

Studi Analisa Kenaikan Temperatur Konduktor Akibat Arus Beban Dan Suhu Lingkungan (Aplikasi Gardu Induk Singkarak)

Siti Aminah Rukmana^[1]; Ir.Arzul,MT^[2]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Email : minarukmana@gmail.com

Abstrak

Gardu Induk (GI) adalah suatu instalasi yang terdiri dari rel daya, peralatan bagi trafo, peralatan ukur dan pengamanan yang merupakan suatu bagian sistem tenaga listrik. Pemanasan (hot point) yang terjadi pada peralatan Gardu Induk (switchyard) disebabkan oleh arus yang mengalir dalam konduktor akibat adanya hambatan. Bagian yang sering mengalami pemanasan adalah bagian terminal dan sambungan pada switchyard, terutama antara dua logam yang berbeda, serta penampang konduktor yang mengecil karena korosi. Sehingga bagian tersebut harus diperhatikan, dengan pengecekan suhunya menggunakan termovisi. Peralatan GI Singkarak pada bay Padang Panjang di ketahui terdapat 46 titik ukur. Nilai rata-rata emisivitas bay Padang Panjang tersebut adalah 0,5234 dan rata – rata perhitungan panas radiasi yaitu 11,1567 W/m. Rata-rata nilai pelepasan panas konveksi yaitu 26, 1506 W/m. Untuk nilai kapasitas hantar arus dengan rata-rata yaitu 549,5015. Untuk nilai Coeficient of Variation adalah 2,79 %. Sedangkan nilai akurasinya yaitu sebesar 95,32% dan ini termasuk akurasi yang baik

Kata Kunci : Gardu Induk; Konduktor; Thermovisi; Kuat Hantar Arus

I. PENDAHULUAN

Untuk mendapatkan energi listrik yang berkualitas dan memiliki kontinuitas yang baik, maka perlu dilakukan pemeliharaan dan pemantauan secara berkala guna menjaga agar kondisi peralatan listrik dapat berfungsi secara baik dan handal, sehingga dapat mencegah gangguan yang dapat merusak sistem dan dapat mengganggu kualitas dan kontinuitas energi listrik. (Putra,2018).

Kapasitas hantar arus penghantar pada gardu induk 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 kenaikan temperature konduktor akibat arus beban dan sekitarnya berdasarkan test termovisi, 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. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gardu Induk

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem atau satu kesatuan penyaluran (transmisi) tenaga listrik. Gardu Induk (GI) merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dari saluran transmisi dan distribusi listrik. Dimana pada suatu tempat dipusatkan suatu sistem tenaga yang berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, peralatan pengaman serta peralatan kontrol. Gardu Induk merupakan bagian yang sangat penting dari sistem tenaga listrik, dimana terdapat saluran transmisi dan jaringan distribusi yang secara bersamaan dihubungkan melalui rel-rel daya atau transformator-transformator tenaga.

Konduktor merupakan suatu kabel yang memiliki peran sebagai media penyaluran listrik. Material yang digunakan untuk konduktor biasanya merupakan paduan aluminium yang memiliki konduktifitas listrik yang tinggi. Konduktor ini kemudian dibalut oleh insulator listrik dan termal untuk mengurangi listrik yang terbuang ke lingkungan dalam bentuk rugi-rugi listrik seperti panas, dan juga untuk meminimalisir bahaya pada lingkungan sekitar. Ujung-ujung konduktor tersambung ke tower. Tower dilengkapi dengan penangkal petir untuk menghindari kerusakan sistem akibat petir yang dapat berdampak pada terhentinya penyaluran listrik.

2.2 Peralatan Gardu Induk

2.1 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain melalui suatu gandengan

magnet dan berdasarkan induksi elektromagnetik. Transformator ini terdiri dari suatu inti, yang dibuat berlapis lapis dan trafo ini memiliki dua buah kumparan. Ada dua buah kumparan di transformator ini yaitu kumparan primer dan sekunder.

2.2 Pemutus Tenaga (PMT)

PMT adalah sebuah peralatan switching mekanik yang memiliki kemampuan untuk menyambung, menyalurkan dan memutus arus pada kondisi normal dan abnormal sesuai dengan spesifikasi waktu dan kemampuan arus. Ada 2 jenis PMT, yaitu single pressure puffer dan double pressure puffer. Arcing contact pada PMT terbuat dari material Copper Tungsten (Cu-W).

2.3 Pemisah (PMS)

PMS/PMS tanah adalah peralatan switching mekanis yang digunakan untuk mengubah koneksi pada sebuah rangkaian tenaga atau untuk mengisolasi rangkaian/peralatan dari sumber daya dan/atau sumber daya ke tanah. PMS terletak di antara sumber tenaga listrik dan PMT serta diantara PMT dan beban. Sakelar pemisah hanya boleh dioperasikan dalam kondisi sistem mati dan bertegangan tetapi tanpa beban. Pemisah adalah suatu alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi.

2.4 *Lightning Arrester*

Lightning Arrester adalah peralatan yang berfungsi untuk melindungi atau mengamankan peralatan listrik dari bahaya gangguan tegangan lebih baik yang disebabkan oleh surja petir

(Lightning Surge) maupun surja hubung (Switching Surge).

2.5 Busbar

Busbar atau rel adalah titik pertemuan atau hubungan trafo-trafo tenaga, SUTT, SKTT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik atau daya listrik. Busbar adalah bentuk besarnya dari isi kabel (tembaga). Fungsinya tetap sama, yaitu menghantarkan listrik.

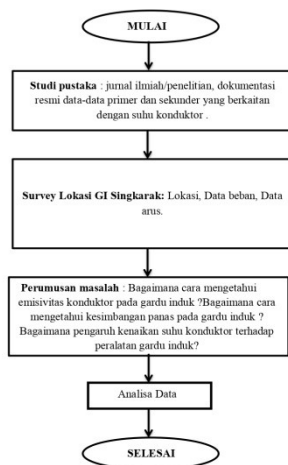
2.6 Potential Transformator

Potential Transformator adalah peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk peralatan indikator, alat ukur / meter dan relai.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut alur dalam pengerjaan skripsi



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Dalam menganalisa data, penulis menggunakan beberapa rumus adalah sebagai berikut :

a. Menghitung Perbandingan Suhu Clamp dan Suhu Konduktor

$$\Delta T = \left(\frac{I_{max}}{I_{saat\ pengambilan}} \right)^2 (T_{clamp} - T_{konduktor}) \quad (1)$$

Dimana :

- ΔT = Perbandingan Suhu °C
- I_{max} = Arus Maksimal (Ampere)
- $I_{saat\ Pengambilan}$ = Arus Saat Pengambilan (A)
- T_{clamp} = Suhu Clamp °C
- $T_{konduktor}$ = Suhu Konduktor °C

b. Menghitung Nilai Emisivitas

$$P = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \rightarrow \varepsilon = \frac{P}{\sigma \cdot T^4} \quad (2)$$

Dimana :

- P = energi thermal conductivity (Alumunium = 237 W/m.K)
- ε = Emisivitas
- σ = Konstanta Stefan Boltzman (5,672 x 10-8 Watt m-2 K-4)
- T = Suhu mutlak (K)

c. Menghitung Nilai Validasi Uji Presisi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x-\alpha)^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$CV = \left(\frac{SD}{a} \right) \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

- SD = Standart deviation (simpangan baku)

- $\sum(x - \alpha)^2$ = Jumlah Nilai Total dikurangi Nilai Emisivitas
- n = Jumlah

d. Perhitungan Pelepasan Panas oleh Reaksi Radiasi

$$P_r = 17,9 \varepsilon [(T_c/100)^4 - (T_a/100)^4] dc \quad (5)$$

Dimana :

P_r = Pelepasan panas reaksi radiasi (W/m)

ε = Emisivitas

T_c = Temperatur Konduktor (°K)

T_a = Temperatur Lingkungan (°K)

dc = Diameter Konduktor (m)

e. Perhitungan Pelepasan Panas oleh Reaksi Konveksi

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

Dimana :

P_w = Pelepasan Panas Konveksi (W/m)

p = Tekanan Udara (atm)

Vm = Kecepatan Angin (m/s)

dc = Diameter Konduktor (m)

Δt = Selisih Suhu (°C)

f. Perhitungan Panas Matahari

$$P_s = a \cdot E \cdot dc \text{ (W/m)} \quad (7)$$

Dimana :

P_s = Panas Matahari (W/m)

a = Koefisien Serap Matahari

E = Intensitas Radiasi Matahari (W/m²)

dc = Diameter Konduktor (m)

g. Perhitungan Resistansi Konduktor

$$R_c = R_0(1 + a_0(ta - 20))\Omega \quad (8)$$

Dimana :

R_c = Resistansi Konduktor (Ohm)

R_0 = Tahanan Konduktor pada 0°

a = Koefisien Temperatur Tahanan

ta = Temperatur Konduktor

h. Perhitungan Kapasitas Hantar Arus

$$I = \sqrt{\frac{P_r + P_w - P_s}{R_c}} \quad (9)$$

Dimana :

I = Arus (Ampere)

P_r = Pelepasan panas reaksi radiasi (W/m)

P_w = Pelepasan Panas Konveksi (W/m)

P_s = Panas Matahari (W/m)

R_c = Resistansi Konduktor (Ohm)

i. Menentukan Uji Akurasi

$$\%recovery = \left(\frac{(a) - x_{benar}}{x_{benar}} \right) \times 100\% \quad (10)$$

Dimana :

$\% recovery$ = Presentase nilai bias

a = Nilai rata-rata emisivitas

x_{benar} = Nilai yang benar

IV. DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

Pengambilan data dilakukan di gardu induk Singkarak yang beralamat di Korong Asampulau, Kenagarian Anduring, Kecamatan 2x11 Kayutanam, Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat. Pengukuran yang dilakukan di peralatan gardu induk Singkarak pada bay Padang Panjang yaitu sebanyak 46 titik ukur. Berikut ini merupakan tabel data pengambilan tes thermovisi pada bay Padang Panjang di gardu induk Singkarak.

Tabel 1. Hasil pengukuran peralatan gardu induk Singkarak pada bay Padang Panjang

No	MTU	Titik Ukur	Anus Teringgi	Anus Pada Saat pengambilan	Suhu Clamp (°C)		
					R	S	T
1	LA	Dead End Clamp Line	152	136	25,8	23,3	23,1
2		Konduktor Dead End Clamp Line	152	136	23,7	16,8	15,8
3		Clamp Junction Konduktor Atas	152	136	26,2	23,6	24,7
4		Clamp LA	152	136	25,2	25,2	25,1
5		Konduktor LA	152	136	24,6	24,9	24,7
6		Konduktor Junction Konduktor LA	152	136	23,1	23,9	21,4
7		Clamp Junction Konduktor LA	152	136	25,5	26,3	23,6
8		Konduktor Clamp Junction Atas	152	136	18	20,3	13,1
9		Kawat Ground LA	152	136	27,9	26,2	25,1
13	PMS Line	Konduktor in PMS Line (Arah Line)	152	136	23,2	24,3	25,2
14		Clamp In PMS Line (Arah Line)	152	136	25,5	26	26,7
16		Clamp Out PMS Line (Arah Bus)	152	136	25,9	26,4	26,5
18		Konduktor Out PMS Line (Arah Bus)	152	136	24,5	22,6	25,1
19	CVT	Konduktor In CVT (Arah Bus)	152	136	0	22,8	0
20		Clamp In CVT (Arah Line)	152	136	0	24,9	0
21		Clamp Out CVT (Arah Bus)	152	136	0	25,1	0
22		Konduktor Out CVT (Arah Bus)	152	136	0	22,9	0
31	CT	Konduktor CT In (Arah Line)	152	136	22,4	25,5	25,5
32		Clamp CT In (Arah Line)	152	136	27,8	23,3	30,4
33		Clamp CT Out (Arah Bus)	152	136	28,6	23,4	25,7
34		Konduktor CT Out (Arah Bus)	152	136	25	25	24,5
43	PMT	Konduktor PMT In (Arah Line)	152	136	22	24,5	23,8
44		Clamp PMT In (Arah Line)	152	136	25,4	25,7	25,5
45		Clamp PMT Out (Arah Bus)	152	136	25,1	25,6	25,6
46		Konduktor PMT Out (Arah Bus)	152	136	22,5	22,2	23,1

4.2 Pembahasan

- a) Perbandingan Suhu Clamp dengan Konduktor

$$\Delta T = \left(\frac{Imaks}{Isaat pengambilan} \right)^2 (T_{clamp} - T_{konduktor})$$

LA Fasa R

$$\Delta T = \left(\frac{152}{136} \right)^2 (25,2 - 24,6) = 0,7494 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- b) Perhitungan Nilai Emisivitas

Konduktor LA Fasa R

$$\frac{p}{\sigma T^4} = \frac{237 W/mK}{5,672 \times \frac{10^{-8} W}{M^{-2} K^{-4}} \times 297,6^4} = 0,5326$$

- c) Perhitungan Nilai Validasi

$$\sum (x - \alpha)^2 = 0,00965949$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \alpha)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,00965949}{46-1}} =$$

0,0146511194

$$CV = \left(\frac{SD}{a} \right) \times 100\% = \frac{0,0146511194}{0,5234} \times 100\% = 2,79\%$$

- d) Pelepasan Panas oleh Reaksi Radiasi

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

$$P_r = 17,9 \times 0,5326 \left(\left[\frac{296,3}{100} \right]^4 - \left[\frac{293}{100} \right]^4 \right) 0,24 = 7,0131 W/m$$

- e) Pelepasan Panas oleh Reaksi Konveksi

Diketahui p = 1008-1011 HPa =

1011 Hpa = 0,997779 atm

Vm = 4-7 Km/j = 6 Km/j =

1,6667 m/s

dc = 240 mm = 0,24 m

$$P_w = 18 \sqrt{p V m dc \Delta t}$$

Pw

$$= 18 \sqrt{0,997779 \times 1,6667 \times 0,24 \times (24,9 - 20)} = 25,1722 W/m$$

- f) Perhitungan Panas Matahari

$$P_s = a \cdot E \cdot dc$$

$$P_s = 0,6 \times 0 W/m \times 0,24 m = 0 W/m$$

- g) Perhitungan Resistansi Konduktor

$$R_c = R_{20} (1 + a_{20} (20 - 20))$$

$$R_c = 0,0001154 (1 + 0,00403 (20 - 20)) = 0,0001154 \Omega/m$$

- h) Perhitungan Kapasitas Hantar Arus

$$I = \sqrt{\frac{P_r + P_w - P_s}{R_c}}$$

Konduktor LA Fasa S

$$I = \sqrt{\frac{11,5209 + 25,1722 - 0}{0,0001154}}$$

$$= 563,8833 \text{ A}$$

V.PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Nilai emisivitas tertinggi terdapat pada clamp PMT out arah bus fase T sebesar 0,5736, nilai terendah terdapat pada clamp CT in arah line fase T sebesar 0,4918 dan nilai rata-rata emisivitasnya adalah 0,5234. Dimana berdasarkan hasil analisa semakin tinggi suhu suatu peralatan maka nilai emisivitas nya akan kecil. Begitu pun sebaliknya jika suhu rendah maka nilai emisivitas nya besar. Nilai akurasi dari bay Padang Panjang di Gardu Induk Singkarak yaitu 95,32 %. Nilai *Coefficient of Variation* (CV) sebesar 2,79 %. Dimana nilai tersebut melewati batas yang ditentukan, yakni sebesar 2%. Jika nilai CV dibawah atau lebih kecil dari 2% maka dapat dinyatakan bahwa metode tersebut mempunyai presisi yang baik. Namun jika melewati dari 2% berarti hasilnya dinyatakan kurang baik. Penyebab terjadinya hal tersebut dikarenakan rata-rata suhu pada bay Padang Panjang lebih tinggi. Perhitungan pelepasan panas oleh reaksi radiasi dengan nilai rata-rata sebesar 11,1567 W/m, untuk nilai tertinggi terdapat pada clamp CT in arah line fase T sebesar 23,3131 W/m dan untuk nilai terendah terdapat pada konduktor PMT in

arah line fase R yaitu sebesar 4,6210 W/m. Perhitungan panas matahari sama dengan 0 W/m karena pengambilan thermovisi dilakukan pada malam hari sehingga tidak ada sinar matahari dan untuk perhitungan nilai resistansi konduktor pada suhu 20°C sebesar 0,0001154 ohm/m. Perhitungan pelepasan panas oleh reaksi konveksi dengan rata-rata sebesar 26,1506 W/m, untuk nilai tertinggi terdapat pada clamp CT in arah line fase T yaitu sebesar 36,6725 W/m dan untuk nilai terendah terdapat pada konduktor in CVT arah line yaitu sebesar 19,0284 W/m. Nilai rata – rata kapasitas hantar arus pada penghantar Padang Panjang yaitu sebesar 549,5015 A dengan nilai KHA tertinggi yaitu pada konduktor PMT out arah bus fase T sebesar 590,8458 A dan nilai KHA terendah yaitu pada konduktor CVT in arah line sebesar 470,3781 A. Semakin besar pelepasan panas radiasi dan konveksi maka semakin besar KHA nya, Namun, hal ini juga bergantung pada nilai panas yang dihasilkan oleh panas matahari dan resistansi konduktor, semakin besar nilai keduanya maka akan menurunkan kemampuan hantar arus suatu penghantar.

5.2 Saran

1. Pelaksanaan thermovisi ini sebaiknya diambil waktu siang hari juga tidak hanya dilakukan saat malam hari.

2. Sebaiknya pada gardu induk mempunyai thermovisi sendiri sehingga tidak menunggu penggunaan thermovisi secara bergilir.