



Studi Analisis Kemampuan Lightning Arrester Sebagai Proteksi Transformator Daya pada Gardu Induk Padang Luar ULTG Bukittinggi

Yani Ridal

Electrical Department Technology of Industry Faculty, Bung Hatta University

DOI: 10.31004/jutin.v5i2.18024

✉ Corresponding author:
{yani.ridal@yahoo.com}

Article Info	Abstrak
<p><i>Kata Kunci</i> Lightning Arrester; Transformator Daya; Surja Petir; Impedansi Surja; Arus Petir</p>	<p>Gardu induk memiliki peralatan yang sangat penting yaitu transformator, sehingga transformator harus dipasang suatu alat proteksi untuk meminimalisir gangguan. Gangguan tersebut diantaranya ialah gangguan tegangan lebih akibat dari surja petir. Peralatan proteksi yang dipasang ialah lightning arrester yang berfungsi untuk mengalirkan gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir langsung ke tanah, sehingga tidak merusak transformator. Penelitian ini berfokus pada peralatan gardu induk yaitu lightning arrester jenis tabung dengan merk Siemens dan memiliki type 3EPG 138-2PF31-2XA1-Z yang terhubung dengan transformator daya 60 MVA merk Unindo. Perlindungan yang baik diperoleh bila lightning arrester ditempatkan sedekat mungkin pada terminal transformator daya. Dengan perhitungan secara matematis untuk jarak maksimum panjang kawat saluran antara lightning arrester dan transformator daya yaitu sejauh 103,48 meter, sedangkan pada kenyataan dilapangan jarak panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan transformator daya pada garduk induk Padang Luar 150 kV sejauh 51 meter, dan untuk hasil perhitungan jarak maksimum panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan pemutus daya diperoleh nilai sejauh 127,45 meter, sedangkan jarak panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan pemutus daya yang terpasang pada gardu induk padang luar 150 kV adalah 65 meter</p>
<p><i>Keywords:</i> Lightning Arrester; Power Transformer; Lightning Surge; Surge Impedance; Lightning Current</p>	<p><i>Abstract</i></p> <p>The substation has very important equipment, namely the transformer, so the transformer must be installed a protection device to minimize interference. These disturbances include overvoltage disturbances due to lightning surges. The protection equipment installed is a lightning arrester that functions to drain overvoltage disturbances caused by lightning strikes directly to the ground, so as not to damage the transformer. This research focuses on substation equipment, namely a tube type lightning arrester with the Siemens brand and has type 3EPG 138-2PF31-2XA1-Z which is connected to a 60 MVA Unindo brand power transformer. Good protection is obtained when the lightning arrester is placed as close as possible to the power transformer terminals. With mathematical calculations for the maximum distance of the line wire length between the lightning arrester and the power transformer is as far as 103.48 meters, while in reality in the field the distance of the line wire length between the lightning arrester and the power transformer at the</p>

Padang Luar 150 kV substation is as far as 51 meters, and for the results of the calculation of the maximum distance of the line wire length between the lightning arrester and the power breaker a value of 127.45 meters is obtained, while the distance of the line wire length between the lightning arrester and the power breaker installed at the Padang Luar 150 kV substation is 65 meters

1. INTRODUCTION

Penyaluran energi listrik dari sistem pembangkit tenaga listrik dapat mengalami berbagai gangguan yang dapat mengakibatkan terhentinya penyaluran energi listrik terhadap konsumen. Selain itu gangguan tersebut dapat mengakibatkan rusaknya peralatan dan juga dapat membahayakan manusia yang ada di sekitarnya. Untuk menghindari gangguan tersebut diperlukan suatu pengaman dan perlindungan bagi peralatan listrik maupun pekerja. Pemasangan peralatan yang dapat menghantar arus lebih ke tanah secara langsung. Gardu induk merupakan suatu sistem Instalasi listrik yang terdiri dari beberapa perlengkapan peralatan listrik dan juga merupakan suatu tempat untuk mengumpulkan serta menyalurkan tenaga / energi listrik dari pembangkit ke konsumen melalui jaringan distribusi. Gardu induk juga sebagai peralatan transportasi tegangan yaitu dari tegangan tinggi ke tegangan menengah. Dalam proses penyaluran energi listrik dari gardu induk ke konsumen sering kali terjadi gangguan, gangguan listrik pada gardu induk disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal seperti kurang baiknya peralatan itu sendiri sedangkan faktor eksternal seperti human error dan juga bisa gangguan alam seperti petir, gempa, banjir, angin dan lain -lain. Maka dari itu sistem proteksi gardu induk mempunyai peranan sangat penting sebagai pengaman pada peralatan listrik yang terdapat pada gardu induk. Salah satu sistem proteksi pada gardu induk adalah lightning arrester. Lightning Arrester merupakan peralatan yang paling penting untuk melindungi gardu induk dari tegangan tinggi, lightning arrester memiliki peran penting dalam gardu induk untuk membatasi switching dan lonjakan petir lalu lonjakan petir dialirkan ke tanah. Dalam sistem tenaga listrik lightning arrester merupakan kunci isolasi saat surja (surge) tiba di gardu induk kemudian lightning arrester akan melepaskan muatan listrik dan tegangan abnormal yang akan mengenai gardu induk dan peralatannya akan berkurang. Lightning arrester di tempatkan sedekat mungkin dengan transformator daya. Jarak lightning arrester dengan transformator daya yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada transformator daya. Jika jarak lightning arrester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada transformator daya dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya. Untuk menentukan jarak maksimum yang diizinkan antara lightning arrester dan transformator daya dikenal beberapa metode. Salah satu metodenya adalah metode Clayton-Powell. Metode ini adalah metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum lightning arrester dan transformator daya. Gardu Induk Padang Luar 150 KV, dimana disitu terdapat peralatan transformator daya dan lightning arrester yang penempatannya mempunyai jarak tertentu.

2. METHODS

Untuk mempermudah dalam perencanaan maka perlu dibuat gambar perencanaan terlebih dahulu, yaitu Untuk dapat merancang alat monitoring daya maka penulis membutuhkan beberapa tahapan seperti perancangan alat, perakitan alat, pengukuran, dan pengujian alat.

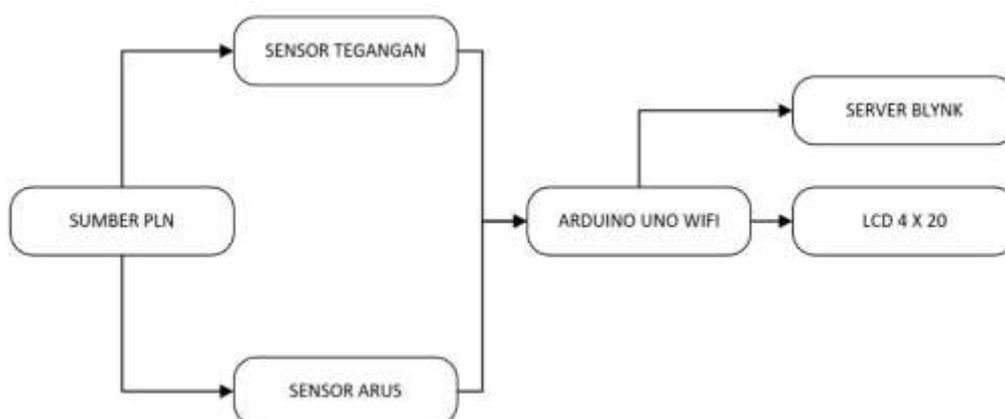
- Gambar Rangkaian Listrik
Gambar Rangkaian Listrik merupakan sebuah diagram atau gambar listrik yang merepresentasikan komponen-komponen sistem instalasi listrik yang diwakilkan oleh simbol-simbol, dan menggambarkan bagaimana komponen-komponen itu berhubungan.
- Kamera
Kamera digunakan untuk mengambil gambar
- Software Arduino IDE
Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++(wiring), yang membuat operasi input/output lebih mudah.

Untuk dapat merancang alat monitoring daya maka penulis membutuhkan beberapa tahapan seperti perancangan alat, perakitan alat, pengukuran, dan pengujian alat.



Gambar 1. Alur Penelitian

Diagram diatas menunjukkan alur penelitian secara garis besar yang akan penulis lakukan pada penelitian ini. Langkah pertama yang akan dilakukan oleh penulis adalah merancang rangkaian monitoring daya, sehingga akan mempermudah penulis untuk langkah selanjutnya. Langkah kedua adalah melakukan validasi atau kalibrasi alat dengan cara mengatur nilai ADC pada sensor tegangan dan sensor arus sehingga dapat dilakukan pengukuran. Langkah ketiga adalah dari hasil rancangan tersebut maka penulis akan melakukan perakitan rangkaian monitoring daya. Dalam melakukan perakitan ini akan kelihatan apakah sistem monitoring ini sudah baik atau belum. Ketika sudah baik, penulis akan melakukan pengujian dengan melakukan pengukuran terhadap beberapa beban. Setelah melakukan pengukuran terhadap beban, langkah selanjutnya penulis akan mencatat hasil pengujian dan melakukan analisis. Adanya proses kerja sistem mempermudah untuk mengetahui proses sistem bekerja secara garis besar. Sistem ini bekerja diawali dari sensor tegangan dan sensor arus mengambil data dari beban yang terpasang, kemudian data dari hasil pembacaan tersebut akan diproses melalui mikrokontroler arduino UNO. Hasil dari proses mikrokontroler arduino UNO akan ditampilkan melalui LCD dengan ukuran 4 x 20. Selain itu, hasil dari proses mikrokontroler arduino UNO akan ditampilkan di server melalui jaringan internet dengan menggunakan WIFI dari Arduino.



3. RESULT AND DISCUSSION

Untuk menghitung arus puncak petir diperlukan data total hari guruh dalam 1 tahun yaitu sebanyak 16 dengan rata-ratanya 1,33, sedangkan total curah hujan dalam 1 tahun sebanyak 1.025. Garis lintang selatan 20'0° dan ketinggian awan terendah 900 m. Ditentukan dengan persamaan berikut:

- Kerapatan sambaran petir (Fg)

$$F_g = 3,8371 \times 10^{-3} \times IKL0,8179 \times P0,5179$$

$$F_g = 3,8371 \times 10^{-3} \times 160,8179 \times 1.0250,5179$$

$$F_g = 3,8371 \times 10^{-3} \times 9,65717 \times 36,24548$$

$$F_g = 1,3431$$

- Perhitungan Tegangan Puncak Petir

Untuk menghitung tegangan puncak petir di perlukan data arus puncak petir yaitu 33,14771 kA, serta besar tahanan lightning arrester 1000 K Ω .

- Perhitungan Faktor Perlindungan dari Lightning Arrester terhadap Transformator Daya

Untuk menentukan faktor perlindungan digunakan tabel 4.7, dimana tegangan arrester nya 500 kV untuk lightning arrester rating 150 kV, dengan TID 750 kV. Diperoleh dengan persamaan berikut :

Tingkat perlindungan lightning arrester ialah :

$$TP = Ea + 10\% \times Ea$$

$$TP = 500 + 10\% \times 500$$

$$TP = 500 + 50$$

$$TP = 550 \text{ kV}$$

Faktor perlindungan lightning arrester adalah

$$FP = TID - TP$$

$$FP = 750 - 550$$

$$FP = 200 \text{ kV}$$

$$TID \text{ peralatan} = 20\% \times TID \text{ peralatan} = 20\% \times 750 \text{ TID peralatan} = 150 \text{ kV}$$

- Perhitungan Jarak Maksimum antara Lightning Arrester dan Transformator Daya dan antara Lightning Arrester dengan Pemutus Daya Menurut Clayton-Powell

Menentukan jarak maksimum antara lightning arrester dan transformator daya dan antara lightning arrester dengan pemutus daya. Transformator mempunyai TID 650 kV dan pemutus daya mempunyai TID 325 kV serta tegangan puncak pada tiap peralatan dibatasi sebesar 862,5 kV. Transmisi 150 kV memasuki gardu induk dan mempunyai isolasi gelombang penuh 1750 kV dan impedansi surja 433,4852 Ω . Kecepatan merambat gelombang 300 meter per μ det atau kira-kira 1000 kaki per μ det. Peralatan dilindungi oleh lightning arrester 138 kV yang mempunyai panjang kawat penghubung ke tanah 10,66 meter atau kira-kira 35 kaki. Laju kenaikan tegangan surja di misalkan 5000 kV per μ det

- Menentukan karakteristik lightning arrester

Dari analisis dapat diperoleh E_o dan R, karena di tabel tidak ada nilai E_o dan R untuk lightning arrester 138 kV, maka digunakan persamaan interpolasi untuk menentukan nilai yang berada di antara dua nilai diketahui.

Menentukan nilai tegangan lightning arrester pada arus nol (E_o) Berdasarkan data tabel 4.8 untuk menentukan nilai E_o tegangan pengenalan lightning arrester 138 kV digunakan data tegangan pengenalan 133 kV dan 145 kV.

- Menentukan nilai tahanan lightning arrester (R)

Berdasarkan data untuk menentukan nilai R tegangan pengenalan lightning arrester 138 kV digunakan data tegangan pengenalan 133 kV dan 145 kV.

Dari perhitungan yang telah dilakukan kita dapatkan analisa dari perhitungan tersebut sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai impedansi surja petir yaitu 433,4852 Ω , sedangkan standar untuk besar impedansi surja untuk kawat udara yaitu 400-600 ohm, maka kawat udara yang digunakan masih aman dari impedansi surja petir.
- Arus puncak petir didapatkan dari perhitungan analisa data yaitu total hari guruh selama 1 tahun, total curah hujan dalam 1 tahun, garis lintang selatan dan ketinggian awan terendah daerah Padang luar, dengan nilai arus pucak petirnya sebesar 33,14771 kA. Selanjutnya berdasarkan hasil perhitungan.
- Dari hasil perhitungan menentukan faktor perlindungan lightning arrester terhadap transformator daya, diperoleh faktor perlindungannya sebesar 200 kV, dimana lebih besar dari TID peralatan yaitu 150 kV, maka pemilihan lightning arrester dengan tegangan pengenalan 150 kV sudah baik dan memenuhi standar.
- Perhitungan jarak maksimum antara lightning arrester dengan transformator daya dan perhitungan jarak maksimum antara lightning arrester dengan pemutus daya menggunakan metode Clayton-Powell, dimana untuk jarak maksimum panjang kawat saluran antara lightning arrester dan transformator daya yaitu sejauh 103,48 meter, sedangkan jarak maksimum antara lightning arrester dengan pemutus daya

yaitu sejauh 127,45 meter.

4. CONCLUSION

- Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai impedansi surja petir yaitu 433,4852 Ω , dan hasil perhitungan untuk nilai arus pucak petirnya sebesar 33,14771 kA. serta untuk nilai tegangan puncak petir dari perhitungan analisa didapatkan 33.147,71 Volt.
- Berdasarkan hasil perhitungan jarak maksimum antara lightning arrester dengan transformator daya menggunakan metode Clayton-Powell, dimana untuk jarak maksimum panjang kawat saluran antara lightning arrester dan transformator daya diperoleh sejauh 103,48 meter, sedangkan pada kenyataan dilapangan jarak panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan transformator daya pada garduk induk Padang Luar 150 kV sejauh 51 meter.
- Ditinjau dari pengaruh jarak terhadap tegangan abnormal yang tiba pada transformator daya, semakin dekat jarak maka semakin baik perlindungan yang diberikan oleh lightning arrester karena tegangan yang sampai ke lightning arrester lebih sedikit. Tapi jika jarak panjang kawat saluran lebih dari 103,48 meter dengan waktu rambat yang lebih lama, maka tegangan yang sampai ke transformator daya lebih besar.
- Dari hasil perhitungan jarak maksimum panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan pemutus daya diperoleh nilai sejauh 127,45 meter. Sedangkan jarak panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan pemutus daya yang terpasang pada gardu induk padang luar 150 kV adalah 65 meter.
- Menurut hasil analisa jarak antara lightning arrester dengan peralatan yang diproteksi pada gardu induk Padang Luar 150 kV mampu melindungi peralatan dari gangguan surja petir, karena jaraknya masih dibawah harga jarak maksimum.

5. ACKNOWLEDGMENTS (Optional)

- Adanya penelitian jarak maksimum antara lightning arrester dan transformator daya pada gardu induk lainnya untuk evaluasi apakah masih sesuai standar.
- Diperlukan adanya perbandingan perhitungan secara teori dengan program komputer

6. REFERENCES

- Arismunandar, Artono. 1994. Teknik Tegangan Tinggi. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Jonner Manihuruk, S.T., M.T., Toga Simorangkir, Novrin L Sitanggang. (2021). "Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV". *ELPOTecs Jurnal*. Vol. 4, No.1, 2021.
- I Putu Agus Kumara Putra, I Gede Dyana Arjana, Cok Gede Indra Partha. (2021). "Analisa Lightning Arrester Untuk Mengamankan Busbar 150 kV Terhadap Gangguan Surja pada GIS Pecatu". *Jurnal SPEKTRUM*. Vol. 8, No.4, 2021.
- Ependi, Slamet Hani S.T., M.T, Ir. Prastyono Eko Prambudi, M.T. (2018). "Evaluasi Sistem Penempatan Lightning arrester Pada Transformator Gardu Induk 150 KV Pedan". *Jurnal Elektrikal*. Vol. 5, No.2, 2018.
- Dewa Putu Yudha Prawira, I Gede Dyana Arjana, Cok Gede Indra Partha. (2018). "Analisa Lightning Arrester Akibat Uprating Transformator 150/20 kV Dari 30 MVA Ke 60 MVA di Gardu Induk sanur". *E-Journal SPEKTRUM*. Vol. 5, No.2, 2018