



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Pendekatan Geospasial Menggunakan LiDAR dan Drone untuk Mitigasi Risiko pada Koridor Jalur SUTT 150 kV

Fajriyanto^{a,*}, F. Hamdani^b, T. C. Novianti^a, R. Mayasari^c, M. Djana^c, Armijon^a dan L. H. Afifa^a

^aTeknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Lampung, Gd. A Fakultas Teknik, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Lampung, 35145, ✉ fajriyanto@eng.unila.ac.id

^bTeknik Elektro, Universitas Lampung, Gd. A Fakultas Teknik, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Lampung, 35145

^cTeknik Lingkungan, Universitas Lampung, Gd. A Fakultas Teknik, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Lampung, 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 12/11/2025

Direvisi 01/12/2025

Kata kunci:

Drone

LiDAR

Point Clouds

Rule-Based Classification

SUTET

Listrik adalah kebutuhan pokok yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Untuk memenuhi kebutuhan listrik, dibangun sistem jaringan terpadu Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Namun, pembangunan jalur SUTT dan SUTET tidak selalu di kawasan bebas hambatan, seperti di wilayah perkotaan. Pemantauan jalur SUTT dan SUTET masih menjadi tantangan karena sulitnya akses dan panjangnya jalur. Oleh karena itu, pemantauan rutin sangat diperlukan guna memastikan jalur bebas dari potensi gangguan. Perkembangan teknologi seperti LiDAR dan citra Drone menjadi solusi untuk melakukan pemantauan jalur SUTT dan SUTET. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi objek bahaya SUTT 150 kV dengan menggunakan pendekatan geospasial berbasis LiDAR dan Citra Drone serta kajian mitigasinya. Metode yang digunakan adalah *Rule Based Classification* untuk mengklasifikasikan objek sesuai dengan parameter jarak bebas berdasarkan SNI 04-6918-2002. Dengan memanfaatkan data *point clouds* hasil dari perekaman LiDAR dan *point clouds* hasil dari ekstraksi citra foto udara dengan UAV/Drone. Setelah diklasifikasi *point clouds* LiDAR dan Citra Drone dilakukan identifikasi objek bahaya yang melewati batas aman berada di sekitar jalur/koridor transmisi listrik serta tindakan mitigasi ke depannya. Hasil identifikasi objek bahaya data *point clouds* LiDAR diperoleh 4 objek bahaya terdeteksi sebagai *medium vegetation*. Objek bahaya 1 pada ketinggian 2,50 m, objek bahaya 2 pada ketinggian 1,53 m, objek bahaya 3 pada ketinggian 2,26 m, dan objek bahaya 4 pada ketinggian 4,91 m. Efektivitas LiDAR lebih unggul dalam mengidentifikasi objek bahaya dan memvisualisasikan struktur *tower* secara detail. Namun, dari segi efisiensi biaya operasional, waktu, dan kebutuhan tenaga ahli, citra foto Drone *oblique* memiliki kelebihan dibandingkan dengan LiDAR. Secara umum dapat disimpulkan bahwa pajanan medan elektromagnetik yang berasal dari SUTT dan SUTET 500 kV berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada penduduk.

* Penulis korespondensi.

E-mail: fajriyanto@eng.unila.ac.id

1. Pendahuluan

Kehidupan masyarakat saat ini bergantung pada listrik juga berfungsi sebagai sumber energi bagi tumbuhnya seluruh tugas operasional yang berkaitan dengan pengendalian jaringan komunikasi, penyebaran informasi, operasional perkantoran dan bisnis, serta pekerjaan rumah tangga. Saat ini, listrik merupakan kebutuhan pokok yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia, sehingga menyebabkan ketergantungan manusia terhadap listrik untuk kelangsungan hidupnya. Oleh karena itu, Perusahaan Listrik Negara (PLN) senantiasa berupaya untuk mempertahankan kinerja inovatifnya dalam memberikan pelayanan sebaik mungkin, demi menjaga reputasi positif di mata masyarakat dan memberikan pelayanan terbaik (Silalahi dkk., 2022).

Kebutuhan listrik Indonesia mencapai 1.172 kWh/kapita pada tahun 2022, dan diperkirakan akan meningkat menjadi 5,3% seiring dengan ekspansi perekonomian negara. Hal ini memerlukan peningkatan kapasitas produksi Energi Baru Terbarukan (EBT) (Direktorat Jendral Energi, Terbarukan, dan Konservasi Energi., 2023). Ketersediaan tenaga listrik sangat penting untuk kelancaran berbagai tugas sehari-hari dan mendorong pertumbuhan sektor industri di masyarakat (Nyoman dkk., 2018).

Untuk memenuhi kebutuhan listrik, dibangun sistem jaringan terpadu yang mencakup sistem transmisi dari Gardu Induk ke pusat produksi yaitu Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) pada jaringan listrik. Meski tidak semua jalur listrik dapat dibangun di kawasan yang bebas gangguan seperti yang umum terjadi di beberapa wilayah seperti kota besar, namun PLN berupaya memilih jalur SUTT dan SUTET yang tidak melewati kawasan pemukiman, hutan lindung, atau cagar alam. Oleh karena itu, PLN memiliki peraturan dalam SNI 04-6918-2002 tentang jarak minimum dan ruang bebas pada SUTET dan SUTT (Isnasatrianto dkk., 2018).

Untuk memastikan jalur SUTT dan SUTET bebas dari gangguan dan dapat beroperasi dengan baik maka diperlukan pemantauan koridor jalur transmisi listrik secara berkala. Saat ini, melakukan pemantauan rutin jalur SUTT dan SUTET masih menjadi tantangan karena sulitnya akses, risiko keamanan kerja, pengumpulan data yang butuh waktu lama, dan panjangnya jalur transmisi listrik. Persyaratan ruang bebas horisontal dan vertikal SUTET maupun SUTT telah ditetapkan oleh pemerintah dan telah dibuat standarisasinya dalam SNI 04-6918-2002 tentang ruang bebas dan jarak bebas minimum pada SUTT dan SUTET.

Seiring dengan perkembangan teknologi, LiDAR dan citra Drone menjadi upaya dalam melakukan pemantauan koridor jalur transmisi listrik secara rutin

untuk mengetahui *tower* mana yang berada dekat pemukiman, bahaya vegetasi liar, jarak kabel terhadap objek yang ada di sekitar kabel, dan kondisi disekitar koridor jalur transmisi listrik dapat terukur secara tepat dan akurat. Teknologi ini mampu memberikan informasi yang baik mengenai peningkatan pengelolaan jalur transmisi listrik dengan memberikan informasi mengenai titik koordinat objek yang melewati ruang bebas, menampilkan informasi *tower*, jarak objek bahaya, dan jenis objek bahaya. Karena adanya informasi tersebut memudahkan PLN dalam menindak lanjuti terhadap kerusakan yang terjadi secara cepat dan efisien.

Hasil pengukuran dengan teknologi LiDAR berupa titik-titik yang sangat banyak dan biasa disebut *point clouds*, titik-titik tersebut sudah mempunyai nilai koordinat geometri secara 3D dengan akurasi relatif untuk ketinggian 0,15 hingga 0,25 m dan planimetris 0,3 hingga 1 m pada ketinggian di bawah 2 kilometer. Koordinat *point clouds* diperoleh tidak hanya dari hasil pengukuran jarak sensor tetapi dikombinasikan dengan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) untuk informasi posisi pesawat saat merekam dan informasi orientasi yang diperoleh dari *Inertial Measurement Unit* (IMU), sehingga didapat akurasi titik yang tinggi dalam ruang tiga dimensi (Xiang, 2014). Dengan gabungan tiga teknologi ini, LiDAR mampu menghasilkan informasi permukaan bumi sampai dengan akurasi 15 hingga 20 cm, serta mampu mendeteksi kabel-kabel listrik di udara yang berukuran sentimeter bahkan millimeter. Dalam menanggapi permasalahan di atas, penelitian ini menggunakan metode *Rule Based Classification* untuk mengklasifikasi objek disekitar koridor jalur transmisi listrik sesuai dengan standar SNI 04-6918-2002.

Pada penelitian ini mencoba menambahkan data *point clouds* citra foto Drone (UAV) untuk dilakukan identifikasi objek bahaya jalur transmisi listrik. Oleh karena itu, pendekatan teknologi ini diyakini dapat menghasilkan keluaran yang tidak hanya bersifat akademik, tetapi juga aplikatif, dapat ditindaklanjuti oleh pemangku kepentingan, serta direplikasi di wilayah lain dengan karakteristik serupa di Indonesia. Penelitian ini menjadi kontribusi penting dalam meningkatkan dan memanfaatkan teknologi geospasial, menyediakan data dasar ilmiah dalam mitigasi risiko, dan membangun model pemetaan berbasis *point clouds* baik yang bersumber dari LiDAR maupun Drone.

Teknologi ini mampu memberikan informasi yang baik mengenai peningkatan pengelolaan jalur transmisi listrik dengan memberikan informasi titik koordinat objek yang melewati ruang bebas, menampilkan informasi *tower*, jarak objek bahaya, dan jenis objek bahaya. Dengan informasi mengenai objek bahaya maka kerusakan dapat ditangani dengan cepat serta tindakan mitigasinya. Data LiDAR memiliki keunggulan dalam

memvisualisasikan bentuk objek secara 3D yang ada di sekitar jalur / koridor SUTT.

Penelitian ini terkait identifikasi objek bahaya yang terdapat dalam koridor jalur transmisi SUTT dengan tegangan 150 kV menggunakan data LiDAR dan data Foto Drone (UAV), dengan acuan dari SNI 04-6918-2002, dapat digunakan sebagai kesesuaian jarak bebas vertikal minimum dari konduktor. Penelitian menggunakan 3 parameter untuk identifikasi objek bahaya yaitu *medium vegetation*, *ground*, dan *building*.

2. Metodologi

2.1. Alat dan bahan

Penelitian ini menggunakan data perekaman LiDAR yang dihasilkan dari UAV DJI *Matrice 300 RTK* dilengkapi *Zenmuse L2* dan perangkat LiDAR *LiAir 50* dengan spesifikasi sensor laser *Velodyne VLP-16*, pada jaringan Transmisi SUTT 150 kV di Kecamatan Purwokerto Barat, Jawa Tengah.

2.2. Prosedur penelitian

Pengolahan data yang dilakukan untuk data LiDAR adalah georeferensi bertujuan agar *point clouds* memiliki koordinat, noise filtering, dan klasifikasi *point clouds* pada jalur transmisi listrik. Tahapan ini menggunakan perangkat lunak *LiPowerline*. Pengolahan data Foto Udara Drone dilakukan menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape*. Pengolahan yang dilakukan adalah *align photos* dan *build point clouds*. Setelah itu, data *point clouds* hasil dari data Foto Udara Drone diolah pada perangkat lunak *LiPowerline* untuk dilakukan klasifikasi *Point Clouds*. Proses Klasifikasi dilakukan pada perangkat lunak *LiPowerline* dilakukan dengan cara klasifikasi otomatis sesuai dengan *Rule Based Classification* yang telah dibuat pada perangkat lunak dan klasifikasi manual dilakukan untuk merapihkan hasil dari klasifikasi otomatis.

Tahap pengolahan data ini menggunakan *software LiPowerline*. *LiPowerline* merupakan sebuah *software* yang memberikan solusi efektif untuk pemeriksaan maupun inspeksi saluran listrik dari data *point clouds* LiDAR. *Software* ini melakukan klasifikasi saluran listrik, *tower* transmisi (SUTT), vegetasi, bangunan, dan objek lainnya disekitar saluran listrik. Klasifikasi objek dapat dilakukan secara otomatis sehingga deteksi bahaya yang akan terjadi pada saluran listrik dapat dideteksi dengan baik.

Tahap penyajian data dilakukan pembuatan laporan dari identifikasi penggunaan data LiDAR dan Foto Udara Drone dalam pemeliharaan jalur transmisi listrik SUTT. Laporan identifikasi objek bahaya pada ruang bebas koridor untuk selanjutnya dapat diambil kesimpulan dan saran guna penelitian selanjutnya.

2.3. Mark Tower dan Klasifikasi

Mark Tower bertujuan untuk menunjukkan posisi informasi dari menara perangkat lunak secara otomatis menghasilkan indeks dan informasi menara. Kemudian merubah jenis menara, jenis menara meliputi *none*, *tension tower*, dan *straight line tower*.

Klasifikasi dilakukan setelah memilih *point clouds* menara. Proses klasifikasi *point clouds* dapat dibedakan menjadi menara transmisi, saluran listrik, tanah, *low vegetation*, *medium vegetation*, dan *noise point clouds*.

Mark Tower dilakukan dengan cara menitikkan menara tepat pada titik tengah dari *point clouds* paling atas menara. *Mark Tower* akan bertambah secara otomatis jika penitikan seluruh menara telah dilakukan. Langkah berikutnya, merubah tipe *tower* menjadi *tension tower*.

2.3. Analisis

Pada tahap analisis yang dilakukan adalah mengidentifikasi objek bahaya jalur transmisi listrik sesuai dengan ketentuan SNI 04-6918-2002.

Analisis yang dilakukan adalah *Real Time*. Vegetasi dan objek lain yang mengganggu pada koridor saluran listrik harus dimonitor dan dikelola dengan baik untuk memastikan keamanan dari saluran listrik pada menara SUTT. Analisis *realtime* adalah analisis bahaya objek vegetasi disekitar jalur transmisi listrik. *Danger points* berfungsi untuk memberikan analisis secara *realtime* terhadap vegetasi yang dianggap bahaya sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. *Danger points* bertujuan untuk mengetahui titik bahaya sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

Analisis berikutnya adalah *Corrected*. Jika terdapat klasifikasi yang kurang sesuai dengan aslinya maka dapat dilakukan klasifikasi secara manual. Klasifikasi manual bertujuan untuk menyempurnakan hasil dari klasifikasi otomatis dengan menu *3D Profile*. Pemilihan objek yang akan diklasifikasikan dengan menggunakan *Tools* dan pemilihan *point clouds* yang akan diklasifikasikan. *Point clouds* yang telah terpilih akan merubah warna secara otomatis.

Setelah diketahui titik bahaya disepanjang koridor jalur SUTT, PLN melakukan survei lokasi dengan bantuan koordinat titik bahaya yang telah diketahui dari analisis objek bahaya. Jika suatu objek teridentifikasi sebagai *medium vegetation*, maka pihak PLN akan melakukan tindakan pemangkasan terhadap pohon atau tanaman tersebut apabila sudah melewati jarak aman sesuai dengan parameter SNI 04-6918-2002 mengenai jarak bebas minimum pada SUTT dan SUTET, dari jaringan transmisi.

Tindakan ini dilakukan untuk mencegah potensi gangguan atau bahaya terhadap sistem kelistrikan. Sementara itu, jika objek yang terdeteksi sebagai

building yang melanggar batas jarak aman terhadap jalur transmisi listrik, PLN akan segera memberikan pemberitahuan resmi kepada pemilik bangunan.

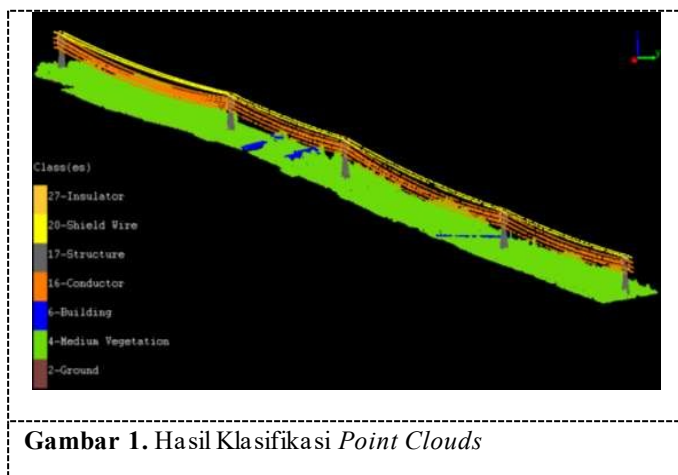
Tujuannya adalah agar pemilik rumah dapat segera mengambil tindakan, seperti mengosongkan bangunan atau memindahkan aktivitas, demi menjaga keselamatan diri dan kelancaran pasokan listrik.

3. Hasil dan pembahasan

Hasil dari pengolahan *point clouds* data LiDAR dan Citra Foto Drone menggunakan perangkat lunak *LiPowerline* dalam mengidentifikasi objek bahaya SUTT.

3.1. Hasil Klasifikasi Point Clouds LiDAR

Hasil klasifikasi *point clouds* terdapat 7 kelas, yaitu: *insulator*, *shield wire*, *conductor*, *structure*, *building*, *medium vegetation*, dan *ground*.



Gambar 1. Hasil Klasifikasi Point Clouds

Shield wire ditandai dengan warna kuning yang berfungsi sebagai pelindung sistem transmisi dari sambaran petir. *Shield wire* adalah kabel atau kawat yang dipasang pada bagian atas konduktor listrik utama, Insulator ditandai dengan warna kuning keemasan yang berfungsi sebagai pemisah antara konduktor bertegangan tinggi dari bagian menara yang bersifat konduktif,

Conductor ditandai dengan warna jingga yang berfungsi untuk menghantarkan listrik dari satu titik ke titik lainnya, *structure* ditandai dengan warna abu yang berfungsi sebagai penopang konduktor, *shiled wire*, dan insulator, *building* ditandai dengan warna biru, *medium vegetation* ditandai dengan warna hijau, dan *ground* ditandai dengan warna coklat.

Hasil klasifikasi *Ground* dengan jumlah titik klasifikasi sebanyak 523.275 titik. *Medium Vegetation* umumnya berupa pohon yang memiliki batang atau dahan dengan jumlah titik terklasifikasi 12.433.342 titik.

Hasil klasifikasi *building* merupakan bangunan baik permanen maupun tidak permanen dengan jumlah titik

5.093 titik. Hasil klasifikasi *shield wire* yang merupakan kabel pelindung umumnya berada di paling atas dari kabel yang ada pada SUTT *shield wire* dengan jumlah titik yang terklasifikasi sebanyak 36.542 titik.

Hasil klasifikasi *conductor* merupakan kabel penghantar yang berada pada SUTT dengan jumlah titik terklasifikasi sebanyak 11.5887 titik.

Hasil klasifikasi *Tower Structure* merupakan menara dari SUTT sendiri dengan jumlah titik yang terklasifikasi sebanyak 101.227 titik.

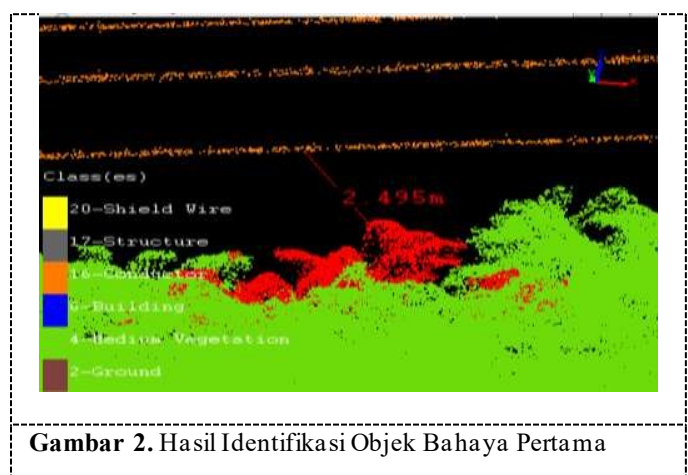
Hasil klasifikasi Insulator dengan jumlah titik yang terklasifikasi sebanyak 732 titik.

3.2. Hasil Identifikasi Objek Bahaya Pada Jalur Tranmisi Listrik SUTT 150 kV Menggunakan Data Point Clouds LiDAR

Hasil identifikasi objek bahaya secara otomatis menemukan empat titik yang masuk ke dalam ruang bebas SUTT empat objek bahaya tersebut terdeteksi sebagai *medium vegetation* yang berada diantara *tower* 4 dan *tower* 5 dengan jarak antar *tower* 381,94 m. Pada *tower* 1 sampai dengan *tower* 4 dengan jarak 1,145 m tidak ditemukan bahaya yang berarti baik vegetasi maupun bangunan yang ada di sekitar *tower* memiliki jarak aman antar konduktor.

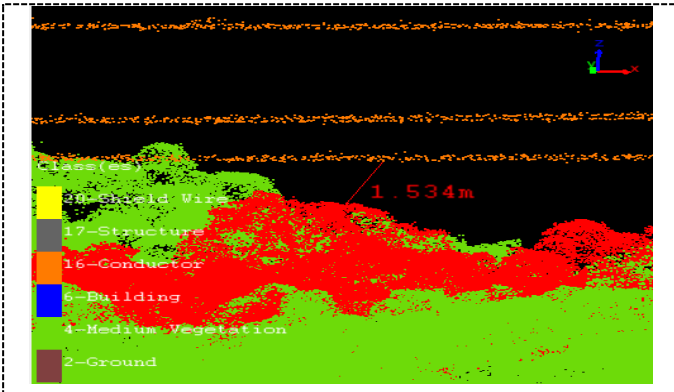
Hasil dari beberapa objek bahaya pada jalur transmisi listrik, sebagai berikut:

a. Identifikasi objek bahaya pada titik pertama seperti pada gambar 2 terdeteksi sebagai *Medium Vegetation* yang memiliki jarak dari kabel sebesar 2,495 m dimana jarak minimum vertikal ruang bebas adalah 5 m.



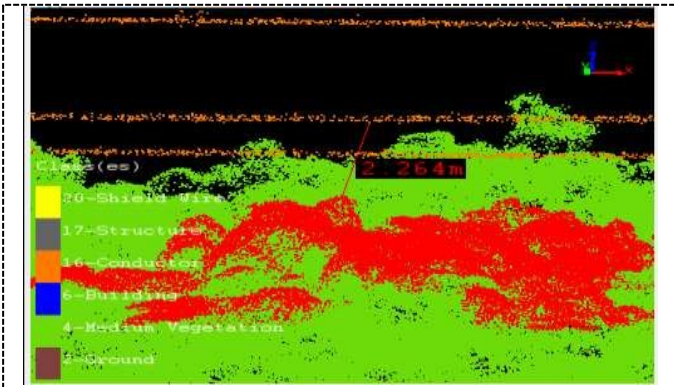
Gambar 2. Hasil Identifikasi Objek Bahaya Pertama

b. Identifikasi objek bahaya pada titik ke dua seperti pada gambar 3 terdeteksi sebagai *Medium Vegetation* yang memiliki jarak dari kabel sebesar 1,534 m dimana jarak minimum vertikal ruang bebas adalah 5 m.



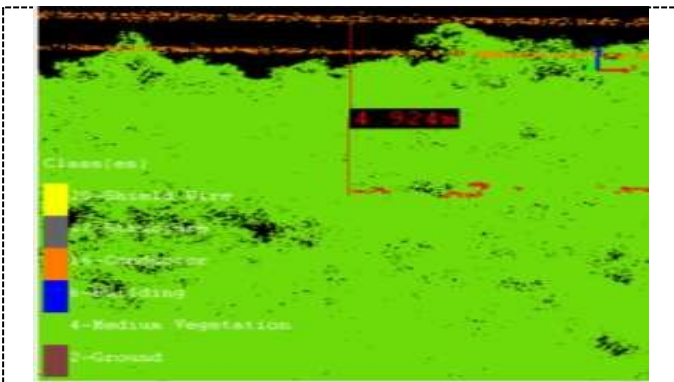
Gambar 3. Hasil Idetifikasi Objek Bahaya Ke Dua

c. Identifikasi objek bahaya pada titik ketiga seperti pada gambar 4 terdeteksi sebagai *Medium Vegetation* yang memiliki jarak dari kabel sebesar 2,264 m dimana jarak minimum vertikal ruang bebas adalah 5 m.



Gambar 4. Hasil Identifikasi Objek Bahaya Ke Tiga

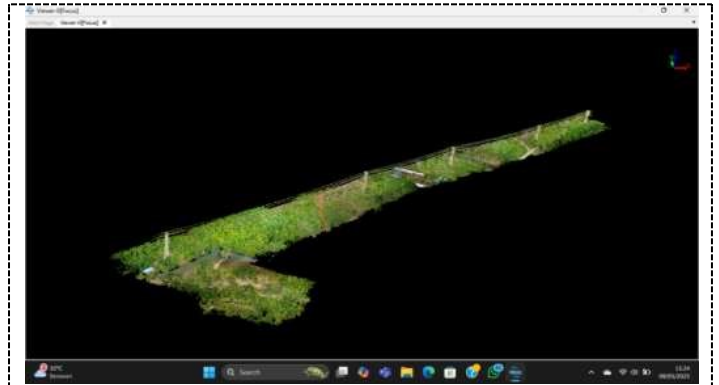
d. Identifikasi objek bahaya pada titik ke empat seperti pada gambar 5 terdeteksi sebagai *Medium Vegetation* yang memiliki jarak dari kabel sebesar 4,924 m dimana jarak minimum vertikal ruang bebas adalah 5 m.



Gambar 5. Hasil Identifikasi Objek Bahaya Ke Empat

3.3. Overlay Point Clouds LiDAR dan Citra Foto Drone

Point Clouds LiDAR menghasilkan *point clouds* sebanyak 84.977.854 titik. *Point Clouds* Foto Drone menghasilkan *point clouds* sebanyak 66.941.166 titik.



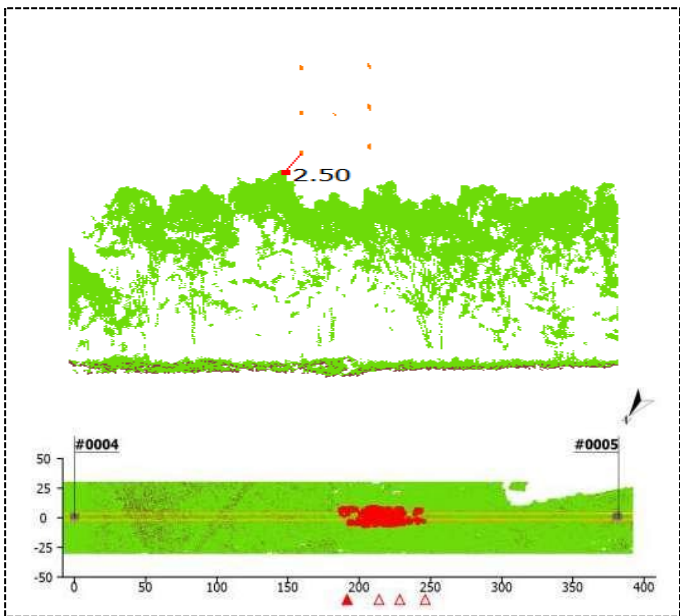
Gambar 6. Overlay Point Clouds LiDAR dan Citra Foto Drone

Overlay point clouds LiDAR dan foto Drone menghasilkan titik *point clouds* sebanyak 151.919.020 titik. *Overlay point clouds* LiDAR dan foto Drone menunjukkan bahwa beberapa area yang kosong pada data LiDAR dilengkapi oleh data perekaman citra foto Drone karena foto udara menyediakan tambahan seperti warna, tekstur, dan perspektif visual yang tidak dimiliki oleh LiDAR. *Overlay* kedua jenis data ini mampu meningkatkan akurasi visual, ketajaman analisis, serta efektivitas interpretasi objek, khususnya dalam kegiatan pemetaan dan identifikasi potensi bahaya pada jaringan SUTT.

3.4. Identifikasi Objek Bahaya SUTT menggunakan Data Point Clouds LiDAR

Identifikasi Objek bahaya SUTT menggunakan data *point clouds* berdasarkan parameter yang telah ditetapkan oleh SNI 04-6918-2002 yang telah mengatur mengenai jarak bebas SUTT dan SUTET diperoleh 4 objek bahaya.

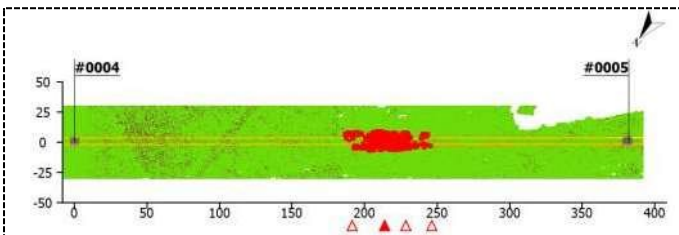
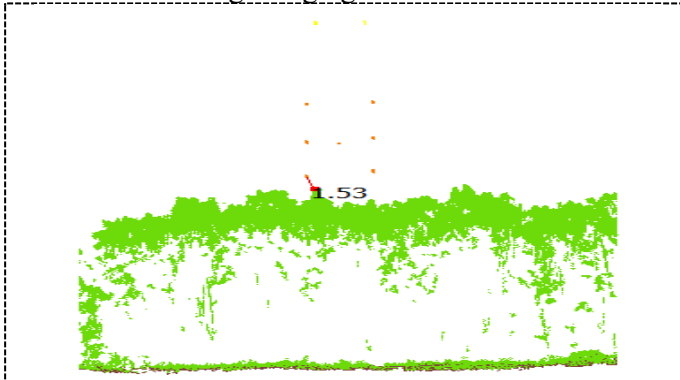
a. Bahaya pertama teridentifikasi berada di antara tower 4 dan 5, dengan koordinat 3,91714914°LS dan 109,11180484°BT. Objek ini terdeteksi sebagai vegetasi, ditandai dengan warna hijau, dan memiliki jarak sebesar 2,50 m dari titik dengan warna merah (menunjukkan titik bahaya) ke titik warna jingga (menunjukkan posisi konduktor). Jarak vertikal yang didapat sebesar 1,72 m dan jarak horisontal yang didapat sebesar 1,80 m. Pada gambar 5 bagian 3 penampang kanan objek bahaya pertama berada di antara tower 4 dan 5 dengan jarak 191 m ditandakan dengan segitiga berwarna merah pertama.



Gambar 7. Analisis Objek Bahaya Pertama

Setelah diukur dengan alat bantu menggunakan *tools ruler* jarak antara titik bahaya ke konduktor memang sudah melewati batas aman yang telah diatur oleh SNI 046918-2002 jarak aman untuk vegetasi adalah 5 m. Jarak antara titik bahaya dan konduktor yang diukur adalah 2,495 m yang berarti jarak tersebut sesuai dengan jarak yang dihasilkan melalui analisis otomatis jarak titik bahaya jalur transmisi listrik.

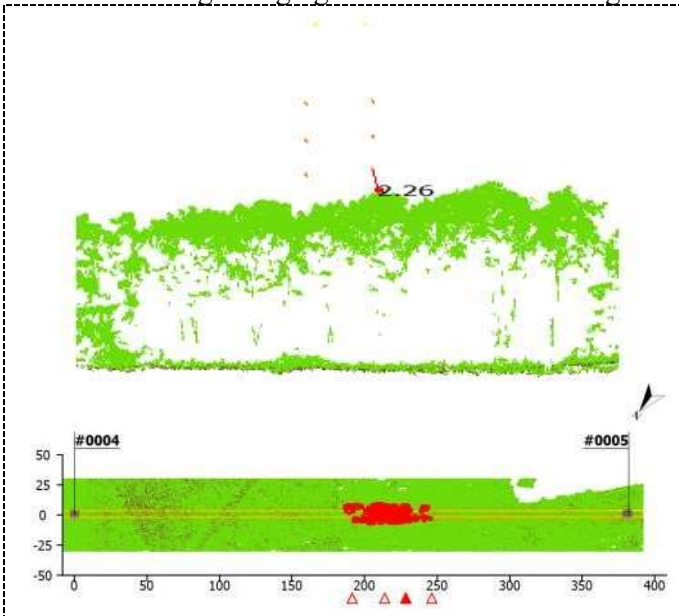
- b. Bahaya kedua teridentifikasi berada di antara *tower* 4 dan 5, dengan koordinat 3,91674572°LS dan 109,11212117°BT. Objek ini terdeteksi sebagai vegetasi, ditandai dengan warna hijau, dan memiliki jarak sebesar 1,53 m dari titik dengan warna merah (menunjukkan titik bahaya) ke titik dengan warna jingga (menunjukkan posisi konduktor). Jarak vertikal yang didapat sebesar 1,28 m dan jarak horisontal yang didapat sebesar 0,84 m. Pada gambar 8 bagian 3 penampang kanan objek bahaya kedua berada di antara *tower* 4 dan 5 dengan jarak 213 m ditandakan dengan segitiga berwarna merah kedua.



Gambar 8. Analisis Objek Bahaya Kedua

Setelah diukur dengan alat bantu menggunakan *tools ruler* jarak antara titik bahaya ke konduktor memang sudah melewati batas aman yang telah diatur oleh SNI 046918-2002 jarak aman untuk vegetasi adalah 5 m. Jarak antara titik bahaya dan konduktor yang diukur manual adalah 1,534 m yang berarti jarak tersebut sesuai dengan jarak yang dihasilkan melalui analisis otomatis jarak titik bahaya jalur transmisi listrik.

- c. Bahaya ketiga teridentifikasi berada di antara *tower* 4 dan 5, dengan koordinat 3,91677576°LS dan 109,11197757°BT. Objek ini terdeteksi sebagai vegetasi, ditandai dengan warna hijau, dan memiliki jarak sebesar 2,26 m dari titik dengan warna merah (menunjukkan titik bahaya) ke titik dengan warna jingga (menunjukkan posisi konduktor). Jarak vertikal yang didapat sebesar 2,18 m dan jarak horisontal yang didapat sebesar 0,61 m. Pada gambar 9 bagian 3 penampang kanan objek bahaya ketiga berada di antara *tower* 4 dan 5 dengan jarak 228 m ditandai dengan segitiga berwarna merah ketiga.

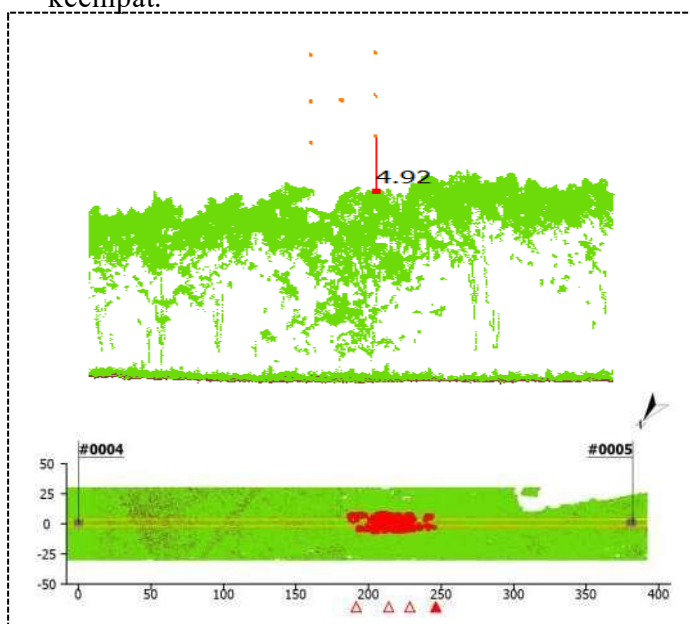


Gambar 9. Analisis Objek Bahaya Ketiga

Setelah diukur dengan alat bantu menggunakan *tools ruler* jarak antara titik bahaya ke konduktor memang sudah melewati batas aman yang telah diatur oleh SNI 046918-2002 jarak aman untuk vegetasi adalah 5 m. Jarak antara titik bahaya dan konduktor yang diukur manual adalah 2,264 m yang berarti jarak

tersebut sesuai dengan jarak yang dihasilkan melalui analisis otomatis jarak titik bahaya jalur transmisi listrik.

- d. Bahaya keempat teridentifikasi berada di antara tower 4 dan 5, dengan koordinat 3,91687989°LS dan 109,11185405°BT. Objek ini terdeteksi sebagai vegetasi, ditandai dengan warna hijau, dan memiliki jarak sebesar 4,92 m dari titik dengan warna merah (menunjukkan titik bahaya) ke titik dengan warna jingga (menunjukkan posisi konduktor). Jarak vertikal yang didapat sebesar 4,90 m dan jarak horisontal yang didapat sebesar 0,48 m. Pada gambar 10 bagian 3 penampangkanan objek bahaya keempat berada di antara tower 4 dan 5 dengan jarak 249 m ditandakan dengan segitiga berwarna merah keempat.



Gambar 10. Analisis Objek Bahaya Keempat

Setelah diukur dengan alat bantu menggunakan *tools ruler* jarak antara titik bahaya ke konduktor memang sudah melewati batas aman yang telah diatur oleh SNI 046918-2002 jarak aman untuk vegetasi adalah 5 m. Jarak antara titik bahaya dan konduktor yang diukur manual adalah 4,924 m yang berarti jarak tersebut sesuai dengan jarak yang dihasilkan melalui analisis otomatis jarak titik bahaya jalur transmisi listrik.

Pengukuran ini tidak dapat menggantikan ketepatan dengan pengukuran secara langsung di lapangan. Selain melakukan pengukuran awal dengan menggunakan *tools ruler*, survei lapangan dengan melakukan pengukuran langsung bisa menjadi pilihan yang dapat memperoleh hasil ukuran yang akurat.

3.5. Efektifitas dan Efisiensi LiDAR dan Citra Foto Drone dalam melakukan Identifikasi Objek Bahaya SUTT

LiDAR memiliki keunggulan dalam segi visualisasi dan deteksi bentuk vertikal, efektivitas teknologi LiDAR dalam pemetaan tiga dimensi dan pengukuran jarak objek secara akurat tetap menjadi metode paling presisi. Teknologi LiDAR menghasilkan *point clouds* sebanyak 84.977.854 titik dengan jumlah kelas sebanyak 7 kelas yaitu : *shield wire, insulator, structure, conductor, building, medium vegetation, dan ground.*

Dengan menggunakan data LiDAR diperoleh 4 titik bahaya sesuai dengan acuan SNI 04-6918-2002. Ketinggian Tower 1 didapat 38,620 m, Tower 2 didapat 38,926 m, ketinggian Tower 3 didapat 38,834 m, ketinggian Tower 4 didapat 35,494 m, dan ketinggian Tower 5 didapat 38,784 m. Efektivitas teknologi LiDAR dalam memvisualisasikan struktur tower sangat baik, dalam memvisualisasikan setiap bagian tower sehingga dapat menghasilkan 5 titik tower dengan jumlah *point clouds* sebanyak 101.227 titik.

Konduktor menghasilkan *point clouds* sebanyak 11.5887, *shield wire* 36.542 titik, dan insulator 732 titik tervisualisasikan dengan jelas teknologi ini cocok digunakan untuk area dengan cakupan yang luas.

Pengolahan data LiDAR membutuhkan waktu ±5 hari. Biaya Operasional teknologi LiDAR cukup tinggi ±20jt per hektare berdasarkan TechnoGIS, 2024. Tenaga ahli yang dibutuhkan 3 hingga 5 orang. Untuk Efisiensi dengan menggunakan teknologi LiDAR dalam mengidentifikasi objek bahaya kurang optimal.

3.6. Mitigasi terhadap gangguan efek induksi GEM

Hasil studi menunjukkan banyak fenomena yang menarik berkaitan dengan keluhan warga terhadap radiasi elektromagnetik yang berasal dari Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Intinya, bahwa sebagian warga yang tinggal di bawah jaringan SUTT merasa khawatir dapat terganggu kesehatannya, karena munculnya berbagai fenomena pada kabel jaringan listrik tegangan tinggi.

Beberapa kejadian yang dikeluhkan warga, itulah fenomena yang hampir dapat dijumpai di permukiman di bawah Saluran Tegangan Tinggi (SUTT). Asumsi warga fenomena-fenomena tersebut merupakan indikator dapat mengganggu kesehatan. Untuk melihat dampak dari induksi gelombang elektromagnetik terhadap kesehatan masyarakat yang berada di sekitar lokasi jaringan perlu dilakukan pengukuran dan pengamatan lingkungan.

Udara yang lembab karena adanya pohon-pohon di bawah jaringan tegangan tinggi akan lebih mempercepat

terbentuknya kelipatan ion dan elektron yang disebut dengan *avalanche*. Akibat berlipat gandanya ion dan elektron, akan menimbulkan korona berupa percikan busur cahaya yang seringkali juga disertai dengan suara mendesis dan bau khusus yang disebut dengan bau *ozone*. Peristiwa *avalanche* dan timbulnya korona akibat adanya medan magnet dan medan listrik pada jaringan tegangan tinggi maupun ekstra tinggi inilah yang sering dikeluhkan oleh warga yang tinggal di bawah atau di dekat SUTT.

Fenomena teknis tersebut memang benar-benar ada, meskipun tidak serta merta identik sebagai penyebab gangguan kesehatan, meskipun telah mengganggu ketenangan warga yang bertempat tinggal di bawah maupun di sekitarnya. Gangguan terhadap ketenangan, apalagi sampai menimbulkan kecemasan, yang pada akhirnya mengganggu aktivitas warga secara sosial ekonomi, pada hakikatnya merupakan gangguan kesehatan.

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi gangguan akibat dari adanya medan magnet dan medan listrik di sekitar jaringan tegangan tinggi :

1. Atap rumah sebaiknya dari bahan yang tidak menghantarkan listrik, misalnya genting, asbes, sirap dan sebagainya.
2. Sebaiknya rumah berlangit-langit (*plafon*).
3. Atap rumah atau benda-benda di bawah SUTT yang terbuat dari logam atau dapat menghantarkan listrik, sebaiknya ditanahkan (*grounding*).
4. Menanam pohon di halaman kosong di sekitar rumah.
5. Tidak keluar rumah sewaktu hujan atau cuaca buruk (banyak petir).
6. Memeriksa diri ke dokter sedini mungkin bila timbul gejala *electrical sensitivity*.
7. Penduduk disarankan tidak berada di luar rumah terutama pada malam hari antara jam 17 sampai jam 22 karena pada saat itu arus yang mengalir pada kawat penghantar berada pada titik beban puncak.
8. Sesering mungkin melakukan pengukuran tegangan pada peralatan rumah yang terbuat dari logam jika ternyata tegangannya cukup tinggi maka diusahakan peralatan tersebut dijauhkan dari rumah atau lebih jarang dipakai.
9. Penduduk disarankan untuk tidak memasuki daerah sekitar tapak kaki menara yang telah diberi pagar oleh PLN.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Berdasarkan SNI 04-6918-2002, hasil identifikasi objek bahaya menggunakan data LiDAR menunjukkan terdapat 4 objek bahaya yang memasuki ruang bebas jalur SUTT 150 kV. Keempat titik tersebut terdeteksi *medium vegetation* dengan ketinggian objek bahaya pertama 2,50 m. Ketinggian objek kedua 1,53 m. Ketinggian objek ketiga 2,26 m. Ketinggian objek keempat 4,92 m. Ketinggian ini telah melampaui batas ketentuan ruang bebas, yaitu 5 m untuk objek vegetasi yang telah diatur dalam SNI 04-6918-2002, sehingga berpotensi mengganggu keandalan dan keselamatan jalur transmisi. Pada data citra foto udara, tidak ditemukan objek bahaya yang dapat diidentifikasi. Hal ini disebabkan oleh ketidakmaksimalan di dalam visualisasi struktur *tower*, konduktor, dan isolator pada hasil *point clouds*. Hal tersebut terjadi karena arah pengambilan gambar dilakukan secara tegak lurus, sehingga bentuk vertikal *tower* tidak terekam dengan jelas dan akurat. Akibatnya deteksi potensi gangguan bahaya tidak dapat dilakukan secara efektif oleh perangkat lunak *LiPowerline*.
2. LiDAR memiliki keunggulan yang lebih signifikan dalam pemrosesan data *point clouds* untuk mengidentifikasi objek bahaya pada jaringan SUTT dibandingkan dengan Citra Foto Drone. Efektivitas LiDAR dalam menggambarkan bentuk objek serta struktur *tower* lebih unggul sehingga bentuk yang dihasilkan lebih detail dan memiliki akurasi yang lebih tinggi. Efektivitas Citra Foto Drone dalam mengidentifikasi objek bahaya kurang optimal dalam memvisualisasikan struktur *tower* dan objek yang ada disekitar *tower* kurang optimal. LiDAR memerlukan biaya operasional, waktu, dan tenaga ahli yang relatif tinggi, Citra Foto Drone dengan metode *oblique* dapat menjadi alternatif yang lebih efisien untuk mengidentifikasi objek bahaya pada jalur transmisi listrik.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada Fakultas Teknik dan Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung dan juga kepada pihak yang telah memberi hibah bantuan melalui DIPA FT Tahun Anggaran 2025 sehingga kegiatan penelitian ini dapat dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- Atmaja, A. A., Prasetyo, Y., dan Hani'ah. (2016) Deteksi Objek Berbahaya dan Pemodelan 3D Jaringan Kelistrikan Menggunakan Teknologi LiDAR (Studi Kasus: Koridor Jaringan Kelistrikan di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan). *Jurnal Geodesi UNDIP*, Vol. 5, No. 1, 57–67. ISSN: 2337-845X.
- Bello, S. A., Yu, S., Wang, C., Adam, J. M., and Li, J. (2020) Review: Deep learning on 3D point clouds. In *Remote Sensing* Vol. 12, Issue 11. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/rs12111729>
- Diranggra, A. R. (2022) Analisis Penerapan Teknologi LiDAR dalam Pemodelan 3D Koridor Jalur Transmisi Listrik SUTT. Tugas Akhir, Universitas Diponegoro.
- Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan dan Konsevasi Energi. (2023) Dirjen EBTKE Paparkan Pemenuhan Kebutuhan Listrik Indonesia Melalui Pemanfaatan EBT.
- Isnasatrianto, A., Prasetyo, Y., dan Sudarsono, B. (2018) Aplikasi UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Fotogrametri untuk Perencanaan Pengembangan Jalur Transmisi 65 SUTET 500kV (Studi Kasus : Kec. Ambarawa Kab. Semarang) In *Jurnal Geodesi Undip* Vol.7. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.19327>
- Marwati, A., Prasetyo, Y., dan Suprayogi, A. (2018) Data Point Cloud Lidar Dan Foto Udara Berbasis Metode Segmentasi Dan Supervised (Studi Kasus: Tanggamus Lampung). In *Jurnal Geodesi Undip* Januari Vol. 7, Issue 1. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.19297>
- Nauthika, A., Suprayogi, A., dan Sudarsono, B. (2017) Identifikasi Dan Estimasi Tingkat Produktivitas Kelapa Sawit Menggunakan Teknologi LiDAR (Studi Kasus : Air Upas, Kabupaten Ketapang). In *Jurnal Geodesi Undip* Oktober Vol.6, Issue 4. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.18150>
- Nyoman Widyastuti, L. (2018) Analisis Gangguan Sistem Transmisi Listrik Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA). In *Jurnal Industrial Engineering Undip* Juli Vol. 3 No. 3. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/6344>
- Ortega, S., Trujillo, A., Santana, J. M., Suárez, J. P., and Santana, J. (2019) Characterization and modeling of power line corridor elements from LiDAR point clouds. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152 (March), 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.03.021>
- Ramadhan, A., Huda, A., Syerlie Annisa, dan Efendi, I. (2022) Perancangan Rule Based Classification bagi Guru Baru Teknik Informatika. *SATIN - Sains Dan Teknologi Informasi*, 8(2), 142–151. <https://doi.org/10.33372/stn.v8i2.919>
- Ramadoni Syahputra. (2021) Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. Penerbit LP3M UMY, Yogyakarta.
- Retnosari, M. C., Suryawati, C., dan Harto, P. (2022) Analisis efektivitas dan efisiensi pengelolaan anggaran di RSUP Dr. Kariadi Semarang. In *Jurnal Manajemen Kesehatan Indonesia* Vol. 10 No.3 <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jmki/article/view/47184/22924>
- Schmid, K., Carter, J., Waters, K., Betzhold, L., Hadley, B., Mataosky, R., dan Halleran, J. (2012). *Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications*. <https://doi.org/10.3390/rs15010253>
- Silalahi, W., dan Jamaluddin. (2022) Perancangan Sistem Informasi Pengarsipan Surat Masuk Dan Keluar Di Kantor Kelurahan Lewa Paku. In *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 10(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i2.2438>
- Standar Nasional Indonesia 04-6818-2002 Ruang Bebas Dan Jarak Bebas Minimum pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) Badan Standardisasi Nasional. (2002) www.bsn.go.id diakses pada tanggal 10 September 2024.
- Syauqani, A., Subiyanto, S., dan Suprayogi, A. (2017) Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Dji Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Orthofoto (Studi Kasus Kampus Universitas Diponegoro). In *Jurnal Geodesi Undip* Januari Vol. 6, Issue 1. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.15388>
- The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. (2011) *American Society for Photogrammetry & Remote Sensing*.
- Toschi, I., Ramos, M. M., Nocerino, E., Menna, F., Remondino, F., Moe, K., Poli, D., Legat, K., and Fassi, F. (2017) Oblique photogrammetry supporting 3d urban reconstruction of complex scenarios. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives*, 42(1W1), 519–526. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-1W1-519-2017>