

Analisis Kombinasi Metode Pengukuran Terrestrial Dan Fotogramteri Pada Penyusunan Master Plan Sekolah NU Kota Tarakan

Edy Utomo*¹, Wahyu Hidayat², Yudi Chandra³

¹Laboratorium Pemetaan dan Geografis Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan

^{2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan

e-mail: *edyutomo99@gmail.com

Received 09 August 2022; Reviewed 17 October 2022; Accepted 27 December 2022

Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2996>

Abstract

Survey and mapping work can basically be done by various methods. Like terrestrial, photogrammetric and extraterrestrial methods, which generally have the same goal of projecting the earth surface into a topographic map at a certain scale. In this study, an exploration was carried out regarding the collaboration between the terrestrial method and photogrammetry in the depiction of topographic maps, which would provide more representative results. The object of this research is the land belonging to the PCNU of Tarakan City, which will be built as a school, where this land has a fairly steep surface relief. This study also provides comparison results from the application of the two measurement methods, which are applied to extreme land. Based on the analysis carried out, several research results were obtained, namely: The average percentage of the X,Y and Z coordinate of the two methods was 12,71% where a significant difference occurred in the altitude or Z component, which was 38,12% while the coordinate component X and Y have a difference value of 0,00%. The shape of the depiction of the soil relief produces an image that is close to the real condition, this can be seen from the contour shape that follows the shape of the soil relief on the sand cliff and tends to be random. The method that is suitable for use in the case of the object of this research is the photogrammetric method, because the steep terrain and irregular soil relief make it difficult to apply the terrestrial method, besides that the terrestrial method with the application of sampling point coordinates is not accurate to produce relief of the ground surface conditions actually.

Keywords: Mapping, Photogrametric, Survey, Terrestrial, Topography

Abstrak

Pekerjaan survei dan pemetaan pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai metode. Seperti metode terrestrial, fotogrametri, dan ekstraterrestrial, yang pada umumnya memiliki tujuan yang sama yaitu memproyeksikan permukaan bumi ke dalam peta topografi pada skala tertentu. Pada penelitian ini dilakukan eksplorasi mengenai kolaborasi antara metode terrestrial dan fotogrametri dalam penggambaran peta topografi, yang akan memberikan hasil yang lebih representatif. Objek penelitian ini adalah tanah milik PCNU Kota Tarakan yang akan dibangun sebagai sekolah, dimana tanah ini memiliki relief permukaan yang cukup curam. Penelitian ini juga memberikan hasil perbandingan dari penerapan kedua metode pengukuran yang diterapkan pada lahan ekstrim. Berdasarkan analisis yang dilakukan, diperoleh beberapa hasil penelitian yaitu: Rata-rata presentase koordinat X, Y dan Z kedua metode adalah 12,71% dimana perbedaan yang signifikan terjadi pada ketinggian atau komponen Z, yaitu 38,12% sedangkan komponen koordinat X dan Y memiliki nilai selisih sebesar 0,00%. Bentuk penggambaran relief tanah menghasilkan citra yang mendekati keadaan sebenarnya, hal ini terlihat dari bentuk kontur yang mengikuti bentuk relief tanah pada tebing pasir dan cenderung acak. Metode yang cocok digunakan pada kasus objek penelitian ini adalah metode fotogrametri, karena medan yang curam dan relief tanah yang tidak beraturan menyulitkan penerapan metode terrestrial, selain itu metode terrestrial dengan penerapan koordinat titik sampling tidak akurat untuk menghasilkan relief kondisi permukaan tanah yang sebenarnya

Kata kunci: Fotogrametri, Pemetaan, Survei, Terrestrial, Topografi

1. Pendahuluan

Pekerjaan survey dan pemetaan pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai metode. Seperti metode terrestrial, fotogrametri dan ekstraterrestrial. Pada umumnya ketiga metode ini memiliki tujuan yang sama, yaitu memproyeksikan permukaan bumi menjadi sebuah peta topografi pada skala tertentu (Wahyono & Suyudi, 2017). Metode pengukuran terrestrial merupakan suatu strategi atau teknik perolehan data tentang obyek atau fenomena yang ada di muka bumi dengan cara melakukan kontak langsung atau mengukur secara langsung obyek tersebut, yang kemudian hasil pengukuran tersebut dapat diproyeksikan sebagai peta topografi (Hartadi & Alfiani, 2017). Sedangkan fotogrametri merupakan ilmu, teknologi, dan rekayasa yang bersumber dari cara pengolahan data hasil rekaman dan informasi, baik dari citra fotografik maupun non-fotografik, untuk tujuan pemetaan rupa bumi serta pembentukan basis data untuk keperluan rekayasa tertentu (Wahyono & Suyudi, 2017). Keperluan untuk kebutuhan nilai elevasi dalam penyusunan peta topografi juga dapat diperoleh dengan menggunakan data foto udara yang dihasilkan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Data foto udara akan menghasilkan suatu data DSM yang kemudian dilakukan filterisasi untuk membentuk suatu data baru yaitu data DTM. Selanjutnya data DTM inilah yang digunakan untuk ekstraksi garis-garis kontur (Nur Afani, Yuwono, & Bashit, 2019). Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa metode pengukuran terrestrial dan fotogrametri memiliki langkah dan sifat yang berbeda, namun memiliki output hasil yang sama, yaitu penggambaran relief permukaan bumi yang disebut peta topografi.

Peta topografi merupakan peta dengan informasi terkait ketinggian permukaan tanah pada suatu tempat terhadap permukaan laut maupun titik acuan elevasi, yang digambarkan dengan representasi garis kontur. Informasi topografi pada peta topografi dapat digunakan untuk memodelkan bentuk 3 dimensi dari permukaan tanah pada peta tersebut, dengan model 3 dimensi maka objek pada peta dilihat lebih hidup seperti pada keadaan sesungguhnya, sehingga dapat memudahkan dalam proses analisa (Rostianingsih, Gunadi, & Handoyo, 2004). Garis kontur merupakan suatu garis imajiner di lapangan yang menghubungkan permukaan tanah yang memiliki ketinggian sama. Pengaplikasian garis kontur adalah untuk mendapatkan informasi tentang rata-rata kemiringan tanah, potongan profil permukaan memanjang atau melintang tanah, serta dapat membantu dalam estimasi volume pekerjaan timbunan dan penggalian permukaan tanah eksisting terhadap garis rencana elevasi maupun elevasi dasar bangunan. Garis kontur dapat dibuat dengan ekstraksi proyeksi garis vertikal yang memotong garis horizontal dengan permukaan tanah pada bidang peta (Senduk, 2021). Secara umum pembentukan Peta Topografi dengan representasi garis-garis imajiner kontur juga dapat dibentuk melalui hasil pengolahan foto udara, dengan menerapkan metode fotogrametri dalam proses pengumpulan data koordinat.

Menurut (Prayogo, Manoppo, & Lefrandt, 2020), Fotogrametri atau *areal surveying* merupakan teknik pemetaan melalui foto udara. Hasil pemetaan secara fotogrametrik berupa peta foto dan tidak dapat langsung dijadikan dasar atau lampiran penerbitan peta. Fotogrametri merupakan bentuk seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh suatu informasi tentang suatu obyek serta keadaan di sekitarnya melalui suatu proses pencatatan, pengukuran dan interpretasi bayangan hasil pemotretan. Pada metode terrestrial, gambaran garis kontur dapat dibuat langsung berdasarkan interpolasi nilai elevasi dari setiap sebaran titik koordinat. Namun, dalam penerapan fotogrametri pembentukan garis kontur dapat dilakukan dengan memanfaatkan hasil pembacaan dari ekstraksi data elevasi dalam cakupan luas, yaitu data DEM (*Digital Elevation Model*).

Menurut (Fariz & Rokhayati, 2017) DEM merupakan suatu model digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi dalam bentuk 3 dimensi. Data elevasi tersebut digunakan pada banyak aplikasi, misalnya: Pemetaan luas genangan banjir, Perencanaan wilayah, Perencanaan jaringan jalan, Jaringan irigasi, Pembuatan peta jaringan sungai, dan lain-lain. DEM selanjutnya dapat diintegrasikan dengan data Geospasial lainnya pada Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk berbagai keperluan (Indarto & Prasetyo, 2014). Pada prinsipnya, DEM merupakan suatu model

digital yang merepresentasikan bentuk permukaan bumi dalam bentuk 3 dimensi. Selain itu, DEM juga merupakan suatu basis data yang menampung titik-titik ketinggian dari suatu permukaan. DEM sendiri terbagi menjadi dalam 2 bentuk, yaitu DSM (*Digital Surface Model*) yang memuat informasi ketinggian semua fitur di permukaan bumi, meliputi: vegetasi, Gedung dan fitur lainnya. Selanjutnya adalah DTM (*Digital Terrain Model*) yang hanya memuat informasi ketinggian permukaan tanah tanpa adanya pengaruh vegetasi atau fitur buatan manusia lainnya, (Jensen, 2007). Menurut (Bossler, Jensen, McMaster, & Rizos, 2002) terdapat 4 macam kategori teknologi yang digunakan untuk memperoleh informasi ketinggian, yaitu meliputi: Pengukuran langsung di lapangan, Fotogrametri, IF-SAR, dan LIDAR.

Adanya hal menarik dari penerapan metode pengukuran terrestrial dengan fotogrametri tersebut, mendorong peneliti untuk membandingkan hasil pembacaan koordinat dari penerapan kedua metode tersebut, seperti yang dilakukan oleh (Sutjipto, Purwiyono, & Azizi, 2017), yang mencoba untuk menemukan perbedaan hasil pengukuran kedua metode tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa terjadi perbedaan sebesar 24,6% dengan anggapan bahwa metode terrestrial merupakan hasil pengukuran sesungguhnya, maka dinyatakan bahwa pengukuran dengan metode fotogrametri cukup akurat. Selain itu, (Rachmanto & Ihsan, 2020) juga melakukan pemanfaatan metode fotogrametri untuk penyusunan peta skala 1:1000, dimana pada penelitian tersebut dilakukan pengujian ketelitian posisi yang mengacu pada perbedaan nilai koordinat X,Y antara titik uji pada gambar atau citra tegak dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah, dari penelitian tersebut didapatkan angka ketelitiannya adalah sebesar 28,8%, dan disimpulkan bahwa pemanfaatan metode fotogrametri dapat dilakukan, namun memiliki keterbatasan. Selain penelitian terkait studi akurasi dan perbandingan, terdapat juga penelitian yang mencoba untuk mengkombinasikan kedua metode tersebut. Seperti yang dilakukan oleh (Budisusanto, Khomsin, & Cahyadi, 2016), menerapkan metode terrestrial untuk memberikan gambaran potongan memanjang dan melintang sepanjang jalur rencana pipa gas, sedangkan metode fotogrametri jarak dekat digunakan untuk memberikan gambaran tampak udara mengenai lokasi perencanaan jaringan pipa gas serta perkiraan sebaran pelayanannya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini mencoba untuk membuktikan hipotesa, dimana hasil pengukuran dari kedua metode tersebut jika dikolaborasikan, maka akan menghasilkan bentuk pemetaan topografi yang lebih representatif, selain meningkatkan akurasi pengukuran, juga dapat dilakukan pada daerah-daerah yang sulit untuk dijangkau. Objek lahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lahan milik Pengurus Cabang Nahdlatul Ulama (PCNU) Kota Tarakan, yang mana lahan ini akan difungsikan sebagai kompleks sekolah NU. Saat ini PCNU Kota Tarakan berupaya untuk menyusun masterplan dari pembangunan kompleks sekolah NU tersebut, sehingga memerlukan penggambaran relief permukaan lahan yang sangat baik, mengingat kondisi lahan yang curam (daerah bukit pasir). Penelitian ini diharapkan dapat mencapai beberapa tujuan antara lain: Memberikan informasi terkait persentase perbedaan nilai koordinat letak GCP yang dihasilkan dari penerapan kedua metode pengukuran, Memberikan informasi bentuk relief permukaan lahan yang didapatkan dari penerapan kombinasi kedua metode pengukuran, dan Memberikan informasi terkait metode manakah yang tepat untuk digunakan dalam kegiatan pengolahan lahan sekolah NU Kota Tarakan.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada lahan sekolah NU Kota Tarakan, yang beralamat di Jalan Matahari, Kampung bugis, Kecamatan Tarakan Barat. Waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan. Pengkombinasian metode pengukuran terrestrial dan fotogrametri ini menuntut pengumpulan data primer yang merupakan nilai koordinat X, Y dan Z. Adapun urutan dalam penerapan kombinasi kedua metode pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran koordinat menggunakan metode fotogrametri. Adapun beberapa hal yang dilakukan adalah sebagai berikut :
 - a. Pembuatan panel GCP. Panel GCP dibuat pada ukuran 1,50 x 1,50 Meter, dengan kombinasi warna cerah (Merah dan Kuning). Hal ini dilakukan agar lokasi GCP mudah untuk terdeteksi saat pengambilan foto udara dan pengolahan data foto udara.
 - b. Pengukuran koordinat GCP sebagai acuan titik referensi koordinat. Hal ini dilakukan dengan bantuan GPS (*Global Positioning System*), menggunakan GARMIN GPSmap 78s. Adapun sistem koordinat yang digunakan adalah UTM (*Universal Transverse Mecerator*) pada zona 50N.
 - c. Pengambilan foto udara. Proses pengambilan foto udara ini dilakukan dengan menggunakan Drone DJI Mavic Air 2, pada ketinggian jelajah ± 30 Meter dari posisi *take off* Drone. Drone diterbangkan secara otomatis dengan bantuan *waypoint system* pada program *litchi*, dengan pengambilan rentang foto otomatis adalah setiap 2 detik.
 - d. Pengolahan data foto udara. Proses pengolahan foto udara dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Agisoft Metashape Profesional*, dengan urutan pengolahan adalah sebagai berikut :
 - Melakukan *Align Photos* Tahap 1. Pada tahap ini seluruh foto udara yang memiliki pembacaan koordinat disatukan secara otomatis, dengan menggunakan sistem koordinat WGS1984/UTM Zone 50 N (EPSG: 23850). Pada tahap 1 ini koordinat referensi GCP tidak ikut di-*running* secara bersamaan, karena nilai elevasi yang dihasilkan dari GPS dianggap tidak akurat.
 - Melakukan *Build Dense Clouds* Tahap 1. Pada tahap ini foto udara dirubah menjadi kumpulan titik tinggi dengan jumlah yang sangat banyak. Titik-titik inilah yang kemudian menjadi representasi koordinat detail dari setiap foto yang diambil.
 - Melakukan inventarisir data elevasi yang dihasilkan dari proses *Build Dense Clouds*. Pada posisi-posisi GCP yang tampak yang kemudian nilai elevasi didata, lalu dijadikan acuan nilai elevasi pada setiap GCP.
 - Melakukan input data koordinat GCP. Adapun data koordinat X, dan Y yang digunakan adalah hasil pembacaan GPS, sedangkan nilai elevasi adalah berdasarkan inventarisir data GCP yang didapatkan dari proses *Build Dense Clouds*.
 - Melakukan *marking* atau *Georeferncing* berdasarkan koordinat GCP yang telah diinputkan pada program.
 - Melakukan *Align Photos* Tahap 2. Pada tahap ini seluruh foto di-*running* ulang bersamaan dengan titik koordinat GCP yang telah diinputkan.
 - Melakukan *Build Dense Clouds* Tahap 2. Pada tahap ini pemecahan foto udara menjadi titik-titik koordinat telah berdasarkan referensi letak GCP.
 - Melakukan *Clustering* terhadap setiap titik *Dense Clouds*, hal ini dilakukan untuk membedakan elevasi tanah (*Ground*) dengan elevasi vegetasi, pohon dan bangunan. Titik *Dense Clouds* yang akan dijadikan acuan dalam pengolahan langkah selanjutnya adalah *Dense Clouds Ground Cluster*.
 - Melakukan *Build Mesh*. Pada proses ini dilakukan pembentukan permukaan *dense clouds* secara 3 dimensi, agar dapat menunjukkan pendekatan hasil bentuk yang menyerupai kondisi sebenarnya.
 - Melakukan penyusunan *Tiled Model*, berdasarkan basis data *Dense Clouds Ground Cluster*.
 - Melakukan *Build DTM (Digital Terrain Model)* berdasarkan data DEM (*Digital Elevation Model*) yang dibangun melalui data *Dense Clouds Ground Cluster*.
 - Melakukan *Build Orthomosaic*. Pada tahap ini akan menghasilkan penyatuan foto udara yang memiliki referensi koordinat yang sesuai dengan referensi yang diberikan, dengan tampilan kondisi lahan.
 - Melakukan inventarisir data koordinat X, Y dan Z pada setiap posisi GCP. Pada tahap ini salah satu GCP, nilai koordinatnya akan dijadikan acuan dasar dalam melakukan pengukuran terrestrial.

2. Pengukuran koordinat menggunakan metode terestrial. Adapun beberapa hal penting yang dilakukan adalah sebagai berikut :
 - a. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat total station Topcon.
 - b. Acuan koordinat dasar yang digunakan sebagai data inputan alat Total Station adalah salah satu nilai koordinat GCP hasil pengolahan data metode fotogrametri.
 - c. Pengukuran dilakukan pada setiap posisi GCP, untuk mengetahui selisih nilai koordinat yang dihasilkan.
 - d. Melakukan inventarisir data koordinat hasil pembacaan alat Total Station pada setiap posisi GCP.

Setelah proses pengambilan data koordinat yang dijabarkan tersebut dilakukan, maka proses selanjutnya adalah melakukan analisis dari data koordinat GCP yang dihasilkan, untuk mengetahui berapa persen perbedaan nilai koordinat X, Y dan Z yang dihasilkan dari kedua metode tersebut. Selanjutnya dilakukan adalah membuat representasi peta topografi dari hasil pengukuran kombinasi kedua metode tersebut, dan terakhir adalah melakukan perhitungan volume *Cut and Fill* yang dibutuhkan.

Metode perhitungan volume galian dan timbunan yang digunakan adalah Metode Penampang Melintang (*Cross Section Method*). Penampang melintang adalah gambar irisan arah tegak lurus potongan memanjang. Penampang melintang umumnya diukur selebar rencana melintang bangunan ditambah daerah penguasaan bangunan atau hingga sejauh jarak tertentu. Adapun dalam metode ini perhitungan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu: Metode Potongan Melintang Rata-rata, dan Metode Jarak Rata-rata. (Purwati, 2020). Pada metode potongan melintang rata-rata, volume terbagi menjadi beberapa seri dari padatan area dengan potongan melintang. Jarak dari bagian tergantung pada karakter umum dari tanah dan akurasi yang diinginkan. Bagian tambahan juga dapat diambil pada titik-titik perubahan kemiringan di sepanjang garis tengah. Metode potongan melintang rata-rata ini merupakan metode estimasi yang paling umum di gunakan untuk menghitung volume tanah, (Purwati, 2020). Menurut (Rosida, Kahar, & Awaluddin, 2013) metode ini biasanya dilakukan dengan metode *one level section* atau *two level section*, yang terkadang tidak sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Namun dalam penelitiannya didapatkan nilai perbandingan yaitu 99,79% teliti dan dapat dipergunakan.

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini, perhitungan volume timbunan dan galian diterapkan dengan Metode Potongan Melintang rata-rata. Potongan dibuat pada arah x dan y, pada setiap hasil penggambaran peta topografi baik dari sumber pengukuran terestrial maupun berasal dari sumber metode fotogrametri, yang selanjutnya hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan dan dianalisis letak perbedaannya.

Adapun peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain Drone kapsistas rendah DJI Mavic Air 2, sebanyak 1 unit, Print Out Panel GCP, sebanyak 6 panel ukuran 1,50 x 1,50 meter, Hand GPS Merk Garmin 78S, Total Station Merk Topcon, lengkap dengan prisma dan stick, Lembar catatan hasil pengukuran di lapangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perbedaan Nilai Koordinat GCP Metode Fotogrametri Metode Terestrial, dan GCP Referensi

Berikut ini disajikan hasil koordinat setiap letak GCP yang ditentukan berdasarkan data *hand* GPS Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil nilai koordinat posisi GCP berdasarkan data *hand* GPS dan Referensi *Dense Clouds* Tahap 1

No. GCP	Easting (X)	Northing (Y)	Elevation (Z)
9	565498,000000	367758,000000	-12,690
12	565457,000000	367702,000000	1,669
10	565464,000000	367775,000000	-10,869
7	565542,000000	367724,000000	-15,385
8	565543,000000	367706,000000	-25,979
11	565569,000000	367694,000000	-28,668

Sedangkan nilai koordinat posisi GCP berdasarkan data hasil pengolahan foto udara (Metode Fotogrametri) dapat dilihat pada tabel 2,

Tabel 2. Hasil nilai koordinat posisi GCP berdasarkan data hasil pengolahan foto udara

No. GCP	Easting (X)	Northing (Y)	Elevation (Z)
9	565497,474416	367758,689595	-12,442
12	565456,814936	367701,950578	1,339
10	565464,377763	367774,844305	-10,706
7	565541,245779	367723,034963	-25,462
8	565544,488339	367705,726559	-26,147
11	565568,510668	367694,602072	-28,652

Berdasarkan nilai-nilai yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, maka dapat ditentukan nilai persentase perubahan dari nilai koordinat referensi GCP dengan nilai koordinat hasil pengolahan foto udara, yaitu untuk kordinat posisi X (*Easting*) sebesar 0,00 %, koordinat posisi Y (*Northing*) sebesar 0,00%, dengan nilai elevasi memiliki perbedaan sebesar 4,55%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai koordinat referensi GCP teranalisis dengan baik atau foto udara yang dipadukan dengan nilai koordinat referensi dapat disesuaikan.

Selanjutnya, berikut ini disajikan nilai koordinat posisi GCP berdasarkan data hasil pengukuran metode terestrial, dengan dasar acuan koordinat menggunakan nilai koordinat GCP 9, yang merupakan hasil dari pengolahan foto udara.

Tabel 3. Hasil nilai koordinat posisi GCP berdasarkan data hasil pengukuran metode terestrial

No. GCP	Easting (X)	Northing (Y)	Elevation (Z)
9	565497,474000	367758,689000	-12,442
12	565455,938000	367701,839000	4,174
10	565466,453000	367774,658000	-10,363
7	565539,210000	367720,985000	-27,257
8	565543,199000	367704,061000	-27,656
11	565566,910000	367692,655000	-30,779

Untuk mengetahui perbandingan nilai koordinat dari hasil pengukuran terestrial dengan pengukuran metode fotogrametri, dapat dilihat pada analisis data yang ditunjukkan pada tabel 4, 5, dan 6 berikut ini,

Tabel 4. Hasil analisis perbandingan nilai koordinat X (*Easting*) dari metode pengukuran terestrial dan metode fotogrametri.

No. GCP	Error (Meter)	Error (%)	Rerata (%)	Pembulatan (%)
7	-2,035779	-0,000360		
8	-1,289339	-0,000228		
9	-0,000416	0,000000		
10	2,075237	0,000367	-0,000110	0,00
11	-1,600668	-0,000283		
12	-0,876936	-0,000155		

Tabel 5. Hasil analisis perbandingan nilai koordinat Y (*Northing*) dari metode pengukuran terestrial dan metode fotogrametri.

No. GCP	Error (Meter)	Error (%)	Rerata (%)	Pembulatan (%)
7	-2,049963	-0,000557		
8	-1,665559	-0,000453		
9	-0,000595	0,000000		
10	-0,186305	-0,000051	-0,000270	0,00
11	-1,947072	-0,000530		
12	-0,111578	-0,000030		

Tabel 6. Hasil analisis perbandingan nilai koordinat Z (*Elevation*) dari metode pengukuran terestrial dan metode fotogrametri.

No. GCP	Error (Meter)	Error (%)	Rerata (%)	Pembulatan (%)
7	-1,795000	7,049721		
8	-1,509000	5,771217		
9	0,000000	0,000000	38,127643	38,13
10	0,343000	-3,203811		
11	-2,127000	7,423566		
12	2,835000	211,725168		

Berdasarkan nilai-nilai hasil analisis yang ditunjukkan pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6. Menunjukkan bahwa persentase perbedaan antara hasil pengukuran dengan metode fotogrametri dan metode terestrial yang dilakukan pada posisi letak GCP untuk posisi koordinat X (*Easting*) dan Y (*Northing*) sama-sama memberikan nilai perbandingan 0,00 %. Hal ini menunjukkan tingkat akurasi pengukuran koordinat X dan Y dari kedua metode sangat baik, karena memberikan nilai yang mendekati sama.

Berbeda dengan nilai koordinat Z atau elevasi yang dihasilkan. Perbandingan nilai elevasi dari kedua metode rata-rata sebesar 38,13%. Dimana sumbangsih selisih terbesar adalah pada nilai elevasi GCP 12, disusul pada nilai elevasi GCP 11. Nilai elevasi dari pengukuran metode terestrial cenderung terganggu walaupun menggunakan input dasar koordinat yang nilainya sama berasal dari GCP 9. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh beberapa hal, seperti jarak GCP 9 dan GCP 12 terlalu jauh dengan beda tinggi yang cukup besar, begitu juga dengan jarak dan beda tinggi antara

GCP 9 dengan GCP 11 atau kondisi peralatan pengukuran yang kurang memadai. Letak posisi GCP dapat dilihat pada Gambar 1.

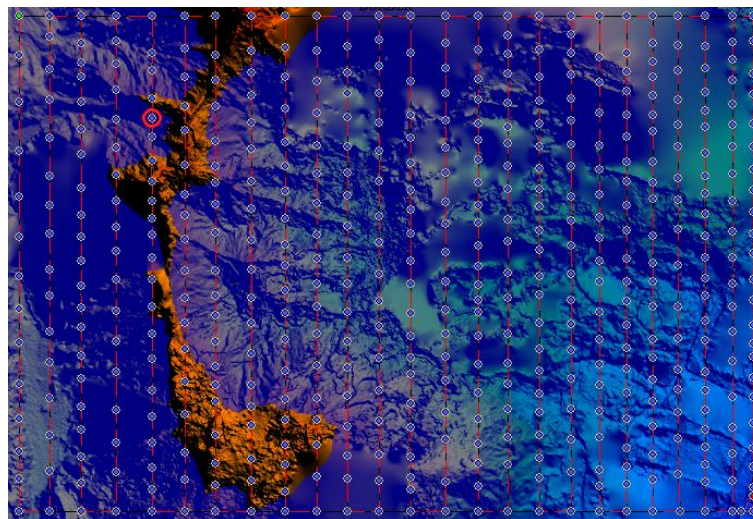


Gambar 1. Letak posisi GCP pada lokasi penelitian

Oleh sebab itu, acuan data koordinat X, Y dan Z yang digunakan untuk representasi peta topografi selanjutnya adalah dengan memanfaatkan hasil pengukuran yang dilakukan dengan metode fotogrametri.

3.2. Representasi Bentuk Relief Permukaan Lahan

Relief permukaan tanah digambarkan dalam bentuk suatu peta topografi yang dilengkapi dengan representasi garis-garis kontur tanah, yang menunjukkan perbedaan tinggi dan bentuk alur tanah tersebut. Kondisi lahan yang berbukit dan mudah mengalami longsoran mengakibatkan pengambilan data kontur dengan metode pengukuran terrestrial tidak dilakukan. Namun, digantikan dengan mengolah data DTM hasil pengolahan foto udara menjadi titik-titik referensi yang dapat mensimulasikan konsep pengambilan data secara langsung.



Gambar 2. Simulasi titik-titik koordinat detail

Hasil bentuk peta DTM dibuatkan titik-titik yang menggambarkan posisi-posisi pengambilan koordinat detail dengan bantuan perangkat lunak *Global Mapper*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan titik-titik tersebut, maka akan diketahui nilai koordinat X, Y dan Z, yang selanjutnya nilai-nilai tersebut akan diolah pada perangkat lunak *Autodesk Land Dekstop* menjadi representasi peta kontur lahan. Pemilihan perangkat lunak *Autodesk Land Dekstop* ini dikarenakan program ini banyak digunakan dalam pekerjaan-pekerjaan teknik sipil untuk mendapatkan perkiraan nilai volume pematangan lahan.

Pada Gambar 2 ditunjukkan titik-titik simulasi penentuan nilai koordinat untuk menggambar relief permukaan lahan. Jumlah titik yang dibuat adalah sebanyak 501 titik. Adapun bentuk peta kontur yang dihasilkan dari simulasi ini ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Bentuk Kontur lahan hasil simulasi pengukuran metode terestrial

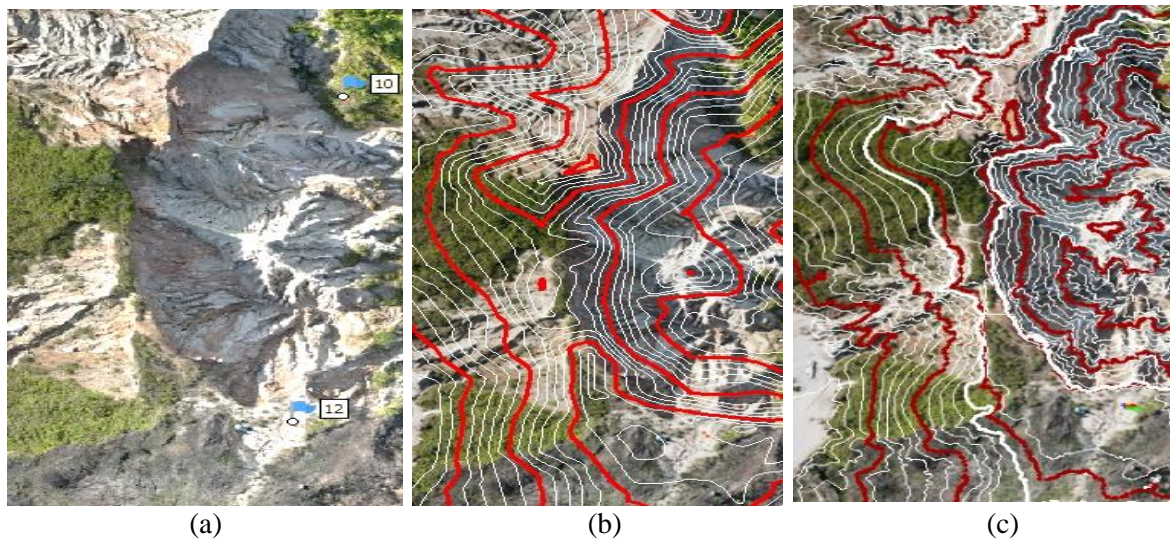
Sedangkan bentuk penggambaran kontur lahan langsung berdasarkan data DTM yang didapatkan dari pengolahan foto udara ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Bentuk kontur lahan berdasarkan data DTM hasil pengolahan foto udara.

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 dapat dilihat perbedaan yang sangat signifikan tergambar dari penggambaran relief permukaan tanah berdasarkan metode pengukuran terestrial dan metode

pengukuran fotogrametri. Dimana bentuk garis kontur dari metode pengukuran terestrial lebih teratur dan rapi, hal ini dikarenakan basis data koordinat yang diambil merupakan sampel-sampel titik pada jarak tertentu. Sedangkan bentuk garis kontur yang dihasilkan dari metode pengukuran fotogrametri cenderung acak, walaupun telah melalui proses *clustering* atau hanya data *dense clouds* pada tanah yang terdeteksi sebagai elevasi. Namun demikian hasil ini lebih mendekati pada kondisi relief permukaan tanah yang sebenarnya. Perbandingan ini dapat dilihat lebih jelas pada bagian lahan yang merupakan longsoran bukit pasir, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 berikut ini.



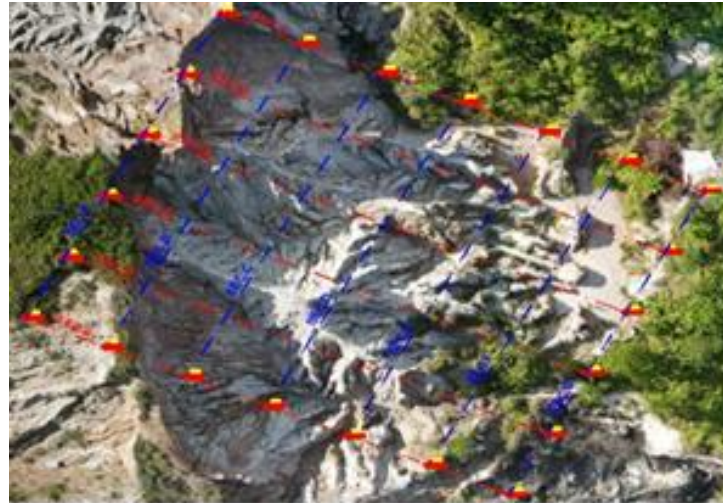
Gambar 5. (a) Relief permukaan tanah asli berdasarkan Orthophoto, (b) Kontur berdasarkan simulasi terestrial, (c) Kontur berdasarkan data DTM hasil pengukuran fotogrametri.

Berdasarkan perbandingan dari ketiga gambar yang disajikan pada Gambar 5, menunjukkan bahwa representasi garis kontur hasil pengukuran fotogrametri lebih mendekati kondisi bentuk lahan sesungguhnya, dibandingkan hasil garis kontur yang dibuat berdasarkan simulasi pengukuran terestrial. Hal ini juga akan mengakibatkan perbedaan hasil potongan lahan yang kemudian akan berpengaruh pada nilai volume pekerjaan pematangan lahan.

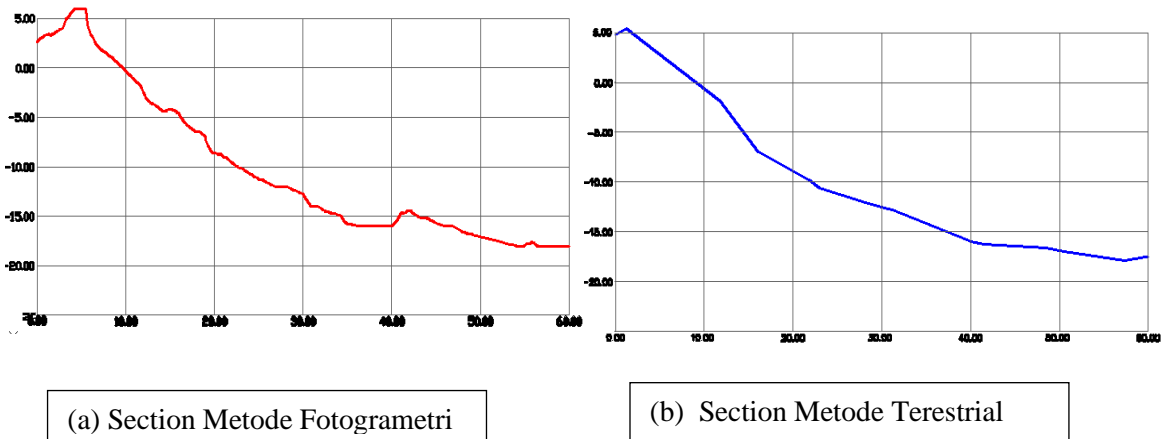
3.3. Pemilihan Metode Pengukuran Untuk Kegiatan Pematangan Lahan Sekolah NU Kota Tarakan

Agar dapat memberikan hasil pemilihan metode yang lebih baik, maka penelitian dilanjutkan pada tahap analisa perbandingan bentuk profil potongan lahan, yang dihasilkan dari setiap penggambaran bentuk kontur pada penerapan setiap metode pengukuran. Dimana posisi garis potongan diletakkan pada koordinat yang sama. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut ini.

Pada Gambar 6, ditunjukkan bentuk skema section yang akan diterapkan untuk mengukur perbandingan luas daerah setiap section. Daerah yang akan dianalisis adalah pada lereng longsoran tebing, yang menunjukkan perbedaan signifikan dari bentuk relief permukaan lahan. Pada gambar tersebut juga terlihat perbedaan warna garis section (Merah dan Biru). Garis merah merepresentasikan section ke arah longsoran tanah, sedangkan garis biru merupakan section tegak lurus arah longsoran tanah. Pada gambar berikut disajikan perbandingan bentuk profil lahan pada garis section ke-3



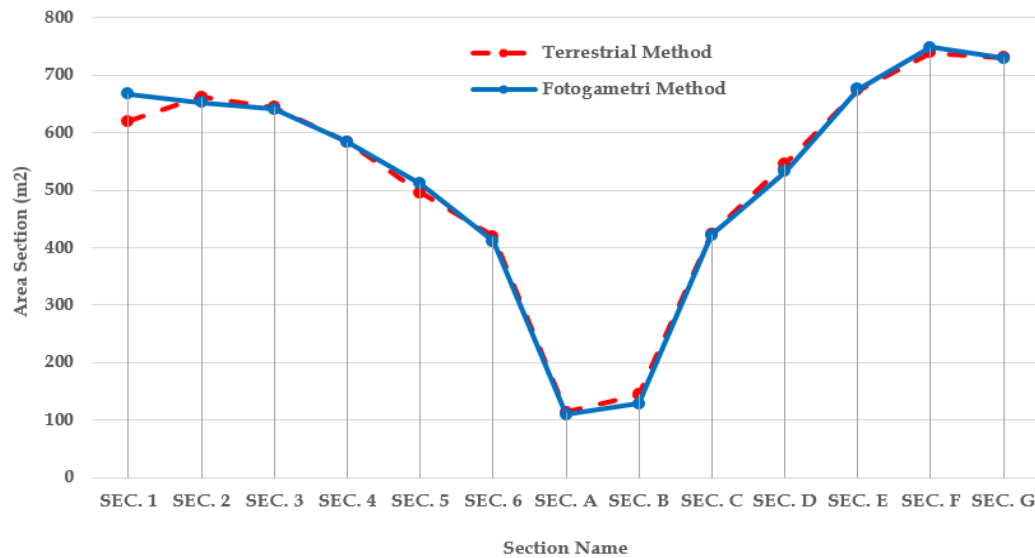
Gambar 6. Skema Section lahan



Gambar 7. Perbedaan bentuk profil section lahan dari kedua metode

Pada Gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa hasil bentuk profil section lahan juga memberikan perbedaan, dimana profil section lahan yang dihasilkan dari metode fotogrametri memberikan hasil yang jauh lebih detail dibandingkan metode pengukuran terrestrial yang menggunakan basis data beberapa sampel titik koordinat. Hal ini tentunya juga akan berpengaruh pada hasil volume pekerjaan pematangan lahan di daerah tersebut. Agar dapat memberikan hasil yang lebih baik, maka analisis dilanjutkan pada perbandingan nilai luas profil section lahan maupun volume, yang dilakukan dengan dasar elevasi yang menjadi titik acuan adalah pada nilai $\pm 0,00$ meter. Pada gambar berikut ini ditunjukkan hasil perbandingan nilai luasan setiap profil section dari kedua metode.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8, dapat diketahui bahwa pola besaran nilai luasan pada setiap profil section hampir mendekati sama. Namun memiliki nilai luasan yang berbeda. Deviasi yang terjadi pun beragam, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7,



Gambar 8. Grafik perbandingan luasan profil section

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8, dapat diketahui bahwa pola besaran nilai luasan pada setiap profil section hampir mendekati sama. Namun memiliki nilai luasan yang berbeda. Deviasi yang terjadi pun beragam, seperti yang ditunjukkan pada Tabel berikut ini.

Tabel 7. Hasil analisis deviasi luasan setiap profil section pada kedua metode

Section	Area Section (m ²)		Deviasi	
	Fotogrametri	Terrestrial	(+)	(-)
Sec.1	667,600	619,998	47,602	
Sec.2	652,380	662,538		10,158
Sec.3	640,610	643,947		3,337
Sec.4	584,410	583,502	0,908	
Sec.5	511,220	495,329	15,891	
Sec.6	410,780	419,375		8,595
Sec.A	109,680	113,923		4,243
Sec.B	128,690	114,065		15,375
Sec.C	421,070	424,070		3,000
Sec.D	532,040	545,718		13,678
Sec.E	675,360	673,259	2,101	
Sec.F	748,500	739,287	9,213	
Sec.G	729,960	730,466		0,506

Berdasarkan data deviasi yang ditampilkan pada Tabel 7 di atas, maka dapat diketahui bahwa kejadian deviasi (-) atau nilai luas section terrestrial lebih besar dibandingkan section fotogrametri terjadi pada 8 section. Sedangkan deviasi (+) atau nilai luas section fotogrametri lebih besar dibandingkan section terrestrial terjadi pada 5 section. Kejadian tersebut menunjukkan bahwa metode terrestrial cenderung memberikan nilai luasan section 61,54% lebih besar, dibandingkan metode fotogrametri yaitu sebesar 38,46%. Hal ini menimbulkan hipotesa baru, yaitu memungkinkan terjadinya nilai volume timbunan yang lebih besar dengan menerapkan metode terrestrial. Oleh sebab itu dilakukan perhitungan volume timbunan yang diasumsikan elevasi puncak timbunan berada pada nilai $\pm 0,00$ Meter. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel berikut ini.

Tabel 8. Hasil perhitungan volume timbunan dari kedua metode

Jalur Section	Volume (m ³)	
	Fotogrametri	Terrestrial
Searah tebing longsor	29.278,10	29.050,03
Tegak lurus tebing longsor	29.246,22	29.477,30
Deviasi	31,88	427,27

Berdasarkan hasil perhitungan volume timbunan yang ditunjukkan pada Tabel 8, menunjukkan bahwa baik pada metode terrestrial dan fotogrametri memberikan nilai volume yang hampir mendekati sama, yaitu disekitar 29.000 m³. Namun, yang menarik adalah selisih antara nilai volume pada jalur section disetiap penerapan metode pengukuran. Metode terrestrial memberikan nilai deviasi sebesar 427,27 m³, jauh lebih besar dibandingkan dengan menerapkan metode fotogrametri yang memiliki deviasi sebesar 31,88 m³. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan metode fotogrametri mampu memberikan akurasi data pengukuran yang jauh lebih detail dan mendekati kondisi relief permukaan tanah yang sesungguhnya, dengan selisih nilai volume antara potongan lahan melintang dan memanjang yang jauh lebih kecil atau hampir mendekati sama.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan dari penerapan kombinasi dua metode pengukuran, yaitu metode pengukuran fotogrametri dan metode pengukuran terrestrial didapatkan kesimpulan sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian yaitu : Persentase selisih nilai koordinat X dan Y antara kedua metode adalah 0,00%, namun pada komponen altitude memiliki nilai selisih 38,13%. Secara keseluruhan nilai selisih rata-rata yang didapatkan adalah 12,71% untuk setiap titik GCP yang dibandingkan. Bentuk relief permukaan tanah yang digambarkan oleh garis kontur menghasilkan bentuk yang mendekati dengan kondisi sesungguhnya. Hal ini dapat dilihat dari bentuk kontur yang mengikuti relief tanah pada tebing pasir dan cenderung acak. Relief tanah yang tidak beraturan menyebabkan metode pengukuran terrestrial dengan pengambilan sampel beberapa titik koordinat tidak akurat untuk menghasilkan gambaran relief, sedangkan berdsarkan ekstraksi data DTM menjadi kontur lebih representatif, sehingga metode yang tepat untuk digunakan pada lahan ini adalah dengan menerapkan metode fotogrametri yang dipadukan dan di kontrol melalui titik pengukuran koordinat X dan Y secara langsung.

Daftar Pustaka

- Bossler, J., Jensen, J., McMaster, R., & Rizos, C. (2002). *Manual of Geospatial Science & Technology*. London: Taylor & Francis, 623 p.
- Budisusanto, Y., Khomsin, & Cahyadi, M. N. (2016). Survei dan Pemetaan untuk Perencanaan Jaringan Gas Bumi bagi Rumah Tangga menggunakan Metode Terrestrial dan Fotogrametri Jarak Dekat. *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)* (hal. 85-92). Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika, FTSP-ITS.
- Fariz, T. R., & Rokhayati, N. (2017). Konversi DSM menjadi DTM menggunakan Filter Berbasis Kelerengan untuk Pemetaan Genangan Banjir ROB di Kecamatan Tirto. *Seminar Nasional ke-3 Pengelolaan Pesisir dan DAS* (hal. 386-396). Yogyakarta: Prosiding Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Universitas Gajah Mada.

- Hartadi, J., & Alfiani, O. D. (2017). Metode Penentuan Posisi Terrestrial untuk Pemetaan Geologi di Desa Gunung Gajah, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea Vol.4 No.2, Desember 2017. ISSN 2356-024x*, 111-116.
- Indarto, & Prasetyo, D. R. (2014). Pembuatan Digital Elevation Model Resolusi 10m dari Peta RBI dan Survei GPS dengan Algoritma ANUDEM. *JTEP. Jurnal Keteknikan Pertanian, Vol. 2, No.1*, 55-63.
- Jensen, J. (2007). *Remote Sensing of the Environment: An earth resource prespective, Editon 2*. USA: Prentice-Hall series in Geographic Information Science.
- Nur Afani, I. Y., Yuwono, B. D., & Bashit, N. (2019). Optimalisasi Pembuatan Peta Kontur Skala Besar menggunakan Kombinasi Data Pengukuran Terestis dan Foto Udara Format Kecil. *Jurnal Geodesi UNDIP, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.*, 50-62.
- Prayogo, I. H., Manoppo, F., & Lefrandt, L. I. (2020). Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP). *Jurnal Ilmiah Media Engineering, Vol.10 No.1, ISSN: 2087-9334*, 47-58.
- Purwati, D. N. (2020). Pengukuran Topografi untuk Menghitung Volume Cut and Fill pada Perencanaan Pembangunan Perumahan di KM.10 Kota Balikpapan. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil, Vol. 4 No. 1. <https://ojsmhs.poltekba.ac.id/ojs/index.php/jutateks>*, 12-23.
- Purwati, D. N. (2020). *Tugas Akhir. Pengukuran Topografi untuk Menghitung Volume Cut and Fill pada Perencanaan Pembangunan Perumahan di KM.10 Kota Balikpapan*. Balikpapan: Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan.
- Rachmanto, D. H., & Ihsan, M. (2020). Pemanfaatan Metode Fotogrametri untuk Pemetaan Skala 1 : 1000 (Studi Kasus: Universitas Pendidikan Indonesia). *Jurnal ENMAP (Environment & Mapping), Vol.1 No.2*, 81-86.
- Rosida, A., Kahar, S., & Awaluddin, M. (2013). Perbandingan Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Metode Cross Section dan Aplikasi Lain (Studi Kasus: Bendungan Pandan Duri Lotim). *Jurnal Geodesi Undip, Vol.2 No.3, ISSN: 2337-845x*, 1-9.
- Rostianingsih, S., Gunadi, K., & Handoyo, I. (2004). Pemodelan Peta Topografi ke Objek Tiga Dimensi. *Jurnal Informatika, Vol.5 No.1, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.*, 14-21.
- Senduk, N. (2021). Penerapan Teknik Penggambaran Garis Kontur Menggunakan AutoCAD 3D. *Jurnal Teknik Sipil Terapan, JSTS, 3(2), Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado*, 90-100.
- Sutjipto, A., Purwiyono, T. T., & Azizi, M. A. (2017). Monitoring Pergerakan Massa Batuan dengan Metode Terestis menggunakan Total Station dan Metode Fotogrametri di Kalidawas, Kebumen, Jawa Tengah. *Program Studi Teknik Pertambangan FTKE Universitas Trisakti Jakarta 11440*, -.
- Wahyono, E. B., & Suyudi, B. (2017). Fotogrametri Terapan. Dalam E. B. Wahyono, & B. Suyudi, *Fotogrametri Terapan* (hal. 1-19). Yogyakarta: Kementerian Agraria dan Tata Ruang, Badan Pertanahan Nasional, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.