

Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Lingkungan Terhadap Kapasitas Pembawa Arus pada Kabel Tegangan Menengah

Furqan Baharsyah^{#1}, Syahrizal^{#2}, Mansur Gapy^{#3}

[#] Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7 Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

¹furqanbaharsyah18@gmail.com

²syahrizal.ee@unsyiah.ac.id

³mansur_gapi@unsyiah.ac.id

Abstrak — Distribusi daya listrik memiliki beberapa komponen penting, salah satunya penghantar listrik. Kemampuan dalam menghantarkan listrik pada pendistribusiannya dipengaruhi oleh kualitas konduktor dan resistansi yang dipakai. Kualitas konduktor berpengaruh terhadap kuat medan listrik, kapasitas hantar arus, juga panas yang dihasilkan. Tujuan dilakukannya penelitian ini ialah untuk mendapatkan penghantar yang mempunyai kuat hantar arus maksimum, guna mengoptimalkan saluran udara tegangan menengah dengan ketepatan pemilihan penghantar sesuai kemampuan kuat hantar arusnya dengan memperhitungkan pengaruh perubahan suhu lingkungan. Metode yang digunakan untuk menentukan berapa besar nilai kuat hantar arus pada suatu penghantar ialah metode keseimbangan panas IEEE std. 738. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penghantar yang memiliki KHA terbesar ialah BCC-1/2H dengan nilai KHA 1609,64 A. Nilai KHA akan meningkat ketika suhu lingkungan rendah dan menurun ketika suhu lingkungan tinggi, namun hal ini juga dipengaruhi oleh kecepatan angin, intensitas radiasi matahari, dan resistansi konduktor.

Kata Kunci — Keseimbangan panas, KHA, AAAC, AAAC-S, ACSR, TACSR, BCC-1/2H.

I. PENDAHULUAN

Kualitas energi listrik yang diterima konsumen sangat dipengaruhi oleh sistem pendistribusiannya. Untuk itu diperlukan sistem distribusi tenaga listrik dengan keandalan yang tinggi. Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan / tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi.[1]

Kapasitas hantar arus pada kabel sangat menentukan besarnya arus listrik yang diperbolehkan untuk mengalir sehingga suhu maksimal pada konduktor tidak melebihi batas suhu yang ditetapkan. Dengan kondisi suhu lingkungan yang berbeda-beda maka dapat mempengaruhi kualitas konduktor dan resistansinya. Kuat hantar arus kabel pada

saluran distribusi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti beban panas, suhu lingkungan, efek radiasi, dan kecepatan angin terhadap kawat penghantar. Beban panas pada kawat penghantar merupakan temperatur pada konduktor yang mempengaruhi kuat hantar arus saluran. temperatur pada konduktor itu sendiri disebabkan oleh panas yang dihasilkan arus saluran, suhu lingkungan, pendinginan radiasi dan juga pendinginan yang disebabkan oleh angin pada lingkungan sepanjang saluran distribusi.

Maka, diperlukan kajian terhadap kuat hantar arus kabel yang disebabkan oleh beberapa faktor tersebut, yang akan diuraikan dalam skripsi ini, sehingga dapat diketahui arus maksimal yang dapat dilalui pada saluran distribusi dengan suhu lingkungan yang berubah-ubah agar dapat selalu terjaga kualitas dan susut umur konduktornya.

II. DASAR TEORI

A. Umum

Saluran udara tegangan menengah (SUTM) adalah jenis jaringan tegangan menengah (JTM) dengan penghantar yang berada di udara dan di topang oleh tiang beton atau besi (overhead lines). Ciri paling umum dari SUTM adalah penghantar yang digunakan berupa kawat telanjang, baik AAC maupun AAAC. Di jaringan dist/ribusi PLN, SUTM beroperasi pada tegangan 20 kV. Penggunaan *bare conductor* pada tegangan 20 kV memiliki konsekuensi terhadap batas-batas keamanan dan keselamatan pada konstruksinya. Hal yang paling utama mengenai batas keamanan dan keselamatan tersebut adalah jarak aman saluran terhadap lingkungan dan isolasi untuk memisahkan bagian bertegangan dengan tanah.

B. Metode keseimbangan panas

Salah satu faktor yang mempengaruhi ketahanan kabel ialah kuat hantar arusnya. Ketika konduktor pada kondisi kerja dan suhunya meningkat, maka dibutuhkan perhitungan keseimbangan panas, untuk mengetahui seberapa besar arus yang boleh mengalir pada konduktor tersebut. Metode keseimbangan panas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor

yaitu suhu lingkungan, dimensi konduktor, kecepatan angin, besar arus, hambatan, dan kondisi permukaan konduktor [2].

$$P_c + P_s = P_r + P_w \quad (1)$$

Dimana,

P_c = Panas konduktor (W/m)

P_s = Panas akibat radiasi matahari (W/m)

P_r = Panas akibat reaksi radiasi (W/m)

P_w = Panas akibat reaksi konveksi (W/m)

Maka, dengan metode ini dapat diketahui hubungan antara suhu dan arus yang diizinkan melewati konduktor pada batas aman sehingga tidak membuat unjuk kerja konduktor berkurang.

1) *Panas konduktor* : Bergantung dari besarnya beban (arus) dan resistansi pada temperatur konduktor yang berlaku. Besar dari lapisan aluminium dalam konduktor mempengaruhi karakteristik panas saluran. Panas konduktor saluran akibat perubahan suhu dapat dihitung dengan persamaan berikut [3]:

$$P_c = R (1 + \alpha (T - 20)) I^2 \quad (2)$$

Dimana,

R = Resistansi pada temperatur 20°C (Ω)

α = Koefisien temperatur dari resistansi per derajatnya

I = Arus (A)

2) *Efek temperatur terhadap resistansi* : Salah satu faktor luar yang sangat berpengaruh terhadap hambatan penghantar adalah suhu atau temperatur. Semakin tinggi temperatur suatu penghantar, semakin tinggi pula getaran elektron-elektron bebas dalam penghantar tersebut. Getaran elektron-elektron bebas inilah yang akan menghambat jalannya muatan listrik (arus listrik) dalam penghantar tersebut. Adapun hambatan jenis penghantar akan berubah seiring dengan perubahan temperatur. Semakin tinggi temperatur penghantar, hambatan jenisnya akan semakin tinggi, dan sebaliknya. Perubahan hambatan jenis ini selanjutnya akan diikuti oleh perubahan hambatan total (R) penghantar itu sendiri. Misalkan sebuah resistansi konduktor R_0 pada $t^\circ\text{C}$, maka resistansi R_t setelah pemanasan dapat ditentukan dengan:

$$R_c = R_0 (1 + \alpha_0 (t_a - 20)) (\Omega) \quad (3)$$

Nilai dari α untuk berbagai bahan materi pada berbeda temperatur dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini [3].

TABEL I
KOEFSIEN RESISTANSI

Material	T_0 °C	Koefisien Temperatur dari Tahanan $\times 10^{-3}$					
		α_{20}	α_{25}	α_{50}	α_{75}	α_{80}	α_{100}
Cu 100 %	234,5	3,93	3,85	3,52	3,25	3,18	2,99
Cu 75 %	241,0	3,83	3,76	3,44	3,16	3,12	2,93
Al 61 %	228,1	4,03	3,95	3,60	3,30	3,25	3,05

3) *Panas akibat radiasi matahari* : Penyerapan panas dari matahari terhadap konduktor sebesar [3]:

$$P_s = \alpha \cdot E \cdot dc \text{ (W/m)} \quad (4)$$

Dimana,

α = Koefisien serap matahari

E = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

dc = diameter konduktor (m)

4) *Pelepasan panas oleh reaksi radiasi* : Pelepasan panas yang terjadi akibat radiasi gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara karena adanya tumpukan energi termal pada semua benda dengan suhu di atas suhu terendah yang mungkin terjadi [4]. Emisivitas dari sebuah badan merupakan pecahan dari pemancaran energi dan energi sebuah benda hitam telah terpancar pada temperatur yang sama. Emisivitas tergantung pada material dari permukaan, temperatur, kondisi permukaan dan distribusi panjang gelombang dari pancaran energi. Emisivitas dari konduktor meningkat dengan panjang umur dari konduktor tersebut. kenyataan yang dikaji dalam konduktor AAAC telah menunjukkan konduktor yang baru dipasang dapat memiliki emisivitas 0.23 sedangkan konduktor yang telah lama dapat memiliki emisivitas sebesar 0.95 [5]. Total pelepasan panas oleh reaksi radiasi dapat diuraikan dengan [3]:

$$P_r = 17,9 \varepsilon \left(\left[\frac{T_c}{100} \right]^4 - \left[\frac{T_a}{100} \right]^4 \right) dc \text{ (W/m)} \quad (5)$$

Dimana,

ε = Emisivitas relatif

T_c = Temperatur konduktor ($^\circ\text{K}$)

T_a = Temperatur lingkungan ($^\circ\text{K}$)

Maka, dari persamaan diatas dapat diketahui berapa besar nilai pelepasan panas pada konduktor oleh reaksi radiasi dan bagaimana pengaruhnya terhadap nilai kuat hantar arus suatu penghantar.

5) *Pelepasan panas oleh reaksi konveksi* : Reaksi konveksi merupakan perpindahan panas dari satu tempat ke tempat lain karena adanya perpindahan fluida, proses perpindahan panas melalui perpindahan massa [5]. Sebagai

sebuah konduktor faktor arus dan panas matahari lebih panas daripada udara sekitar dan konduktor tersebut akan memanaskan udara yang dekat pada bagian permukaan. Jika ada angin, udara yang terpanaskan tadi dibawa oleh udara dingin (angin yang baru) menjauh dari permukaan konduktor. Ketika panas meninggalkan konduktor, hal inilah yang dikatakan sebuah proses pendinginan pada konduktor. Jika tidak ada angin masih ada beberapa ukuran dari pendinginan oleh kepadatan dari udara panas oleh konduktor menurun dan udara hangat secara perlahan meningkat. Udara yang baru akan mengambil tempat dan perlahan memberikan efek dingin pada konduktor penghantar. Dalam penelitian ini perhitungan nilai panas reaksi konveksi menggunakan persamaan berikut [3]:

$$P_w = 18 \sqrt{p V_m \Delta t} \text{ (W/m)} \quad (6)$$

Dimana,

p = Tekanan udara (atmosfir)
 V_m = Kecepatan angin (m/s)
 Δt = Kenaikan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Maka, dari persamaan tersebut dapat diketahui berapa besar nilai pelepasan panas pada konduktor oleh reaksi konveksi dan bagaimana pengaruhnya terhadap nilai kuat hantar arus suatu penghantar.

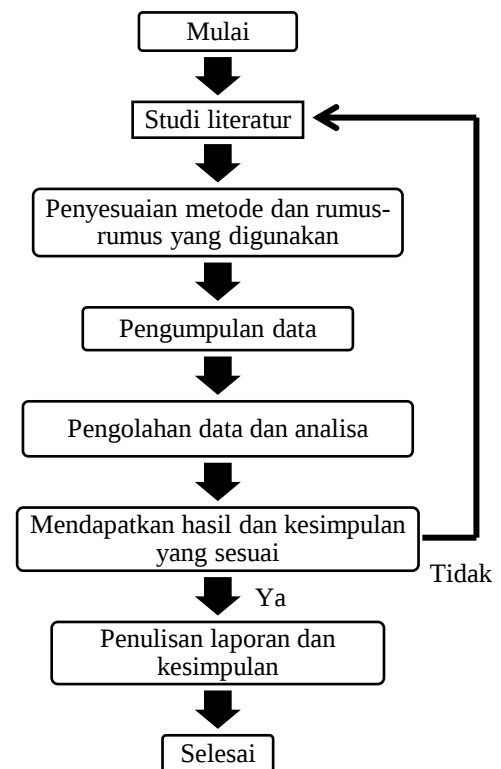
6) *Kuat hantar arus* : Persamaan metode keseimbangan panas (1) yang telah dijelaskan pada poin-poin sebelumnya kemudian diturunkan persamaannya untuk menghitung KHA penghantar menjadi:

$$I = \sqrt{\frac{Pr + Pw - Ps}{R}} \quad (7)$$

Maka, dari persamaan tersebut dapat diketahui berapa arus maksimal yang dibolehkan mengalir pada suatu penghantar dengan mempertimbangkan pengaruh perubahan suhu lingkungan.

III. METODE PENELITIAN

Tahap-tahap dalam melakukan proses pengerjaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut.

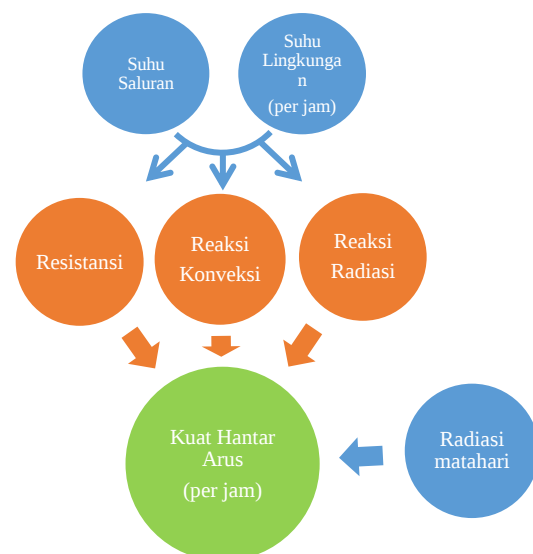


Gambar 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

A. Data Penelitian

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data spesifikasi konduktor dan data cuaca perjamnya (suhu lingkungan, kecepatan angin, radiasi matahari, tekanan udara) yang diperoleh dari instansi – instansi terkait.

B. Perencanaan Penelitian



Gambar 2 Skema pengaruh perubahan suhu terhadap kuat hantar arus

Dalam penelitian ini yang mempengaruhi kuat hantar arus konduktor disebabkan oleh beberapa faktor seperti yang terlihat pada gambar 2 yaitu pertama, pengaruh suhu saluran dengan asumsi suhu maksimal konduktor sesuai dengan spesifikasi kabel dan pengaruh perubahan suhu lingkungan per jam nya dalam satu hari. Dari kedua faktor pengaruh peningkatan suhu tersebut memberikan pengaruh terhadap resistansi konduktor dan juga menimbulkan beberapa reaksi pelepasan panas yaitu panas reaksi radiasi dan panas reaksi konveksi. Reaksi konveksi ini selain dipengaruhi oleh perubahan suhu, namun juga dipengaruhi oleh kecepatan angin. Faktor kedua yang mempengaruhi besar kecilnya nilai kuat hantar arus suatu penghantar ialah pengaruh dari radiasi matahari yang langsung memberikan dampak pada suatu penghantar tanpa harus adanya pengaruh dari suhu lingkungan. Dari kedua faktor inilah dapat dilihat bagaimana pengaruh perubahan suhu lingkungan terhadap besar kecilnya kuat hantar arus suatu penghantar menggunakan metode keseimbangan panas IEEE std. 738 [3].

C. Perhitungan Metode Keseimbangan Panas

Perhitungan kuat hantar arus yang digunakan dengan metode keseimbangan panas sesuai dengan standard IEEE 738 ini membutuhkan empat faktor pengaruh yang harus diperhitungkan, yaitu pengaruh reaksi radiasi, reaksi konveksi, panas matahari, dan resistansi konduktor [3]. Berikut merupakan perhitungan pada konduktor AAAC hanya mengacu pada kondisi cuaca pukul 01.00 pada tanggal 10 Januari 2017 dengan mempertimbangkan metode perhitungan untuk semua konduktor sama.

1) *Pelepasan panas reaksi radiasi* : Berikut ini merupakan perhitungan nilai panas yang dilepaskan suatu penghantar yang disebabkan oleh reaksi radiasi menggunakan standard IEEE 738 dengan persamaan (5) sebagai berikut:

$$P_r = 17,9 \varepsilon \left(\left[\frac{T_c}{100} \right]^4 - \left[\frac{T_a}{100} \right]^4 \right) dc \text{ (W/m)} \quad (5)$$

Diketahui:

ε = 0,23 (kondisi baru)
 dc = 20,25 (mm) = 0,02025 (m)

diameter konduktor diambil dengan nilai paling mendekati pada rata-rata luas nominal konduktor sebesar 240 mm² yang tertera pada spesifikasi kabel.

TABEL II
DIAMETER KONDUKTOR

Konduktor	AAA C	AAAC- S	ACS R	TACS R	BCC- 1/2H
Diameter (mm)	20.25	20.40	21.53	18.20	20.25

$$T_c = \frac{273+80}{100} = 3,53 \text{ } ^\circ\text{K}$$

temperatur konduktor diambil pada suhu maksimal konduktor yang tertera pada spesifikasi kabel.

TABEL III
TEMPERATUR KONDUKTOR

Konduktor	AAA C	AAAC- S	ACS R	TACS R	BCC- 1/2H
Temperatur (°C)	80	90	80	150	80

$$T_a = \frac{273+20}{100} = 2,93 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Maka,

$$P_r = 17,9 \times 0,23 ([3,53]^4 - [2,93]^4) \times 0,02025$$

$$P_r = 6,80 \text{ W/m}$$

Maka, panas yang dilepaskan oleh penghantar AAAC pada pukul 01.00 WIB sebesar 6,80 W/m.

2) *Pelepasan panas reaksi konveksi* : Reaksi konveksi merupakan proses pelepasan panas penghantar ke udara oleh faktor angin dapat dihitung menggunakan standard IEEE 738 dengan persamaan (6) sebagai berikut:

$$P_w = 18 \sqrt{p V_m dc} \Delta t \text{ (W/m)} \quad (6)$$

Diketahui:

p = 0,873 atm (10 Januari 2017)
0,635 atm (22 Juli 2017)
 V_m = 4 km/h = 1,11 m/s
 Δt = 80° - 20° = 60 °C (suhu maksimum konduktor – suhu lingkungan)
 dc = 20,25 (mm) = 0,02025 (m)

Maka,

$$P_w = 18 \sqrt{0,873 \times 1,11 \times 0,02025 \times 60}$$

$$P_w = 151,36 \text{ W/m}$$

Maka, besar panas yang dilepaskan pada penghantar AAAC oleh pengaruh angin pada pukul 01.00 WIB sebesar 151,36 W/m.

3) *Panas matahari* : Penghantar tidak hanya melepaskan panas ke udara melalui reaksi radiasi dan reaksi konveksi, namun penghantar juga menghasilkan panas dari matahari. Besar panas pada penghantar yang dihasilkan oleh matahari dapat dihitung menggunakan standard IEEE 738 dengan persamaan (4) sebagai berikut:

$$P_s = \alpha \cdot E \cdot dc \text{ (W/m)} \quad (4)$$

Diketahui:

α = 0,6 (konduktor baru)

TABEL IV
KOEFSIEN SERAP MATAHARI

Konduktor	AAAC	AAAC-S	ACSR	TACSR	BCC-1/2H
α	0.6	1	0.6	0.6	0.6

E = 0 (W/m²) (radiasi pukul 01.00 dikarenakan tidak adanya sinar matahari)
dc = 20,25 (mm) = 0,02025 (m)

Maka,
 $P_s = 0,6 \times 0 \times 0,02025$
 $P_s = 0$ W/m

Pada pukul 01.00 dikarenakan tidak adanya sinar matahari, maka intensitas radiasi matahari (E) bernilai 0 dan panas yang dihasilkan penghantar AAAC pun tidak ada (0 W/m).

4) *Resistansi konduktor* : Berikut ini merupakan perhitungan nilai resistansi suatu penghantar menggunakan standard IEEE 738 dengan persamaan (3) sebagai berikut:

$$R_c = R_0 (1 + \alpha_0 (t_a - 20)) (\Omega) \quad (3)$$

Diketahui:
 $R_{20} = 0,000137 \text{ } \Omega/\text{m}$ (resistansi awal diambil pada suhu 20°C).

TABEL V
RESISTANSI KONDUKTOR

Konduktor	AAAC	AAAC-S	ACSR	TACSR	BCC-1/2H
Resistansi (Ω/km)	0.1370	0.3320	0.1154	0.1850	0.0754

$\alpha = 4,03 \times 10^{-3}$ (koefisien temperatur tahanan berbahan Al pada suhu 20°C)

TABEL VI
KOEFSIEN RESISTANSI KONDUKTOR

Konduktor	AAAC	AAAC-S	ACSR	TACSR	BCC-1/2H
α	$4,03 \times 10^{-3}$	$4,03 \times 10^{-3}$	$4,03 \times 10^{-3}$	$4,03 \times 10^{-3}$	$3,83 \times 10^{-3}$

$T_a = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$

Maka,
 $R_c = 0,000137 (1 + 0,00403 (20 - 20))$
 $R_c = 0,000137 \text{ } \Omega/\text{m}$

Maka, resistansi pada penghantar AAAC pada pukul 01.00 WIB sebesar 0,000137 Ω/m

5) *Kuat hantar arus* : Berikut ini merupakan perhitungan akhir untuk mendapatkan nilai kuat hantar arus suatu penghantar menggunakan standard IEEE 738 dengan persamaan (7) sebagai berikut:

$$I = \sqrt{\frac{Pr + Pw - Ps}{R}} \quad (7)$$

Diketahui:

$P_r = 6,80 \text{ W/m}$
 $P_w = 151,36 \text{ W/m}$
 $P_s = 0 \text{ W/m}$
 $R_c = 0,000137 \text{ } \Omega/\text{m}$

Maka,

$$I = \sqrt{\frac{6,80 + 151,36 - 0}{0,000137}}$$

$I = 1074,47 \text{ A}$

Maka, nilai kuat hantar arus yang mampu ditampung penghantar AAAC pada pukul 01.00 dengan suhu lingkungan 20 °C ialah sebesar 1074,47 A.

Berikut dalam tabel VII merupakan hasil perhitungan kelima penghantar yang digunakan pada tanggal 10 Januari 2017 pukul 01.00 dengan suhu lingkungan 20°C dan untuk hasil perhitungan kelima penghantar selama 24 jam terlampir pada lampiran B dan C.

TABEL VII
HASIL PERHITUNGAN KHA PADA TANGGAL 10 JANUARI 2018
PUKUL 01.00

Kabel	Pukul	Ta	Pr	Pw	Ps	R	KHA
		(°C)	(w/m)	(w/m)	(w/m)	(Ω/m)	(A)
AAAC	01.00	20	6.80	151.36	0	0.0001370	1074.47
AAAC-S	01.00	20	8.39	177.24	0	0.000332	747.76
ACSR	01.00	20	7.23	156.07	0	0.0001154	1189.59
TACSR	01.00	20	18.47	310.91	0	0.0001850	1334.33
BCC-1/2H	01.00	20	6.80	151.36	0	0.0000754	1448.33

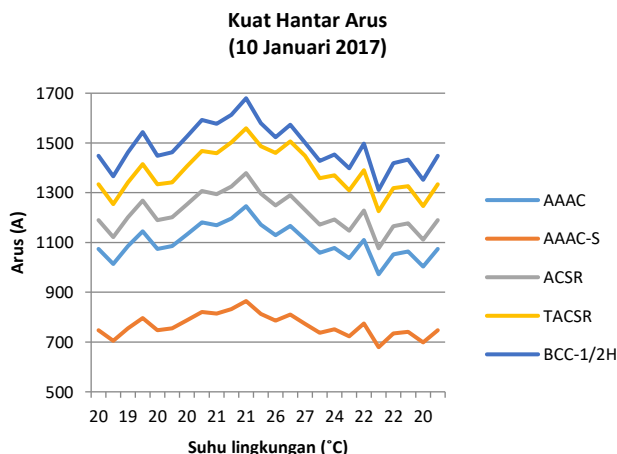
Dari hasil perhitungan kelima penghantar (tabel VII) pada pukul 01.00 dengan suhu lingkungan 20°C terlihat nilai kuat hantar arus terbesar yaitu pada penghantar BCC-1/2H dengan nilai kha sebesar 1448,33 A, hal ini dikarenakan nilai resistansi terhadap suhu lingkungan penghantar BCC-1/2H yang sangat kecil dibandingkan keempat penghantar lainnya. Kecilnya nilai resistansi penghantar BCC-1/2H karena terbuat dari tembaga dan memiliki nilai tahanan jenis lebih kecil dibandingkan keempat penghantar lainnya yang terbuat dari aluminium campuran. Penghantar TACSR juga besar nilai KHA nya walaupun nilai resistansi pada TACSR tidak sebaik penghantar BCC-1/2H, hal ini dikarenakan besarnya nilai pelepasan panas yang disebabkan oleh reaksi radiasi

dan reaksi konveksi pada konduktor tersebut. Besarnya nilai reaksi radiasi dan reaksi konveksi pada konduktor TACSR ini disebabkan karena konduktor TACSR yang mampu bekerja hingga suhu konduktor mencapai 150°C , sehingga hasil dari pengurangan beda temperatur (temperatur konduktor dan temperatur lingkungan) pada konduktor ini semakin besar dan meningkatkan nilai pelepasan panas oleh reaksi radiasi dan reaksi konveksi pada penghantar. Hal lain yang juga menjadi pertimbangan kenaikan nilai pelepasan panas oleh reaksi radiasi dan konveksi ialah besarnya diameter suatu konduktor. Disimpulkan bahwa semakin kecil resistansi yang dihasilkan suatu konduktor terhadap panas, maka semakin baik nilai KHA suatu penghantar dan semakin besar nilai pelepasan panas oleh reaksi radiasi dan konveksi, maka semakin besar pula kuat hantar arusnya berdasarkan perhitungan menggunakan metode keseimbangan panas IEEE 738 [3]. Hal lain yang menjadi pengaruh dalam metode ini ialah intensitas radiasi matahari, namun dikarenakan perhitungan pada tabel VII pada jam 01.00, maka tidak terlihat pengaruhnya. Hal ini disebabkan tidak adanya penyinaran matahari pada jam tersebut

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kuat Hantar Arus

Setelah didapatkan hasil perhitungan menyeluruh menyangkut panas reaksi radiasi, panas reaksi konveksi, panas matahari, dan besar resistansi konduktor, maka barulah dapat dilakukan perhitungan besar kuat hantar arus yang dapat mengalir pada konduktor yang akan diteliti. Berikut adalah grafik hasil kuat hantar arus pada kelima konduktor berdasarkan faktor perubahan suhu setiap jamnya pada tanggal 10 Januari 2017.

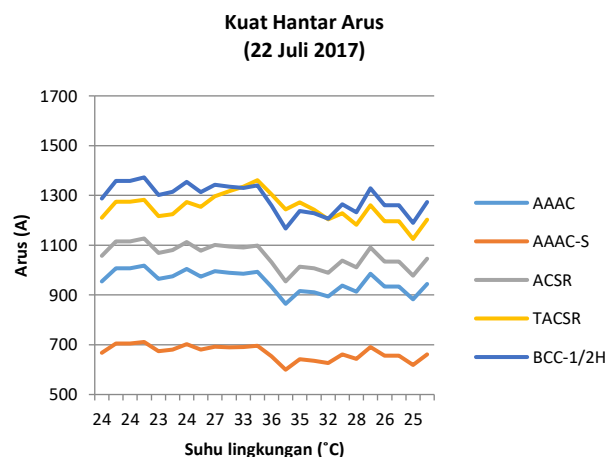


Gambar 3 Kuat hantar arus pada suhu terendah tahun 2017

Seperti yang terlihat pada gambar 3 KHA terbesar yaitu pada penghantar BCC-1/2H kemudian diikuti TACSR, ACSR, AAAC, dan terakhir AAAC-S. Terlihat pada grafik nilai kuat hantar arus berubah-ubah seiring dengan

perubahan cuaca yang terjadi pada hari itu. Pada pukul 11.00 dengan suhu 21°C merupakan puncak KHA terbesar yang dapat ditampung penghantar BCC-1/2H dengan nilai 1679,68 A, hal ini dikarenakan kecilnya nilai peningkatan resistansi penghantar juga dominannya pengaruh pelepasan panas akibat reaksi radiasi dan reaksi konveksi oleh angin serta sedikit pengaruh panas yang dihasilkan oleh radiasi matahari pada jam tersebut dan pada pukul 20.00 dengan suhu 23°C menjadi titik terendah KHA yang dapat ditampung penghantar BCC-1/2H dengan nilai 1310,98 A, hal ini dikarenakan berkurangnya kecepatan angin yang berhembus pada malam hari sehingga mempengaruhi besar nilai pelepasan panas oleh reaksi konveksi serta meningkatnya nilai resistansi penghantar pada jam tersebut. Pada grafik diatas terlihat pada suhu 20°C ke 19°C nilai KHA mengalami penurunan, hal ini dikarenakan pengaruh dari pelepasan panas oleh reaksi konveksi yang kecil dikarenakan kecepatan angin pada waktu tersebut mengalami penurunan sehingga berpengaruh pada menurunnya nilai KHA. Dari hal tersebut terlihat bahwa ada empat (4) faktor penting yang sangat mempengaruhi naik turunnya nilai KHA suatu konduktor, yaitu nilai pelepasan panas oleh reaksi radiasi dan konveksi, kemudian nilai panas yang dihasilkan oleh panas matahari dan resistansi konduktor.

Berikut adalah grafik hasil kuat hantar arus pada kelima konduktor berdasarkan faktor perubahan suhu setiap jamnya pada tanggal 22 Juli 2017.

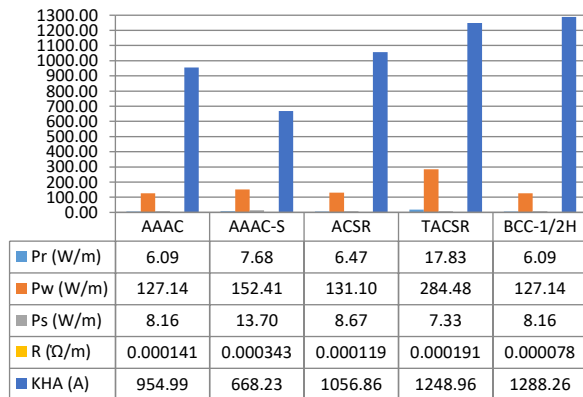


Gambar 4 Kuat hantar arus pada suhu tertinggi tahun 2017

Apabila dibandingkan gambar 3 dan gambar 4, nilai kuat hantar arus pada gambar 4 mengalami penurunan, hal ini dikarenakan beberapa faktor yaitu suhu rata-rata lingkungan dan intensitas radiasi matahari yang lebih besar serta menurunnya nilai pelepasan panas dan peningkatan resistansi konduktor akibat meningkatnya suhu lingkungan pada gambar 4.

B. Hubungan Pr, Pw, Ps, R, dan KHA

Berikut merupakan grafik hubungan hasil perhitungan antara reaksi radiasi, reaksi konveksi, panas matahari, resistansi konduktor, terhadap kuat hantar arus pada suhu lingkungan rata-rata 28 °C tanggal 22 Juli 2017.

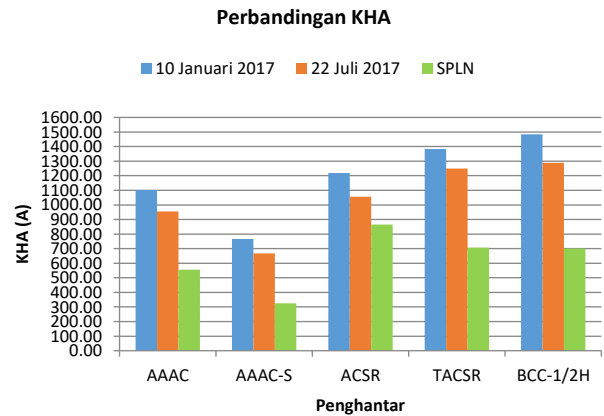


Gambar 5 Hubungan Pr, Pw, Ps, R, dan KHA

Pada gambar 5. terlihat bahwa pengaruh terbesar terhadap kuat hantar arus yaitu pada pelepasan panas oleh reaksi konveksi (Pw) dan reaksi radiasi (Pr), semakin besar pelepasan panas oleh kedua reaksi tersebut maka semakin besar pula nilai kuat hantar arus pada penghantar. Namun, hal ini juga bergantung pada nilai panas yang dihasilkan oleh panas matahari (Ps) dan resistansi konduktor, semakin besar nilai keduanya maka akan menurunkan kemampuan hantar arus suatu penghantar. Seperti yang terlihat pada penghantar AAAC dan BCC-1/2H, nilai Pr, Pw, dan Ps pada kedua penghantar cenderung sama, namun nilai kuat hantar arusnya berbeda jauh meningkat pada penghantar BCC-1/2H, hal ini dikarenakan nilai resistansi pada penghantar BCC-1/2H lebih kecil daripada AAAC, disebabkan karena perbedaan material penghantar BCC-1/2H yang menggunakan tembaga sedangkan AAAC menggunakan aluminium campuran.

C. Perbandingan KHA

Berikut merupakan grafik perbandingan nilai KHA rata-rata menggunakan metode keseimbangan panas std IEEE 738 dengan SPLN.



Gambar 6 Perbandingan KHA

Pada gambar 6. merupakan perbandingan perhitungan nilai rata-rata kuat hantar arus 5 (lima) penghantar pada tanggal 10 Januari 2017 (kolom biru) dan 22 Juli 2017 (kolom merah) menggunakan metode keseimbangan panas std. IEEE 738 dengan Standar PLN (kolom hijau). Dari hasil perhitungan terlihat penghantar BCC-1/2H lebih baik kuat hantar arusnya dibandingkan dengan keempat penghantar lainnya dan mengalami peningkatan kha yang besar apabila dibandingkan dengan kha pada SPLN, hal ini dikarenakan perbedaan kondisi cuaca dalam perhitungan dengan cuaca di spesifikasi penghantar BCC-1/2H standar PLN. Pada tanggal 10 Januari 2017 dengan kondisi suhu lingkungan rata-rata rendah, penghantar dapat meningkatkan nilai kuat hantar arusnya sesuai dengan perhitungan metode keseimbangan panas IEEE 738, berbeda pada tanggal 22 Juli 2017 dengan kondisi suhu lingkungan rata-rata yang lebih tinggi, nilai kuat hantar arus yang dapat ditampung pada suatu penghantar sedikit mengalami penurunan. Dengan demikian setelah melakukan analisa dan perhitungan menggunakan metode keseimbangan panas IEEE 738 maka dapat disimpulkan bahwa semakin rendah suhu lingkungan dan semakin tinggi kecepatan angin semakin besar pula kuat hantar arus pada penghantar, begitupun sebaliknya. Ketika suhu lingkungan tinggi, resistansi konduktor pun ikut meningkat, dan ketika angin yang berhembus rendah maka semakin kecil arus yang dapat mengalir pada penghantar (KHA kecil).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode keseimbangan panas std. IEEE 738 didapatkan urutan penghantar dengan nilai kha terbaik ialah BCC-1/2H dengan nilai kha rata-rata tertinggi mencapai 1609,64 A, kemudian diikuti oleh TACSR, ACSR, AAAC, dan terakhir AAAC-S.

Perhitungan dengan metode keseimbangan panas IEEE std. 738 nilai KHA meningkat 20% - 40% dibandingkan dengan nilai KHA yang ditetapkan pada SPLN.

REFERENSI

- [1] Arifani, Nur Indah, and Heru Winarno. *Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 Kv Pada Penyulang Pandean Lamper 1, 5, 8, 9, 10 Di Gi Pandean Lamper*. Gema Teknologi 17.3 (2013)
- [2] Begamudre, Rakosh Das. *Extra High Voltage AC Transmission Engineering*. New Age International, 2007.
- [3] IEEE Std 738-2006. *Standard for Calculating The Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductor*. IEEE Power Engineering Society, 1993.
- [4] Faghri, Amir, Yuwen Zhang, and John R. Howell. *Advanced Heat And Mass Transfer*. Global Digital Press, 2010.
- [5] Lindberg, Elisabeth. *The Overhead Line Sag Dependence On Wheather Parameters asnd Line Current*. (2011).