Analisa pengaruh cuaca terhadap losses dan penurunan efisiensi akibat korona pada sutt 150 kV

Arfita Yuana Dewi^{1)*}, Asnal Effendi²⁾, Erhaneli³⁾, Febtria Gita⁴⁾

¹²³⁴Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

arfitarachman.itp@gmail.com, asnal.effendi@gmail.com, erhanelimarzuki@gmail.com, febtriagita@gmail.com

ABSTRAK

Saluran transmisi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam penyaluran energi listrik ke konsumen. Saluran yang memiliki tegangan tinggi ini bertujuan untuk memperkecil rugi-rugi daya (*losses*), tetapi dengan tingginya tegangan akan menimbulkan permasalahan baru yaitu timbulnya korona yang akan menyebabkan timbulnya *losses*, *noise*, interferensi terhadap saluran komunikasi. Rugi-rugi korona dipengaruhi oleh jari-jari kawat, jarak antar kawat, keadaan permukaan kawat dan pengaruh temperatur atau cuaca. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat pengaruh cuaca terhadap *losses* dan penurunan efisiensi yang diakibatkan oleh korona pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV pada GI Payakumbuh – GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km. Hasil penelitian pada cuaca baik *losses* akibat korona tertinggi pada suhu maksimum sebesar 755,92 kW dan terendah pada suhu udara minimum sebesar 702,47 kW. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada suhu minimum sebesar 96,89%. terendah terjadi pada suhu maksimum sebesar 96,62 %. Dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* yang terjadi mencapai 3,38 %. Pada cuaca buruk *losses* yang disebabkan oleh korona tertinggi pada suhu maksimum sebesar 262,15 kW. Dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* yang terjadi akibat korona mencapai 1,02 % , yang masih dalam keadaan stabil dimana belum melebihi Standar SPLN No.72 Tahun 1987 yakni sebesar 5%, namun untuk meminimalisir *losses* dapat dilakukan dengan memperkecil nilai tahanan kawat atau menambah jumlah kawat per-fasa.

Kata kunci: *Losses*, efisiensi, korona, temperatur, transmisi.

ABSTRACT

The transmission line is a part of electrical power system in distributing electrical energy to consumers. This line aims to minimize power losses, but by increasing the voltage it will cause new problems, namely corona, it caused power losses, noise and radio interference. Corona losses are affected by the radius of the wire, the distance between the wires, the state of the wire surface and the influence of temperature or weather. The purpose of this study was to see the effect of weather on power losses and a decrease in efficiency caused by the corona at 150 kV SUTT of Payakumbuh Substation - Koto Panjang Substation with line length is 84.84 kms. The results of research on good weather are the highest power losses due to corona at a maximum temperature of 755.92 kW and the lowest at a minimum air temperature of 702.47 kW. While the highest efficiency occurs at a minimum temperature of 96.89%. the lowest occurred at a maximum temperature of 96.62%. With a decrease in efficiency, the power losses that occur due to corona reach 3.38%. In bad weather the power losses caused by corona are highest at a maximum temperature of 262.15 kW. With a decrease in efficiency, the power losses that occur due to corona reach 1.02%, which is still in a stable state which has not exceeded the SPLN Standard No.72 of 1987, which is 5%, but to minimize losses it can be done by reducing the value of the wire resistance or increasing the number of wires per phase.

Keywords: *Power losses, efficiency, corona, temperature, transmission.*

diunggah: Oktober 2021, direvisi: November 2021, diterima: Desember 2021, dipublikasi: Desember 2021

Copyright (c) 2021 Arfita Yuana Dewi, Asnal Effendi, Erhaneli , Febtria Gita

This is an open access article under the CC-BY license

PENDAHULUAN

Penyaluran daya listrik dari sumber pembangkitan ke konsumen ada kalanya akan mengalami rugi daya (*losses*) ataupun jatuh tegangan (Manik, 2013) (Dewi, 2020). Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan cara menaikkan tegangan ke tingkat tegangan yang lebih tinggi. (Kosasih, 2017). Meskipun dengan menaikkan tegangan transmisi akan mengurangi *losses*, tetapi ada batasnya dimana sudah diatur oleh pihak penyedia listrik yaitu Standar SPLN No.72 Tahun 1987 yakni sebesar 5%. (Hariyadi, 2017) dan (Dewantara et al., 2018). Menaikkan tegangan ke tingkat tegangan yang lebih tinggi dapat menimbulkan gejala korona pada kawat transmisi. Korona pada transmisi dapat menimbulkan hilangnya daya dan juga gangguan terhadap komunikasi radio (Febry Johan Palasworo, 2019) dan (Barrett et al., 1999).

Saluran transmisi yang merupakan kawat penghantar dapat menimbulkan terjadinya peristiwa korona, dengan tahapan sebagai berikut: . Pertama kali, kawat terlihat bercahaya, mengeluarkan suara mendesis (*hissing*) dan berbau ozon. Warna cahaya adalah ungu (violet) muda (Rusdi, 2019). Berikutnya bila tegangan dinaikkan terus, maka karakteristik diatas makin nyata terlihat, terutama pada bagian yang kasar, runcing atau kotor, cahaya bertambah besar dan terang. Selanjutnya terjadi busur api yang berarti Korona mengeluarkan panas, yang dibuktikan melalui pengukuran menggunakan Watt meter. Dalam keadaan udara lembab, korona menghasilkan Asam Nitrogen (*nitrous acid*), yang menyebabkan kawat menjadi berkarat bila kehilangan daya cukup besar (Douglass & Thrash, 2012) dan (ANGGARA, 2019).

Berdasarkan ANSI (*American National Standards Institute*) korona merupakan fenomena terjadinya peluahan sebagian (*partial discharge*) ditandai berupa cahaya violet akibat terjadinya ionisasi udara di sekitar permukaan konduktor ketika gradien tegangan permukaan konduktor melebihi nilai kuat medan listrik disruptifnya. Yang ditandai dengan suara mendesis dan berbau *ozone* pada sekitar saluran transmisi (Manullang, 2020) dan (Aykas, 2012) dan (Gorur et al., 1995).

Beberapa gangguan akibat korona seperti rugi-rugi daya (*losses*), kerusakan pada bahan isolasi, *noise* dan interferensi radio. (Masarrang et al., 2019) Pada saluran transmisi yaitu pada luas penampang kawat, konfigurasi atau pola susunan kawat, keadaan permukaan kawat, suhu dan cuaca sangat berpengaruh terhadap terjadinya korona. (Vijayan & Patil, 2010) dan (A.N. Afandi, 2011). Hujan adalah faktor cuaca yang sangat menentukan. Pada saluran transmisi yang memiliki curah hujan yang lebih tinggi, rugi-rugi korona pada saluran transmisi akan lebih besar dari pada saluran yang memiliki curah hujan yang rendah. (Saraswati et al., 2012) (Olsen & Edwards, 2002) (Olsen & Edwards, 2002). Selain hujan, kelembaban udara, suhu, tekanan udara dan medan listrik bumi juga mempengaruhi besar rugi-rugi korona pada saluran transmisi. (Nadzirin et al., 2012). Rugi-rugi korona akan bertambah dengan cepat oleh hujan dan kabut. Pada saluran transmisi dengan tegangan diatas 100 kV gejala korona sudah mulai serius (Yu et al., 2013) dan (Cimini & Fonseca, 2013).

Terjadinya korona disebabkan oleh kondisi atmosfer, diameter saluran/konduktor transmisi, permukaannya, tegangan, dan jarak kawat antar fasa. Cara untuk menentukan atau menghitungnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya “ PEEK” Rumus korona PEEK didapatkan dari percobaan menggunakan sebuah kawat dengan panjang 300 meter dan menggunakan sebuah trafo uji 200 kV, 1 fasa. Kemudian dihasilkan rumus rumus CorollRockwell dan Peterson yang dianggap cukup dapat dipercaya, terutama untuk hilang korona rendah (kurang dari 5 kW per mil kawat 3 fasa) (Dewi, 2020) dan (Alius & Hariyanto, 2014).

Berdasarkan hal diatas, penulis melakukan penelitian dengan perumusan masalah untuk mendapatkan seberapa besar pengaruh korona dengan kondisi cuaca daerah tropis pada

saluran transmisi terhadap persentasi rugi-rugi daya dan penurunan efisiensi penyaluran daya listrik, dengan mengacu pada Standar SPLN No.72 Tahun 1987 yakni tidak boleh melebihi 5%. Dengan mengambil lokasi yaitu pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang, dengan data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data penelitian

No.	Jenis Data	Nilai dan Satuan
1.	Tegangan Sistem	150 kV
2.	Saluran	Transmisi GI Payakumbuh-GI Koto Panjang
3.	Panjang Saluran	84,84 km
4.	Jenis Kawat Penghantar	ACSR/1x340/30 mm ²
5.	Luas Penampang Luar	369,1 mm ²
6.	Diameter Luar	24,99 mm
7.	Jarak Antar Fasa	4300 mm
8.	Jumlah Kawat Fasa	1 Buah
9.	Banyak Urat Aluminium	48 Buah
10.	Banyak Urat untuk steel	7 Buah

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan adalah melihat bagaimana pengaruh cuaca terhadap *losses* dan penurunan efisiensi yang diakibatkan oleh korona yang terjadi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km (PT PLN (Persero), 2014). Penelitian ini dilakukan pada kondisi cuaca baik dan cuaca buruk (hujan) dengan suhu rata-rata 25,9⁰C , suhu maksimum 27,4⁰C dan suhu minimum 25,2⁰C.

Proses pelaksanaan penelitian ini disajikan seperti pada Gambar 1 berikut :

Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memenuhi kebutuhan data dalam penelitian ini maka sebagai aplikasi atau lokasi kajian untuk pengambilan data adalah Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV GI Payakumbuh - GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 yaitu Peta lokasi Saluran Udara Tegangan Tinggi SUTT 150 kV GI Payakumbuh- GI Koto Panjang. Sedangkan Gambar 3 adalah *single line* diagram Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV GI Payakumbuh – GI Koto Panjang

Gambar 2. Peta lokasi SUTT 150 kV

Data teknis transmisi 150 kV penghantar Payakumbuh – Koto Panjang Tahun 2020 diperoleh dari PT.PLN (Persero) UIP3BS UPT Padang ULTG Payakumbuh. Sedangkan data curah hujan dan suhu (temperatur) didapat dari BMKG Stasiun Klimatologi Padang Pariaman.

Gambar 3. Single line diagram gardu induk payakumbuh

Untuk dapat memperlihatkan hasil perhitungan (seperti yang ditunjukkan pada gambar 1), secara keseluruhannya maka dirangkum ke dalam bentuk tabel 2 di bawah ini.:

Tabel 2. Hasil perhitungan pada cuaca baik

Keadaan suhu	Suhu (°C)	Rugi-rugi daya korona (kW)	Penurunan Effisiensi (%)	Rugi daya korona (%)
Suhu Udara Rata-rata	25,9	715,20	96.80	3,2
Suhu Maksimum	27,4	755,92	96,62	3,38
Suhu Minimum	25,2	702,47	96,89	3,11

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan tabel 2 diatas, karakteristik pengaruh temperatur terhadap rugi-rugi daya dan nilai efisiensi akibat korona seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut :

Gambar 4. Pengaruh temperatur terhadap rugi-rugi daya dan nilai efisiensi akibat korona

Pada tabel 2. dan gambar 4 diatas, suhu udara rata-rata 25,9°C didapatkan *losses* yang diakibatkan korona adalah 715,20 kW dengan penurunan efisiensi 96,80 %, sehingga dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* akibat korona didapat 3,2%. Pada suhu udara maksimum 27,4°C didapatkan *losses* yang diakibatkan korona adalah 755,92 kW dengan penurunan efisiensi 96,62%, sehingga dengan adanya penurunan efisiensi tersebut maka *losses* akibat korona adalah 3.38%. Pada suhu udara minimum 25,2°C didapatkan *losses* yang diakibatkan korona adalah 702,47 kW dengan penurunan efisiensi 96,89%, sehingga dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* akibat korona adalah 3.11%.

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa pada cuaca baik *losses* yang disebabkan oleh korona tertinggi pada suhu maksimum sebesar 755,92 kW dan terendah terdapat pada suhu udara minimum sebesar 702,47 kW. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada suhu minimum sebesar 96,89%. Dan terendah terjadi pada suhu maksimum sebesar 96,62 %. Dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* yang terjadi akibat korona mencapai 3,38 % .

Dan hasil perhitungan secara keseluruhannya kondisi cuaca buruk di rangkum ke dalam tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan pada cuaca buruk (hujan)

Keadaan suhu	Suhu (°C)	Rugi-rugi daya korona (kW)	Penurunan Effisiensi (%)	Rugi daya korona (%)
Suhu Udara Rata-rata	25,9	226,26	98,98	1,02
Suhu Maksimum	27,4	262,15	98,82	1,18
Suhu Minimum	25,2	243,83	98,91	1,09

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan tabel 3 diatas, karakteristik pengaruh temperatur terhadap rugi-rugi daya dan nilai efisiensi akibat korona seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 berikut :

Gambar 5. Pengaruh temperatur terhadap rugi-rugi daya dan nilai efisiensi akibat korona

Tabel 3 dan Gambar 5 menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan *losses* yang diakibatkan oleh korona dan penurunan efisiensi pada SUTT 150 kV dari GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km pada keadaan cuaca buruk dengan tiga kondisi suhu udara (suhu rata-rata, suhu maksimum dan suhu minimum).

Pada suhu udara rata-rata 25,9°C didapatkan *losses* yang diakibatkan korona adalah 226,26 kW dengan penurunan efisiensi 98,98 %, sehingga dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* akibat korona didapat 1,02 %. Pada suhu udara maksimum 27,4°C didapatkan *losses* yang diakibatkan korona adalah 262,15 kW dengan penurunan efisiensi 98,82%, sehingga dengan adanya penurunan efisiensi tersebut maka *losses* akibat korona adalah 1,18%. Pada suhu udara minimum 25,2°C didapatkan *losses* yang diakibatkan korona adalah 243,83 kW dengan penurunan efisiensi 98,91%, sehingga dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* akibat korona adalah 1,08%.

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa pada cuaca buruk *losses* yang disebabkan oleh korona tertinggi pada suhu maksimum sebesar 262,15 kW dan *losses* terendah terdapat pada suhu udara rata-rata sebesar 226,26 kW. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada suhu rata-rata sebesar 98,98 %. dan terendah terjadi pada suhu maksimum sebesar 98,82 %. Dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* yang terjadi akibat korona mencapai 1,02 %.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *losses* yang diakibatkan oleh korona, maka berikutnya dilakukan analisa nilai pengaruh rugi daya teknis pada transmisi tegangan tinggi terutama pada SUTT 150 kV GI Payakumbuh ke GI Koto Panjang dengan panjang saluran 84,84 km, maka dilakukan perhitungan *losses* jika tanpa memperhitungkan korona

pada saluran kemudian membandingkannya dengan hasil perhitungan *losses* dengan memperhitungkan pengaruh korona.

Dengan menggunakan persamaan berikut, maka *losses* pada transmisi tegangan tinggi adalah :

$$P_{Losses} = I^2 \cdot R \text{ kW}$$

Dimana dari data lapangan :

$$I = 88 \text{ Amper}$$

$$I^2 = 88^2 = 7.744 \text{ Amper}$$

Untuk menentukan nilai R (tahanan) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$R = \rho \frac{L}{A} \Omega$$

Dimana : $L = 84,84 \text{ km} = 84,84 \times 10^5 \text{ cm}$

$$\rho = 2,89 \times 10^{-6}$$

$$A = \pi r^2 = 3,14(12,5)^2 \\ = 39,25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka : } R = 2,89 \times 10^{-6} \times \frac{84,84 \times 10^5}{39,25 \times 10^{-2}} \\ = 62,46 \Omega$$

Sehingga didapat *losses* sebesar :

$$P_{Losses} = 3 \times 7.744 \times 62,46 \\ = 1.451.070,72 \text{ W} = 1.451,070 \text{ kW}$$

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada cuaca baik *losses* yang disebabkan oleh korona tertinggi pada suhu maksimum sebesar 755,92 kW dan *losses* terendah terdapat pada suhu udara minimum sebesar 702,47 kW. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada suhu minimum sebesar 96,89%. Dan efisiensi terendah terjadi pada suhu maksimum sebesar 96,62 %. Dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* yang terjadi akibat korona mencapai 3,38 % .
2. Pada cuaca buruk *losses* yang disebabkan oleh korona tertinggi pada suhu maksimum sebesar 262,15 kW dan *losses* terendah terdapat pada suhu udara rata-rata sebesar 226,26 kW. Sedangkan efisiensi tertinggi terjadi pada suhu udara rata-rata sebesar 98,98 %. Dan efisiensi terendah terjadi pada suhu maksimum sebesar 98,82 %.. Dengan adanya penurunan efisiensi maka *losses* yang terjadi akibat korona mencapai 1,02 %.
3. *Losses* yang terjadi akibat korona pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV GI Payakumbuh - GI Koto Panjang masih dalam keadaan stabil dimana belum melebihi Standar SPLN No.72 Tahun 1987 yakni sebesar 5%.
4. *Losses* dapat diminimalisir dengan memperkecil tahanan kawat atau dengan menambah jumlah kawat per-fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- A.N. Afandi. (2011). A1-11 - A.N.AFANDI - EVALUASI RUGI DAYA SALURAN TRANSMISI.pdf. In *Rugi Daya Transmisi* (Vol. 5, pp. A64–A68). elektro.um.ac.id/.../A111%2520%2520A.N.AFANDI%2520%2520EVALUASI%2520RUGI%252...
- Alius, H. S., & Hariyanto, N. (2014). *Perancangan Sistem Transmisi Daya Listrik Bertegangan 150 KV dan Berkapasitas 35 MVA di*. 2(4), 250–259.
- ANGGARA, W. (2019). *Studi . Rugi Daya Listrik Akibat Korona Pada Saluran Udara Ungaran*.

- Aykas, D. P. (2012). *The Effect of Temperature , Lecithin Content , Voltage , Resistivity , Viscosity , and Surface Tension on Droplets / cm² During Electrostatic Spraying of Oil* Copyright by Didem Peren AYKAS. 1–87.
- Barrett, J. S., Davidson, G. A., Douglas, D. A., Hall, P. A., Reding, J. L., Seppa, T. O., Thrash, F. R., & White, H. B. (1999). *Limitations of the Ruling Span Method for Overhead Line*. 14(2), 549–560.
- Cimini, C. A., & Fonseca, B. Q. A. (2013). Temperature profile of progressive damaged overhead electrical conductors. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 49(1), 280–286. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.12.015>
- Dewantara, M., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2018). Analisis rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kv dari gardu induk wonogiri sampai gardu induk wonosari. *TK Electrical Engineering. Electronics Nuclear Engineering*. <http://eprints.ums.ac.id/60172/>
- Dewi, A. (2020). Studi Analisa Pengaruh Temperatur Dan Tekanan Udara Terhadap Rugi Daya Korona SUTT 150 kV. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 9(1), 47–53. <https://doi.org/10.21063/jte.2020.3133909>
- Douglass, D., & Thrash, F. (2012). *Sag and Tension of Conductor*. 1–42. <https://doi.org/10.1201/b12056-19>
- Febry Johan Palasworo, A. W. (2019). Analisa Kontigensi Saluran Trasn misi Pada Jaringan 150 kV Surabaya Selatan. *Program Studi Teknik Elektro FT, UM-Surabaya*, 53(9), 1689–1699.
- Gorur, R. S., Cherney, E., De Turreil, C., Dumora, D., Harmon, R., Hervig, H., Kingsbury, B., Kise, J., Orbeck, T., Tanaka, K., Tay, R., Toskey, G., & Wiitanen, D. (1995). Protective Coatings For Improving Contamination Performance Of Outdoor High Voltage Ceramic Insulators. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 10(2), 924–933. <https://doi.org/10.1109/61.400837>
- Hariyadi, S. (2017). Analisis Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 Kv Pada Gardu Induk Palur – Masaran. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1, 20. <https://docplayer.info/65922513-Analisis-rugi-rugi-daya-dan-jatuh-tegangan-pada-saluran-transmisi-tegangan-tinggi-150-kv-pada-gardu-induk-palur-masaran.html>
- Idris, A. R., & Suyono, W. (2021). *Analisis Pengaruh Pemasangan Counterpoise pada Tower Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV Line Mandai-Pangkep. September*.
- Kosasih, G. B. (2017). Analisa rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV pada gardu induk jajar - gondangrejo. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1–14.
- Manik, M. L. (2013). *Institut Teknologi - PLN*. 11150331000034, 1–147.
- Manullang, R. (2020). *Analisa Rugi Rugi Daya Pada Penghantar Sutet 275 Kv Pangkalan*

- Masarrang, R., Patras, L. S., Tumaliang, H., & Transmisi, A. P. S. (2019). Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 8(2), 67–74. <https://doi.org/10.35793/jtek.8.2.2019.23980>
- Nadzirin, M., Nur, A., Dengan, K., & Cincin, K. (2012). Analisis Medan Listrik Pada Plasma Korona Dengan Konfigurasi Cincin Bidang. *Berkala Fisika*, 13(4), 139–144.
- Olsen, R. G., & Edwards, K. S. (2002). A New Method for Real-Time Monitoring of High-Voltage Transmission Line Conductor Sag. *IEEE Power Engineering Review*, 22(6), 62–63. <https://doi.org/10.1109/MPER.2002.4312315>
- Rusdi, S. (2019). Analisa Terbentuknya Korona Pada Saluran Kubicle Tegangan 20Kv Serta Pengaruhnya Terhadap Rugi-Rugi Daya. *Lensa*, 2(48), 14–21. <https://ijc.ilearning.co/index.php/LENSA/article/view/1279>
- Saraswati, A., Sukmadi, T., Handoko, S., & Belakang, L. (2012). *Perhitungan Korona , Audible Noise Dan Radio Interference Pada Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500 Kv Dengan Variasi Jarak Antar Kawat Dan Jarak Antar Sirkuit*. 1–9.
- Vijayan, T., & Patil, J. G. (2010). High-tension corona controlled ozone generator for environment protection. *Journal of Physics: Conference Series*, 208. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/208/1/012140>
- Yu, F. S., Lou, H. M., Gao, Y., & Tian, X. F. (2013). Research of monitoring method of ice thickness for continuous slant spans of high-tension line. *Applied Mechanics and Materials*, 329, 148–152. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.329.148>