



Estimasi Biaya Pembuatan Jalan Akses Tambang (*Cost Estimation For Mine Access Road Construction*)

Mayleni Bidang¹, Harjuni Hasan², Henny Magdalena³

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman^{1,2,3}
Email: maylenibdg@gmail.com

Abstrak

Jalan akses tambang adalah sarana infrastruktur yang vital di dalam lokasi penambangan dan sekitar-nya. Kondisi jalan tambang di desain sesuai dengan ketentuan pada KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, apabila tidak sesuai maka perlu dilakukan evaluasi pada geometri jalan untuk mengetahui kerusakan dan biaya yang diperlukan untuk melakukan perbaikan atau pembuatan jalan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi desain geometri jalan akses ideal, mengetahui volume dan lama pengerjaan, serta memberikan estimasi biaya yang diperlukan untuk melakukan pembuatan jalan akses. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran geometri jalan akses yaitu dengan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), merupakan kamera digital bersistem navigasi yang dapat dikontrol melalui piranti lunak perencanaan pemotretan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh lebar jalan lurus sebesar 9 meter dengan cross slope sebesar 0,18 meter. Lebar jalan belokan diperoleh sebesar 16 meter dengan jari-jari tikungan sebesar 416,04 meter dan superelevasi sebesar 6%, serta kemiringan jalan yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 6%. Volume material cut sebesar 5.679,74 BCM dan fill sebesar 28.150,37 BCM, dengan lama pengerjaan kurang lebih 10 hari. Sehingga diketahui total estimasi biaya untuk melakukan pembuatan jalan akses sesuai dengan rekomendasi jalan ideal yaitu sebesar Rp. 291.577.909.

Kata Kunci: Estimasi Biaya, Geometri Jalan Akses, Pembuatan Jalan, UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

Abstract

*Mine access roads are vital infrastructure facilities in and around mining sites. The condition of the mining road is designed in accordance with the provisions of the Ministry of Energy and Mineral Resources No. 1827 K/30/MEM/2018, if it is not suitable, it is necessary to evaluate the geometry of the road to determine the damage and costs needed to repair or build the road. Therefore, this study was conducted to provide recommendations for the design of the ideal access road geometry, know the volume and duration of work, and provide an estimate of the cost needed to make an access road. One of the methods that can be used to measure the geometry of the access road is by using UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), which is a digital camera with a navigation system that can be controlled through shooting planning software. Based on the results of the study, a straight road width of 9 meters with a cross slope of 0.18 meters was obtained. The width of the turn road was obtained of 16 meters with a bend radius of 416.04 meters and a superelevation of 6%, as well as a road slope set by the company of 6%. The volume of cut material is 5,679.74 BCM and fill is 28,150.37 BCM, with a work time of approximately 10 days. So it is known that the total estimated cost to make an access road in accordance with the ideal road recommendation is Rp. 291,577,909.*

Keywords: Access Road Geometry, Cost Estimation, Road Making, UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

PENDAHULUAN

Setiap operasi penambangan memerlukan jalan tambang sebagai sarana infrastruktur yang vital di dalam lokasi penambangan dan sekitar-nya. Jalan tambang berfungsi sebagai penghubung lokasi-lokasi penting, antara lain lokasi tambang dengan area crushing plant, pengolahan bahan galian, perkantoran, perumahan karyawan dan tempat-tempat lain di wilayah penambangan (Suwandhi, 2004). Kondisi jalan tambang didesain sesuai dengan ketentuan pada KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, apabila kondisi jalan yang ada tidak sesuai dengan standar maka akan menyebabkan kecelakaan kerja (Kristiawan & Abdullah, 2020).

Salah satu teknik pengumpulan data objek 3D dapat dilakukan dengan menggunakan teknik fotogrametri. Teknik ini menggunakan foto udara sebagai sumber data utamanya. Sumbangan utama fotogrametri adalah untuk pembuatan peta dengan tingkat akurasi dan informasi yang relatif detail (Prayogo dkk., 2020). Keuntungan utama menggunakan UAV juga adalah faktor biaya, karena UAV lebih murah dan memiliki biaya pengoperasian yang lebih rendah (Eisenbei, 2009).

Estimasi biaya merupakan suatu kegiatan memperkirakan jumlah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Proses estimasi biaya terdiri dari 3 tahapan utama, yaitu perhitungan kuantitas pekerjaan, analisa harga satuan pekerjaan, dan rencana anggaran biaya. Perhitungan kuantitas pekerjaan dibutuhkan agar dapat memperoleh daftar jumlah material, alat, dan pekerja yang dibutuhkan dalam setiap pekerjaan (Widarno dkk., 2015).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan foto udara atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) untuk memberikan rekomendasi desain geometri jalan akses ideal serta estimasi biaya yang diperlukan dalam melakukan pembuatan jalan akses pada lokasi penelitian.

METODOLOGI

Pada penelitian ini metode yang penulis gunakan adalah metode kualitatif, yaitu analisis teknis berdasarkan data lapangan dan perhitungan teoritis. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan data yang terukur dan analisis yang objektif.

Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dilapangan, berupa foto drone. Pengambilan data dilakukan menggunakan drone DJI Phantom 4 pro v2.0. Data sekunder merupakan data yang diberikan oleh perusahaan tempat penelitian, berupa data spesifikasi alat, data *cycle time*, data biaya rental alat, dan data *fuel rate*.

Metode Analisis Data

Hasil pengolahan foto drone berupa data DEM (*Digital Elevation Model*) dan *orthophoto* menjadi acuan dalam melakukan analisis geometri jalan akses.

1. Analisis Topografi

Data DEM yang didapatkan berupa *Digital Terrain Model* (DTM) akan diolah menjadi kontur sehingga diperoleh peta topografi.

2. Analisis geometri jalan akses

Mengukur geometri jalan akses aktual dan menghitung rekomendasi geometri jalan akses yang sesuai dengan alat angkut terbesar yang melewati jalan akses tersebut.

3. Analisis Volume *Cut and Fill*

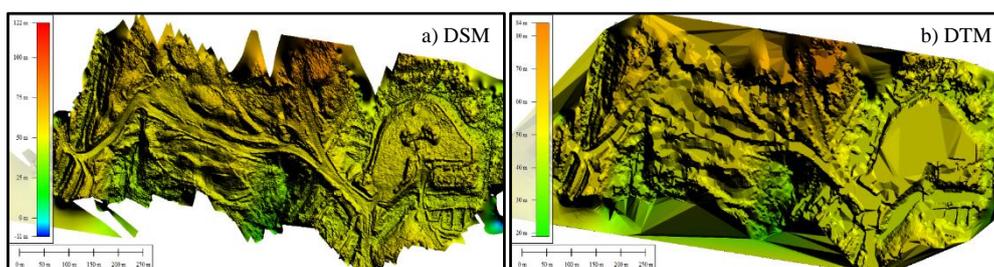
Optimasi pembuatan desain untuk mendapatkan volume material *cut and fill* yang sesuai dengan permintaan perusahaan dan standar yang ditetapkan.

4. Analisis Estimasi Biaya

Menganalisis alat-alat yang diperlukan untuk pembuatan jalan akses, produktivitas alat dan jumlah alat berdasarkan volume pekerjaan. Kemudian, dilakukan perhitungan biaya sesuai parameter-parameter terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Foto drone yang telah diambil dilapangan akan diolah menggunakan *software* untuk menghasilkan data DEM dan *Orthophoto*. Adapun hasil pengolahan foto drone dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



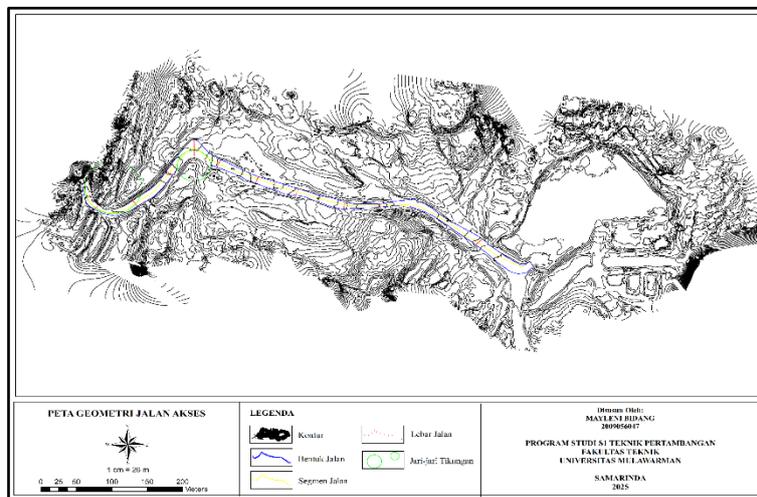
Gambar 1. Data DEM

Geometri Jalan Akses Aktual

Data DEM yang diperoleh kemudian akan diolah menjadi peta topografi, yang kemudian akan digunakan untuk melakukan pengukuran dan perhitungan geometri jalan akses. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 4 berikut:

Tabel 1. Geometri Jalan Akses Aktual

Segmen	Jarak (m)	Jumlah Jalur	Lebar jalan (m)		Jari-jari tikungan (m)	Superelevasi (%)	Cross slope Kiri (m)	Cross slope Kanan (m)	Kemirigan jalan (%)
			Lurus	Belokan					
A-B	27	2	7,28			4,25	0,15	0,18	5,70
B-C	26,6			5,18	253,63				0,63
C-D	82		10,52				0,09	0,04	1,13
D-E	73		8,85				0,08	0,11	6,01
E-F	29,7			25,30	148,92	5,22			0,47
F-G	51		10,37				0,13	0,05	6,7
G-H	69		11,8				0,07	0,36	4,31
H-I	56		12,9				0,2	0,14	2,08
I-J	73		11,67				0,15	0,05	3,42
J-K	71		4,8				0,31	0,18	4,30
K-L	179		12,83				0,25	0,07	2,88



Gambar 2. Peta Hasil Pengukuran Geometri Jalan Akses Aktual

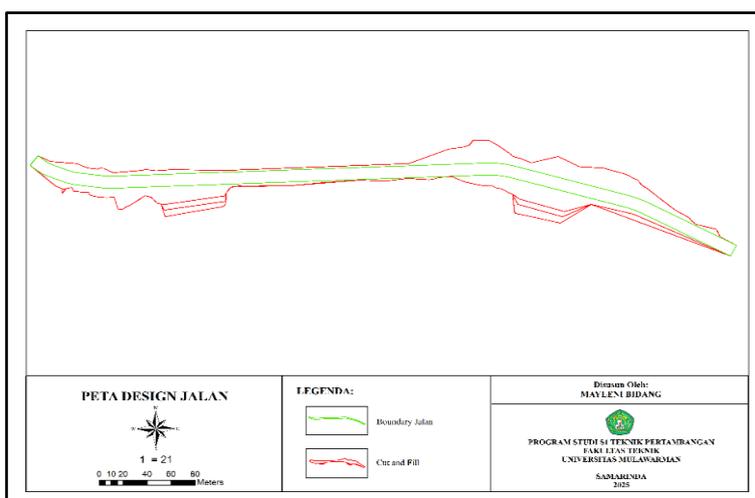
Berdasarkan pengukuran menggunakan software, geometri jalan akses pada beberapa segmen masih kurang sesuai dengan standar jalan tambang yang digunakan oleh perusahaan. Berhubung jalan akses yang diteliti ini berada pada area disposal aktif, maka biaya maintenance dialihkan untuk pembuatan jalan baru untuk perluasan area disposal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan pembuatan desain jalan baru sesuai dengan standar yang digunakan oleh perusahaan.

Rekomendasi Geometri Jalan Akses

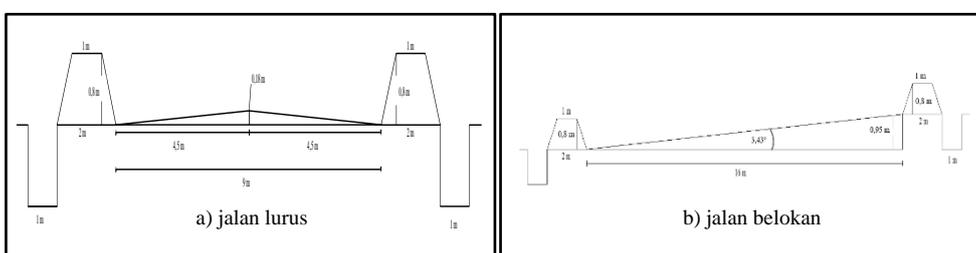
Berdasarkan hasil pengukuran, geometri jalan akses belum memenuhi standar KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, maka pada penelitian ini akan direkomendasikan desain jalan akses sesuai dengan alat angkut terbesar yang melewati jalan tersebut. Adapun hasil rekomendasi geometri jalan akses dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Rekomendasi Geometri Jalan Akses

Segmen	Jarak (m)	Jumlah Jalur	Lebar jalan (m)		Jari-jari tikungan (m)	Superelevasi (%)	Cross slope (m)	Kemirigan jalan (%)
			Lurus	Belokan				
A-B	27	2		16	416,04	6		6
B-C	26,6		9				0,18	
C-D	82		9				0,18	
D-E	69		9				0,18	
E-F	29,7			16	416,04	6		
F-G	51		9				0,18	
G-H	71		9				0,18	
H-I	71		9				0,18	
I-J	127		9				0,18	
J-K	179		9				0,18	



Gambar 3. Peta Rekomendasi Desain Jalan Akses



Gambar 4. Penampang Desain Jalan Akses

Estimasi Biaya Pembuatan Jalan Akses

Estimasi biaya pembuatan jalan akses dapat diketahui berdasarkan bentuk desain yang dibuat. Berdasarkan bentuk desain ini, maka akan diketahui volume material yang akan dikerjakan (*cut and fill*), sehingga dapat ditentukan berapa jumlah unit alat yang diperlukan dan berapa lama waktu pengerjaan yang akan dilakukan.

Volume *Cut and Fill*

Pada penelitian ini pembuatan jalan akses dilakukan dua aktifitas yang akan menentukan estimasi biaya, yaitu *cut and fill*. Adapun volume *cut and fill* yang perlu dilakukan dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Volume *cut and fill*

Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Aktifitas	Volume	Plan Area	
				Ha	M ²
609	9	<i>Cut</i>	5.679,74 BCM	0,64	6.400
		<i>Fill</i>	28.150,37 BCM	1,52	15200

Penggunaan Alat dan Durasi Pekerjaan

Penggunaan alat dan durasi pekerjaan untuk pembuatan jalan akses ini disesuaikan dengan volume *cut and fill* yang perlu dilakukan. Berdasarkan volume *cut and fill*, penggunaan alat dan durasi pekerjaan untuk pembuatan jalan akses dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Penggunaan Alat dan Durasi Pekerjaan

Alat Berat	Produktivitas	Unit yang diperlukan	Waktu Pengerjaan		
			Jam kerja/hari	Total Jam Kerja	Hari Kerja
<i>Dumptruck</i> HINO 260 JD	40,3	6	13	63,13	4,9
<i>Excavator</i> Komatsu PC 200	79,30	1		126,78	9,8
<i>Excavator</i> Komatsu PC 400	222,04	1		71,62	5,5
<i>Bulldozer</i> Komatsu D85ESS	535,91	1		126,78	9,8
<i>Motor Grader</i> Sany 230 H	10.488	1		0,52	1
<i>Compactor</i> HAMM 311D (<i>cut</i>)	1.224,75	1		5,23	6,3
<i>Compactor</i> HAMM 311D (<i>fill</i>)	367,425		76,62		
<i>Tower Lamp</i>		2	10	200	10

Biaya Pembuatan Jalan Akses

Estimasi biaya pembuatan jalan akses tambang pada lokasi penelitian dihitung sesuai dengan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan, data-data tersebut berupa konsumsi *fuel*, harga rental, dan harga *fuel*. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui biaya rental dan biaya *fuel* dari masing-masing unit, sehingga diperoleh total estimasi biaya pembuatan jalan akses tambang pada lokasi penelitian. Adapun estimasi biaya untuk melakukan pembuatan jalan akses tambang dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Penggunaan Alat dan Durasi Pekerjaan

Alat Berat	Jumlah Unit	Total Jam kerja	Konsumsi Fuel (Liter/jam)	Harga Rental (Rp/jam)	Harga Fuel (Rp/liter)	Biaya Rental (Rp)	Biaya Fuel (Rp)	Total Biaya (Rp)
<i>Dumptruck</i> HINO 260 JD	6	126,78	11	220.000	13.519	27.891.643	18.853.928	46.745.571
<i>Excavator</i> Komatsu PC 200	1	71,62	13	290.000	13.519	20.770.732	12.587.946	33.358.678
<i>Excavator</i> Komatsu PC 400	1	126,78	35	550.000	13.519	69.729.107	59.989.770	129.718.878
<i>Bulldozer</i> Komatsu D85E-SS	1	63,13	24	540.000	13.519	34.088.298	20.482.386	54.570.684
<i>Motor Grader</i> Sany 230 H	1	0,52	14	505.000	13.519	263.912	98.913	362.825
<i>Compactor</i> HAMM 311D (<i>cut</i>)	1	5,23	11	255.000	13.519	1.332.517	777.111	2.109.628

Alat Berat	Jumlah Unit	Total Jam kerja	Konsumsi Fuel (Liter/jam)	Harga Rental (Rp/jam)	Harga Fuel (Rp/liter)	Biaya Rental (Rp)	Biaya Fuel (Rp)	Total Biaya (Rp)
Compactor HAMM 311D (fill)								
Tower Lamp	2	200	3	83.000	13.519	16.600.000	8.111.646	24.711.646
Total								291.577.909

KESIMPULAN

. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, rekomendasi geometri jalan akses dengan alat angkut terbesar berupa *Dump Truck* HINO 260 JD diperoleh lebar jalan lurus sebesar 9 meter dengan *cross slope* sebesar 0,18 meter. Lebar jalan belokan yang diperoleh sebesar 16 meter dengan jari-jari tikungan sebesar 416,04 meter dan *superelevasi* sebesar 6%, serta kemiringan jalan yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu sebesar 6%. Berdasarkan desain geometri jalan akses yang direkomendasikan, maka diketahui volume pekerjaan untuk *cut* sebesar 5.679,74 BCM dan *fill* sebesar 28.150,37 BCM, dengan lama pengerjaan kurang lebih selama 10 hari, sehingga diestimasikan biaya yang diperlukan untuk melakukan pembuatan jalan ini sebesar Rp. 291.577.909.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada perusahaan yang telah mengizinkan dan membimbing penulis selama melakukan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. H. Harjuni Hasan, M. Si dan Ibu Ir. Henny Magdalena, S.T., M. T., dan kepada semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi hingga jurnal ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- AASTHO. 2018. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 7 Edition*. New York. United States of America: AASTHO.
- Eisenbei, H., 2009. *UAV Photogrammetry*. ETH No. 18515 ed. s.l. Doctoral Thesis. Swiss: Federal Institute of Technology Zurich.
- Indonesianto, Y., 2005. *Pemindahan Tanah Mekanis*. UPN "Veteran". Yogyakarta.
- Kementerian ESDM., 2018. *Kepmen 1827/K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik (Lampiran II)*, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KPUKPR), 2019. *Pemetaan Menggunakan UAV*. Jakarta. Sekretariat Jenderal Pusat Data dan Teknologi Informasi Balai Pemetaan dan Informasi Infrastruktur.
- Kristiawan, R., & Abdullah, R. 2020. Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja Pada Area Penambangan Batu Kapur Unit Alat Berat PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 5, No. 2, 11–21. ISSN: 2302-3333.
- Maulana, B. S., Sumarya, & Gusman, M. 2019. Evaluasi Kondisi Jalan Angkut dari Front Penambangan Menuju Rom Stockpile untuk Mencapai Target Produksi 15 . 000 Ton Batubara Perbulan PT . Prima Dito Nusantara Jobsite KBB Kabupaten Sarolangun , Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 3, No. 3, 1174–1184. ISSN: 2302-3333.
- Multriwahyuni, A.,Gusman, M., dan Mingsi, A. Y., 2018. Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASTHO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan Overburden Di Pit Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, UNP. Padang. *Jurnal Bina Tambang*, Vol 3 No 4. ISSN: 2302-3333.
- Mulyo, Y. S., Maria, K., & Fitriyanto, S. S. 2023. Evaluasi Kondisi Geometri Jalan Pada Penambangan Batubara PT Bhumi Sriwijaya Perdana Coal Musi Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmiah Hospitaly*, Vol. 12, No. 2, 649–656.
- Partanto, P., 1993. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung.
- Prayogo, I. P. H., Manopo, F. J., & Lefrandt, L. I. R., 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.
- Putra, R. S. N. P., Riani, D., & Silitonga, S. P., 2023. Pembuatan Digital Elevation Model Universitas Palangka Raya Menggunakan Drone dan GPS Geodetik. *Jurnal Basement*. Vol. 1 No. 1. 33-40.
- Rochmanhadi, 1985. *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*. Jakarta : YBPPU.
- Rochmanhadi, 1990. *Pengantar & Dasar-Dasar Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta : YBPPU.
- Rostiyanti, S. F., 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta : Rineka Cipta. Cet. I. Edisi 2.
- Setiaji, W. S., & Hariyanto, T. 2023. Kajian Geometri Jalan Tambang Berdasarkan Teori AASHTO dan KepMen ESDM No 1827K/30/Mem/2018 pada Area Pertambangan menggunakan Data Foto Udara (Studi Kasus: Sanga – Sanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur). *Geoid*, 19 (1), 8.
- Setiawan, A. R., Syahrudin, & Syafrianto, M. K. 2022. Perencanaan Pembuatan Jalan Tambang Pada Mine Development and Sga Plant ProjeCm PT. Antam Tbk, Komoditas Bauksit, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, Vol. 19, No. 1, 8-17. ISSN: 2442-3998
- Suwandhi, A., 2004. *Perencanaan Jalan Tambang*, Diktat Perencanaan Tambang Terbuka, Universitas Islam Bandung, 1-22.
- Waterman, S., 2016. *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Prodi Teknik Pertambangan, UPN “V” Yogyakarta.
- Widarno, B., Dinata, I., Santoso, I., & Suwono, J. I., 2015. Perencanaan Dan Estimasi Biaya Pelaksanaan Untuk Jalan Penghubung Di Kawasan Surabaya Timur. *Pratama Teknik Sipil*, 1–8.
- Wolf, P.R., Dewitt, B. A., & Wilkinson, B. E., 2014. *Elements of Photogrammetry With Application in GIS, Fourth Edition*. United States of America: McGraw-Hill Education.
- Yeriko, K., Nugroho, W., Magdalena, H., Pontus, A. J., & Trides, T., 2024. Evaluasi Geometri Jalan Angkut Untuk Memberikan Rekomendasi Jalan yang Ideal pada PT. Trubaindo Coal Mining, Kampung Bunyut, Kecamatan Melak, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Inovasi Global*. Vol. 2, No. 1. 49–57.