

ANALISA *POWER OUTAGE SOFTWARE* UNTUK SALURAN UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) 500 KV TERHADAP SAMBARAN PETIR

Riza Alfita¹, Muhamat Choirudin², Rosida Vivin Nahari³, Kartika⁴

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo

³Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo

⁴Fakultas Ekonomi, Universitas Jember

E-mail: *¹yogya_001@yahoo.co.id, ²Choiruddin1234@gmail.com,

³rosida_vn@yahoo.com, ⁴ika_mlg0082@yahoo.co.id

Abstrak – Sistem transmisi merupakan proses pendistribusian sistem tenaga listrik, salah satunya yaitu Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV. Saluran transmisi sangat rawan terhadap gangguan petir karena tingginya saluran tersebut sehingga menyebabkan pemutusan sesaat. Sistem tenaga listrik dikatakan handal apabila dapat mendistribusikan beban secara berkelanjutan, karena panjangnya saluran dan melewati berbagai daerah yang mempunyai *typical* berbeda-beda sehingga mempengaruhi keandalan saluran. Keandalan pada sistem erat kaitannya dengan masalah pemutusan akibat gangguan. Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja sistem untuk dapat berfungsi pada periode waktu tertentu. Untuk mendapatkan kontinuitas penyaluran daya listrik yang baik tentunya diperlukan saluran transmisi dengan tingkat keandalan yang cukup tinggi. Keandalan dari saluran transmisi ditentukan oleh jumlah angka keluaran selama operasi berlangsung. Yang dimaksud angka keluar adalah jumlah gangguan tidak berfungsinya saluran transmisi per 100km/tahun yang disebabkan oleh sambaran petir. Untuk membantu agar daya listrik dapat tersalurkan secara berkelanjutan, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk menganalisa tingkat keandalan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV dengan metode acak, berdasarkan perhitungan manual dan aplikasi software didapatkan perlindungan kawat tanah sebesar 85,940 m², dari angka tersebut dapat dikatakan bahwa saluran tersebut mempunyai tingkat kehandalan hampir 100%

perangkat lunak yang dibuat diharapkan dapat dengan mudah memprediksi adanya gangguan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) terhadap sambaran petir.

Kata Kunci — keandalan, petir, SUTET

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting untuk menunjang kehidupan manusia saat ini. Dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik rumah tangga maupun dalam bisnis, manusia memerlukan tenaga listrik. Secara umum dapat dikatakan bahwa energi listrik merupakan salah satu prasyarat kehidupan manusia, dan perkembangan kehidupan manusia memerlukan tambahan penyediaan energi listrik. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana agar dapat menyalurkan energi listrik secara *continue* dan efisien kepada konsumen dengan frekuensi dan tegangan yang konstan.

Lightning outage adalah gangguan yang disebabkan oleh sambaran petir pada saluran transmisi, baik secara langsung maupun tidak langsung (sambaran induksi) sehingga menyebabkan terganggunya kontinuitas penyaluran daya listrik dari saluran transmisi tersebut. Pada saluran transmisi, petir merupakan pemutusan yang tidak direncanakan dalam penyaluran daya listrik. Satuan gangguan atau biasa disebut angka keluar akibat sambaran petir dinyatakan dalam satuan gangguan per 100 km/tahun. [1]

Peran utama dari suatu sistem tenaga listrik adalah menyediakan dan menyalurkan

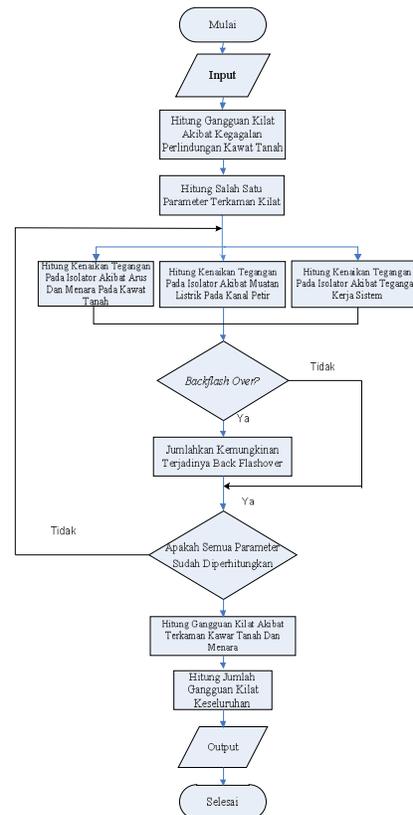
energi listrik secara handal dan *continue* kepada konsumen. Untuk mendapatkan kontinuitas penyaluran daya listrik yang baik tentunya diperlukan saluran transmisi dengan tingkat keandalan yang cukup tinggi. Keandalan dari saluran transmisi ditentukan oleh jumlah angka keluar selama operasi berlangsung. [2]

Jika terjadi sambaran petir pada menara transmisi, maka akan timbul tegangan lebih merambat pada menara. Oleh karena kurang kuatnya ketahanan isolasi dari isolator maka akan timbul lompatan api ke kawat fasa dan terjadilah hubung singkat ke tanah. Gangguan ini dinamakan sebagai gangguan akibat lompatan balik (*Backflashover*). Bila sambaran tidak mengenai kawat tanah atau menara transmisi, tetapi langsung mengenai kawat fasa, maka akan timbul tegangan lebih yang sangat tinggi pada titik sambaran dan merambat sepanjang kawat fasa sehingga mencapai isolator, jika isolator tidak mampu menahan tegangan lebih yang ada maka akan timbul lompatan api yang menyebabkan hubung singkat ke tanah. [3]

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini meliputi pemodelan sekaligus membangun perangkat lunak yang dapat diaplikasikan untuk memprediksi keandalan sistem, peralatan dan *lightning outage* pada Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500kV, dengan terbangunnya perangkat lunak tersebut diharapkan PLN (Persero) dapat dengan mudah memprediksi gangguan dan penanggulangan gangguan, sesuai dengan keadaan yang ada di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

Metode acak adalah metode perhitungan untuk menentukan jumlah gangguan kilat akibat terkaman kilat pada menara, pada seperempat jarak dari menara dan pada setengah jarak dari menara (gangguan kilat akibat *back flash over*) atau gangguan kilat akibat lewat denyar balik. [4]



Gambar 1. Flowchat Metode Acak

- Tentukan distribusi statistik dari amplitudo dan waktu muka arus kilat, lokasi terkaman, tahanan kaki menara dan tegangan kerja sistem
- Tentukan data teknis saluran transmisi, yaitu jumlah rata-rata hari guru per tahun, impedansi terpa kawat tanah, kawat fasa dan menara, tinggi menara, kawat menara dan kawat fasa, faktor kopling antara kawat tanah dan kawat fasa, kekuatan isolasi dari isolator (BIL)
- Hitung gangguan kilat akibat kegagalan perlindungan kawat tanah
- Pilih salah satu kombinasi dengan kemungkinan terjadinya suatu terkaman
- Untuk kombinasi yang dipilih, tentukan kenaikan tegangan yang terjadi dan bandingkan dengan kekuatan isolasi dari isolator (BIL)
- Lakukan perhitungan untuk semua kombinasi dan setiap kali terjadi lewat denyar, kemungkinan terjadinya suatu terkaman dijumlah, sehingga diperoleh kemungkinan terkaman kilat

- ke kawat tanah atau menara yang menimbulkan lewat denyar
- g. Hitung gangguan kilat akibat teraman ke kawat tanah atau menara
- h. Hitung tingkat kegagalan perlindungan.

Tegangan Tinggi Impuls

Tegangan tinggi impuls (*impulse voltage*) adalah tegangan yang naik dalam waktu singkat sekali kemudian disusul dengan penurunan yang relatif lambat menuju nol. Ada tiga bentuk tegangan impuls yang mungkin menerpa sistem tenaga listrik yaitu tegangan impuls petir yang disebabkan oleh sambaran petir (*lightning*), tegangan impuls hubung buka yang disebabkan oleh adanya operasi hubung buka (*switching operation*) dan tegangan impuls petir terpotong [5]

Tegangan impuls didefinisikan sebagai suatu gelombang yang berbentuk eksponensial ganda yang dapat dinyatakan dengan persamaan : [6]

$$V(t) = V_0 (\varepsilon^{-at} - \varepsilon^{-bt})$$

Dimana :

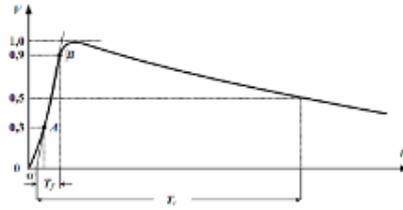
- V_0 = Magnitude Tegangan (kV)
- a,b = Konstanta-konstanta yang dipengaruhi nilai R,L dan C

dari persamaan diatas bentuk gelombang impuls ditentukan oleh a dan b, sedangkan konstanta a dan b ini ditentukan oleh komponen rangkaian, adapun yang mempengaruhi yaitu :

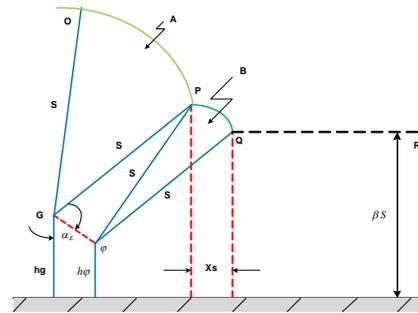
- a. Bentuk dan waktu gelombang impuls dapat diatur dengan mengubah nilai komponen rangkaian saluran (konstanta a dan b)
- b. Nilai puncak (*peak value*) merupakan nilai maksimum gelombang impuls.
- c. Muka gelombang (*wave front*) didefinisikan sebagai bagian gelombang yang dimulai dari titik nol sampai titik puncak. Waktu muka (T_f) adalah waktu yang dimulai dari titik nol sampai titik puncak gelombang.
- d. Ekor gelombang (*wave tail*) didefinisikan sebagai bagian gelombang yang dimulai dari titik puncak sampai akhir gelombang. Waktu ekor (T_t) adalah waktu yang dimulai dari titik nol sampai setengah puncak pada ekor gelombang

Suatu tegangan impuls dinyatakan dengan tiga besaran yaitu tegangan puncaknya (V_{maks}), waktu muka (T_f) dan waktu ekor (T_t). Menurut IEC waktu muka dan waktu ekor untuk tegangan impuls petir adalah :

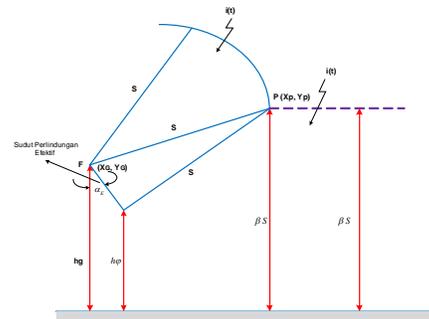
$$T_f \times T_t = 1,2 \times 50 \mu s$$



Gambar 2. Tegangan Impuls Petir Berdasarkan Standart IEC



Gambar 3. Model Elektrogeometris Untuk Kegagalan Perlindungan (Perisaian Tidak Sempurna)



Gambar 4. Model Elektrogeometris Untuk Kegagalan Perlindungan (Perisaian Sempurna)

Perhitungan kepadatan kilat dan jumlah terkaman kilat yang terjadi per 100km penghantar per tahun adalah [7]

$$D = 0,23 \cdot IKL$$

D (Terkaman kilat permil persegi per tahun)

$$D = 8,875 \cdot 10^{-8} \cdot IKL$$

D (Terkaman kilat permeter persegi per tahun)

$$L = 100 \cdot \frac{1000}{s} \cdot A \cdot D$$

$$A = (2\pi + 1) \cdot h_r^2 + 4 \cdot h_g \cdot (S - h_r)$$

$$H_g = H_t - \frac{2}{3} \cdot \text{Andongan}$$

$$Z_g^* = 60 \ln \left(2 \cdot \frac{h_g}{r} \right)$$

$$Z_g^{**} = 60 \ln \left(2 \cdot \frac{h_g}{a_{12} \cdot r} \right)$$

Dimana :

D = Kepadatan kilat per meter persegi pertahun

IKL = Jumlah hari guruh rata-rata per tahun

L = Jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi per 100 km penghantar pertahun

A = Luas daerah yang dilindungi kawat tanah

S = panjang gawang rata-rata (m)

H_t = Tinggi menara (m)

H_g = Tinggi kawat tanah rata-rata (m)

Z_g^{*} = Impedansi terpa 1 kawat tanah

Z_g^{**} = Impedansi terpa 2 kawat tanah

Impadansi terpa menara transmisi (Z_t) [8]

$$Z_t = 60 \ln \left(\sqrt{2} \cdot \frac{2 \cdot h_t}{r_t} \right) - 60$$

Tegangan Puncak Menara (e) [9]

$$E = \frac{(Z_g \cdot Z_t)}{(Z_g + 2 \cdot Z_t)} \cdot I_s$$

I_s = I₀ . t (kA) untuk : 0 ≤ t ≤ T

I_s = I (kA) untuk : t ≥ T

Dimana :

I = Harga puncak dari arus kilat yang melalui menara (kA)

T = Waktu untuk mencapai harga puncak atau panjang muka gelombang dari kilat (mikro detik)

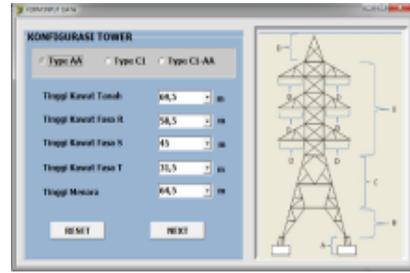
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uji coba *software* dan perhitungan didapatkan hasil dari beberapa parameter yaitu :

Tabel 1. Nilai Parameter

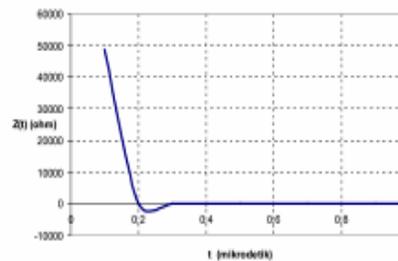
NO	Parameter	Nilai
1	Kepadatan Kilat (Per Meter Persegi Per Tahun)	7,19 . 10 ⁻⁶
2	Luas Daerah Yang Dilindungi Kawat Tanah (m)	85,940
3	Probabilitas Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah	0,00384

4	Jumlah Gangguan Akibat Kegagalan Perlindungan Kawat Tanah	0,0829
5	Impedansi Terpa 1 Kawat Tanah	400,2337
6	Impedansi Terpa Kawat Fasa	37,44



Gambar 5. Capture Aplikasi

Gambar 6. Tegangan Lebih pada Tiap Menara



Gambar 7. Kurva Impedansi Surja Menara Sebagai Fungsi Waktu

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan maka, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan didapatkan luas perlindungan sutet yaitu sebesar 108329,81 m² berdasarkan angka tersebut membuktikan bahwa luas perlindungan akibat sambaran petir SUTET 500 Kv Gersik-Surabaya Barat memiliki keandalan yang baik.
2. Dalam perencanaan pengaman terhadap sambaran petir, angka kepadatan sambaran petir harus ditinjau dahulu untuk menentukan mutu pengaman yang dipasang, semakin besar jumlah kepadatan sambaran petir pada suatu daerah maka kegagalan perlindungan dari saluran transmisi akan semakin besar.
3. Untuk meningkatkan performa perlindungan dapat digunakan dengan menambah groundwire sehingga akan memperkecil probabilitas kegagalan perlindungan, cara tersebut dapat disertai menggunakan counterpoise yaitu konduktor yang ditempatkan di bawah saluran dan dihubungkan dengan sistem pentanahan sehingga akan memperkecil impedansi surja
4. Untuk meningkatkan tingkat keandalan saluran transmisi tegangan ekstra tinggi 500 kV Gresik – Surabaya Barat akibat sambaran petir, maka dapat dilakukan dengan cara mengurangi resistansi di tiap menara.

5. SARAN

Pemakaian overhead groundwire dalam saluran transmisi tenaga listrik mempunyai harapan agar sambaran petir tidak mengenai kawat phasa. Luas zona/daerah perlindungan groundwire tergantung dari ketinggian groundwire itu sendiri. Probabilitas kegagalan dalam perlindungan akan naik dengan makin tingginya groundwire dan besarnya sudut perlindungan. Untuk itu diperlukan pemilihan ketinggian serta sudut perlindungan yang sesuai untuk mendapatkan perlindungan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brown, Ryan. (ed). 2014. Reliability Enhancement of The Avista Electric Power System. Gonzaga University, Spokane.
- [2] He, Y. Wei, B. 2014. Study on assesment and counter measures of induced voltage on distribution lines under EHV & UHV Transmission Lines. International Conference on Power System Technology (POWERCON, Page 1582 - 1587).
- [3] Minxue, F. Xue, J. Yingying, Z. 2015. Analysis of three dimensional Lightning data in a thunderstorm event. International Symposium Lightning Protection.
- [4] Hutauruk, T.S., “*Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*”, Erlangga, Jakarta, 1991.
- [5] Lucas, J.R. ” *High Voltage Engineering*”, Sri Lanka, 2001
- [6] Van der Sluis, Lou, “ *Transients in Power Systems*”, John Wiley & Son, New York, 2001.
- [7]. Verma, R. Mukhedkar D, “*Fundamental Consideration and Impuls Impedance of Grounding Grids*”, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. Pas-100, No.-3 March 1981.
- [8] Hutauruk, T.S., “*Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*”, Erlangga, Jakarta, 1991.
- [9] Tobing, Bonggas L., “*Peralatan Tegangan Tinggi*”, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [10] Rajagukguk, Managam, “ *Analisis Transien Perilaku Sistem Pembumian*

Seminar Nasional Inovasi Teknologi
UN PGRI Kediri, 22 Februari 2017

ISBN : 978-602-61393-0-6
e-ISSN : 2549-7952