

Analisis Intensitas Medan Listrik dan Medan Magnet di sekitar SUTT 150kV

Ika Nur Kusumawati¹, Wela Nurfitasari², Sudarti³, Yushardi⁴

^{1,2,3,4} Pendidikan Fisika, Universitas Jember, Jember

e-mail: sudarti.fkip@unej.ac.id¹, K4nurkusumawati@gmail.com²,
welanurfitasari17@gmail.com³, yus_agk.fkip@unej.ac.id⁴

Abstrak

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV berfungsi untuk menghubungkan antara gardu induk dan beberapa gardu-gardu lainnya. Sebagai bagian penting dalam memastikan distribusi daya supaya berjalan dengan lancar tanpa adanya gangguan. Medan listrik akan menghasilkan suatu penghantar bermuatan yang dapat menimbulkan potensial – potensial ruang di sekitar penghantar. Sama halnya dengan transmisi yang menghasilkan medan listrik dalam arah sinar-sinar yang menimbulkan potensial ruang di sekeliling saluran transmisi. Hal itu dapat menyebabkan perbedaan pengaruh paparan medan listrik yang berbeda. Medan magnet ELF (Extremely Low Frequency) mempunyai rentang frekuensi dari 0 sampai dengan 300 Hz yang mudah untuk dikenali pada lingkungan yang memiliki peredaran arus listrik sesuai. Selain itu, medan magnet ELF juga memiliki sifat yang tak dapat terhalangi atau dapat menembus keseluruhan bahan yang dampaknya tidak berlaku suatu proses ionisasi. Medan magnet memiliki energi yang sangat kecil yang tidak mengakibatkan perubahan suhu saat melakukan interaksi atau pun melakukan induksi pada suatu sistem.

Kata Kunci: Medan Magnet, Medan Listrik, SUTT150kV.

Abstract

The 150 kV high voltage overhead line (SUTT) serves to connect between the substation and several other substations. As an important part of ensuring power distribution to run smoothly without interference. The electric field will produce a charged conductor that can cause potential – potential space around the conductor. Similarly, the transmission produces an electric field in the direction of the rays which creates a space potential around the transmission line. It can cause different effects of exposure to different electric fields. ELF (Extremely Low Frequency) magnetic field has a frequency range from 0 to 300 Hz which is easy to recognize in an environment that has appropriate electric current circulation. In addition, ELF magnetic fields also have properties that cannot be blocked or can penetrate the entire material whose impact does not apply an ionization process. Magnetic fields have very little energy that does not cause temperature changes when interacting or inducing a system.

Keywords: Magnetic Field, Electric Field, SUTT150kV.

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan energi listrik yang cukup andal dan berkelanjutan akan terus meningkat seiring berkembangnya aktivitas di dalam masyarakat dan pertumbuhan industri. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut sistem transmisi tenaga listrik memegang peranan vital dalam mengalirkan energi dari pusat pembangkit ke konsumen melalui jaringan yang efisien serta aman. Komponen utama dalam sistem transmisi yaitu saluran udara tegangan tinggi atau SUTT, khususnya dengan tegangan 150 KV yang banyak digunakan di negara kita yaitu negara Indonesia ini untuk membangkitkan energi listrik.

SUTT 150 kV ini berfungsi untuk penghubung antara gardu induk dan gardu lainnya sebagai bagian penting dalam memastikan distribusi daya supaya berjalan dengan lancar tanpa adanya gangguan. Dalam sistem operasionalnya, penerapan teknologi ini yang tepat dan sistem

keamanan yang terencana sangatlah diperlukan agar transmisi listrik berlangsung secara optimal, tidak membahayakan lingkungan di sekitarnya, dan juga minim gangguan, pemahaman mengenai teknologi dan keamanan dalam penyediaan energi listrik melalui SUTT 150 kV akan menjadi sangat penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur kelistrikan yang handal dan juga lebih aman serta berkelanjutan.

Saluran udara tegangan tinggi atau SUTT 150 kV tidak hanya dituntut mampu untuk mengalirkan listrik dalam jumlah yang cukup besar, akan tetapi juga untuk memenuhi standar teknologi dan juga keamanannya yang tinggi. Hal ini bertujuan untuk proses transmisi berjalan tanpa hambatan, mampu mengantisipasi berbagai gangguan teknis maupun faktor alam, serta yang aman bagi masyarakat di sekitarnya. Oleh karena itu pembahasan mengenai teknologi dan keamanan dalam penyediaan energi listrik pada saluran udara teknologi tinggi atau SUTT 150 kV sangatlah relevan untuk mendukung sistem tenaga listrik yang handal, berkelanjutan dan juga yang efisien.

Teknologi dan keamanan dalam penyediaan energi listrik pada saluran udara tegangan tinggi atau SUTT 150 kV yakni aspek krusial untuk menjamin pasokan listrik yang aman dan efisien. Teknologi pada SUTT 150 kV mencakup sistem yang digunakan untuk mentransmisikan listrik yang memiliki tegangan tinggi dari pembangkit ke gardu distribusi yang mencakup seluruh perangkat. Komponen utamanya yaitu menara transmisi, isolator, konduktor, sistem proteksi dan pengendalian otomatis seperti SCADA.

Teknologi ini dirancang untuk meminimalkan rugi daya dan juga mampu mengalirkan energi dalam jumlah besar secara stabil. Di sisi lain, aspek keamanan meliputi dua bagian yang pertama keamanan bagi publik serta personel, dan yang kedua keamanan operasional. Keamanan publik diwujudkan melalui penempatan jalur transmisi pada area aman, dan pemasangan pagar pengaman, serta penerapan prosedur kerja yang ketat bagi petugas di lapangan, sedangkan keamanan operasional dilakukan melalui penggunaan sistem proteksi arus lebih, pentanahan, arrester petir, serta peralatan monitoring dan pemutus arus otomatis untuk mencegah dan menangani gangguan. Dengan penerapan teknologi dan sistem keamanan ini yang tepat, SUTT 150 kV mampu mendukung penyediaan listrik secara handal dan menjaga keselamatan lingkungan yang ada di sekitarnya.

METODE

Penelitian ini merupakan sebuah penelitian yang dilakukan secara deskriptif menggunakan pendekatan kualitatif atau penelitian yang berfokus pada metode compare atau membandingkan data. Di mana proses awalnya dimulai dengan mencari referensi dan kajian-kajian lain dari berbagai sumber yang masih berhubungan dengan materi judul yang sedang dibahas. Kemudian dikumpulkan dan dibandingkan agar memperoleh pendapat baru serta membandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Referensi diperoleh dari berbagai jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh pihak lain. Data dikumpulkan dengan cara studi literatur atau studi pustaka berdasarkan artikel-artikel yang terbit pada jurnal dari tahun 2021 hingga 2024 sebanyak 20 artikel. Tahapan ini sangatlah penting agar dapat memperkuat penelitian bahwa topik ini memang mempunyai sumber yang didukung oleh dasar-dasar terkait sehingga penting dilakukan. Sebagian besar data yang digunakan adalah data dari beberapa artikel penelitian terkait mengenai ELF medan listrik dan medan magnet ELF di sekitar SUTT 150 kV. Langkah yang akan kita ambil selanjutnya yaitu setelah tahap referensi terkumpul, yaitu pengambilan data yang diambil dari beberapa referensi tersebut. Adapun pengajian data dalam penelitian ini bersifat tidak baku data-data yang didapatkan tersebut kemudian dituang pada sub bab yang nantinya bisa menjawab rumusan masalah penelitian.

Data-data yang telah didapatkan dari hasil studi literatur tersebut lalu dibandingkan dengan data-data yang kita dapatkan dari hasil penelitian hasil penelitian yang telah dilakukan, khususnya terhadap intensitas medan listrik dan medan magnet pada saluran udara tegangan tinggi 150 KV. Hasil perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah nilai-nilai tersebut yang terukur di lapangan masih berada dalam batas ambang yang diterapkan oleh standar nasional maupun internasional. Pada penelitian yang telah kita pada penelitian yang telah dilakukan, pengukuran medan listrik ini dilakukan pada beberapa titik dengan jarak yang berbeda dari penghantar SUTT

150 kV. Nilai yang kita dapatkan dari hasil penelitian tersebut masih dalam batas yang normal. Jika pengukuran pada 200 μ T kita mulai dengan menggunakan jarak 10 m dari penghantar SUTT tersebut. Semakin jauh titik untuk pengukuran tersebut maka akan semakin kecil nilai yang akan didapatkan, sebaliknya jika semakin dekat titik pengukuran yang dilakukan maka akan semakin besar pula angka yang akan didapatkan pada alat ukur tersebut. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa intensitas medan listrik dan medan magnet yang terukur masih pada di bawah nilai ambang batas paparan yang direkomendasikan.

Perbandingan ini memberikan kontribusi penting dalam mengkaji potensi dampak paparan EM ELF terhadap kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar jalur saluran udara tegangan tinggi (SUTT), serta dapat menjadi dasar bagi pengambilan kebijakan mitigasi risiko yang lebih tepat di masa yang akan mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PLN merupakan perusahaan listrik negara penyedia listrik di negara Indonesia. Agar dapat memenuhi kebutuhan listrik dalam negeri tentunya kita memerlukan adanya suatu jaringan transmisi untuk bisa menyalurkan listrik. Oleh karena itu SUTT sangatlah dibutuhkan di dalam negara ini. Dari berbagai macam jenis saluran listrik udara terdapat saluran udara yang memiliki tegangan yang sangat tinggi yang biasa disebut dengan saluran udara tegangan tinggi atau SUTT yang memiliki daya sebesar 15p kV. Saluran udara tegangan tinggi ini berfungsi untuk mengalirkan listrik bertegangan tinggi. Peralatan-peralatan listrik yang menggunakan energi listrik akan menimbulkan radiasi gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik dapat dihasilkan dari interaksi antara medan magnet dan medan listrik sehingga suatu alat yang menggunakan medan listrik sebagai sumber dayanya maka dapat dipastikan terdapat medan magnet pada alat tersebut. Berdasarkan hal tersebut dapat kita ketahui bahwa SUTT dapat menghasilkan Medan magnet yang cukup besar.

Pada penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa tegangan yang sangat tinggi pada SUTT dapat menimbulkan potensi bahaya apabila seseorang berada terlalu dekat dan terpapar medan listrik dan medan magnet dalam jangka waktu yang lama. Paparan radiasi elektromagnetik yang berasal dari saluran udara tegangan tinggi ini berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan apabila tidak dikendalikan dengan baik.

Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur seperti gardu induk dan jalur SUTT harus mempertimbangkan jarak yang aman dari permukiman. Penentuan zona yang aman ini penting agar intensitas medan listrik dan medan magnet yang diterima masyarakat tetap berada di bawah ambang batas yang telah ditetapkan standar nasional maupun internasional seperti peraturan menteri kesehatan Republik Indonesia.

Selain itu dalam perencanaan dan evaluasi wilayah pembangunan gardu induk ini atau SUTT yang memiliki tegangan yang tinggi. Perlu menguji kelayakan lingkungan yang mencakup pengukuran EMF di berbagai titik dan simulasi distribusi medan magnetik. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa dampak potensial terhadap kesehatan masyarakat dapat diminimalkan. Sosialisasi kepada masyarakat juga penting untuk meningkatkan pemahaman mengenai risiko terpaparnya radiasi dan langkah mitigasi yang dapat dilakukan. Dengan pendekatan yang komprehensif dan berbasis data diharapkan pembangunan infrastruktur tenaga listrik kan ini tetap dapat mendukung kebutuhan energi nasional tanpa mengabaikan aspek keselamatan dan kesehatan untuk masyarakat yang tinggal di sekitarnya.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin jauh saluran transmisi, paparan EMF akan menurun secara signifikan. Akibatnya, menentukan jarak aman antara SUTT dan pemukiman penduduk sangatlah penting. Tujuan dari jarak ini adalah untuk mencegah masyarakat terpapar medan elektromagnetik dalam jumlah yang lebih besar dari ambang batas yang ditentukan. Ini akan mengurangi risiko kesehatan seperti gangguan saraf, stres biologis, atau keluhan kesehatan jangka panjang lainnya.

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya medan magnet yang ditimbulkan oleh Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV terhadap jarak berbeda, yaitu 10 meter, 15 meter, 20 meter, 25 meter, dan 30 meter dari SUTT. Pengukuran dilakukan pada selang waktu berbeda lima menit, dimulai dari pukul 10.15; 10.20; 10.25; 10.30; 10.30; dan 10.35. Hasil

pengukuran menunjukkan bahwa semakin jauh jarak dari SUTT, maka nilai medan magnet yang diukur semakin menurun atau kecil. Pada jarak 10 meter, medan magnet tercatat sebesar 0,05 mT, kemudian menurun menjadi 0,04 mT pada 15 meter, 0,03 mT pada 20 meter, 0,02 mT pada 25 meter, dan mencapai 0,01 mT pada jarak 30 meter.

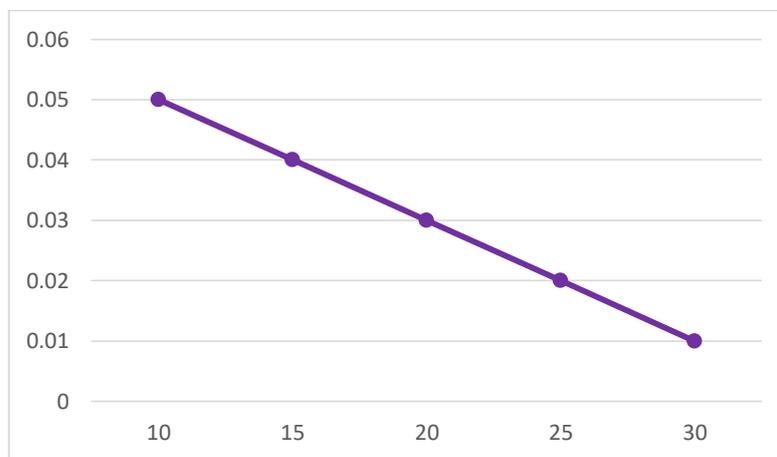
Adanya penurunan medan magnet ini menunjukkan hubungan antara jarak dan besar medan magnet yang berbanding terbalik. Secara teori, hasil pengukuran ini sesuai dengan hukum fisika bahwa intensitas medan magnet akan berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber tersebut. Meskipun nilai medan magnet dalam satuan mT (milliTesla) berubah, nilai pada kolom μT (mikroTesla) dalam tabel tetap konstan di angka 2000 μT untuk semua jarak.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran ini memberikan gambaran yang jelas bahwa medan magnet yang dipancarkan oleh SUTT 150 kV memiliki intensitas yang cukup tinggi pada jarak dekat, namun cepat menurun ketika jarak bertambah. Dengan memahami pola penurunan ini, kita dapat memperkirakan jarak aman dari sumber medan elektromagnetik seperti SUTT, terutama dalam konteks kesehatan manusia dan peraturan keselamatan lingkungan. Berikut tabel beserta grafik pengukurannya.

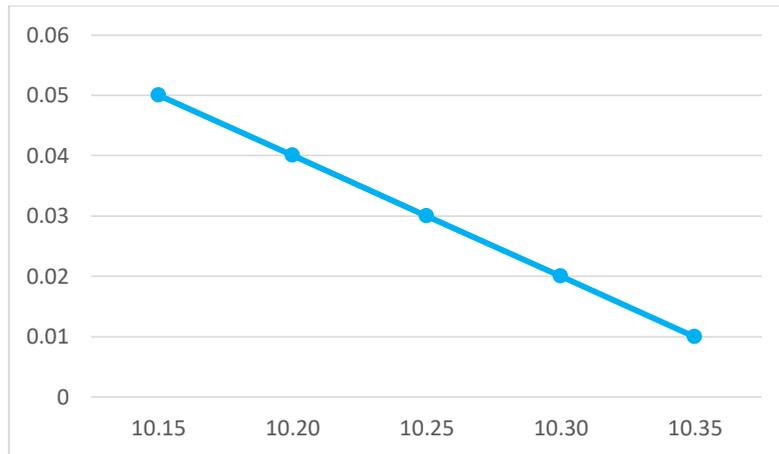
Tabel 1. Rata-Rata Medan Magnet terhadap Jarak dan Waktu Pada SUTT150kV

no	SUTT	Jarak (m)	waktu	Medan magnet	μT
1	150KV	10	10.15	0,05	2000
2	150KV	15	10.20	0,04	2000
3	150KV	20	10.25	0,03	2000
4	150KV	25	10.30	0,02	2000
4	150KV	30	10.35	0,01	2000

Data yang telah di kumpulkan di analisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan menganalisisnya dalam bentuk grafik yang menggambarkan kecenderungan masing- masing variabel terhadap jarak.



Gambar 1. Pola Medan Magnet terhadap Jarak dari SUTT150kV



Gambar 2. Pola Medan Magnet terhadap Waktu Pengamatan

Namun hasil pengukuran tersebut setelah dibandingkan dengan hasil kajian-kajian dari beberapa artikel menunjukkan adanya perbedaan yang cukup mencolok dalam pola data yang ditampilkan. Pada hasil pengukuran ini menuju prinsip dasar medan magnet dari sumber arus listrik, yaitu semakin jauh dari sumber maka medan magnet yang diterima akan semakin kecil. Pola penurunan ini sesuai dengan teori medan elektromagnetik bahwa intensitas medan magnet berkurang terhadap jarak, namun umumnya mengikuti hukum kuadrat terbalik atau pola eksponensial tergantung bentuk dan sifat sumbernya. Sedangkan hasil pengukuran dari kajian-kajian beberapa artikel menunjukkan tidak ada penurunan signifikan dalam medan magnet meskipun pengukuran dilakukan pada jarak yang semakin jauh. Pola ini secara ilmiah tidak sesuai dengan karakteristik medan magnet dari sumber listrik seperti SUTT, sehingga menimbulkan keraguan terhadap keakuratan. Mungkin hal itu terjadi karena terdapat kesalahan dalam kalibrasi alat, pengaruh medan luar, atau data yang dicatat bukan hasil pengukuran langsung melainkan hasil rata-rata.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa energi listrik adalah kebutuhan penting dalam aktivitas masyarakat dan pertumbuhan sektor industri. Untuk memenuhinya, sistem transmisi tenaga listrik dari pusat pembangkit menuju konsumen harus efisien serta aman. Dampak dari paparan radiasi EMF merupakan interaksi antara medan listrik dan medan magnet akibat aliran arus listrik bertegangan tinggi pada jaringan transmisi. Setiap peralatan listrik dalam jumlah tinggi akan menghasilkan EMF. Hasil menunjukkan bahwa paparan EMF akan menurun secara signifikan seiring bertambahnya jarak dari saluran transmisi. Oleh karena itu, penentuan jarak aman antara SUTT dengan permukiman masyarakat penting agar masyarakat tidak terpapar EMF dan menghindari potensi risiko kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akib, Muhammad N. A., and Eko Ihsanto. "Analisis Perbaikan Hotspot Pada SUTT 150kV NewRancakasumba-UjungBerung T.13 Penghantar I Fasa S Metode PDKB." *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 14, no. 2, May. 2023, pp. 83-89. Doi:10.22441/jte.2023.v14i2.005.
- AS, N. R., Supriyadi, E., & Sugianto, S. (2023). Pengaruh Susunan Konduktor pada Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). *SAINSTECH: JURNAL PENELITIAN DAN PENGKAJIAN SAINS DAN TEKNOLOGI*, 33(4).
- Azizah, Maylinda N., et al. "Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) 200 Mt dan 300 Mt terhadap Ph dalam Proses Fermentasi Tempe." *Orbita*, vol. 8, no. 1, 9 May. 2022, pp. 28-34. Doi:10.31764/orbita.v8i1.8182.
- Baharuddin, B., Novizon, N., Fernandez, R., Andre, H., Luthfi, M., Pratama, R. W., ... & Ikhsan, I. A. (2023). Sosialisasi tentang Dampak Medan Listrik dan Medan Magnet di Bawah Saluran

- Udara Tegangan Tinggi pada Masyarakat di Kelurahan Aie Pacah Kecamatan Koto Tangah Kota Padang. *Jurnal Andalas: Rekayasa dan Penerapan Teknologi*, 3(2), 17-19.
- Fitria, Anis, et al. "Pengaruh Paparan Medan Magnet Elf Intensitas 600 Mt Dan 1000 Mt Terhadap Perubahan Nilai Ph Pada Daging Ikan Lele (*Clarias SP.*)" *Orbita*, vol. 8, no. 1, 20 May. 2022, pp. 139-142. Doi:10.31764/orbita.v8i1.8611.
- Ginting, Y. T., Napitupulu, J., & Sormin, D. (2021). STUDI PENGARUH PEPOHONAN TERHADAP PAPARAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK JARINGAN TRANSMISI. *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 10(1), 1-8.
- Gunawan, R., Yulisman, Y., & Kamil, M. (2021). Analisis Pengaruh Penambahan Elektroda Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan Tower 105 Sutt 150Kv Maninjau-Padang Luar. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 75-88.
- Handoko, S. R. (2023). Analisa Peralatan Lightning Arrester Pada Gardu Induk 150 Kv PLTU Rembang. *JETI (Jurnal Elektro dan Teknologi Informasi)*, 2(1), 17-21.
- Hizas, S., Gani, A., & Sara, I. D. (2024, December). Analysis of the impact of magnetic and electric fields on the environment within the free space of SUTT segment Ulee Kareng-Banda Aceh. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1414, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.
- Junaedi, J., Triwiyatno, A., & Sumardi, S. (2024). Peninjauan Keandalan Sistem Pentanahan Tower SUTT 150 kV Jakabaring-Keramasan Terhadap Arus Gangguan. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 2(5), 327-333.
- Kartojo, I. H. (2024). Analisis Saluran Kabel Tanah pada Proyek Pembangunan Saluran Kabel Tegangan Tinggi 150kV Kawasan Industri Kapasitas 170MVA Sepanjang 6, 5 km. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 2(4).
- Lutfiyah, Izzatul, et al. "Analisis Perubahan Ph dan Tekstur Daging Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) oleh Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf)." *Orbita*, vol. 8, no. 1, 20 May. 2022, pp. 143-149. Doi:10.31764/orbita.v8i1.8609.
- Niati, Enik W., et al. "Pengaruh Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) Terhadap Nilai Ph Buah Anggur Hitam." *Orbita*, vol. 7, no. 1, 7 May. 2021, pp. 155-158. Doi:10.31764/orbita.v7i1.4641.
- Nuriyah, Sinta, et al. "Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) terhadap Nilai Ph Cabai Merah Kecil (*Capsicum Frutescens L.*)" *Orbita*, vol. 8, no. 1, 9 May. 2022, pp. 45-51. Doi:10.31764/orbita.v8i1.8367.
- Putri, S. A., Abduh, S., & Kasim, I. (2021). Analisis kuat hantar arus kabel XLPE 150 KV yang melewati sungai pada GI Muara Karang. *Jurnal Baut dan Manufaktur: Jurnal Keilmuan Teknik Mesin dan Teknik Industri*, 3(01), 10-14.
- Regia, R. A., Lestari, R. A., As' ad, N. F., & Zulkarnain, R. (2023). Analisis Paparan Radiasi Elektromagnetik di Jaringan Distribusi 20 KV PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Payakumbuh. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 755-765.
- Situmeang, U., Zondra, E., & Yuvensius, H. (2022). Sosialisasi Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Terhadap Lingkungan di bawah Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) di SMA Budhi Luhur Pekanbaru. *FLEKSIBEL: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 77-84.
- Sugianto, S., Ariman, A., & Hadi, V. (2022). Studi analisa pengukuran jarak kelistrikan gardu induk 150 kV. *Sinusoida*, 24(1), 18-27.
- Syukri, Mahdi & Syukriyadin, Syukriyadin & Alfisyahrin, Alfisyahrin & Siregar, Ramdhan & Iqbar, Iqbar. (2023). DAMPAK MEDAN MAGNET PEMBANGUNAN JARINGAN LISTRIK PLTA LUTEUNG 16 MW TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT. *JPMA – Jurnal Pengabdian Masyarakat As-Salam*, 3, 57-62. Doi:10.37249/jpma.v3i2.693.
- Tarigan, J., Situmeang, U., & Monice, M. (2022). Studi Kuat Medan Listrik Tower 213-214 Section Duri-Bagan Batu. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 6(2), 56-65.
- Utama, B. (2021). Modelling Mitigasi Paparan (Exposure) Medan Listrik Melalui Inovasi Penggunaan Kisi-Kisi Kawat Grounding Dan Tanaman Rambat Berbunga.
- Utoyo, E. B., Azmi, F., & Sudarti, S. (2023). Analisis dampak paparan medan magnet extremely low frequency (elf) oleh sutet terhadap resiko kanker dan masalah reproduksi pada manusia. *CERMIN: Jurnal Penelitian*, 7(1), 58-68.

- Utoyo, E. B., Prihandono, T., & Sudarti, S. (2024). Distribution Pattern of ELF Field Exposure Electricity Distribution Substation Portal Pole Type 20 kV Medium Voltage Network. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 10(1), 71-84.
- Wati, L. L., & Prihandono, T. (2024). Pengaruh Jenis Bahan Atap Terhadap Intensitas Medan Elektromagnetik ELF Oleh SUTET 500 KV. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 8(2), 63-72.