

Survei Terestrial untuk Investigasi Keruntuhan Bangunan Penahan Lereng Pada Jembatan Kereta Api Ciganea BH-355

Terrestrial Surveying for Investigation of Slope Retaining Structure Failure on Ciganea BH-355 Railway Bridge

Abdullah Panji Prasetyo^{1*}, Dessy Lestari Saptarini¹, Amril Asy'ari¹, Sri Atmaja P. Rosyidi²

¹Program Studi D3 Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basri Komp. ULM Kayutangi Banjarmasin.

²Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

*Corresponding Author: panji@poliban.ac.id

Article Info:

Received: 28 – 01 - 2026

Accepted: 30 – 05 - 2026

Published: 25 –07- 2026

Kata kunci: Kajian forensik, SIG, Topografi, Geomorfologi

Abstrak: Salah satu upaya pemenuhan aspek keselamatan dan keamanan infrastruktur kereta api adalah pembenahan jalur rel kereta api. Untuk itu diperlukan manajemen kebencanaan yang tepat agar jalur lintasan kereta api tidak terganggu. Lokasi penelitian berada pada jalur lintas Cikampek-Padalarang yaitu BH 355 KM 110+4/6. Pada lokasi tersebut terjadi kegagalan pada salah satu baris *soldier pile* dan mengakibatkan keruntuhan pada beberapa fondasi (*pile*) dan terputusnya balok pengikat (*capping beam*). Tujuan kegiatan ini adalah untuk memberikan kajian terhadap penyebab kegagalan dan keruntuhan perkuatan fondasi berdasarkan aspek topografi dan geomorfologi kawasan menggunakan metode Survei Terestrial. Penggunaan Survei Terestrial yang terkait dengan kawasan bencana merupakan suatu penerapan dari sistem informasi dengan tiga kegiatan utama, yaitu input data kawasan dengan melakukan survei udara secara langsung, pemrosesan data dengan melakukan perhitungan dan penggabungan basis data, dan informasi data sebagai keluaran berupa peta yang menginformasikan sebaran kawasan yang rawan terhadap bencana. Hasil penelitian menunjukkan kondisi morfologi di sekitar BH 355 Ciganea secara umum merupakan sistem perbukitan di lereng kaki gunung api yang bersifat dinamis sehingga rawan terhadap perubahan bentuk permukaan. Penggunaan Survei Terestrial dapat memberikan kajian yang detail terhadap penyebab kegagalan dan keruntuhan perkuatan fondasi yang dilihat dari topografi dan geomorfologi kawasan.

Keywords: Forensic Studies, GIS, Topography, Geomorphological

Abstract: The efforts to fulfill the safety aspects of railway infrastructure is improvement of railway tracks. Proper disaster management is important to railway track. The research location is on the Cikampek-Padalarang route, namely BH 355 KM 110+4/6. At this location, a failure occurred in one of the soldier piles and collapse of several foundations (piles) and breaking of the tie beam (capping beam). The purpose of this research is to provide a forensic study for failure and collapse based on the topographic and geomorphological aspects of the area using the Terrestrial Survey method. Terrestrial Survey related to disaster areas is an application of three main activities, input data by conducting direct aerial surveys, data processing by calculating and combining databases, and output as a map that informs the distribution of areas prone to disasters. The results of the study indicate that the morphological conditions around BH 355 Ciganea are a hill system on the slopes of the foot of the volcano which is dynamic and therefore prone to changes in surface shape. Terrestrial Survey can provide a detailed study of the causes of failure and collapse of foundation reinforcements as seen from the topography and geomorphology of the area.

How to Cite:

Prasetyo, A. P., Saptarini, D. L., Asy'ari, A., Rosyidi, S. A. P. (2026). Survei Terestrial untuk Investigasi Keruntuhan Bangunan Penahan Lereng Pada Jembatan Kereta Api Ciganea BH-355. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 6(1), 31-43. <https://doi.org/10.31315/imagi.v6i1.16452>.

1. PENDAHULUAN

Dalam rangka meningkatkan perekonomian nasional, penyediaan sarana dan prasarana transportasi diprioritaskan pada terjaminnya kelancaran distribusi barang dan jasa (Rini dkk, 2024). Salah satu moda transportasi yang sangat menunjang kegiatan perekonomian adalah kereta api. Kereta api merupakan salah satu alat transportasi massal yang menggunakan sistem terintegrasi. Sistem perkeretaapian terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api. Peningkatan pelayanan sistem perkeretaapian terus ditingkatkan guna tercipta moda transportasi yang cepat, aman, dan efisien (Silfiah & Kuswanto, 2018). Selain itu, usaha lain dilakukan melalui pembenahan penanganan arus barang termasuk proses intermoda antara angkutan kereta api dengan moda lainnya dengan tetap memperhatikan/pemenuhan aspek keselamatan dan keamanan infrastruktur perkeretaapian.

Salah satu upaya pemenuhan aspek keselamatan dan keamanan infrastruktur kereta api adalah pembenahan jalur rel kereta api. Aspek keamanan dan keselamatan jalur kereta api menjadi perhatian khusus pada lintasan yang berada pada kawasan rawan bencana (Dewi dkk, 2024). Untuk itu diperlukan manajemen kebencanaan yang tepat agar jalur lintasan kereta api tidak terganggu. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan kajian dalam pengambilan keputusan terutama dalam manajemen kebencanaan di sekitar rel kereta api.

Beberapa upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kapasitas jalur dan jembatan kereta api untuk menangani permasalahan longsor pada daerah yang dilalui khususnya pada jalur lintas Cikampek – Padalarang. Salah satu lokasi lereng yang telah ditangani di tahun 2019 lalu adalah BH 355 KM 110+4/6 antara Purwakarta – Padalarang. Penanganan dilakukan dengan menyediakan perkuatan sekaligus sebagai *barrier* – penghalang dan penahan longsoran di bawah jembatan BH 355 berupa *soldier pile*. Meskipun demikian, telah terjadi kegagalan pada salah satu baris *soldier pile* dan mengakibatkan keruntuhan pada beberapa fondasi (*pile*) dan terputusnya balok pengikat (*capping beam*).

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya. Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah (Hardiyatmo, 2002). Apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran. Dengan kata lain, suatu lereng akan longsor apabila keseimbangan gaya yang bekerja terganggu yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan (Indrawahjuni & Herlien, 2011).

Investigasi keruntuhan lereng yang dilakukan selama ini hanya mengandalkan inspeksi visual atau sensor titik tunggal (seperti inklinometer). Metode ini sering kali gagal menangkap deformasi permukaan secara menyeluruh (spasial) pada struktur penahan lereng yang kompleks di area jembatan. Penelitian ini menggunakan metode terestrial dengan akurasi tinggi yang presisi untuk mendeteksi pergeseran yang sangat kecil pada struktur dinding penahan yang tidak bisa tertangkap oleh citra satelit atau foto udara biasa. Survei terestrial memungkinkan penggunaan titik referensi tetap di luar zona longsor. Hal ini sangat penting untuk memantau apakah deformasi terus berlanjut (progresif) atau sudah stabil, yang menjadi dasar keputusan apakah jalur kereta api aman untuk dibuka kembali. Data hasil survei terestrial dapat langsung dibandingkan (*overlay*) dengan desain asli jembatan untuk melihat secara presisi seberapa jauh struktur tersebut telah bergeser dari posisi aslinya akibat tekanan tanah.

Untuk itu, penelitian ini merupakan investigasi yang dilaksanakan untuk memberikan kajian terhadap penyebab kegagalan dan keruntuhan perkuatan fondasi yang dilihat dari geomorfologi kawasan dan geologi regional sebagai penyebab keruntuhan terhadap perkuatannya.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dimulai dari tahap orientasi lapangan, persiapan jalur terbang, pemasangan dan pengukuran titik geodetic, melakukan akuisisi data dengan melakukan foto udara, pengolahan data, analisis dan koreksi data, pembuatan peta dan penyusunan laporan.

2.1 Alat & Bahan

Berikut adalah visualisasi perangkat yang digunakan dalam pengambilan foto udara:

1. Nama Alat : UAV VTOL
Skywalker 013 Merk/Type : Skywalker 013



Gambar 1. Pesawat UAV VTOL Skywalker 013
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

2. Nama Alat : Perangkat UAV Quadcopter
Merk/Type : DJI Phantom 4 Advanced/Pro



Gambar 2. Perangkat UAV Quadcopter
(Sumber: <https://www.technogis.co.id/jenis-pesawat-uav-untuk-pemetaan/>, 2020)

3. Nama Alat : GPS Geodetic RTK
Merk/Type : Trimble R4



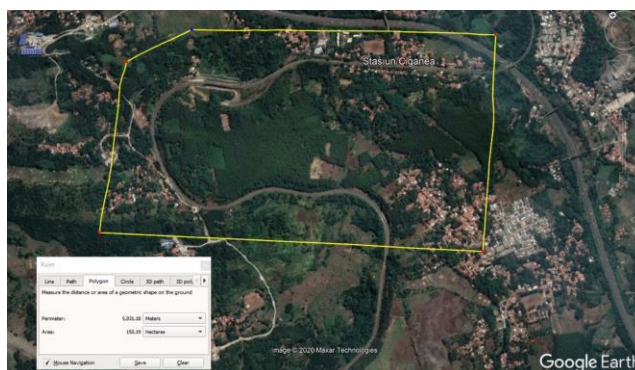
Gambar 3. GPS Geodetic RTK
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

2.2 Metode

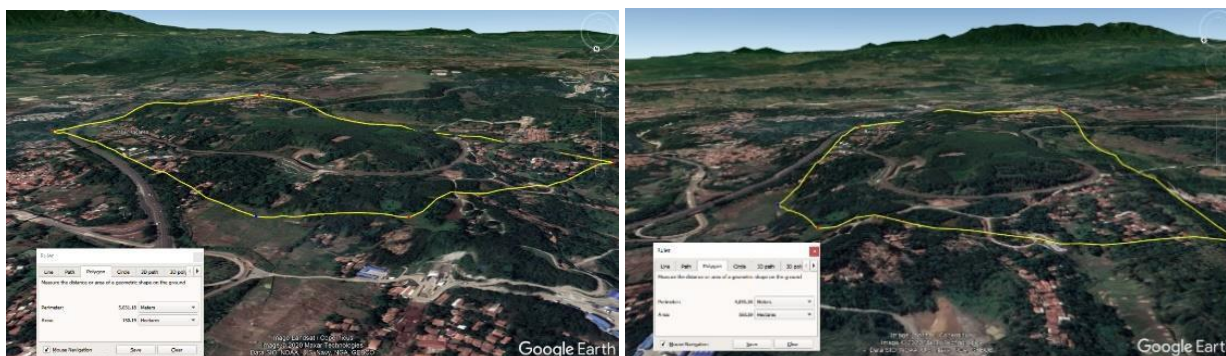
Sebelum menjalankan investigasi lapangan, tim melakukan kajian lapangan awal dari laporan-laporan penyelidikan tanah, dokumen laporan pelaksanaan lapangan dan foto serta video kondisi kawasan Jembatan BH 355 KM.110+4/6 Lintas Purwakarta – Padalarang guna mengevaluasi batasan dan menyusun perkiraan penyebab dan dampak dari kegagalan struktur yang terjadi. Sebelum dilakukan

kegiatan lapangan, dilakukan perencanaan lapangan untuk mempersiapkan variabel dan parameter kajian yang perlu diperhatikan, peralatan kerja yang perlu dipersiapkan dan prosedur keselamatan yang harus dipenuhi. Peralatan utama yang harus dipersiapkan diantaranya: peralatan pengukuran (*measuring devices*), peralatan uji lapangan (*in-situ testing equipment*), peralatan fotografi (*photographic equipment*), pakaian keselamatan (*safety clothing*), perekam data/video (*data recording equipment*). Setiap pemeriksaan visual perlu dibuat sistem referensi dengan arah mata angin (*compass*) dan sistem koordinasi. Selanjutnya, setiap foto dokumentasi perlu diperjelas lokasi, ukuran, arah dan informasi-informasi tambahan. Setiap dokumentasi foto dan video harus memuat deskripsi yang cermat dalam catatan.

Lokasi penelitian atau *Area of interest (AOI)* merupakan batasan area pekerjaan yang ditentukan sebelum pekerjaan dilakukan. *AOI* ditentukan agar target area pekerjaan foto udara sesuai dengan output yang diharapkan. Pekerjaan ini dilakukan pada bulan Desember 2020 dan *AOI* merupakan objek berupa bukit yang dikelilingi oleh lintasan jalur rel kereta api disekitaran stasiun Ciganea, Purwakarta, Jawa Barat. Secara detail informasi dan visualisasi *AOI* pekerjaan dijabarkan di bawah ini. Luas *AOI*: 150 Ha, Panjang Rel Terpotret: 3.2 Km, Luas Area Bukit Terpotret: 90 Ha.



Gambar 4. Rencana *Area of Interest (AOI)* Pekerjaan Foto Udara

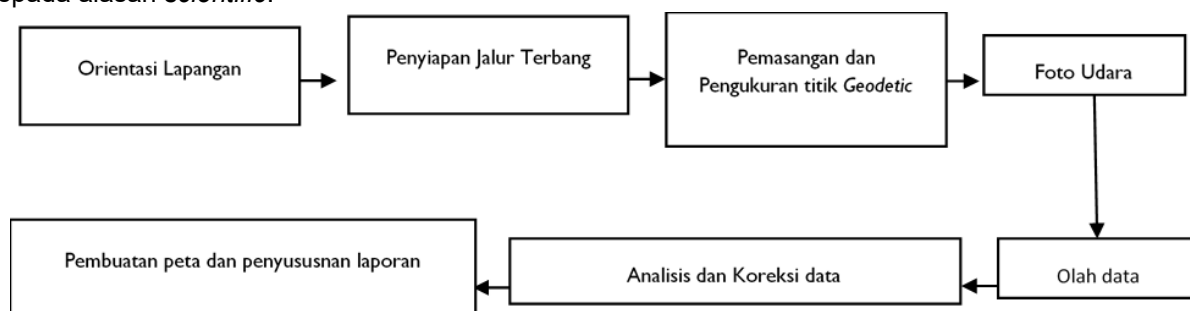


Gambar 5. Tampak Samping Rencana *Area of Interest* Pekerjaan Foto Udara

Tahap persiapan administrasi merupakan tahap untuk mempersiapkan segala sesuatu yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan yang meliputi: surat-surat, dan dokumen. Dalam hal ini termasuk laporan tertulis kepada pengawas lapangan tentang rencana kerja untuk penyusunan progress, penugasan personil dan peralatan yang akan digunakan, hal-hal lain yang menyangkut administrasi proyek seperti kelengkapan pembuatan dokumen kontrak, dan lain sebagainya (Widagdo dkk, 2024). Persiapan teknis meliputi hal-hal yang menyangkut persiapan teknis pelaksanaan dan operasionalnya. Survei pendahuluan adalah kegiatan untuk mengenal lapangan yang menyangkut: pengenalan medan secara umum (*orientasi lapangan*), meneliti titik kontrol pemetaan yang dapat digunakan sebagai referensi atau pilar geodetik, menentukan lokasi pemasangan titik-titik kontrol pemetaan, Menentukan batas batas areal pengukuran secara umum, dan penentuan dan pembuatan jalur terbang dari wahana perangkat pemetaan (Widagdo dkk, 2024).

Pengambilan foto udara dilakukan menggunakan perangkat *UAV VTOL Skywalker* dan *DJI Phantom 4 Pro*. Penggunaan dua perangkat digunakan untuk mendapatkan gambaran detil secara luas dan gambaran detil 3D objek jembatan jalur rel kereta api yang berpotensi terkena dampak Gerakan tanah (Fujianto dkk, 2025). Pengambilan data foto udara dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan *Double Grid* sehingga mendapatkan data detil hingga kesela vegetasi. Koreksi nilai absolut tinggi permukaan dilakukan untuk memperkecil distorsi nilai ketinggian disuatu tempat dengan menggunakan *GCP* atau *Ground Control Point* saat proses pengambilan foto udara berlangsung (Nugraha & Putrasakti, 2019). Pengambilan data nilai koreksi dilakukan menggunakan perangkat GPS Geodetik Trimbel R4 dengan memanfaatkan signal CORS BIG untuk mendapatkan nilai koordinat X, Y, dan nilai Z absolut (Khairuddin dkk, 2019). Orientasi lapangan merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum melakukan kegiatan pengukuran yang terdiri dari: pengenalan medan yang akan di ukur, persiapan alat dan personil pengukuran, dan perencanaan pengukuran.

Pembuatan jalur terbang drone secara otomatis (*Mission Planner*) dilakukan dengan menggunakan aplikasi *PIX4D Capture* untuk *UAV Quadcopter* (Hernina dkk, 2021). Jalur terbang yang digunakan berbentuk jaring atau *grid* (Hernina dkk, 2021). Sedangkan untuk jalur terbang perangkat *UAV VTOL* menggunakan aplikasi *Mission Planner*. *Ground Control Point* merupakan titik yang akan dilakukan pengukuran untuk mendapatkan koordinat X Y dan Z serta menjadi titik ikat yang akan terfoto dari udara sebagai penanda untuk selanjutnya masuk ketahap orthorektifikasi. *Ground Control Point* pada pekerjaan ini berupa tanda + berukuran (3x3 m) yang dibentuk persegi menggunakan kain penanda berwarna orange agar dapat dengan mudah tampak dari hasil pemotretan udara. Pengukuran titik GCP dilakukan menggunakan teknologi *GNSS merk Trimble R4* dengan metode *RTK NTRIP (coarse)* menggunakan server dari Badan Informasi Geospasial (Budi dkk, 2022). Foto udara merupakan tahapan pengambilan foto permukaan lokasi pekerjaan menggunakan *drone DJI Phantom 4 Advanced dan UAV VTOL Skywalker 013*. Pengambilan foto udara dilakukan untuk mendapatkan data awal ketinggian dan data permukaan untuk selanjutnya diolah menggunakan *software* pengolah data foto udara (Afani dkk, 2019). Proses pelaksanaan foto udara dilakukan dengan menggunakan jalur terbang yang sudah direncanakan sebelumnya. Proses olah data dilakukan di studio dengan menggunakan perangkat komputer yang sudah didesain mampu memenuhi kebutuhan pengolahan foto udara. Proses olah data dilakukan menggunakan tiga jenis *software* yaitu perpaduan antara *software Agisoft Metashape, ArcGIS, dan Global Mapper* (Pinatik & Papilaya, 2024). Proses olah data nantinya akan menghasilkan data awal berupa *orthophoto*. Analisis dan koreksi dilakukan untuk meminimalisir *error* pada hasil olah data. Melalui koreksi data didapatkan hasil yang relevan dari keadaan di lokasi pekerjaan. Koreksi data dilakukan terhadap data koordinat foto udara melalui titik *GCP*, ketinggian *surface* dan *ground point* pada lokasi pekerjaan (Widodo dkk, 2023). Pembuatan peta dan laporan merupakan tahap akhir pekerjaan dan menjadi bentuk pertanggungjawaban terhadap data, ketersediaannya, hasil data, hasil koreksi, dan *output* data yang dapat digunakan sebagaimana perjanjian dari pekerjaan ini. Melalui laporan kendala dan hal-hal yang dirubah dan ditambah dalam teknis pelaksanaan pekerjaan diinformasikan secara detil dan berdasar kepada alasan *scientific*.



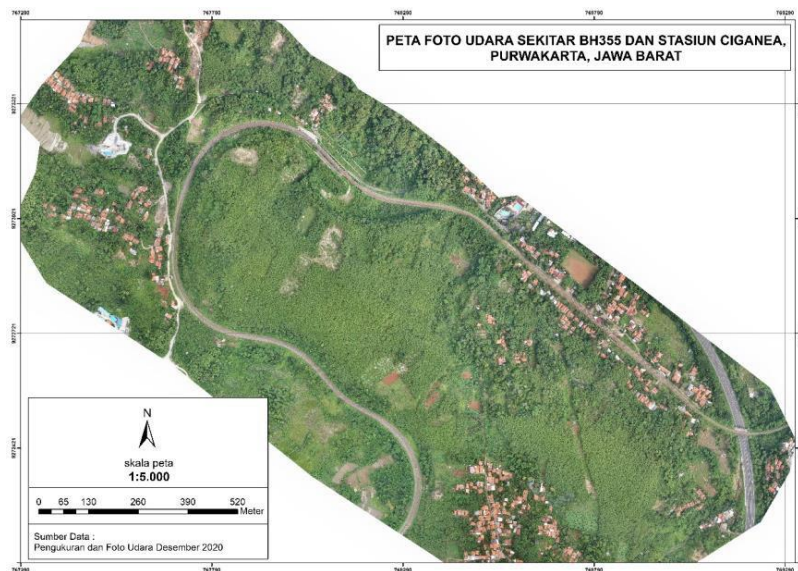
Gambar 6. Tahapan pelaksanaan pekerjaan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

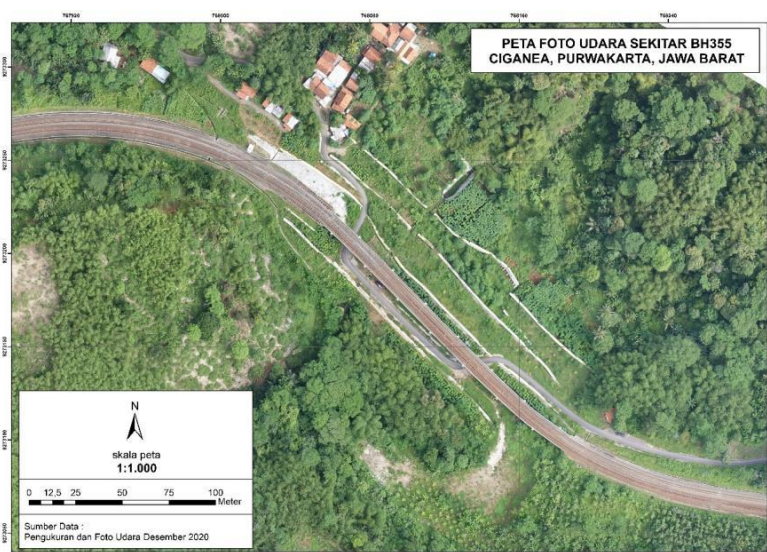
3.1 Foto Udara Sekitar BH 355 Ciganea

Foto udara merupakan sebuah media untuk memvisualisasikan permukaan bumi secara dua dimensi dengan resolusi detil. Foto udara digunakan sebagai media yang dapat merepresentasikan keadaan permukaan sesuai dengan waktu pengambilannya. Beberapa keunggulan penggunaan foto udara adalah dapat menjadi dasar pengamatan detil dalam peristiwa kebencanaan, pemantauan keadaan konstruksi, pengukuran objek-objek vital, pemantauan penggunaan lahan, serta pengamatan morfologi permukaan. Penerapan foto udara di kegiatan ini mencakup empat aspek yaitu foto udara menjadi dasar pengamatan kondisi permukaan, kondisi eksisting konstruksi bangunan, kebencanaan, dan morfologi permukaan.

Pengamatan kondisi permukaan dapat diketahui berdasarkan hasil pengambilan foto udara. Dalam pelaksanaannya terdapat dua hasil foto udara di lokasi BH 355 Ciganea. Foto udara pertama merupakan foto udara dengan cakupan yang luas dan menghasilkan visualisasi permukaan seluas 150 Ha. Melalui foto udara ini dapat tergambar keadaan permukaan secara luas di lokasi pekerjaan.



Gambar 7. Kondisi Permukaan Sekitar Lokasi BH 355 Ciganea Melalui Foto Udara
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)



Gambar 8. Kondisi Permukaan Sekitar Lokasi BH 355 Ciganea Melalui Foto Udara Detil
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Foto udara kedua merupakan foto udara yang diambil dengan metode pengambilan *oblique* dan bertujuan merekam kondisi detail disekitar bangunan BH 355 Ciganea. Melalui foto udara detail dapat dilihat keadaan bangunan jembatan BH 355 dan keadaan bangunan penahan gerakan tanah yang dibangun di bagian utara BH 355 Ciganea.

Selain menghasilkan visualisasi secara dua dimensi, data perekaman foto udara juga dapat digunakan sebagai dasar pembuatan model 3D. Pembuatan model 3D dilakukan dengan memanfaatkan data perekaman foto udara *oblique*. Perekaman foto udara oblique dilakukan dengan cara mengarahkan kamera dengan sudut 35° hingga 55° sebagai dasar untuk menghasilkan data *3D Model*, *DTM (Digital Terrain Model)*, dan dasar pembuatan garis kontur. Berikut ini adalah contoh gambar pengambilan foto udara secara *oblique* dan hasil 3D lokasi pekerjaan.



Gambar 9. Pengambilan Foto Udara Secara Oblique



Gambar 10. Hasil 3D Dari Pengolahan Data Foto Udara Oblique

Hasil foto udara dapat digunakan sebagai dasar pengamatan kondisi eksisting konstruksi bangunan penahan gerakan tanah yang berada di utara lokasi BH 355. Berikut ini adalah contoh kondisi eksisting konstruksi bangunan penahan gerakan tanah di lokasi BH 355 Ciganea.

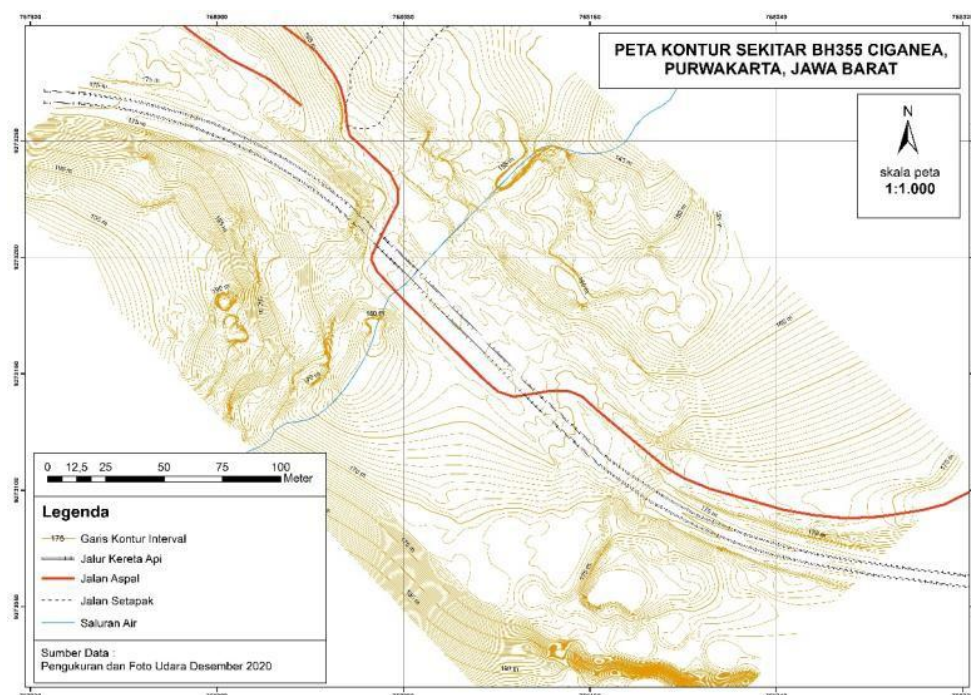


Gambar 11. Kondisi Eksisting Bangunan Penahan Gerakan Tanah

Kondisi eksisting konstruksi bangunan penahan gerakan tanah di lokasi BH 355 Ciganea mengalami pergeseran disalah satu titiknya. Melalui hasil foto udara, secara keseluruhan tidak ditemukan adanya bentuk longsor yang terjadi, namun pada bagian konstruksi terlihat pergeseran yang jelas. Pergeseran bangunan yang terjadi mengindikasikan bahwa telah terjadi *creep* atau gerakan masa tanah. Gerakan masa tanah mengakibatkan pergeseran konstruksi bangunan mencapai $\pm 9\text{m}$ dari kondisi awal yang direncanakan. Pergeseran salah satu titik konstruksi yang terjadi secara berkepanjangan akan berdampak pada nilai kekuatan konstruksi lain disekitarnya.

3.2 Kontur Interval

Garis kontur merupakan salah satu output yang dihasilkan pasca pengambilan foto udara *oblique*. Garis kontur didapatkan dari pengolahan lanjut foto udara dengan cara mendeteksi keberadaan *ground* dan ketinggiannya. Kondisi *ground* yang telah terdeteksi menghasilkan *DTM (Digital Terrain Model)* yang menjadi dasar dalam pembuatan garis kontur. Kontur yang dihasilkan dalam pekerjaan ini merupakan kontur detil dengan interval 0,5 m. Pembuatan garis kontur detil dimaksudkan untuk mengetahui kondisi topografi detil di lokasi BH 355 Ciganea dapat tergambar dengan jelas. Berikut ini adalah hasil garis kontur lokasi pekerjaan di sekitar bangunan BH 355 Ciganea.

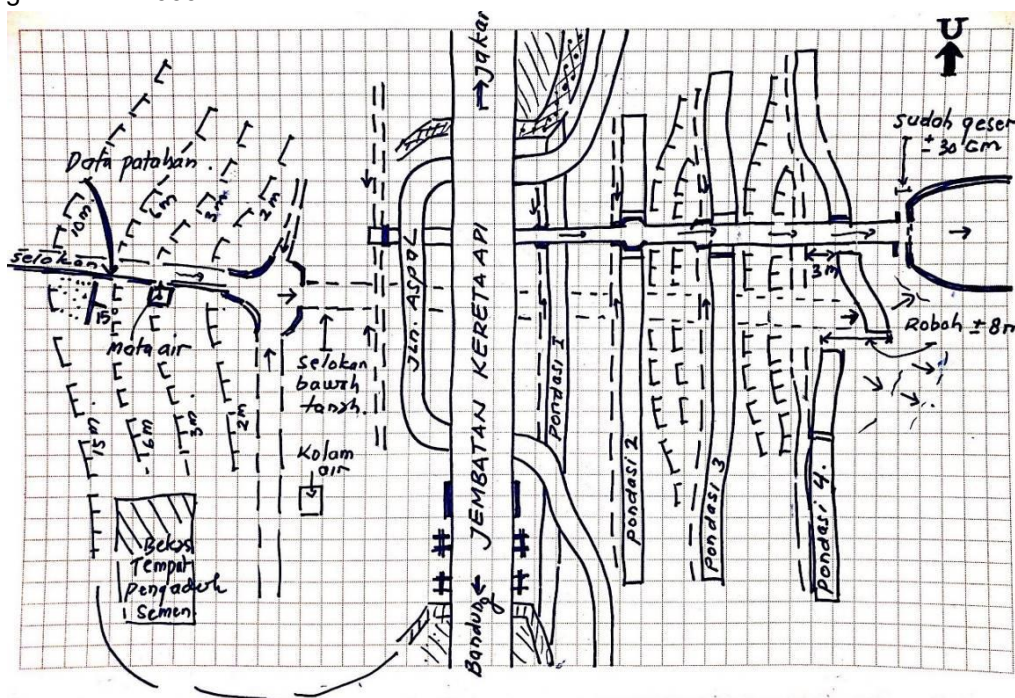


Gambar 12. Hasil Garis Kontur Sekitar Lokasi BH 355 Ciganea

3.3 Morfologi Lokasi Sekitar Bangunan BH 355 Ciganea

Kondisi morfologi area dapat menjadi parameter dalam melihat potensi bencana di suatu lokasi. Kondisi morfologi dapat dijadikan acuan karena dapat menggambarkan permukaan berdasarkan kondisi bentuk dan proses terciptanya untuk melihat kemungkinan kejadian yang dapat terjadi. Dalam kasus pekerjaan ini, kondisi morfologi diamati untuk menjelaskan hubungan kebencanaan yang terjadi di lokasi BH 355 Ciganea. Pengamatan kondisi morfologi didasarkan atas data *DTM (Digital Terrain Model)* dan garis kontur yang telah dihasilkan.

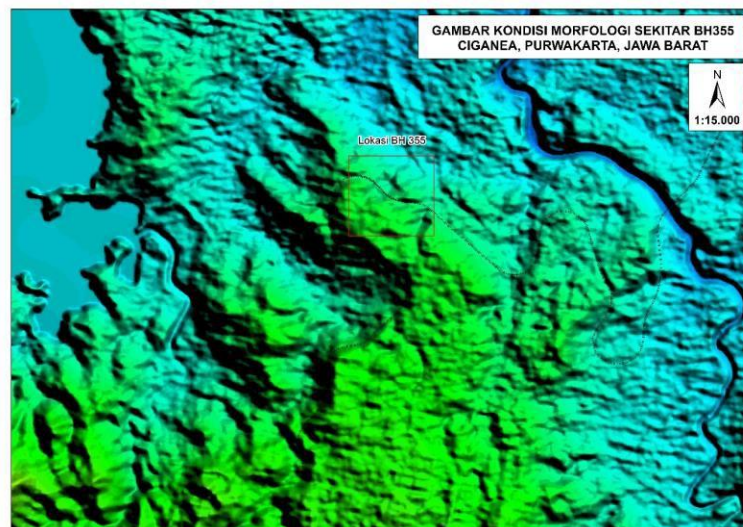
Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah (Hardiyatmo, 2002). Apabila komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran. Dengan kata lain, suatu lereng akan longsor apabila keseimbangan gaya yang bekerja terganggu yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan (Indrawahjuni & Herlien, 2011). Pengamatan kondisi morfologi dilakukan dengan pendekatan secara umum melalui peta geologi regional dan selanjutnya merujuk ke arah kondisi detil (lokal). Pengamatan morfologi secara universal dilakukan terhadap data *DTM* dengan menggambarkan kondisi bentuk lahan berdasarkan kelerengan dan asosiasi dengan bentuk lahan di sekitarnya. Pengamatan kondisi bentuk lahan akan menggambarkan proses terbentuknya suatu permukaan. Berikut ini adalah gambaran kondisi morfologi lokasi BH 355 secara umum.



Gambar 13. Sketsa Lapangan

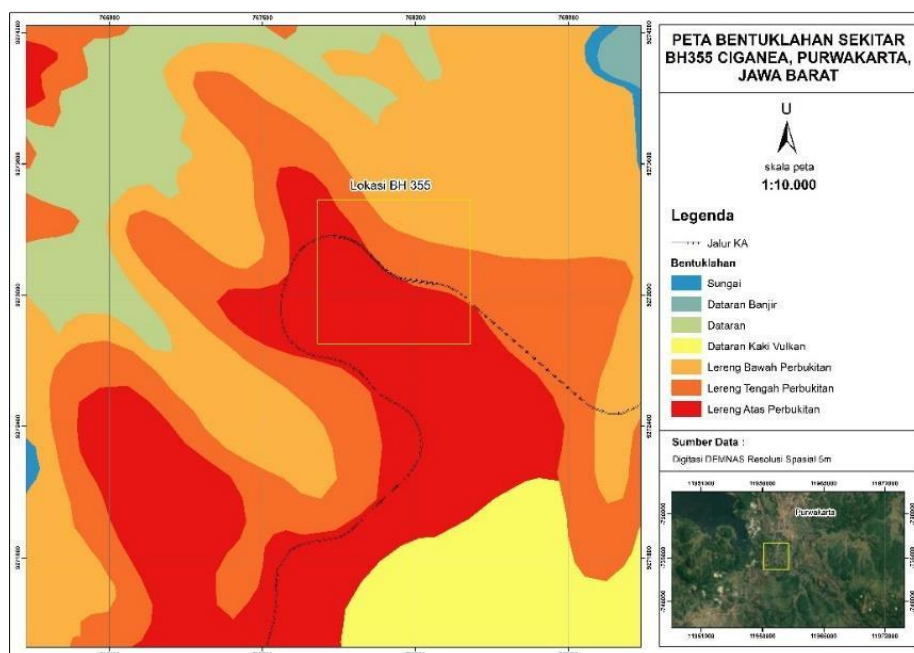
Kondisi morfologi sekitar bangunan BH 355 Ciganea menggambarkan bahwa lokasi BH 355 secara umum berada dalam satu sistem perbukitan yang terbentuk pada lereng kaki gunung api. Sistem perbukitan yang berada di lereng kaki gunung api merupakan area yang memiliki proses geomorfologi yang masih berkembang dan dalam keadaan dinamis.

Dalam kasus umum, kondisi sistem perbukitan di lereng kaki gunung api sangat mungkin mengalami penyesuaian keadaan lereng dengan tanda terjadinya longsor maupun gerakan masa tanah. Apabila dilihat secara lebih detil kondisi morfologi pada satu sistem perbukitan dapat terbagi ke dalam beberapa bentuk lahan.



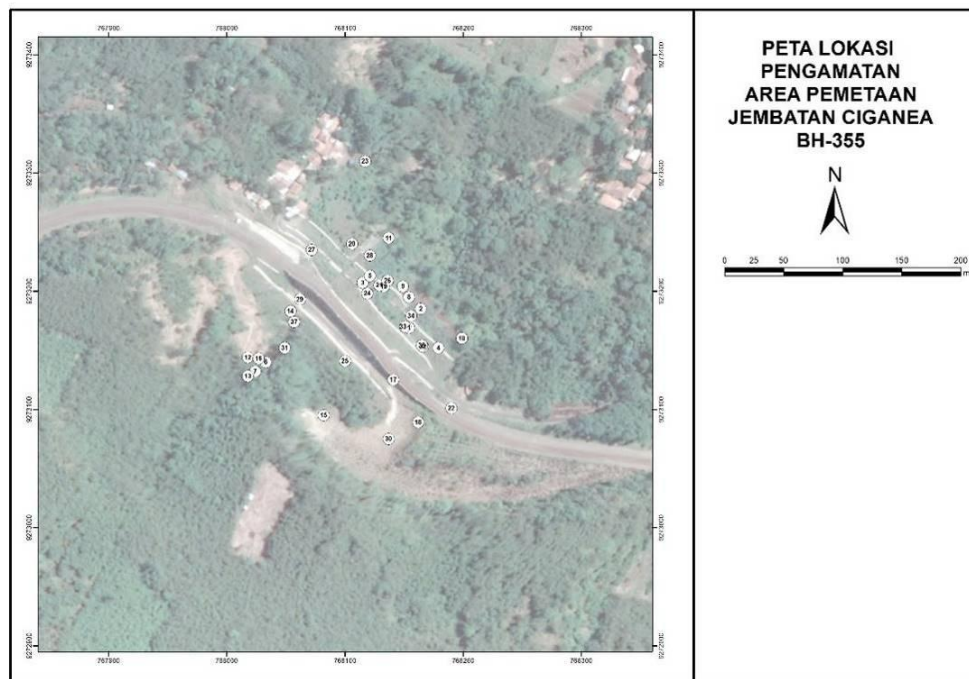
Gambar 14. Kondisi Morfologi Sekitar Lokasi BH 355 Ciganea

Bentuk lahan pada lokasi sekitar BH 355 Ciganea diklasifikasikan menjadi beberapa unit bentuk lahan, seperti dataran kaki vulkan, lereng atas perbukitan, lereng tengah perbukitan, lereng bawah perbukitan, dataran, dataran banjir, dan sungai. Setiap bentuk lahan memiliki karakteristik proses yang terjadi secara berbeda. Begitu pula dengan karakteristik lokasi yang berada diperbatasan bentuk lahan. Berikut ini adalah gambaran bentuk lahan di sekitar BH 355 Ciganea.



Gambar 15. Kondisi Bentuk lahan Sekitar Lokasi BH 355 Ciganea

Melalui gambar di atas dapat diketahui bahwa BH 355 berada di lokasi perbatasan antara bentuk lahan lereng atas dan lereng tengah perbukitan. Melalui peta yang merepresentasikan kerapatan kontur juga menggambarkan kondisi BH 355 yang berada diantara perbedaan kerapatan kontur dari yang tinggi menuju kerapatan kontur sedang. Hal ini berarti BH 355 secara detil berada dikondisi transisi bentuk lahan yang memiliki potensi gerakan permukaan lebih dinamis. Keadaan transisi bentuk lahan atau transisi kelerengan dikenal dengan kondisi *break of slope* (perubahan sudut kemiringan permukaan tanah secara drastis).



Gambar 16. Peta lokasi titik pengamatan dan analisa kualitatif geologi
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Tabel 1. Tabel Keterangan Lokasi Pengamatan

ID	X	Y	Z	KETERANGAN
1	768115	9273207	158	AMBLESAN TANAH
2	768179	9273152	159	AMBLESAN 1 SELATAN
3	768121	9273213	151	AMBLESAN UTARA
4	768033	9273140	174	BID SESAR ATAS
5	768024	9273132	173	BID SESAR PASIR
6	768154	9273195	151	BUKTI CRACK PONDASI
7	768149	9273204	152	BUKTI CRACK PONDASI 4
8	768199	9273160	155	BUKTI SUMUR YANG DITUTUP
9	768137	9273245	149	BENDUNGAN YANG BERGESER
10	768018	9273144	172	COLLAPSE PATAHAN ATAS
11	768018	9273128	170	COLLAPSE PATAHAN ATAS
12	768054	9273183	160	COLLAPSE TANAH
13	768082	9273095	171	COLLAPSE TEBING
14	768027	9273143	170	COLLAPSE TANAH ATAS
15	768141	9273125	166	CRACKING BANTALAN KERETA
16	768162	9273089	170	ENDAPAN SUNGAI CLGT
17	768133	9273204	155	PONDASI BERGERAK 4
18	768106	9273240	155	INKLINO 1 SELATAN
19	768129	9273205	157	INKLINO 2 TENGAH
20	768190	9273101	161	JEMBATAN BH55
21	768117	9273310	150	LITOLOGI PASIR 2
22	768119	9273198	155	LONGSORAN
23	768100	9273141	164	PENAMPUNGAN AIR
24	768136	9273209	153	PONDASI 4 CRACKING
25	768072	9273235	162	PONDASI UTARA BERGERAK
26	768121	9273230	155	PERGERAKAN 1 BLOCK
27	768062	9273193	159	PERGERAKAN IRIGASI
28	768137	9273075	173	PERLAPISAN PASIR UNCONSOLIDATED
29	768049	9273152	165	REMBESAN MATA AIR
30	768166	9273153	155	RETAKAN 1 SELATAN
31	768151	9273170	160	RETAKAN 1 UTARA
32	768156	9273179	156	RETAKAN 2 UTARA
33	768165	9273154	156	RETAKAN SELATAN
34	768726	9272831	151	ST CIGANEA
35	768057	9273174	162	TEROWONGAN AIR

Break of slope merupakan kondisi transisi dari posisi kelerengan yang curam menuju ke kondisi kelerengan yang lebih landai. Kondisi *break of slope* memiliki karakteristik pengaruh morfologi permukaan yang tinggi dan keberadaan air tanah yang kurang stabil. Keberadaan air tanah yang kurang stabil pada lokasi ini menyebabkan sering timbulnya mata air. Timbulnya mata air menjadi indikasi kondisi air tanah dangkal pada lokasi ini.

Keberadaan mata air dan air tanah dangkal akan berpengaruh terhadap tingkat kejenuhan tanah terhadap kandungan air. Dampak lebih lanjut dari kondisi ini adalah tanah akan kehilangan konsistensinya dan dapat berakibat kehilangan kekuatan dalam menahan masa yang melaluinya. Oleh karenanya akan sangat mudah terjadi pergerakan massa tanah (*creep*) atau gerakan masa tanah pada lokasi sekitar BH 355 Ciganea apabila dilihat dari kondisi geomorfologinya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan interpretasi topografi dan geomorfologi, dapat disimpulkan beberapa hal seperti: Kondisi morfologi di sekitar BH 355 Ciganea secara umum (*general*) merupakan sistem perbukitan di lereng kaki gunung api yang bersifat dinamis sehingga rawan terhadap perubahan bentuk permukaan. Kondisi morfologi BH 355 Ciganea secara detil berada pada posisi *break of slope* (perubahan sudut kemiringan permukaan tanah secara drastis) dengan keterdapatan mata air dan kemungkinan air tanah dangkal yang dapat berpengaruh terhadap konsistensi tanah dan dapat menyebabkan gerakan masa tanah (*creep*). Dalam kondisi khusus, bangunan penahan gerakan tanah di lokasi BH 355 diindikasikan memiliki material timbunan berupa tanah jenis lempung (*clay*) yang sangat rentan mengalami kembang kerut tanah (tanah vertisol/grumusol) oleh sebab kandungan air dan kondisi ini membuat tanah rentan mengalami gerakan masa tanah secara ekstrem. Fenomena tanah ambles disebabkan oleh tanah pendukung (timbunan) yang menjadi zona lemah karena adanya aliran air tanah yang terjebak di bawah permukaan dan menjadi jenuh (*sature*) sehingga mengakibatkan tanah pendukung menjadi zona lemah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT Kereta Api Indonesia (Persero) atas izin dan dukungan akses data lapangan yang diberikan selama kegiatan penelitian. Apresiasi tinggi juga disampaikan kepada tim Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta dan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas kerjasama dan kolaborasinya. Terima kasih kepada rekan sejawat yang telah memberikan masukan kritis demi kesempurnaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Afani, I. Y. N., Yuwono, B. D., & Bashit, N. (2019). Optimalisasi pembuatan peta kontur skala besar menggunakan kombinasi data pengukuran terestris dan foto udara format kecil. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 180-189.
- Budi, B. I., Rahesanita, D., Arifin, E. T. N., Jalaludin, A., Anjarwati, A., Nuramelya, P. J., & Ali, M. F. (2022). PERBANDINGAN VERTIKAL DIGITAL TERRAIN MODEL DENGAN PENGUKURAN GNSS METODE RTK-NTRIP (STUDI KASUS: WILAYAH KAMPUS UPI BUMI SILIWANGI). *Jurnal ENMAP (Environment and Mapping)*, 3(1), 19-27.
- Dewi, S. A., Sugianto, M., & Pramudito, D. A. (2024). URGENSI PENERAPAN JALUR KERETA API BAWAH TANAH UNTUK ASPEK KEAMANAN. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi" SainTek"* (Vol. 1, No. 1, pp. 725-730).
- Fujianto, R., Suhel, H. N., & Wibawanto, A. E. (2025). PERBANDINGAN PERFORMANSI PEMETAAN FOTO UDARA OLEH DUA UAV PADA KETINGGIAN TERBANG YANG BERBEDA. *INTEKNA Jurnal Informasi Teknik dan Niaga*, 25(1), 59-73.

- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hernina, R. E. V. I., Putra, T. A., & Wibowo, A. (2021). *Foto Udara Dijital*. Depok: Departemen Geografi FMIPA Universitas Indonesia.
- Indrawahjuni, Herlien. 2011. *Mekanika Tanah II*. Malang: Penerbit Bargie Media.
- Khairuddin, K., Yuwono, B. D., & Awaluddin, M. (2019). ANALISIS HASIL PENGOLAHAN TITIK PENGAMATAN CORS BIG MENGGUNAKAN ULTRA RAPID, RAPID DAN FINAL EPHEMERIS UNTUK PENGAMATAN DEFORMASI. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 190-199.
- Nugraha, R., & Putrasakti, S. (2019). Pengaruh Sebaran Data Ground Control Point (GCP) dalam Pengolahan Data Foto Udara pada Area In-Pit Mapping menggunakan Drone Quadcopter DJI Phantom 4 RTK Berbasis Base GPS Metode Real Time Kinematic (RTK). *PROSIDING TPT XXVIII PERHAPI*.
- Pinatik, N. Y., & Papilaya, F. S. (2024). Pengolahan foto udara UAV (unmanned aerial vehicle) menggunakan software agisoft metashape. *Jurnal Perangkat Lunak*, 6(1), 1-11.
- Rini, A. P., Shafira, D. A., Fakhirah, L. A., Putri, E. T., & Sadiawati, D. (2024). Optimalisasi Upaya Penyediaan Public Transport dalam Pembangunan Infrastruktur Guna Tercapainya Perekonomian Berkelanjutan. *In National Conference on Law Studies (NCOLS)* (Vol. 6, No. 1, pp. 230-243).
- Silfiah, R. I., & Kuswanto, H. (2018). Kebijakan Publik Tentang Sistem Keselamatan Dan Keamanan Perkeretaapian Di Indonesia. *Prosiding SNasPPM*, 3(1), 282-290.
- Widagdo, R. A., Widodo, D. W., Noorwahyu, A., & Aviantara, G. (2024). Pengenalan Teknologi Penerbangan Drone untuk Fotografi. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(01), 39-45.
- Widodo, S., Farida, A., Maysyurah, A., & Widiyanto, A. (2023). Pemanfaatan Teknologi Drone Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP) di Daerah Irigasi Waibu Distrik Salawati Tengah. *Musamus Journal of Civil Engineering*, 5(02), 36