Pengaruh Temperatur Terhadap Rugi–Rugi Daya pada Kawat Penghantar Aluminium

Dimas Teguh Wibowo dan Hafiz Ferdian
Mahasiswa Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara

Abstrak

Temperatur merupakkan sumber energi yang dapat menghasilkan kalor. Kalor merupakan suatu bentuk tenaga. Bila dua sistem yang suhunya berbeda dipersatukan bersama, maka suhu akhir yang dicapai oleh ke dua sistem tersebut berada. Daya yang hilang pada saluran disebabkan oleh resistansi salura tenaga listrik. Resistansi saluran tenaga listrik dapat dipengaruhi oleh perubahan suhu. Perubahan suhu sangat mempengaruhi konduktivitas saluran tenaga listrik. Apabila suhu naik maka konduktivitas saluran tenaga listrik turun, sebab perubahan suhu dapat mengakibatkan gerakan–gerakan elektron di dalam logam tidak teratur. Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Rugi–Rugi daya pada jaringan distribusi yang berfokus pada faktor udara sekelilingnya pada suhu 20^0C – 50^0C. Dengan suhu yang semakin tinggi maka daya hantar saluran tenaga listrik semakin rendah. Salah satu cara mengurangi rugi–rugi daya adalah dengan memperbesar Tegangan. Pengaruh perubahan suhu mengakibatkan pertambahan rugi–rugi daya pada aluminium.

Kata Kunci : *Temperatur, Energi, Daya, Aluminium*

I. PENDAHULUAN

Rugi–rugi daya merupakan banyaknya daya yang hilang pada saluran yang di sebabkan oleh resistansi saluran tenaga listrik tersebut. Besar kecilnya resistansi saluran tenaga listrik dapat dipengaruhi oleh perubahan suhu di daerah sekelilingnya yang dapat meimbulkan perubahan rugi–rugi daya bertambah besar.

Perubahan resistansi saluran tenaga listrik dengan berubahnya suhu boleh dikatakan linier pada batas–batas pengoperasian yang normal, perubahan tersebut terjadi bila bahan saluran tenaga listrik bertambah panas, molekul– molekul zatnya menjadi bergetar, jadi gerakan elektron–elektron melalui penghantar dihalangi, sehingga tahanan sebanding dengan suhu. Koefisien suhu didefinisikan sebagai perubahan tahanan setiap perubahan derajat Celcius dari sebuah tahanan satu ohm yakni, laju perubahan terhadap suhu dimulai pada nol derajat Celcius. Saluran tenaga listrik biasanya terbuat dari aluminium, karena aluminium lebih murah dan lebih ringan. Penghantar aluminium digunakan pada saluran Transmisi dan Distribusi, sedangkan penghantar tembaga digunakan pada rel daya dan penginstalasian gedung–gedung. Efesiensi kerja dari penghantar tergantung dari besar kecilnya rugi–rugi daya dan efesiensi tersebut dapat dipengaruhi oleh jenis saluran, luas penampang dan panjang saluran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Temperatur dan Kalor

Bagi kebanyakan orang, temperatur (suhu) merupakan konsep umum yang menyatakan apakah suatu benda " panas " atau dingin. Pada dasarnya suhu dihubungkan dengan kalor karena diketahui bahwa kalor hanya mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah, bila tidak ada efek–efek lain. Untuk panas atau dinginnya sesuatu kita sudah menggunakan sifat sejuk, dingin, hangat, panas dan sebagainya. Suhu suatu sistem adalah sifat yang menentukan apakah sistem itu setimbang termal dengan sistem lain atau tidak. Apabila dua sistem atau lebih berada dalam kesetimbangan termal, maka sistem itu dikatakan mempunyai suhu yang sama.

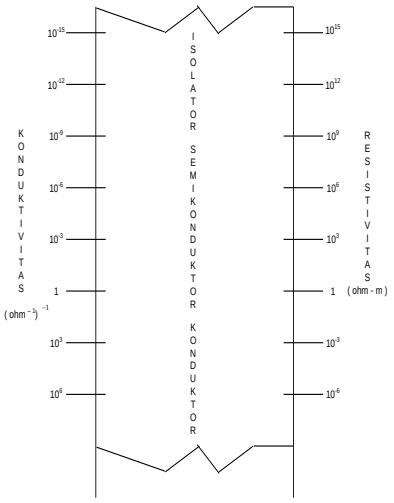
Oleh karena tahanan bergantung pada suhu melalui struktur molekul fundamental, sifat– sifat berubah menurut suhu, dan perubahan itu dapat digunakan untuk mengukur suhu. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer.

Suhu merupakkan sumber energi yang dapat menghasilkan kalor. Kalor merupakan suatu bentuk tenaga. Bila dua sistem yang suhunya berbeda dipersatukan bersama, maka suhu akhir yang dicapai oleh ke dua sistem tersebut berada di antara kedua suhu permulaan tersebut. Kalor adalah suatu yang dapat dipindahkan diantara sebuah sistem dan sekelilingnya sebagai akibat dari adanya perbedaan suhu. Akhirnya secara umum kalor adalah sebuah bentuk tenaga dan bukan merupakan zat.

2.2 Konduktivitas Saluran Tenaga Listrik

Pada umumnya semua bahan mempunyai konduktivitas dengan nilai yang berbeda. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa umumnya bahan dapat dibagi dalam tiga golongan yaitu: Konduktor, Semikonduktor, Isolator. Logam masuk dalam golongan pertama karena memiliki elektron yang bebas bergerak melalui seluruh struktur. Keramik dan bahan polimer yang memiliki elektron yang terikat dengan kuat dan ion – ion yang tidak berdifusi termasuk kelompok

isolator. Fungsinya ialah mengisolir konduktor yang berdekatan dengan bagian tengah dari spektrum kelompok semikonduktor.



Gambar 1. Spektrum konduktivitas

Besar Konduktivitas suatu bahan dapat dirumuskan

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\Omega^{-1})$$

Di mana:
σ = konduktivitas (Ω^{-1})
ρ = tahanan jenis suatu bahan (Ωm)

Pada bahan yang menghantarkan listrik, muatan dibawa sebesar 0,16 x 10^{-18} coulomb, yaitu 1 elektron pada logam yang bergerak. Elektron dan anion adalah pembawa muatan negatif, sebaliknya suatu kation merupakan pembawa muatan positif karena ia kehilangan elektron.

Konduktivitas (σ) dan tahanan jenis (ρ) dari suatu bahan tergantung pada bilangan n, pembawa muatan, besar muatan Q dan permeabilitas. Dengan demikian hubungannya dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad = n.q.\mu$$

Di mana:
n = pembawa muatan (m^{-3})
q = besar muatan (coulomb)
μ = permeabilitas (m^2 / V.s)

Pembawa muatan dan permeabilitas dipengaruhi oleh faktor atom dan struktur atom. Kecepatan gerak ν, suatu muatan dapat dihitung sebagai berikut :

$$v = \mu.\varepsilon$$

Di mana:
V = kecepatan gerak (m/s)
μ = permeabilitas (m^2/V.s)
ε = medan listrik (volt/m)

Resistansi Saluran Tenaga Listrik

Tahanan dari suatu konduktor (kawat penghantar) diberikan oleh:

$$R = \rho.\frac{l}{A}$$

Di mana :
A = tahanan kawat penghantar (Ohm)
ρ = resistivitas (ohm.m)

l = panjang kawat (m)
A = luas penampang kawat (mm^2)

Pada umumnya kawat penghantar terdiri dari kawat pilin (*stranded conductors*) maka sebagai faktor koreksi untuk memperhitungkan pengaruh dari pilin itu, panjang kawat dikalikan dengan 1,02 (2% faktor koreksi).

Tahanan kawat berubah oleh suhu. Dalam batas suhur 10 ^{0}C sampai 100 ^{0}C,, maka untuk kawat tembaga dan aluminium berlaku rumus:

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

Di mana :
R_{t2} = tahanan pada suhu t_2
R_{t1} = tahanan pada suhu t_1
αt_1 = koefisien suhu dari tahanan pada suhu t_1 ^{0}C.

Jadi,

$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}} = 1 + \alpha_{t1}(t_2 - t_1)$$

$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}} = \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1}$$

Di mana :

$$\alpha_{t1} = \frac{1}{T_0 + t_1}$$

$$T_0 = \frac{1}{\alpha_{t1}} - t_1$$

Jelas kelihatan bahwa T_0 ialah suhu dimana tahanan kawat akan menjadi nol, bila persamaan linier yang sama berlaku untuk daerah suhu itu. Dan bila ini benar maka T_0 adalah sama dengan suhu absolut 273 ^{0}C. untuk tembaga (Cu) yang

mempunyai konduktivitas 100%, koefisien suhu dari tahanan pada 20 ^{0}C adalah :
α_{20} = 0,00393
atau,
T_0 = (1/0,00393) – 20 = 234,5 ^{0}C

Untuk konduktivitas yang lain dari tembaga α berubah langsung dengan konduktivitasnya. Jadi untuk konduktivitas 97,5 % :
α_{20} = 0,00383 dan T_0 =241,0 ^{0}C

untuk aluminium (Al) dengan konduktivitas 61 %,
α_{20} = 0,00403 dan T_0 = 228,1 ^{0}C

III. PENGARUH PERUBAHAN SUHU

Perubahan suhu sangat mempengaruhi konduktivitas saluran tenaga listrik. Apabila suhu naik maka konduktivitas saluran tenaga listrik turun, sebab perubahan suhu dapat mengakibatkan gerakan–gerakan elektron didalam logam tidak teratur.

Nilai konduktivitas saluran meningkat apabila suhu meningkat dan bersifat linier dan juga perubahan suhu tidak mempengaruhi jumlah muatan (n) dalam saluran. Konduktivitas dari saluran berbanding terbalik dengan nilai resitivitas.

Besarnya perubahan nilai resistivitas akibat adanya perubahan suhu dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\rho_t = \rho_0(1+\alpha.\Delta T) \quad (\Omega m)$$

Di mana :
ρ_t = nilai tahanan jenis suatu bahan setelah perubahan suhu (Ωm)
ρ_0 = nilai tahanan jenis suatu bahan pada suhu awal. (Ωm)
α = koefisien suhu tahanan resistansi.
ΔT = nilai suhu. (^{0}C)

3.1 Pengaruh Temperatur Terhadap Resistansi Tenaga Listrik

Faktor utama yang menyebabkan perubahan resistansi dari saluran tenaga listrik adalah suhu disekeliling saluran tersebut. Tahanan saluran meningkat dengan naiknya suhu dan bersifat linier. Apabila suhu berubah tidak akan mempengaruhi jumlah muatan yang ada dalam saluran tenaga listrik tersebut, tetapi yang dipengaruhi perubahan suhu adalah kecepatan muatan bergerak didalam saluran, dimana apabila suhu meningkat maka kecepatan muatan bergerak akan menurun, karena muatan – muatan bergerak tidak teratur lagi. Suatu metode yang cukup baik untuk pengukuran suhu ialah dengan menggunakan thermometer tahanan listrik. Alat ini terdiri dari unsur tahanan yang dikenakan pada suhu yang diukur. Suhu ditunjukkan melalui pengukuran perubahan tahanan.

Hubungan antara tahanan dan suhu dapat dituliskan sebagai berikut :

$R_t = R_0 (1 + \alpha (T_1 – T_0))$ (ohm)

Di mana :
R_t = tahanan pada suhu t (ohm)
R_0 = tahanan pada suhu t_0 (ohm)
α = koefisien suhu dari tahanan

Perubahan resistansi saluran tenaga listrik dengan berubahnya suhu bisa dikatakan linier pada batas–batas pengoperasian yang normal. Jika suhu dilukiskan pada sumbu tegak dan resistansi pada sumbu mendatar maka grafik hubungan suhu dengan tahanan dapat dilukiskan sebagai berikut:

3.2 Rugi–Rugi Daya

Daya adalah kerja yang dilakukan didalam mengangkut sebuah muatan Q diantara dua titik a dan b atau besarnya perubahan energi listrik terhadap waktu dalam bentuk tegangan dan arus. Dimana besar kerja yang dilakukan adalah :

V . Q atau P . t = V . Q

Di mana :
W = energi listrik (joule)
V = tegangan listrik (volt)
Q = muatan listrik (coulomb)
P = daya (watt)
t = waktu (detik)

Jika kerja yang dilakukan per satuan waktu adalah konstan dan muatan seluruhnya Q digerakkan melalui sebuah tegangan sebesar (Volt) dalam t detik, maka daya atau kerja per satuan waktu adalah:

$$P = \frac{V.Q}{t}$$

Sementara banyaknya muatan yang bergerak per satuan waktu dinamakan arus dengan rumus :

$$I = \frac{.Q}{t}$$

Maka daya listrik dapat juga dirumuskan sebagai berikut :

$$P = V.I$$

Pada umumnya arus merupakan pergerakan elektron–elektron yang terjadi didalam saluran tenaga listrik. Dalam sebuah arus searah aliaran muatan semuanya adalah dalam satu arah untuk periode waktu yang ditinjau, sedangkan dalam sebuah arus bolak–balik, maka mula–mula muatan mengalir dalam satu arah dan kemudian dalam

arah lain, dan mengulangi siklus ini dengan frekuensi tertentu.

Berdasarkan dari penjelasan diatas maka rugi – rugi daya dapat didefinisikan, banyak daya yang hilang yang berubah menjadi panas sewaktu memindahkan daya lstrik. Akibat yang ditimbulkan rugi–rugi daya adalah panas penyebab terjadinya terjadinya rugi–rugi daya pada saluran dikarenakan oleh adanya resistansi tersebut. Dalam arus searah besar daya yang dihabiskan sebagai kalor dalam sebuah resistansi adalah konstan, tidak tergantung dari waktu tetapi untuk arus bolak–balik besarnya daya yang dihabiskan sebagai kalor dalam sebuah resistansi adalah tidak konstan tergantung dari waktu.

Maka besarnya rugi–rugi daya yang diubah menjadi panas (kalor) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$(P_L) = I^2 . R \qquad \text{(watt)}$$

Di mana :
P_L = besarnya rugi–rugi daya (watt)
I = arus pada saluran (ampere)
R = resistansi saluran (ohm)

Rugi–rugi daya juga dipengaruhi oleh perubahan suhu yang dapat memperngaruhi nilai resistansi saluran. Semakin besar nilai resistansi saluran maka rugi–rugi daya yang timbul semakin besar, karena faktor penyebab terjadinya rugi–rugi daya adalah resistansi pad saluran

Untuk menentukan nilai koefisien kehilangan daya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\beta = \frac{R}{V^2}$$

Di mana :
β = koefisien kehilangan daya ($watt^{-1}$)
R = resistansi saluran (ohm)
V = tegangan Sumber (volt)

Sedangkan rugi – rugi daya dapat juga dirumuskan sebgai berikut :

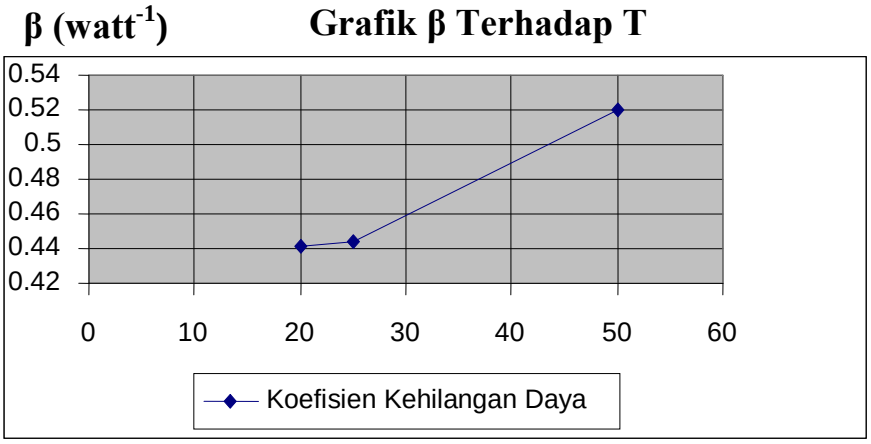
$$P_L = P^2 . \beta$$

Di mana :
P = daya yang dihasilkan sumber (watt)

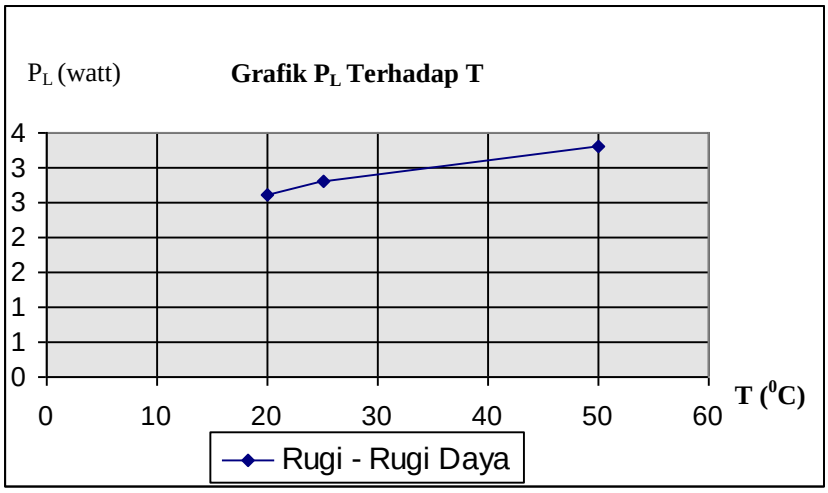
Penggunaan nilai konstanta untuk koefisien kehilangan daya memberikan hasil yang cukup tepat bila koefisien tersebut dihitung untuk beberapa keadaan operasi rata–rata dan jika tidak terjadi pergeseran yang sangat besar.

Tabel 1. Nilai Spesifikasi harga nilai koefisien kehilangan daya (β) dan rugi–rugi daya (P_L) untuk aluminium dengan variasi suhu

No	Bahan	R_t (Ω)	T_1 ^{0}C	β ($Watt^{-1}$)	P_L (Watt)
1	**Aluminium**	0,0994	20	$0{,}441 . 10^{-5}$	2,6112
		0,103	25	$0{,}444. 10^{-5}$	2,84160
		0,118	50	$0{,}52 . 10^{-5}$	3,32800



Gambar 2. Pengaruh perubahan suhu terhadap koefisien kehilangan daya pada aluminium



Gambar 3. Hubungan besar rugi–rugi daya (P_L) terhadap suhu pada aluminium

IV. KESIMPULAN

1. Temperatur yang semakin tinggi maka daya hantar saluran tenaga listrik semakin rendah.
2. Untuk mengurangi rugi–rugi daya adalah dengan memperbesar tegangan.
3. Pengaruh perubahan suhu mengakibatkan pertambahan rugi–rugi daya pada aluminium.
4. Besar kecilnya resistansi saluran tenaga listrik dapat dipengaruhi oleh perubahan temperatur di daerah sekelilingnya yang dapat menimbulkan perubahan rugi–rugi daya bertambah besar.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Arismunandar, A, 1979, *Teknik Tenaga Listrik, jilid II Saluran Transmisi*, Pradnya Paramita, Jakarta.
[2] Abdul kadir, 1998, *Trasnmisi Tegangan Tinggi*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
[3] Hutahuruk, T.S, 1993, *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta.
[4] Neidle, M, 1991, *Teknologi Instalasi Listrik*, Edisi ke tiga, Erlangga, Jakarta.
[5] Resnick, H, 1977, *Fisika*, Edisi ke tiga, jilid I, Erlangga, Jakarta.
[6] Turan Gonen, 1988, *Electric power Transmission System Engineering*, California State University Sacramento, California.
[7] Wiliam D. Stevenson, Jr, 1993, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta.