

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI FOTO UDARA UNTUK
PEMODELAN 3D PADA STOCKPILE PASIR SILIKA*****AERIAL PHOTO TECHNOLOGY FOR 3D MODELLING OF
SILICA SAND STOCKPILE***I. H. Afandi^{*1}, Herman², S. I. Septiansyah³, Firman⁴¹⁻⁴ Prodi Teknologi Pertambangan, Politeknik Negeri Ketapang¹⁻⁴ Jalan Rangka Sentap, Ketapang-Kalimantan Barate-mail: *idrisherkan@gmail.com**ABSTRAK**

Pemanfaatan teknologi foto udara telah menjadi salah satu pendekatan inovatif dalam bidang pemodelan 3D, khususnya dalam industri pertambangan dan pengelolaan material. Pemodelan diperlukan untuk meningkatkan akurasi perhitungan volume *stockpile*, menghemat waktu dan biaya, serta memungkinkan pemantauan yang lebih efisien dengan data yang terdokumentasi dan terintegrasi dengan teknologi lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan teknologi foto udara untuk pemodelan 3D pada *stockpile* pasir silika. Dengan memanfaatkan *drone* atau pesawat udara tanpa awak yang dilengkapi dengan kamera resolusi tinggi, data foto udara dikumpulkan dari berbagai sudut untuk menghasilkan gambaran yang akurat dari bentuk dan volume *stockpile*. Proses pemodelan 3D melibatkan beberapa tahap, termasuk pengumpulan data, pemrosesan gambar, dan analisis geospasial. Data foto udara yang dikumpulkan diolah dengan perangkat lunak khusus untuk membuat model 3D yang dapat digunakan untuk mengukur volume dan memantau perubahan *stockpile* dari waktu ke waktu. Sebagai koreksi hasil pemodelan 3D yang memanfaatkan foto udara peneliti juga melakukan pemodelan dan pengukuran volume *stockpile* pasir silika dengan menggunakan data Real Time Kinematik (RTK). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi foto udara memberikan tingkat kemiripan sebesar 98,3% terhadap pemodelan *stockpile* pasir silika dari data Real Time Kinematik (RTK). Hal ini memungkinkan perusahaan untuk melakukan estimasi volume *stockpile* dengan lebih tepat dan efisien, serta memantau kondisi *stockpile* secara *real-time*. Dengan demikian, teknologi ini menawarkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi operasional dan pengawasan dalam industri pertambangan.

Kata kunci: foto udara, pemodelan 3D, *drone*, *stockpile***ABSTRACT**

Aerial photography technology has become one of the innovative approaches in the field of 3D modelling, especially in the mining and material management in industries. Modelling plays important role in improving accuracy of stockpile volume calculations, saving time and costs, and making monitoring more efficient with well-documented data that connects with modern technology. This study looks at how aerial photography can be used to create 3D models of silica sand stockpiles. The purpose of this study is to explore the use of aerial photography technology for 3D modelling of silica sand stockpiles. Aerial photography data is collected from various angles using drones or Unmanned Aerial Vehicle (UAV) equipped with high-resolution cameras, producing an accurate picture of the shape and volume of the stockpile. The 3D modelling process involves several stages, including data collection, image processing, and geospatial analysis. The collected aerial photo data is processed with special software to create a 3D model that can be used to measure volume and monitor stockpile changes over time. As a correction to the results of 3D modelling that utilizes aerial photos, researchers also model and measure the volume of silica sand stockpiles using Real Time Kinematic (RTK) data. The results of this study indicate that aerial photography technology provides a similarity level of 98,3% in 3D modelling of silica sand stockpiles from Real Time Kinematic data. This allows enterprises to estimate stockpile volumes more correctly and efficiently, as well as monitor stockpile conditions in real time. Thus, this technology provides enormous promise in enhancing operational efficiency and oversight in the mining industry.

Keywords: aerial photo, 3D modelling, *drone* (UAV), *stockpile*

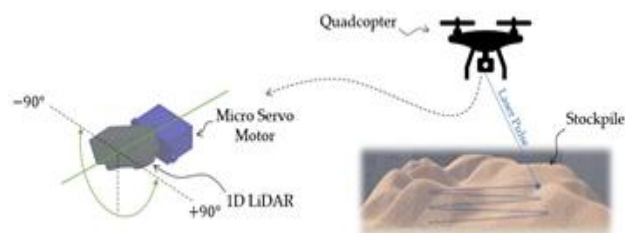
PENDAHULUAN

Industri pertambangan dan pengolahan material memainkan peran penting dalam perekonomian global dengan berbagai proses yang memerlukan kontrol kualitas dan kuantitas yang tepat. Salah satu aspek kritis dalam operasi pertambangan adalah manajemen *stockpile*, yaitu penumpukan material hasil tambang sebelum diolah atau didistribusikan. *Stockpile* yang dikelola dengan baik dapat meningkatkan efisiensi operasi dan mengurangi risiko kerugian.

Pasir silika sebagai salah satu bahan baku utama dalam industri konstruksi dan manufaktur, sering disimpan dalam bentuk *stockpile*. Pemantauan dan pengukuran *stockpile* secara konvensional bisa menjadi tugas yang memakan waktu, mahal, dan berisiko, terutama ketika menggunakan metode manual atau peralatan pengukuran yang kurang akurat. Kesalahan dalam mengukur volume *stockpile* dapat mengakibatkan kesalahan dalam perencanaan produksi, distribusi, dan pelaporan, yang pada akhirnya berdampak pada kinerja perusahaan.

Stockpile merupakan bagian penting dalam rantai pasokan pertambangan. Pengelolaan *stockpile* yang efektif dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya. Salah satu tantangan dalam manajemen *stockpile* adalah akurasi pengukuran volume [1]. Pengukuran yang kurang akurat dapat menyebabkan masalah dalam perencanaan dan pelaporan. Metode tradisional untuk mengukur *stockpile* seringkali memakan waktu dan berisiko sehingga teknologi baru seperti *drone* dan pemodelan 3D menjadi solusi potensial.

Kemajuan teknologi khususnya dalam bidang foto udara dan pemodelan 3D telah membuka peluang untuk melakukan pengukuran dan pemantauan *stockpile* dengan lebih cepat, akurat, dan aman. Penggunaan *drone* dengan kamera beresolusi tinggi memungkinkan pengumpulan data visual yang dapat diolah menjadi model 3D. Model ini bisa digunakan untuk menghitung volume, memantau perubahan bentuk, dan mengidentifikasi potensi masalah.

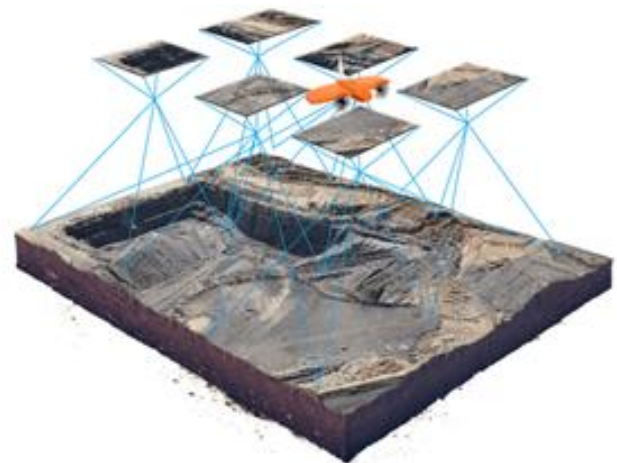


Gambar 1. Ilustrasi pengukuran foto udara dengan *drone* [3]

Penggunaan *drone* dalam pengumpulan data visual semakin populer di berbagai sektor, termasuk

pertambangan dan konstruksi. *Drone* yang dilengkapi dengan kamera resolusi tinggi memungkinkan pengambilan gambar dari sudut yang sulit dijangkau oleh manusia. Gambar 1 menunjukkan pengukuran *stockpile* di lapangan dengan sisi pengambilan gambar tegak lurus terhadap permukaan, sehingga memberikan pandangan luas dan detail. Studi-studi sebelumnya menunjukkan bahwa *drone* dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti inspeksi struktural, pemetaan wilayah, dan pemantauan area pertambangan [2].

Fotogrametri adalah metode yang menggunakan foto untuk mengukur dan memetakan objek dalam ruang tiga dimensi. Gambar 2 menjelaskan mengenai proses pengambilan foto udara pada daerah tambang, dengan mempertimbangkan *overlay* pada setiap objek foto. Dalam konteks pertambangan, fotogrametri sering digunakan untuk membuat model 3D dari area tambang atau *stockpile* [4]. Teknologi ini memungkinkan perhitungan volume yang akurat, yang penting dalam pengelolaan material. Selain itu, fotogrametri juga bisa digunakan untuk mendeteksi perubahan bentuk atau deformasi [5].



Gambar 2. Fotogrametri pada daerah tambang [6]

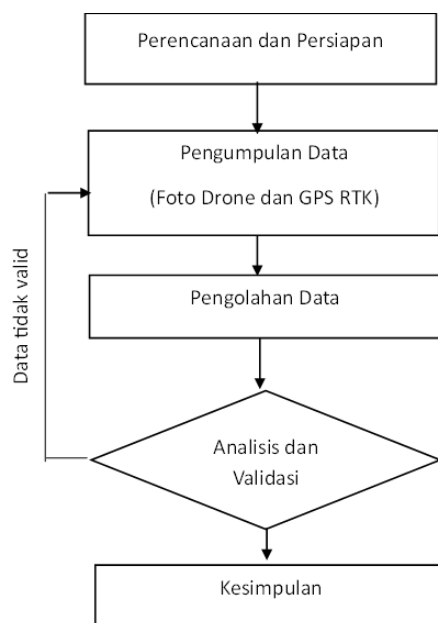
Beberapa studi kasus dalam industri pertambangan menunjukkan bahwa teknologi foto udara dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk pemantauan area tambang, pemodelan 3D, dan pengukuran volume *stockpile*. Hasil dari studi-studi ini menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengukuran volume *stockpile* bila dibandingkan dengan pengukuran menggunakan Total Station, dengan selisih sebesar 6% bila dibandingkan dengan kondisi asli [7]. Dalam penelitian ini kondisi real perhitungan volume *stockpile* menggunakan GPS Real time Kinematik (RTK).

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pemanfaatan teknologi foto udara untuk pemodelan 3D dalam konteks pengukuran volume *stockpile* pasir silika yang belum

banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. Dengan mengadopsi pendekatan ini, diharapkan industri pertambangan dapat mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam pengukuran *stockpile* dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Penelitian ini juga bertujuan untuk menunjukkan potensi penerapan teknologi ini dalam industri lainnya, membuka jalan untuk inovasi lebih lanjut dalam pemantauan dan pengelolaan material.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen lapangan untuk menguji keakuratan dan efisiensi teknologi foto udara dalam pemodelan 3D *stockpile* pasir silika dengan data pengukuran menggunakan GPS RTK (Real-Time Kinematic). Metode penelitian ini dirancang untuk menghasilkan pemodelan 3D *stockpile* pasir silika dengan akurasi tinggi melalui pemanfaatan teknologi foto udara. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang pemantauan dan manajemen *stockpile* berbasis teknologi *drone*. Adapun lokasi penelitian berada di salah satu perusahaan penambangan pasir silika di Kecamatan Kelampai, Kabupaten Ketapang, Provinsi Kalimantan Barat.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Diagram alir pada Gambar 3 menjelaskan mengenai alur kerja penelitian, yakni setelah dilakukan perencanaan dan persiapan, pengumpulan data dilakukan dengan masing-masing alat yakni pesawat *drone* dan GPS RTK, kemudian dilakukan pengolahan dengan bantuan aplikasi komputer, Terramodel untuk GPS RTK, dan Agisoft

Metashape untuk data foto udara *drone*, sebagai validasi selisih antara model RTK dan *drone* tidak melebihi 5%.

Data lapangan diambil menggunakan *drone* sebanyak 36 foto udara dari ketinggian 50 agl, foto udara diambil dari berbagai sudut mengelilingi *stockpile* pasir silika. Gambar 4 menerangkan salah satu sudut pengambilan foto udara terhadap *stockpile* dan Gambar 5 merupakan pengambilan data dari berbagai sudut. Selain foto udara, peneliti juga melakukan pengambilan data Real time Kinematik (RTK) dimana data ini digunakan perusahaan untuk menentukan jumlah volume *stockpile* pasir silika data yang terkumpul dari RTK sebanyak 1.412 titik koordinat sepanjang bidang topografi *stockpile* pasir silika (Tabel 1 dan Gambar 6).



Gambar 4. Foto udara *stockpile* pasir silika menggunakan *drone*

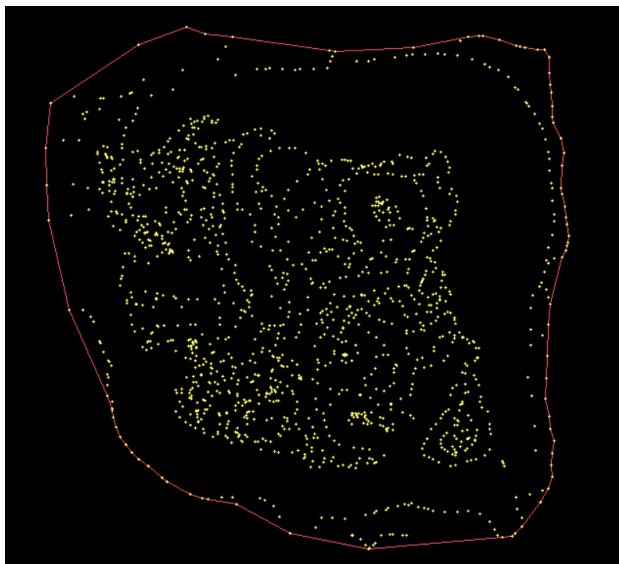


Gambar 5. Posisi *drone* dalam pengambilan foto udara

Data dari lapangan selanjutnya dilakukan pengolahan, untuk data foto udara diolah menggunakan *software* Agisoft Metashape Professional dan untuk data RTK diolah menggunakan *software* Terramodel. Perbandingan atau toleransi antara dua metode pengukuran volume (timbangan) adalah 2,78% berdasarkan ASTM [8].

Tabel 1. Data GPS RTK koordinat topografi *stockpile* pasir silika

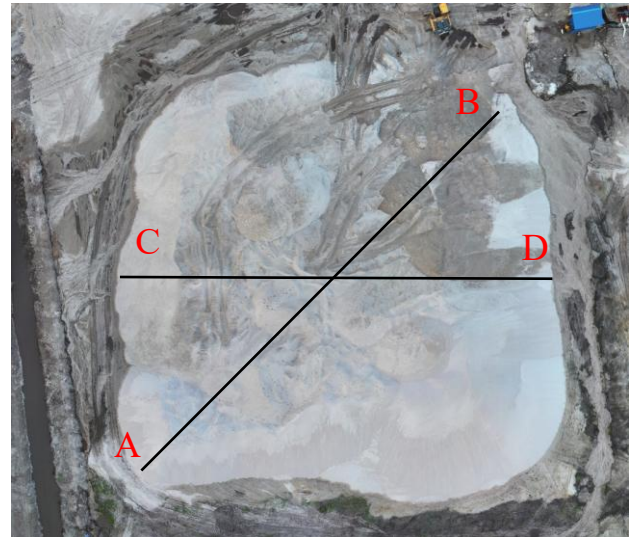
No	x	y	z	Kode
Pt1	434929.6	9750448	39.38	25
Pt2	434930.2	9750451	39.53	25
Pt3	434931.2	9750454	40.13	25
Pt4	434934.4	9750454	40.35	25
Pt5	434935	9750452	39.69	25
Pt6	434934.8	9750448	39.47	25
.....				
.....				
.....				
Pt1408	434955.4	9750474	38.63	25
Pt1409	434957.2	9750471	38.60	25
Pt1410	434958.2	9750468	38.63	25
Pt1411	434955.7	9750461	38.83	25
Pt1412	434950.5	9750462	39.08	25



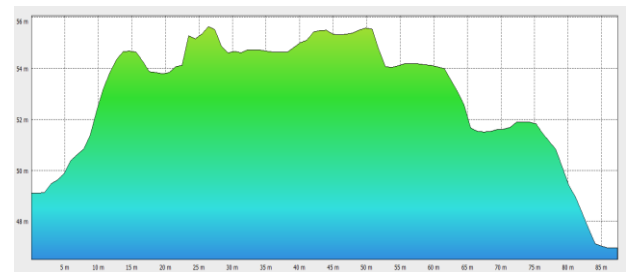
Gambar 6. Sebaran data koordinat *stockpile* pasir silika dari GPS RTK

HASIL DAN PEMBAHASAN

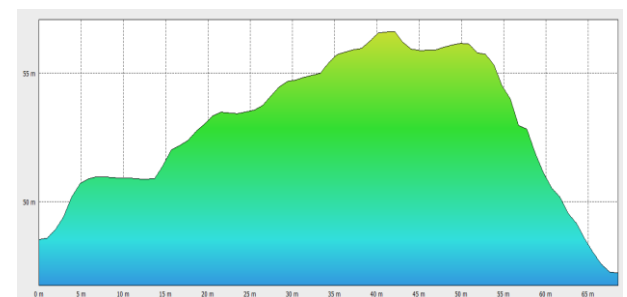
Dari hasil pengolahan foto udara menggunakan *software* Agisoft Metashape Professional tampak bahwa secara 2D yaitu tampak atas *stockpile* berbentuk persegi dengan panjang sisi sekitar 70 meter dan panjang garis diagonalnya sekitar 90 meter. Untuk ketinggian *stockpile* paling puncak sekitar 56 mdpl dan ketinggian dasar 46 mdpl. Gambar 7 menunjukkan hasil pengolahan tampak atas dengan diberikan garis penampang. Sedangkan Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan penampang dari dua garis, yakni garis AB dan garis CD.



Gambar 7. Hasil pengolahan foto udara tampak atas dan Garis Penampang

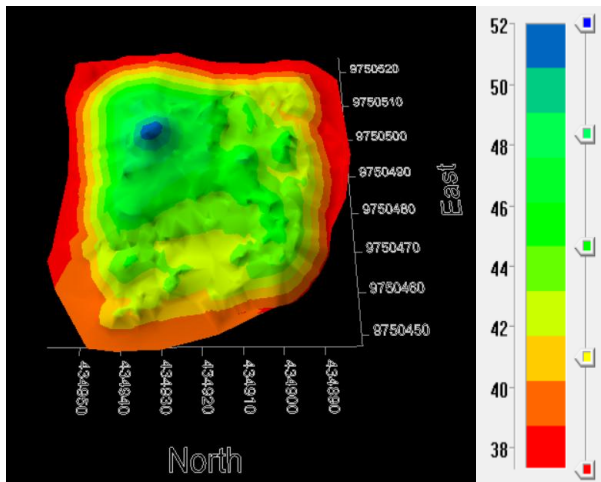


Gambar 8. Topografi pada penampang AB



Gambar 9. Topografi pada penampang CD

Selanjutnya untuk hasil pengolahan data RTK dengan *software* Terramodel didapat hasil yang lebih akurasi dengan panjang sisi *stockpile* 70 meter serta ketinggian memiliki skala warna dengan ketinggian berbeda-beda antara 37-52 mdpl. Hasil citra dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil citra *stockpile* pasir silika dari data RTK tampak atas

Tabel 2 menunjukkan volume *stockpile* pasir silika dari data foto udara yang dianalisis menggunakan bantuan *software* Agisoft Metashape Professional sejumlah 20.047 m³ sedangkan volume *stockpile* pasir silika dari data RTK yang dianalisis menggunakan bantuan *software* Terramodel sejumlah 20.394 m³.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Volume *Stockpile*

<i>Stockpile</i>	<i>Drone</i> (m ³)	GPS RTK (m ³)	Perbedaan (%)
Pasir Silika	20.047	20.394	1,7

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menemukan bahwa metode survei menggunakan *drone* memiliki toleransi perbedaan sebesar 2,38% terhadap perhitungan volume riil di lapangan [7]. Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan toleransi perbedaan yang lebih kecil, yaitu 1,7% atau tingkat kemiripan 98,3% terhadap metode pengukuran GPS RTK, yang selama ini dianggap sebagai standar dalam survei topografi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa akurasi pengukuran volume *stockpile* menggunakan *drone* dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan studi sebelumnya, yang kemungkinan disebabkan oleh penggunaan jumlah titik kontrol foto udara yang lebih banyak, atau perbaikan dalam teknik pengolahan fotogrametri. Dengan demikian, hasil ini semakin memperkuat potensi teknologi foto udara sebagai metode yang efisien dan memiliki presisi tinggi dalam survei volume *stockpile*.

Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa teknologi UAV dapat digunakan untuk perhitungan volume *stockpile*, perbandingan dari dua pengukuran Total Station dan UAV menunjukkan

deviasi sebesar 1,06% [9]. Selain itu penelitian terkait TS dan RTK menunjukkan deviasi sebesar 0,02% [10].

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa metode survei volume *stockpile* menggunakan foto udara memiliki akurasi tinggi dengan tingkat kemiripan 98,3% terhadap GPS RTK. Tingginya akurasi ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan jumlah titik kontrol foto udara serta perbaikan dalam teknik fotogrametri. Hasil ini menegaskan bahwa teknologi foto udara merupakan metode survei yang efisien, memiliki presisi tinggi, dan dapat diandalkan untuk estimasi volume *stockpile*, sehingga berpotensi menjadi alternatif unggul dalam survei topografi dan pemantauan material di industri pertambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Colomina, I., and Molina, P. (2014), Unmanned Aerial System for photogrammetry and Remote Sensing : A review, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97.
- [2] Alsayed, A., and Nabawy, M.R.A., (2022), Indoor Stockpile Reconstruction Using Drone-Borne Actuated Single-Point LiDARs, *MDPI Journal*, 6, 386.
- [3] Fonstad, M.A, Dietrich, J.T, Courville, B.C and Jensen, J., (2013), Topographic Structure from Motion: a new development photogrammetric measurement, *Journal of Earth Surface Processes and Landforms*, 38(4), 421-430.
- [4] Smith, M.W., and Vericat, D., (2015), From Experimental plots to experimental landscapes: Topography, Erosion and Deposition in Sub-Humid Badlands from Structure from motion Photogrammetry. *Journal of Earth Surface Processes and Landforms*, 40(12), 1656-1671.
- [5] Lossli, E., (2023), Mastering drone photogrammetry: a complete guide to high-quality surveys, (<https://wingtra.com>), diakses Oktober 2024.
- [6] Chrysosoulis, S, Venter, D, dan Dimov, S., (2003), On the Floatability of gold grains, *Proceedings of the 35th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors*, Ottawa, January 21-23.
- [7] Ramadhana, R.N., (2023), Studi Perbandingan Tonase by Total Station dan Tonase by Drone pada Dome Ore di Area *Stockpile* Desa Lalampu, *Jurnal Ilmu Pertambangan*, 1(1).
- [8] Putrawiyanta, I.P, (2024), Perhitungan Volume dengan Permodelan *Software* Terramodel terhadap *Stockpile* Batubara, *Jurnal Teknik Pertambangan (JTP)*, 24 (1), 1-9.
- [9] Syafique, M, Usup, H.L.D, dan Ferdinandus, (2023), Perbandingan Volume Overburden Removal



Menggunakan Foto Udara DJI Phantom 4 dan Hasil survey Total Station Trimble C5 pada Pit CAP PT. Insani Baraperkasa, *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat 2023, Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung*.

- [10] Khomsin, Pratomo, D.G, dan Akbar, A.F, (2018), Analisa Perbandingan Volume dan Ketelitian ICP dari 3'S (TS, GNSS, dan TLS), *Journal of Geodesy and Geomatics (Geoid)*, 14(1), 112-123.