



Analisis Biaya Pekerjaan Timbunan Tanah Dengan Metode *Photogrammetry*

Andita Oktavia¹, Retna Kristiana²

^{1,2} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

¹anditaoktavia59@gmail.com, ²retna.kristiana@mercubuana.ac.id

Abstract

Recently, the construction industry has rapidly developed technology, particularly in infrastructure construction. One alternative is Free and Open Source Software (FOSS) Photogrammetry to factor in the cost of landfill work on the Padang – Sicincin toll road project. The photogrammetry method is a science and part of the art of obtaining mathematically precise measurements. The photogrammetry method can be an alternative solution for increasing cost effectiveness in projects with direct cost calculations. Surveyors conduct data measurement in the hoarding work for each layer of the Padang - Sicincin toll road project. Then, in the field, there was an inaccuracy in the x, y, z results when data was collected using a total station. According to the analysis results, the volume of the fill material deviated by 5.4%. The photogrammetry method indicated a difference of 26.95 m³ more than the manual method. The cost deviation from the previously calculated volume results was Rp2,234,719.26, making the photogrammetry method cheaper than the manual method.

Keywords: Landfill Work, Photogrammetry, Software Pix4D, Software Civil3D, Volume, Cost

Abstrak

Dewasa ini, industri konstruksi telah berkembang teknologi secara pesat, terutama pada bidang konstruksi infrastruktur. Contoh alternatif yakni *Free and Open Source Software* (FOSS) *Photogrammetry* kefaktor biaya pekerjaan timbunan tanah pada proyek jalan tol Padang – Sicincin. Metode *Photogrammetry* ialah ilmu serta seni agar mendapatkan pengukuran secara tepat melalui cara matematis. Metode *photogrammetry* dapat menjadi alternatif solusi dalam meningkatkan efektifitas biaya pada proyek dengan perhitungan biaya langsung. Pada setiap pekerjaan penimbunan layer jalan pada proyek jalan tol Padang - Sicincin dilaksanakan proses pengambilan data ukur oleh surveyor. Kemudian Pada aktual di lapangan terjadi ketidakakurasian hasil x,y,z saat dilaksanakan pengambilan data menggunakan total station. Maka berdasarkan hasil analisis penelitian terdapat deviasi volume sebesar 5,4% dimana pada metode *photogrammetry* memiliki selisih 26,95 m³ lebih banyak dibandingkan dengan metode manual. Adapun deviasi biaya dari hasil perhitungan volume yang didapatkan sebelumnya, yakni pada metode *photogrammetry* sebesar Rp2.234.719,26,- lebih terjangkau dibandingkan dengan metode manual.

Kata kunci: Pekerjaan Timbunan Tanah, *Photogrammetry*, *Software Pix4D*, *Software Civil3D*, Volume, Biaya

Diterima Redaksi : 2025-07-01 | Selesai Revisi : 2025-07-08 | Diterbitkan Online : 2025-11-12

1. Pendahuluan

Infrastruktur yang dibangun untuk memperkuat konektivitas dan memudahkan pergerakan orang serta barang meliputi jalan, jalan tol, dan jembatan [1]. Jalan tol merupakan sarana transportasi darat yang sangat penting, karena membantu kelancaran lalu lintas sekaligus meningkatkan efisiensi distribusi barang dan jasa demi mendorong pertumbuhan ekonomi [2]. Seperti halnya pada proyek pembangunan Jalan Tol Padang Sicincin berlokasi di Kab. Padang Pariaman Provinsi Sumatera Barat.

Dalam setiap keberjalanan proyek, selalu dibutuhkan manajemen proyek yang baik. Manajemen proyek adalah disiplin ilmu dan kerangka kerja yang digunakan

untuk merencanakan, melaksanakan, dan menyelesaikan proyek konstruksi dengan memastikan setiap tahapan rampung tepat waktu, sesuai anggaran, dan memenuhi standar mutu [3]. Hubungan antara waktu pelaksanaan dan besaran biaya menjadi faktor krusial dalam mencapai efisiensi proyek. Secara umum, suatu proyek dianggap berhasil apabila selesai seefisien mungkin dalam hal durasi dan serendah mungkin dalam hal biaya, tanpa menurunkan kualitas hasil akhir [4]. Untuk meraih hal tersebut diperlukan pemilihan metode kerja yang tepat agar efektivitas dan efisiensi dapat terwujud.

Dewasa ini, teknologi pada industri konstruksi telah berkembang secara pesat, terutama pada bidang



konstruksi infrastruktur. Sebagai contoh adalah *Free and Open Source Software (FOSS) Photogrammetry* [5]. Teknologi ini adalah sebuah metode yang menggunakan dua atau lebih gambar untuk menghasilkan data visual 3D dengan pengukuran yang akurat [6] [7]. Metode photogrammetry dapat menjadi alternatif solusi dalam meningkatkan efektifitas biaya pada proyek dengan perhitungan biaya langsung [8]. Selain efektifitas biaya, penggunaan metode ini mampu meningkatkan efektifitas waktu sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi lebih singkat dibandingkan metode manual. Untuk mendukung penggunaan metode photogrammetry dan kebutuhan survei drone, perlu didukung dengan penggunaan software Pix4D. Software ini berfungsi untuk mengubah gambar darat atau udara dari capture foto yang dihasilkan oleh drone menjadi peta digital dan model 3D [1].

Penelitian ini mengangkat studi kasus pada proyek pembangunan Jalan Tol Padang – Sicincin di Kabupaten Padang Pariaman, Provinsi Sumatera Barat. Berdasarkan hasil observasi, ditemukan ketidakakuratan koordinat x, y, dan z saat pengambilan data dengan total station pada setiap tahapan penimbunan lapisan jalan. Ketidaktepatan pengukuran ini berpotensi memengaruhi biaya dan durasi proyek, sehingga diputuskan untuk melakukan analisis ulang menggunakan metode fotogrametri dengan perangkat lunak Free and Open Source Software (FOSS).

Untuk memetakan kontur lahan pembangunan tol secara lebih akurat, diperlukan pemodelan 3D yang memanfaatkan hasil tangkapan drone melalui Pix4D, lalu diolah dalam software Civil 3D. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metodologi pembuatan

model 3D menggunakan photogrammetry, yang menjadi landasan penulisan skripsi ini.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan studi literatur disertai dengan mempelajari dan memahami penelitian terdahulu yang menjadi rujukan photogrammetry pada proses pengambilan data. Dengan lokasi penelitian proyek Pembangunan Jalan Tol Padang Sicincin berlokasi di Kab. Padang Pariaman Provinsi Sumatera Barat dan objek penelitian ini ada pada pekerjaan timbunan Sta 24+300 – 24+400. Dengan data primer berupa foto udara hasil dari *drone mapping* dan data sekunder berupa RAB. Data primer yang sudah diperoleh selanjutnya diolah pada software Pix4D guna mengintegrasikan algoritma photogrammetry sehingga dapat diperoleh gambar darat atau udara ke dalam peta digital dan model 3D [1]. Dan kemudian dapat diketahui apakah terdapat deviasi elevasi dan volume melalui pemodelan pada software BIM yaitu Civil 3D dan selanjutnya dapat dihitung biaya. Sehingga dari hasil tersebut dapat dibandingkan dengan data sekunder yang ada yaitu berupa RAB [9].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengambilan Data Volume

Pengambilan data timbunan STA 24+300 – 24+400 dengan metode manual, dalam analisis ini menggunakan Waterpass Merk Sokkia B40A. Untuk pengambilan data ini dilakukan oleh 4 orang surveyor. Waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data dari STA 24+300 – STA 24+400 selama 5 jam. Berikut adalah hasil pengukuran waterpass yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Waterpass

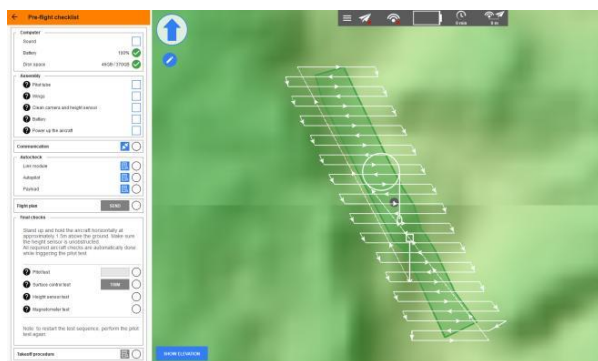
<i>Station</i>	<i>Point</i>	<i>Back Sight</i>	<i>Fore Sight</i>	<i>Ih</i> (BS + FS)	<i>Dist</i>	<i>Elevasi Actual</i>
	SPG6	4,326		44,011		39,685
	R6		0,820		26,000	43,191
	R5		0,876		24,000	43,135
	R4		0,654		20,000	43,357
	R3		0,382		15,000	43,629
	R2		0,217		10,000	43,794
	R1		0,558		5,000	43,453
24+400,0	CL		0,712		0,000	43,299
	L1		0,830		-5,000	43,181
	L2		0,892		-10,000	43,119
	L3		1,440		-12,000	42,571
	R5		0,865		24,000	43,146
	R4		0,588		20,000	43,423
	R3		0,379		15,000	43,632
	R2		0,470		10,000	43,541
	R1		0,368		5,000	43,643
24+390,0	CL		0,600		0,000	43,411
	L1		0,708		-5,000	43,303
	L2		0,849		-10,000	43,162
	L3		1,174		-12,000	42,837

Station	Point	Back Sight	Fore Sight	Ih (BS + FS)	Dist	Elevasi Actual
	L4		1,273		-14,000	42,738
	R6		1,033		24,000	42,978
	R5		0,720		23,000	43,291
	R4		0,744		20,000	43,267
	R3		0,503		15,000	43,508
	R2		0,838		10,000	43,173
	R1		0,764		5,000	43,247
24+380,0	CL		0,749		0,000	43,262
	L1		0,894		-5,000	43,117
	L2		1,008		-10,000	43,003
	L3		1,812		-13,000	42,199

3.2 Pengambilan Data Photogrammetry

Pengambilan data *Photogrammetry* dalam analisis kali ini menggunakan drone UAV Delair tipe UX-11 kemudian pengolahan data yang dihasilkan dari drone *photogrammetry* diolah menggunakan *Software* Pix4D 2022. Waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data dari STA 24+300 – STA 24+400 selama 45 menit. Berikut tahapan tahapan untuk pengambilan data *photogrammetry*:

- Pertama, *Flight plan* yakni area atau trase yang direncanakan untuk misi pengambilan data foto udara. Pada langkah ini, penulis memanfaatkan *software* Google Earth guna mendapatkan plan profile dan Delair Flight Deck Pro guna mendapatkan plan area drone untuk *take-off* dan *landing*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Plan Area Drone

- Kedua, pengambilan data dengan drone *photogrammetry* UAV UX-11 selama 30 menit, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengambilan Data Dengan Drone Photogrammetry

- Ketiga, validasi data drone dengan menggunakan *software* After Flight,2022. Kemudian di-export seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Export			
Altitude (WGS...	Longitude (C...	Latitude (CRS)	Altitude (CRS)
219.040m	98.47896538°	3.71537424°	219.040m
218.800m	98.47876337°	3.71534822°	218.800m
218.950m	98.47856321°	3.71535912°	218.950m
219.858m	98.47835946°	3.71539216°	219.858m
220.084m	98.47815910°	3.71542726°	220.084m
219.790m	98.47795793°	3.71546346°	219.790m
218.578m	98.47775777°	3.71546346°	218.578m

Gambar 3. Validasi Data Drone Berdasarkan Output Software

- Keempat, pengolahan data dari *software* After Flight,2022 dengan menggunakan *Software* Pix4D,2022. Pengolahan data *Photogrammetry* dilaksanakan untuk menghasilkan data DEM dan Orthomosaic yang selanjutnya diolah kembali untuk dijadikan *surface* pada *software* BIM yakni Civil 3D sehingga didapatkan *volume common borrow material*.

3.3 Pengolahan Data Volume

Data STA 24+300 – 24+400 berupa titik *point* yang didapat dari pengukuran waterpass serta DEM yang sudah didapatkan dari hasil pengolahan foto udara yang selanjutnya diolah kembali untuk dijadikan *surface* pada *software* BIM yaitu Civil 3D sehingga didapatkan

volume common borrow material. Volume yang dikeluarkan oleh *software* Civil 3D berbentuk tabel, seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Volume Data Waterpass

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
24+300	0.00	0.00	0.00	3.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24+310	0.00	0.00	0.00	2.60	29.80	0.00	0.00	29.80	-29.80
24+320	0.00	0.00	0.00	3.52	30.61	0.00	0.00	60.42	-60.42
24+330	0.00	0.00	0.00	3.52	35.19	0.00	0.00	95.61	-95.61
24+340	0.00	0.00	0.00	4.90	42.08	0.00	0.00	137.69	-137.69
24+350	0.00	0.00	0.00	4.50	46.98	0.00	0.00	184.67	-184.67
24+360	0.00	0.00	0.00	4.02	42.58	0.00	0.00	227.25	-227.25
24+370	0.00	0.00	0.00	4.67	43.45	0.00	0.00	270.70	-270.70
24+380	0.00	0.00	0.00	5.73	52.05	0.00	0.00	322.75	-322.75
24+390	0.00	0.00	0.00	10.10	79.16	0.00	0.00	401.91	-401.91
24+400	0.00	0.00	0.00	8.52	93.07	0.00	0.00	494.98	-494.98

Tabel 3. Volume Data Drone Photogrammetry

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
24+300	0.00	0.00	0.00	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24+310	0.00	0.00	0.00	1.30	14.61	0.00	0.00	14.61	-14.61
24+320	0.00	0.00	0.00	4.49	28.95	0.00	0.00	43.57	-43.57
24+330	0.00	0.00	0.00	4.79	46.40	0.00	0.00	89.97	-89.97
24+340	0.00	0.00	0.00	3.97	43.84	0.00	0.00	133.81	-133.81
24+350	0.00	0.00	0.00	4.33	41.54	0.00	0.00	175.35	-175.35
24+360	0.00	0.00	0.00	4.75	45.43	0.00	0.00	220.77	-220.77
24+370	0.00	0.00	0.00	4.57	46.61	0.00	0.00	267.38	-267.38
24+380	0.00	0.00	0.00	5.27	49.18	0.00	0.00	316.56	-316.56
24+390	0.00	0.00	0.00	8.80	70.33	0.00	0.00	386.89	-386.89
24+400	0.00	0.00	0.00	7.43	81.14	0.00	0.00	468.02	-468.02

Setelah data volume didapatkan dari output Civil 3D seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3, maka dapat dilakukan perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bangunan, standar pengupahan pekerja dan harga sewa/beli peralatan untuk menyelesaikan per

satuan pekerjaan timbunan baik pada metode manual maupun *photogrammetry* dengan rumus 1 [10].

$$\text{Jumlah Harga} = \text{Volume} \times \text{Harga Satuan} \quad (1)$$

Sehingga dapat diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. RAB Pekerjaan Timbunan Dengan Waterpass

No	Uraian	Lokasi	Volume				Jumlah Harga (Rp)
			Satuan	Kuantitas	Waktu	Harga Satuan (Rp)	
A	B		C	D		E	F=D*E
1	Tenaga Kerja:	24+300 - 24+400	Org/jam				
	Surveyor			1	5	25.714,29	128.571,45
	Asisten Surveyor			3	5	15.714,29	235.714,35
2	Alat Waterpass Sokkia		Set	1		9.000.000,00	9.000.000,00
3	Galian Biasa untuk Timbunan 0-5 km		M3	494,97		82.549,88	40.859.714,10
Harga							50.223.999,00

Tabel 5. RAB Pekerjaan Timbunan Dengan Drone *Photogrammetry*

No	Uraian	Lokasi	Volume			Jumlah Harga (Rp)	
			Satuan	Kuantitas	Waktu		Harga Satuan (Rp)
A	B		C	D	E	F=D*E	
1	Tenaga Kerja:	24+300 - 24+400	Org/jam				
	Surveyor			1	1	25.714,29	25.714,29
	Asisten Surveyor			1	1	15.714,29	15.714,29
2	Alat Drone Fotogrammetry		Set	1	572.000.000,00	572.000.000,00	
3	Galian Biasa untuk Timbunan 0-5 km		M3	468,02	82.549,88	38.634.994,84	
			Harga	610.676.423,00			

Dari Tabel 4 dan Tabel 5, maka dapat dilihat dari segi biaya bahwa biaya pada penggunaan *drone photogrammetry* lebih besar dibandingkan dengan biaya pada penggunaan *waterpass*. Hal ini disebabkan oleh biaya pengadaan *drone photogrammetry* jauh lebih mahal. Tetapi dalam segi *quantity*, waktu dan hasil untuk penggunaan jangka panjang, *drone photogrammetry* lebih memiliki keunggulan antara lain:

- Menghasilkan pemodelan tiga dimensi atau volume yang akurat [5].
- Jumlah tenaga operasional yang dibutuhkan lebih sedikit.
- Memerlukan waktu yang lebih singkat dan efisien [8].
- Output* yang dihasilkan *drone photogrammetry* konsisten dengan tingkat akurasi 0 – 2 cm.

4. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode *drone photogrammetry* dirasa lebih efektif karena hanya membutuhkan waktu 4 jam lebih 15 menit beserta dengan pengolahannya pada software Pix4D atau selisih 45 menit dibandingkan metode konvensional berupa *waterpass* yang membutuhkan waktu 5 jam. Serta pada pekerjaan timbunan, biaya yang dikeluarkan dengan metode *photogrammetry* yang meliputi biaya alat dan SDM sebesar Rp610.676.423,-, dirasa lebih mahal dibandingkan dengan metode konvensional *waterpass* yang hanya mengeluarkan biaya sebesar Rp 50.223.999,-. Namun apabila hanya dilihat dari segi volume tanpa alat serta SDM, biaya yang dikeluarkan pada metode *photogrammetry* lebih terjangkau yakni Rp 38.634.994,84,-, selisih Rp2.234.719,26 dengan metode manual, serta dalam segi *quantity*, waktu dan hasil untuk penggunaan jangka panjang *drone photogrammetry* lebih unggul dibandingkan dengan pengambilan data menggunakan *waterpass*. Sehingga, strategi untuk penerapan metode *photogrammetry* dapat dijadikan sebagai salah satu solusi meningkatkan kinerja proyek infrastruktur jalan tol selanjutnya.

Daftar Rujukan

- [1] N. A. Failsur, D. Suwandhi and Mertotaroen, "Monitoring Geometri konstruksi Jalan Tol Mempergunakan Fotogrametri

Wahana Tanpa Awak," *Jurnal Seminar Nasional Geomatika*, vol. 3, no. 29, 2019.

- [2] A. A. Kadzafi, M. Khamim and Marjono, "Penyusunan Project Planning Pembangunan Jalan Tol Balikpapan - Samarinda Seksi 2.2," *JOS - MRK*, vol. 2, no. 3, pp. 195-201, 2021.
- [3] P. Laksana and M. Huda, "Identifikasi Tingkat Kepentingan Penerapan Manajemen Proyek Konstruksi Berdasarkan ISO 21500 pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Gereja Mawar Sharon Kota Surabaya)," vol. 7, 2019.
- [4] M. Mar'aini and Y. R. Akbar, "Penentuan Jalur Kritis untuk Manajemen Proyek (Studi Kasus Pembangunan Jalan Selensan-Kota Baru-Bagan Jaya)," *Jurnal Pustaka Manajemen (Pusat Aset Kajian Manajemen)*, vol. 2, no. 1, pp. 6-13, 2022.
- [5] N. I. K. Dewi, "Photogrammetry dalam Perancangan: Pemetaan dan Pemodelan Kawasan Desa Wisata," *Jurnal Arsitektur Terracotta*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [6] S. D. Tjiong and N. B. Yudo Prasetyo, "Analisis Pemodelan 3 Dimensi Pada Metode Close Range Photogrammetry Menggunakan Free and Open Source Software," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 10, no. 1, pp. 216-223, 2021.
- [7] Fajrin, P. S. Apriliansyah and Defwalidi, "Pemetaan 3D Bangunan Cultural Heritage Panggung Krapyak Dengan Teknik Close Range Photogrammetry," *El-Jughrafiyah*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [8] D. L. Elian, "Analisa biaya, Mutu, dan Waktu Pengambilan Data Topografi Mempergunakan Metode Terestris dan Drone Mapping atau UAV (Unmanned Aerial Vehicle)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 9, no. 3, 2021.
- [9] M. R. S. Budi and A. S. Manggala, "Perbandingan Estimasi Anggaran Biaya dan Schedule Proyek Pembangunan Rumah Sakit Al Huda Banyuwangi mempergunakan Metode SNI dan Metode Bow," *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, vol. 3, no. 2, 2018.
- [10] P. W. Mahesa, T. T. Arsjad and D. R. O. Walangitan, "RENCANA ANGGARAN BIAYA PADA JEMBATAN LATUPPA- BASTEM KECAMATAN MUNGKAJANG, KOTA PALOPO," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 9, no. 4, pp. 763-770, 2021.