

Berikut merupakan perhitungan rugi-rugi daya pada suatu saluran transmisi listrik.

$$P_L = 3 I^2 x R(T_{avg}) \dots\dots\dots(3)$$

- Keterangan :
- P<sub>L</sub> : Rugi-rugi Daya (Watt)
  - R(T<sub>avg</sub>) : Resistansi AC konduktor pada temperatur T<sub>avg</sub> (Ω/m)
  - I : Arus per fasa dalam ampere (A)

**Perhitungan Mekanik Konduktor**

Dalam perhitungan mekanik konduktor terdapat tiga kajian yaitu besar andongan, tegangan tarik dan pemuluran terhadap konduktor dari masing-masing jenis konduktor terhadap masing-masing span yaitu dengan menggunakan metode *cartenary equation*[7]

$$D = \frac{w l^2}{8 H} \dots\dots\dots(4)$$

- Keterangan:
- D : Andongan (m)
  - w : Berat konduktor (kg/m)
  - H : Tegangan Tarik horizontal (kg)
  - l : Panjang konduktor (m)

$$T = H \left( 1 + \frac{w^2 l^2}{8 H^2} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- T : Tegangan Tarik (kN)
- w : Berat konduktor (kg/m)
- H : Tegangan Tarik horizontal (kg)
- l : Panjang konduktor (m)

$$L = l \left( 1 + \frac{w^2 L^2}{24 H^2} \right) \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- L : Panjang Konduktor Setiap *Span* (m)
- w : Berat konduktor (kg/m)
- H : Tegangan Tarik horizontal (kg)
- l : Panjang konduktor (m)

**Metode Rulling Span**

Metode ini digunakan untuk menghitung andongan dan tegangan tarik pada struktur dua *dead end* yang terdiri atas multi span yang berjarak tak sama[1].

$$L_e = \sqrt{\frac{L_1^3 + L_2^3 + L_3^3 + \dots\dots\dots + L_n^3}{L_1 + L_2 + L_3 + \dots\dots\dots + L_n}} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- Le : Span ekivalen (m)

**Pengaruh Faktor Lingkungan**

**A. Pengaruh Temperatur**

Pengaruh temperatur menyebabkan pemuaihan terhadap konduktor yang menyebabkan pengaruh baik dari kajian elektrik dan mekanik konduktor yang dapat memenuhi persamaan sebagai berikut [8]

$$L_\sigma = L \times (1 + \epsilon_\sigma + \epsilon_c) \dots\dots\dots(7)$$

dengan  $\epsilon_\sigma = \frac{\sigma}{E} = \frac{H}{E A} \dots\dots\dots(8)$

Keterangan:

- $L_\sigma$  : Panjang konduktor *under stress* (m)
- L : Panjang konduktor *no stress* (m)
- $\epsilon_\sigma$  : *elastic strain*
- $\sigma$  : *Stress* (Kg/mm<sup>2</sup>)
- $\epsilon_c$  : *Plastic deformation of the cable*
- E : Modulus elastis konduktor (Mpa)
- H : Tegangan tarik pada konduktor (Kg)
- A : Luas penampang konduktor (mm<sup>2</sup>)

**B. Pengaruh kecepatan angin**

Diasumsikan bahwa angin tidak mengenai keseluruhan pada konduktor. Angin diasumsikan bekerja secara horizontal terhadap permukaan konduktor [9]

$$W_e = \sqrt{(w + w_i)^2 + F^2} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

- $W_e$  : berat konduktor akibat pengaruh angin (kg/km)
- W : berat panjang konduktor per meter
- wi : berat panjang es per meter
- F : gaya horizontal akibat tekanan angin pada saluran (kg/km).

**METODE PENELITIAN**

**A. Spesifikasi Konduktor**

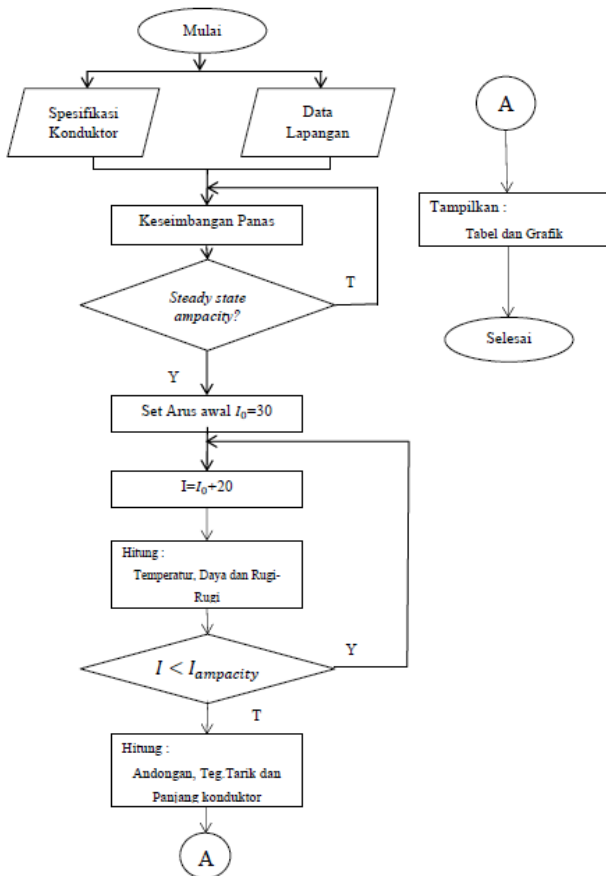
Dalam penelitian ini digunakan 3 jenis konduktor HTLS yaitu ACCC, TACSR dan ACCR yang dipilih dengan memperhitungkan konduktor yang hampir sama dengan spesifikasi konduktor *existing* yaitu konduktor ACSR 340/30 seperti yang ditunjukkan tabel 1. Dengan memperhitungkan baik kajian elektrik maupun kajian mekanik maka akan menjadi suatu rekomendasi bagi pihak terkait sebagai upaya pergantian konduktor (*reconductoring*) yang sesuai dengan struktur jaringan Perak-Ujung.

**B. Flowchart Sistem**

*Flowchart* sistem ini dimulai memasukkan data awalan sebagai masukan dari perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Data awalan berupa spesifikasi konduktor dan kondisi lapangan merupakan masukan untuk menghitung *steady state ampacity* terhadap masing-masing konduktor. Dalam mencari *steady state ampacity*, menggunakan metode keseimbangan panas [6]. Setelah didapatkan *steady state ampacity*, maka akan di beri besar arus awalan yang di set sebesar 30 A. Hal ini dilakukan karena penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pembebanan arus saluran transmisi terhadap uji secara elektrik yang berupa temperatur konduktor, daya serta rugi-rugi yang dihasilkan dan mekanis yang berupa besarnya andongan, tegangan tarik dan panjang konduktor. Pembebanan arus saluran akan ditambah 20 A sampai mencapai titik kerja suhu maksimal dari masing-masing konduktor. Sehingga dengan mengetahui perubahan arus saluran terhadap uji secara elektrik dan mekanik, memungkinkan untuk mengetahui kehandalan yang akan direkomendasikan sebagai pergantian konduktor (*reconductoring*) yang sesuai dengan struktur saluran transmisi udara 150 kV Perak-Ujung.

Tabel 1. Spesifikasi Konduktor

Spesifikasi konduktor		Jenis Konduktor				
Tipe Konduktor		ACSR/AS 340/30	TACSR Rook	ACCC Dove	ACCR 636-T16 Groosbre ak	
Diameter (mm)	Aluminium	18,00	16,56	15,8	15,9	
	Inti (Core)	6,99	8,28	7,75	9,3	
	Total	24,99	24,84	23,55	25,2	
Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Aluminium	339,29	323	361,6	322	
	Inti (Core)	29,85	41,9	47,1	52	
	Total	369,14	364,9	408,7	374	
Berat Konduktor (Kg/km)		1140	1171	1083	1067	
Resistansi (ohm/km)		DC/20 °C	0,0827	0,0873	0,0771	0,0854
Modulus Elastisitas (GPa)	Aluminium	61,78189 5	59,7608	54,21	55	
	Inti (Core)	162	162	112,3	216	
	Total	69,886	71,518	60,9	77	
Koefisien Muai Panjang 10 <sup>-6</sup> / °C	Aluminium	23	23	23	23	
	Inti (Core)	13	13	1,61	6,3	
	Total	21,126	20,382	18,5	16,6	
Temperatur Operasi (°C)	Operasi kontinyu	75		180	210	
	Batas Maksimum	90	150	200	240	
	Rated Breaking Streanght (kN)	93,92	98	122,3	111,6	



Gambar 1. Flowchart Sistem.

**HASIL PENELITIAN**

**A. Hasil Pengujian konduktor Existing**

Konduktor yang digunakan pada saat ini pada saluran transmisi Perak-Ujung adalah konduktor jenis ACSR/AS 340/30 yang memiliki titik kerja suhu yang terbatas. Dengan hal ini saluran ini hampir mengalami titik jenuh seiring bertambahnya beban yang pada sepanjang tahun 2015 arus nominalnya hampir mendekati 100 % pada masing-masing sirkit. Pada tabel 2 dapat diketahui saluran telah melampaui batas ideal yang telah di izinkan sebesar 50 %. Hal ini menunjukkan saluran transmisi ini tidak memenuhi keandalan N-1. Yang dimaksud dengan keandalan N-1 ini adalah apabila terjadi gangguan disalah satu sirkit maka sirkit yang lainnya dapat menerima beban manuver dari sirkit yang mengalami gangguan. Sehingga dengan hal ini tidak ada terjadinya pengurangan beban terhadap konsumen.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode *cartenary equation* dan keseimbangan panas dapat diketahui kinerja dari segi mekanik dan elektrik yang ditunjukkan tabel 3. Jika ditinjau dari tabel 3 arus yang dapat disalurkan pada pembebanan harian sebesar 710 A. Seiring menaiknya arus maka semua kondisi mengalami kenaikan kecuali yang terjadi pada tegangan tarik yang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan tegangan tarik maksimal berada pada arus minimal dan kondisi suhu minimal dengan adanya faktor angin[7].

**B. Penentu Konduktor HTLS**

Penelitian ini dilakukan pemelihan konduktor dengan pengujian mekanik dan elektrik yang dimaksudkan agar mendapatkan konduktor jenis HTLS yang sesuai dengan kebutuhan disaluran transmisi 150 kV Perak-Ujung.

**1. Pengaruh Arus Terhadap Temperatur Konduktor**

Arus yang mengalir pada konduktor akan menimbulkan rugi-rugi pada konduktor berupa panas. Semakin besar arus yang mengalir akibat arus pembebanan, panas yang dihasilkan oleh konduktor semakin bertambah. Panas konduktor ini tidak hanya dihasilkan oleh rugi-rugi pembebanan arus namun juga dipengaruhi oleh temperatur *ambient* (lingkungan). Faktor lingkungan sekitar juga mempengaruhi bertambahnya panas terhadap konduktor tersebut. Gambar 2 menunjukkan temperatur meningkat seiring kenaikan terhadap arus. Pada keadaan maksimal ACCC dapat menaikkan arus hingga 1,96 kali pada suhu 196,004°C sedangkan konduktor ACCR hantar arus dapat ditingkatkan 1,84 kali pada suhu 237,346 °C dan TACSR sebesar 1,4 kali pada suhu 147,637°C dari keadaan kapasitas hantar arus maksimal konduktor ACSR.

**2. Pengaruh Temperatur Terhadap Andongan Konduktor**

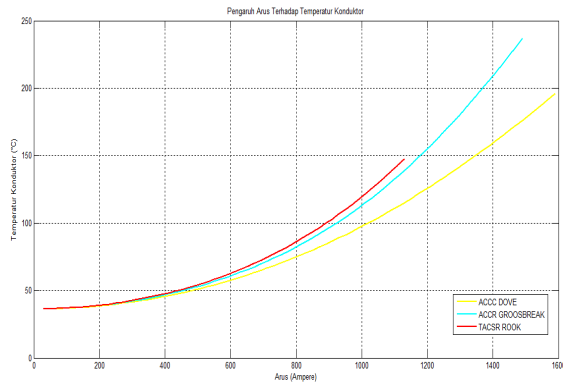
Besar andongan yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh temperatur akibat perubahan pembebanan terhadap arus. Garis horizontal yang melintang pada gambar 3 merupakan batas andongan maksimum yang digunakan pada saat ini yaitu sebesar 6,5 m. Gambar 3 Menunjukkan hubungan temperatur terhadap andongan konduktor. Konduktor TACSR melampaui dari batas *clearance* yang digunakan pada saat ini sehingga konduktor ini tidak dapat digunakan secara maksimal. Sedangkan pada konduktor ACCC menghasilkan andongan yang kecil sebesar 4,692 m. Yang menunjukkan konduktor ACCC lebih handal karena dengan menaikkan kapasitas hantar arus yang lebih besar namun andongan yang dihasilkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan konduktor jenis HTLS lainnya.

Tabel 2. Data I nominal Saluran Transmisi Perak-Ujung

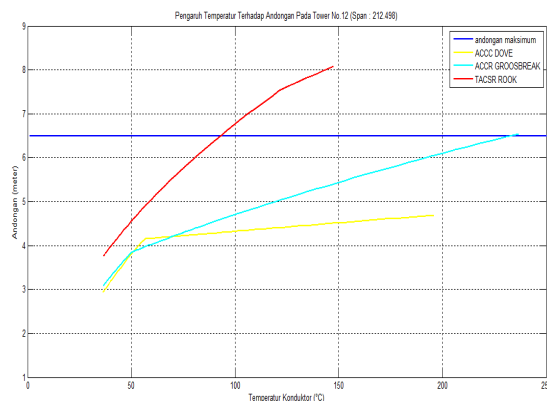
Bulan	I nom % sirkit 1	I nom % sirkit 2
Januari	76,87	76,87
Februari	77,99	78,27
Maret	76,87	76,87
April	79,66	79,95
Mei	76,87	79,66
Juni	81,05	79,95
Juli	81,05	79,95
Agustus	79,66	79,66
September	81,34	81,65
Oktober	84,41	84,74
November	85,22	64,30
Desember	60,47	64,30

Tabel 3. Perhitungan konduktor *existing* pada tower 12 span 212,498 m

Kondisi	Ars (A)	Suhu (°C)	Teg. Tarik (kN)	Panjang Konduktor (m)	Andongan (m)
Pembebanan Harian	710	74.480	10.863	212.927	5.844
Pembebanan Maksimal	810	87.565	9.929	213.012	6.402



Gambar.2 hubungan arus terhadap temperatur



Gambar 3 Hubungan temperatur terhadap andongan

**3. Pengaruh Pembebanan Arus Terhadap Tegangan Tarik Konduktor**

Kenaikan arus berbanding terbalik dengan besaran tegangan tarik. Karena mempunyai spesifikasi yang berbeda pada masing-masing konduktor HTLS maka dengan ini akan diketahui tegangan tarik yang dibutuhkan dari masing-masing konduktor pada setiap span yang terpasang seperti halnya yang ditunjukkan pada gambar. 4. Dalam keadaan pembebanan maksimal konduktor TACSR pada arus maksimal sebesar 1130 A tegangan tarik yang dibutuhkan sebesar 8,119 kN. Saat arus maksimal 1490 A pada konduktor ACCR tegangan tarik yang dibutuhkan sebesar 9,086 kN. Sedangkan pada konduktor ACCC pada saat mencapai arus maksimal 1590 A tegangan tarik yang dibutuhkan 12,825 kN. Tegangan tarik menurun seiring kenaikan arus hal ini terjadi karena tegangan tarik maksimal terjadi pada saat andongan minimum dan suhu minimum. Semakin besar RTS maka semakin tinggi pula tegangan tarik yang dihasilkan. Sesuai dengan data karakteristik

konduktor RTS dari masing-masing konduktor berturut-turut konduktor ACCC Dove, ACCR Groobreak 636-T16, dan TACSR Rook sebesar 122,3 kN, 111,6 kN, dan 98 kN.

**3. Pengaruh pembebanan Arus Terhadap Panjang Konduktor**

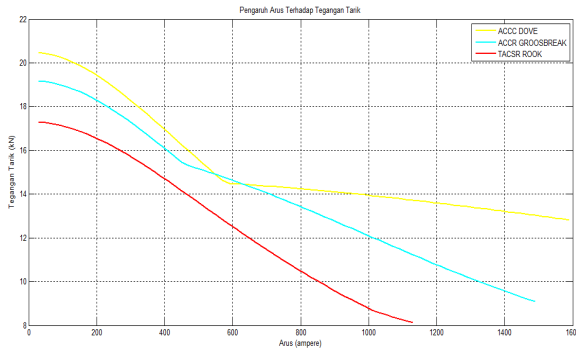
Perbedaan spesifikasi pada konduktor ini khususnya pada koefisien muai panjang menyebabkan pemuluran yang terjadi terhadap masing-masing konduktor berbeda. Konduktor terjadi pemuluran meningkat ketika arus pembebanan meningkat seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Jika ditinjau dari gambar 5 hubungan antara arus dan panjang konduktor dengan arus awal yang sama yaitu sebesar 30 A mempunyai panjang konduktor yang berbeda-beda dari masing-masing konduktor. Jika ditinjau dari konduktor TACSR Rook pada arus awal panjang konduktor sebesar 212,675 m namun pada saat mencapai arus maksimal panjang konduktor mencapai 213,316 m. Sedangkan pada konduktor ACCR 636-T16 Groosbreak di suhu awal 30 A panjang konduktor sebesar 212,617 m dan pada saat mencapai di titik kerja suhu maksimal pada arus 1490 A panjang konduktor sebesar 213,036 m. Pada konduktor ACCC Dove panjang awal pada arus 30 A sebesar 212,606 m. Ketika mencapai temperatur maksimal sebesar 1590 A panjang konduktor sebesar 212,774 m. Jika dilihat dari arus yang sama pada 30 A panjang masing-masing konduktor berbeda, jika dilihat konduktor yang mempunyai tegangan tarik semakin tinggi panjang konduktor semakin rendah begitu pun sebaliknya. Dengan hal ini tegangan tarik mempengaruhi panjang konduktor, sehingga dalam pemasangan lebih menguntungkan apabila pemuaiannya tidak terlalu besar. Dan konduktor ACCC Dove memiliki pemuaiannya yang paling kecil mengingat kapasitas hantar arus yang dihasilkan jauh lebih besar apabila dibandingkan dengan konduktor ACCR 636-T16 Groosbreak dan TACSR Rook.

**4. Kemampuan Penyuplaian Daya dan Rugi Daya yang Dihasilkan**

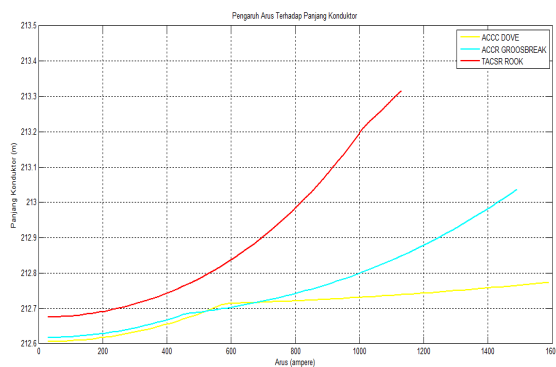
Upgrade saluran transmisi tegangan tinggi yaitu menambah kapasitas hantar arus pada saluran transmisi udara tersebut. Hal ini dilakukan karena peningkatan kebutuhan beban yang cukup meningkat setiap tahunnya. Dengan meningkatkan kemampuan hantar arus maka penyuplaian daya akan ikut meningkat. Namun seiring meningkatnya pembebanan arus maka rugi-rugi yang dihasilkan akan meningkat pula. Dari hasil perhitungan daya serta rugi daya yang dihasilkan oleh masing-masing konduktor HTLS akan ditunjukkan oleh tabel 4. Dalam hasil perhitungan daya yang dihasilkan oleh konduktor ACCC Dove jauh lebih besar dibandingkan dengan ACCR 636-T16 Groosbreak TACSR. Pada suhu maksimum daya yang dapat disalurkan oleh konduktor ACCC Dove adalah 413,048 MW lebih besar sekitar 6,7 % dari konduktor ACCR yang dapat menyuplai daya hingga 387,070 MW dan sebesar 40,7% dari konduktor TACSR yang dapat menyuplai daya hingga 293,550 MW. Walaupun daya yang dihasilkan konduktor ACCC Dove lebih besar, rugi-rugi daya pada ACCC lebih kecil jika dibandingkan dengan ACCR 636-T16 Groosbreak. Pada suhu maksimal rugi daya yang dihasilkan oleh konduktor ACCC Dove sebesar 0,769279 MW sedangkan pada konduktor ACCR sebesar

1,071251 MW. Dan pada TACSR rugi-rugi yang dihasilkan sebesar 0,526718 MW.

Jika ditinjau dari rekapitulasi rata-rata beban puncak pada tahun 2015 mencapai 148,142 MW. Dengan mempertimbangkan pembebanan harian menggunakan konduktor ACCC Dove penyuplaian daya dapat ditingkatkan sebesar 164,79 %. Sedangkan dengan menggunakan konduktor ACCR 636-T16 Groosbreak penyuplaian daya dapat ditingkatkan hingga 143,75 %. Lebih kecil 21,04 % dari penyuplaian daya konduktor ACCC Dove.



Gambar 4. Hubungan arus terhadap tegangan tarik konduktor



Gambar 5. Hubungan Arus Terhadap Panjang Konduktor

Tabel 4 Perhitungan Daya dan Rugi-Rugi

Konduktor	Daya (MW)	Rugi-Rugi Daya (MW)
ACCC	413,048	0,769279
ACCR	387,070	1,071251
TACSR	293,550	0,526718

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada keadaan mencapai titik kerja suhu maksimal konduktor HTLS dengan jenis ACCC, ACCR dan TACSR dapat menaikkan kapasitas hantar arus berturut-turut sebesar 1,96 kali ; 1,84 kali dan 1,40 kali lebih besar dari kapasitas hantar arus konduktor konvensional.

2. Konduktor HTLS yang sesuai dengan struktur saluran transmisi 150 kV Perak-Ujung adalah konduktor jenis ACCC dengan mempertimbangkan kenaikan kapasitas hantar arus hingga 1,96 kali dari konduktor konvensional

dengan andongan sebesar 4,692 m, tegangan tarik sebesar 12,825 kN, pemuluran 0,168 m dan dapat menyalurkan daya hingga 413,048 MW.

### SARAN

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah:

1. Untuk penelitian lebih lanjut digunakan metode keseimbangan panas transient karena memperhitungkan respon dari perubahan cuaca terhadap pembebanan arus.
2. Diperhitungkan batas kinerja dari konduktor melalui pengujian mekanik dan pengujian elektrik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyono, Suprihadi. 2007. *Analisis Unjuk Kerja Mekanis Konduktor ACCR Akibat Perubahan Arus Saluran*. Universitas Jember. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 7(1):18-25.
- [2] APP Surabaya. 2015. *Rekapitulasi Beban Puncak*. Surabaya: APP Surabaya.
- [3] PT PLN. 2015. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2015-2024*. JAKARTA: PT.PLN.
- [4] AAnanda, S. A., Hosea, E., & Chandra, V. 2006 . *Pengaruh Perubahan Arus Saluran Terhadap Tegangan Tarik dan Andongan pada Suet 500 KV di Zona Krian*. Universitas Kristen Petra.*Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 6(1):8-14.
- [5] Mutaqin, A. Husni. 2013. *Evaluasi Pengaruh Faktor Eksternal Terhadap Mekanisme Kinerja Konduktor ACCC dan ACSR pada SUTT 150kV*. Universitas Bung Hatta.
- [6] Douglass, Dale dkk. 2012. *IEEE Standard for Calculating the Current Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors*. New York: The Institute of Electrical and Electronics, Inc.
- [7] Hutauruk, T.S. 1996. *Transmisi Daya Listrik*. Cetakan IV. Jakarta : Erlangga.
- [8] Slegers, James. 2011. *Sag Calculations and High-Temperature Conductor Technologies*. Ames: IOAW State University.
- [9] Das, Debrapiya. 2006. *Electrical Power System*.Indians Institue of Technology. West Bengal : Indians Institute of Technology.