

ANALISIS GALIAN DAN TIMBUNAN BANGUNAN EMBUNG DENGAN METODE 3D DAN METODE POTONGAN PENAMPANG (STUDI KASUS: PEKERJAAN TUBUH EMBUNG PADA PEMBANGUNAN EMBUNG KIPP DI IKN NUSANTARA)

¹Adib Ainus Said*, ²Ardiansyah Kesuma Mulya*,
³Muhamad Rusli Ahyar, ⁴Juny Andry Sulistyo

^{1,2,3,4} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:

30202300178@std.unissula.ac.id, 30202300184@std.unissula.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan embung merupakan bagian penting dari infrastruktur sumber daya air yang berfungsi sebagai tampungan air untuk irigasi dan pengendalian banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis volume galian dan timbunan pada tubuh embung menggunakan metode 3D dan metode potongan penampang, serta menentukan perbandingan interval penampang terhadap panjang embung yang optimal. Studi kasus dilakukan pada proyek pembangunan embung di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP) Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara. Metode penelitian yang digunakan bersifat kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Data yang dianalisis merupakan data topografi dan desain embung, yang kemudian dihitung volumenya menggunakan metode 3D dan metode potongan penampang. Volume aktual digunakan sebagai acuan untuk menentukan keakuratan hasil perhitungan. Hasil penelitian menunjukkan volume galian menggunakan metode potongan penampang sebesar 4.088,79 m³ (selisih 0,90%), sedangkan volume timbunan sebesar 5.350,55 m³ (selisih 0,86%). Metode pemodelan 3D menghasilkan volume galian sebesar 4.024,42 m³ (selisih 0,68%) dan timbunan sebesar 5.235,23 m³ (selisih 3,00%). Untuk mencapai efisiensi dan akurasi optimal, pekerjaan galian memerlukan perbandingan interval terhadap panjang embung sebesar 1 : 24, sedangkan pekerjaan timbunan cukup pada rasio 1 : 12.

Kata Kunci: embung; galian; timbunan; volume aktual

Abstract

Small dam construction is a crucial component of water resource infrastructure, functioning as water storage for irrigation and flood control. This research aims to analyze cut and fill volumes of dam body using 3D modeling and cross-sectional methods, as well as to determine the optimal ratio of the cross-section interval to the dam's length. The case study was conducted at a construction project within KIPP IKN Nusantara. The research employs a quantitative case study approach. Topographical and design data were analyzed to calculate volumes through both 3D and cross-sectional methods, with actual volumes serving as the benchmark for accuracy. The results indicate that the cross-sectional method yielded a cut volume of 4.088,79 m³ (0,90% deviation) and a fill volume of 5.350,55 m³ (0,86% deviation). Meanwhile, 3D modeling resulted in a cut volume of 4.024,42 m³ (0,68% deviation) and a fill volume of 5.235,23 m³ (3,00% deviation). To achieve optimal efficiency and accuracy, excavation work requires an interval-to-length ratio of 1:24, while embankment work is sufficient at a ratio of 1:12.

Keywords: *small dam, cut, fill, actual volumes*

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan amanat Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 yang kemudian diperbarui melalui Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2023, IKN Nusantara dirancang untuk menjadi katalisator transformasi ekonomi Indonesia yang bersifat Indonesia-sentris (Humas Otorita Ibu Kota Nusantara, 2025a). Dengan luas wilayah daratan mencapai 252.660 hektare, tantangan utama dalam pengembangan kawasan ini adalah penyediaan infrastruktur dasar yang mampu beradaptasi dengan iklim tropis dan topografi bergelombang khas Pulau Kalimantan (Redaksi Beranda Post, 2025).

Pembangunan infrastruktur sumber daya air, seperti embung, memiliki peran penting dalam konservasi air dan pengelolaan sumber daya air di berbagai wilayah. Embung berfungsi sebagai tampungan air sementara yang dapat digunakan untuk irigasi, pengendalian banjir, serta kebutuhan air lainnya. Embung MBH, sebagai salah satu infrastruktur air pertama yang diselesaikan di KIPP, menunjukkan bagaimana teknologi pintar dapat diintegrasikan ke dalam bangunan air. Dengan kapasitas tampung mencapai 66.000 meter kubik, embung ini dilengkapi dengan sistem manajemen air yang mampu mendeteksi kadar pH, suhu, dan kelembapan tanah secara *real-time* (kompusda, 2024). Dalam proses konstruksi embung, pekerjaan galian dan timbunan merupakan bagian yang krusial karena mempengaruhi stabilitas dan kapasitas tampungan embung.

Salah satu aspek utama dalam pekerjaan galian dan timbunan adalah penentuan volume tanah yang harus dipindahkan. Penentuan volume ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, di antaranya metode 3D dan metode potongan penampang. Metode 3D biasanya digunakan untuk perhitungan secara global berdasarkan luas dan kedalaman galian atau timbunan, sedangkan metode potongan penampang menggunakan pendekatan analisis geometris berdasarkan irisan melintang dari area yang akan digali atau ditimbun. Kesalahan dalam estimasi volume tanah tidak hanya berdampak pada pembengkakan anggaran, tetapi juga dapat menyebabkan ketidakseimbangan material di lapangan, yang

pada akhirnya mengganggu jadwal pelaksanaan proyek secara keseluruhan (Sari, Tri Amanda, & Yanti Rahayu, 2025).

Perhitungan volume pekerjaan tanah merupakan aspek fundamental dalam teknik sipil yang menghubungkan fase perencanaan dengan fase pelaksanaan dan pembiayaan. Akurasi dalam perhitungan galian dan timbunan sangat penting agar tidak terjadi ketimpangan antara pemilik pekerjaan dan penyedia jasa konstruksi. Dalam skala yang lebih luas, manajemen pekerjaan tanah yang efisien berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dengan meminimalkan jejak karbon yang dihasilkan dari aktivitas transportasi material tanah dan penggunaan alat berat (Kalyviotis, 2025).

Dalam konteks manajemen air, pembangunan embung dan kolam retensi di KIPP menjadi prioritas strategis untuk memastikan ketersediaan air berkelanjutan dan mitigasi risiko bencana (Humas Otorita Ibu Kota Nusantara, 2025b). Oleh karena itu, analisis akurat terhadap pekerjaan galian dan timbunan tubuh embung sangat diperlukan agar perencanaan dan pelaksanaan proyek dapat berjalan dengan optimal. Dengan membandingkan metode 3D dan metode potongan penampang, penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi dan akurasi dari masing-masing metode dalam perhitungan pekerjaan tanah.

2. METODE

Secara historis, industri konstruksi di Indonesia sangat bergantung pada metode konvensional untuk menghitung volume tanah, yakni metode potongan penampang melintang atau *Average End Area Method*. Metode ini beroperasi dengan prinsip penyederhanaan geometri, di mana volume dihitung berdasarkan rata-rata luas dua penampang yang berurutan dikalikan dengan jarak antar stasiun (STA) tersebut (Cheng & Jiang, 2013). Meskipun metode ini telah diakui secara luas dalam dokumen standar operasional prosedur dan kontrak konstruksi, efektivitasnya sering dipertanyakan saat dihadapkan pada medan topografi yang sangat kompleks dan tidak beraturan seperti yang ditemukan di lokasi IKN.

Metode ini merupakan teknik dua dimensi (2D) yang paling umum digunakan dalam proyek infrastruktur linier seperti jalan raya dan saluran irigasi. Prinsip dasarnya adalah membagi area pekerjaan menjadi segmen-segmen kecil sepanjang jalur alinyemen. Volume dihitung dengan merata-ratakan luas dua ujung potongan dan mengalikannya dengan jarak horizontal di antara keduanya (Autodesk, 2015).

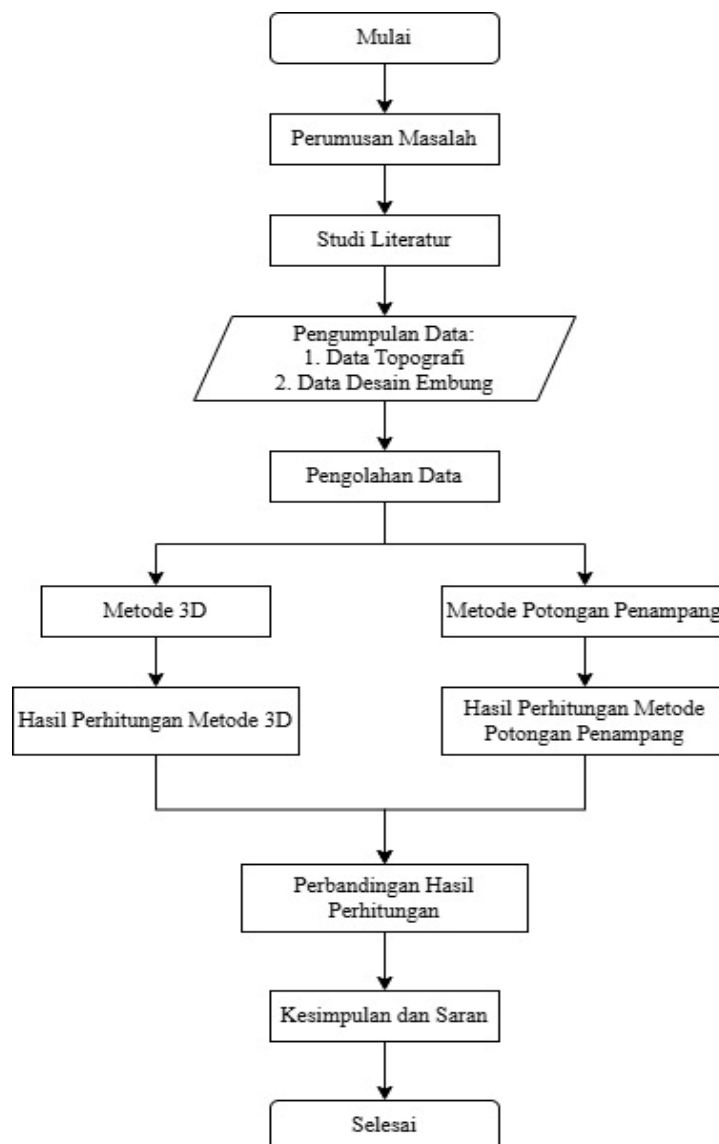
Kelemahan utama metode ini terletak pada ketergantungannya terhadap interval jarak antar penampang. Jika jarak antar penampang terlalu jauh, perubahan drastis pada topografi tanah di antara dua stasiun tidak akan terekam, sehingga menghasilkan nilai volume yang kurang akurat. Studi menunjukkan bahwa interval 30 meter seringkali menjadi ambang batas kritis di mana akurasi metode ini mulai menurun secara signifikan dibandingkan dengan metode berbasis permukaan (Vonderohe, Hintz, & Hanna, 2010).

Munculnya teknologi Building Information Modeling (BIM) dan perangkat lunak berbasis *Digital Terrain Modeling* (DTM) seperti AutoCAD Civil 3D telah membawa revolusi dalam cara para insinyur mengelola data spasial. AutoCAD Civil 3D memungkinkan pembuatan model permukaan tiga dimensi (3D) yang sangat presisi melalui mekanisme *Triangulated Irregular Network* (TIN). Dalam metode ini, volume tidak lagi dihitung berdasarkan interpolasi linear antar penampang, melainkan melalui

perbandingan langsung antara permukaan tanah asli (*existing ground*) dan permukaan rencana (*design surface*), yang sering disebut sebagai metode *surface-to-surface* (Abdul Al- Jabbar Hadi & Mokhalad Alhaydary, 2018).

Metode 3D menggunakan data koordinat tiga dimensi (X, Y, Z) dari lapangan untuk membentuk model permukaan digital. AutoCAD Civil 3D menggunakan algoritma TIN untuk menghubungkan titik-titik tersebut menjadi rangkaian segitiga yang tidak tumpang tindih. Perhitungan volume dilakukan dengan mengintegrasikan perbedaan ketinggian antara dua permukaan (misalnya permukaan tanah asli terhadap permukaan galian dasar embung) di seluruh area proyek.

Penelitian harus dilakukan secara terstruktur agar tujuan yang ingin dicapai dapat terealisasi dengan baik. Oleh karena itu, untuk mempermudah pemahaman serta alur pemikiran selama proses penelitian, diperlukan penyusunan bagan alir penelitian. Bagan alir tersebut memuat tahapan-tahapan serta proses yang akan dilalui dalam penelitian, yang disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan volume pekerjaan galian dan timbunan dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu metode potongan penampang dan metode 3D. Perbandingan dilakukan terhadap volume aktual yang dibuat oleh kontraktor. Hasil perhitungan dari ketiga metode menunjukkan adanya variasi nilai yang dipengaruhi oleh ketelitian pengambilan penampang, model permukaan, serta teknik pengolahan data. Berikut tabel hasil perhitungan volume dari masing-masing metode untuk pekerjaan galian dan timbunan.

Dalam perhitungan volume metode potongan penampang, penentuan luas penampang menjadi langkah yang penting karena volume diperoleh dari luas penampang dikalikan jarak antar potongan. Untuk menghitung luas penampang tersebut, digunakan rumus luas berdasarkan koordinat (*Shoelace Formula*), proses manual ini melibatkan perkalian silang antara koordinat jarak (X) dan elevasi (Y) dari setiap titik batas secara berurutan. Selisih antara jumlah perkalian silang tersebut dibagi dua menghasilkan luas bidang secara akurat, tanpa perlu melakukan penyederhanaan bentuk geometri. Penggunaan rumus ini memungkinkan perhitungan luas penampang galian dan timbunan dilakukan dengan presisi, terutama ketika bentuk penampang tidak beraturan. Setelah mengetahui luas penampang masing-masing STA, volume galian dan timbunan dapat dihitung dengan mengalikan luas penampang dengan jarak antar STA. Hasil perhitungan sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Volume dengan Metode Potongan Penampang

No	STA	Galian			Timbunan		
		Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)	Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)
1	0+020,00	0,00	0,46	2,28	0,00	0,00	0,00
2	0+025,00	0,91	4,50	22,51	0,00	4,48	22,41
3	0+030,00	8,09	15,00	75,02	8,97	18,19	90,95
4	0+035,00	21,92	34,22	171,12	27,42	41,41	207,06
5	0+040,00	46,53	58,36	291,80	55,41	74,18	370,88
6	0+045,00	70,19	90,09	450,46	92,95	116,17	580,86
7	0+050,00	110,00	103,23	516,13	139,40	139,39	696,96
8	0+055,00	96,45	88,85	444,23	139,39	139,39	696,96
9	0+060,00	81,24	72,57	362,83	139,40	130,33	651,65
10	0+065,00	63,89	41,22	206,10	121,26	104,40	522,01
11	0+070,00	18,55	20,09	100,47	87,54	79,64	398,22
12	0+075,00	21,64	38,05	190,24	71,75	69,15	345,77
13	0+080,00	54,46	55,81	279,04	66,56	59,82	299,09
14	0+085,00	57,16	50,46	252,28	53,07	42,59	212,93
15	0+090,00	43,75	36,86	184,29	32,10	23,21	116,04
16	0+095,00	29,97	33,87	169,33	14,32	12,31	61,55
17	0+100,00	37,77	46,51	232,55	10,30	10,30	51,49
18	0+105,00	55,25	27,63	138,14	10,30	5,15	25,75
Total				4088,79			
							5350,55

Berdasarkan Tabel 1, volume galian dimulai pada STA 0+020 hingga STA 0+105 dengan puncaknya pada STA 0+050 dimana volume galian mencapai 516,13 m³. Pola yang sama terjadi pada timbunan, dimana volume terbesar terdapat di area tengah trase (STA 0+045 hingga STA 0+060). Hal ini mengindikasikan bahwa area tersebut merupakan bagian

terdalam dari tubuh embung yang membutuhkan penggalian dan penimbunan masif untuk pembentukan profil desain. Total kumulatif galian sebesar 4088,79 m³ dan timbunan sebesar 5350,55 m³.

Name	2d Area(sq.m)	Cut(adjusted)(Cu. M.)	Fill(adjusted)(Cu. M.)	Net(adjusted)(Cu. M.)	Net Graph
☒ Volume Timbunan Tub...	2367.83	49.69	5284.91	5235.23<Fill>	
☒ Volume Galian Embung	2518.72	4079.32	54.85	4024.47<Cut>	

Gambar 2 Hasil Perhitungan Volume dengan Metode 3D

Data pada Gambar 2 menunjukkan hasil perhitungan volume metode 3D. Jika dibandingkan dengan Tabel 1, terdapat perbedaan pada galian maupun timbunan. Hal ini disebabkan oleh metode 3D dalam menginterpolasi bentuk tanah yang berbeda dengan metode potongan penampang yang menganggap tanah berbentuk linear antar STA. Total kumulatif galian sebesar 4024,42 m³ dan timbunan sebesar 5235,23 m³.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Volume Aktual

No	STA	Galian			Timbunan		
		Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)	Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)
1	0+010,00	0,00	2,12	21,18	0,00	0,00	0,00
2	0+020,00	4,24	6,14	61,42	0,00	4,50	45,02
3	0+030,00	8,05	27,24	272,40	9,00	32,26	322,56
4	0+040,00	46,43	78,67	786,68	55,51	97,54	975,39
5	0+050,00	110,90	95,87	958,74	139,57	139,57	1395,70
6	0+060,00	80,84	49,68	496,77	139,57	113,23	1132,28
7	0+070,00	18,51	36,84	368,39	86,89	76,78	767,80
8	0+080,00	55,17	49,61	496,10	66,67	49,43	494,26
9	0+090,00	44,05	40,54	405,40	32,18	21,25	212,55
10	0+100,00	37,03	18,51	185,14	10,33	5,17	51,66
Total				4052,19			5397,19

Tabel 2. menunjukkan perhitungan volume aktual menggunakan interval jarak yang lebih lebar, yaitu per 10 meter, dibandingkan dengan perhitungan potongan penampang yang menggunakan interval 5 meter. Meskipun demikian, total volume yang dihasilkan tetap berada dalam kisaran yang serupa, yaitu galian sebesar 4052.19 m³ dan timbunan 5397.19 m³.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Perhitungan Volume

Jenis Pekerjaan	Volume Potongan Penampang (m ³)	Volume 3D (m ³)	Volume Aktual (m ³)
Galian	4088,79	4024,47	4052,19
Timbunan	5350,55	5235,23	5397,19

Perbandingan volume dari masing – masing metode dilakukan dengan menghitung perbedaan dan persentase absolut terhadap volume aktual. Volume aktual adalah perhitungan akhir dari kontraktor yang berasal dari pengukuran lapangan. Nilai deviasi memberikan gambaran seberapa dekat hasil perhitungan potongan penampang dan 3D terhadap kondisi aktual. Bila deviasi kecil, maka metode tersebut dianggap memiliki akurasi yang baik. Perhitungan ini membantu menilai kelayakan penggunaan masing – masing metode pada proyek sejenis.

Tabel 4. Perbandingan Volume Metode Potongan Penampang dengan Volume Aktual

Jenis Pekerjaan	Volume Aktual (m ³)	Volume Potongan Penampang (m ³)	Perbedaan Volume (m ³)	Persentase (%)
Galian	4052,19	4088,79	36,60	0,90
Timbunan	5397,19	5350,55	-46,64	0,86

Berdasarkan Tabel 4., metode potongan penampang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan persentase perbedaan di bawah 1%. Pada pekerjaan galian, terdapat perbedaan sebesar 0,90%, sedangkan pada timbunan terjadi perbedaan sebesar 0,86%. Kecilnya angka perbedaan menunjukkan bahwa metode potongan penampang cukup selaras dengan perhitungan volume aktual.

Tabel 5. Perbandingan Volume Metode 3D dengan Volume Aktual

Jenis Pekerjaan	Volume Aktual (m ³)	Volume 3D (m ³)	Perbedaan Volume (m ³)	Persentase (%)
Galian	4052,19	4024,47	-27,72	0,68
Timbunan	5397,19	5235,23	-161,96	3,00

Pada Tabel 5., metode 3D menunjukkan selisih yang sedikit lebih besar dibandingkan metode potongan penampang, dengan perbedaan galian sebesar 0,68% dan timbunan 3,00%. Perbedaan ini terjadi karena metode 3D memperhitungkan bentuk tanah secara tiga dimensi (*TIN Surface*), sedangkan volume aktual menghitung berdasarkan pengukuran lapangan. Meskipun demikian, rata – rata persentase perbedaan yang masih di bawah 2% menunjukkan bahwa metode 3D layak digunakan sebagai estimasi cepat yang reliabel.

Interval adalah jarak atau spasi antar penampang di sepanjang sumbu embung, yang bertujuan untuk merepresentasikan perubahan bentuk tanah secara mendetail agar luas penampang menghasilkan perhitungan volume yang presisi dan mendekati kondisi nyata di lapangan. Variasi interval menghasilkan jumlah penampang yang berbeda. Semakin

kecil jarak antar penampang (setiap 5 m, 10 m, 15 m, 20 m), maka semakin banyak kontur yang terwakili. Dengan membandingkan interval dan panjang embung, dapat dilihat bahwa penggunaan penampang yang lebih rapat meningkatkan akurasi tetapi membutuhkan waktu dan tenaga perhitungan yang lebih besar. Analisis ini membantu menentukan rasio ideal antara interval dan panjang embung agar hasil perhitungan potongan penampang tetap efisien namun akurat.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Volume dengan Interval 10 Meter

No	STA	Galian			Timbunan		
		Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)	Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)
1	0+020,00	0,00	4,05	40,45	0,00	4,48	44,83
2	0+030,00	8,09	27,31	273,10	8,97	32,19	321,86
3	0+040,00	46,53	78,26	782,63	55,41	97,40	974,02
4	0+050,00	110,00	95,62	956,17	139,40	139,40	1393,97
5	0+060,00	81,24	49,89	498,94	139,40	113,47	1134,70
6	0+070,00	18,55	36,50	365,02	87,54	77,05	770,51
7	0+080,00	54,46	49,10	491,04	66,56	49,33	493,28
8	0+090,00	43,75	40,76	407,59	32,10	21,20	211,97
9	0+100,00	37,77	18,88	188,83	10,30	5,15	51,49
Total				4003,75			5396,61

Pada Tabel 6. terdapat perhitungan volume dengan interval 10 meter yang menunjukkan total galian sebesar 4003.75 m³ dan timbunan sebesar 5396.61 m³.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Volume dengan Interval 15 Meter

No	STA	Galian			Timbunan		
		Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)	Area (m ²)	Rata - rata (m ²)	Volume (m ³)
1	0+015,00	0,00	4,05	60,68	0,00	4,48	67,24
2	0+030,00	8,09	39,14	587,09	8,97	50,96	764,33
3	0+045,00	70,19	75,71	1135,70	92,95	116,17	1742,57
4	0+060,00	81,24	51,44	771,59	139,40	105,57	1583,57
5	0+075,00	21,64	32,70	490,44	71,75	51,92	778,82
6	0+090,00	43,75	49,50	742,55	32,10	21,20	317,96
7	0+105,00	55,25	27,63	414,41	10,30	5,15	77,24
Total				4202,45			5331,71

Pada Tabel 7. terdapat perhitungan volume dengan interval 15 meter yang menunjukkan total galian sebesar 4202,45 m³ dan timbunan sebesar 5331,71 m³. Saat interval diperlebar mulai terlihat pergeseran nilai volume yang cukup signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan jarak yang lebih jauh, ada bagian galian (cekungan) yang terhitung berlebih karena asumsi tanah yang lurus.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Volume dengan Interval 20 Meter

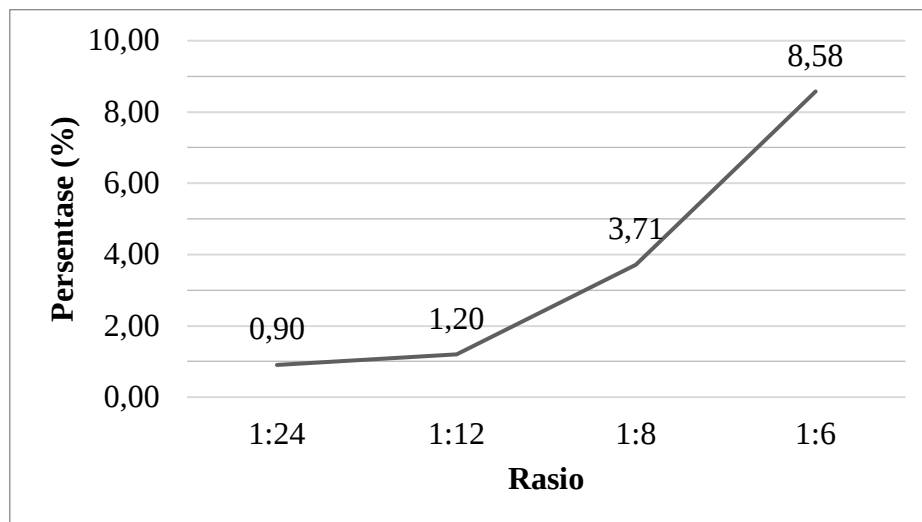
No	STA	Galian			Timbunan		
		Area	Rata - rata	Volume	Area	Rata - rata	Volume
		(m ²)	(m ²)	(m ³)	(m ²)	(m ²)	(m ³)
1	0+020,00	0,00	23,27	465,30	0,00	27,70	554,06
2	0+040,00	46,53	63,88	1277,68	55,41	97,40	1948,03
3	0+060,00	81,24	67,85	1356,93	139,40	102,98	2059,57
4	0+080,00	54,46	46,11	922,20	66,56	38,43	768,58
5	0+100,00	37,77	18,88	377,65	10,30	5,15	102,98
Total				4399,76			5433,22

Pada Tabel 8. perhitungan volume dengan interval 20 meter, menunjukkan hasil perhitungan yang semakin besar. Total galian mencapai 4399,76 m³ dan timbunan mencapai 5433,22 m³, jauh di atas nilai referensi. Jarak antar penampang yang terlalu lebar gagal menangkap perubahan kontur tanah yang drastis, menyebabkan volume terhitung lebih besar dari kondisi aktual.

Tabel 9. Perbandingan Volume Galian Variasi Rasio dengan Volume Aktual

Interval Penampang (m)	Panjang Embung (m)	Rasio	Volume Potongan Penampang (m ³)	Volume Aktual (m ³)	Persentase (%)
5	120	1:24	4088,79	4052,19	0,90
10	120	1:12	4003,75	4052,19	1,20
15	120	1:8	4202,45	4052,19	3,71
20	120	1:6	4399,76	4052,19	8,58

Tabel 9. menunjukkan tren kenaikan persentase deviasi volume galian yang signifikan seiring dengan bertambahnya jarak interval penampang. Pada interval 20 meter (rasio 1 : 6), persentase perbedaan naik hingga 8,58%. Sebaliknya, interval 5 meter (rasio 1 : 24) memberikan hasil paling mendekati yaitu 0,90%. Ini menegaskan bahwa untuk pekerjaan galian dengan kontur tidak beraturan, diperlukan interval yang rapat.

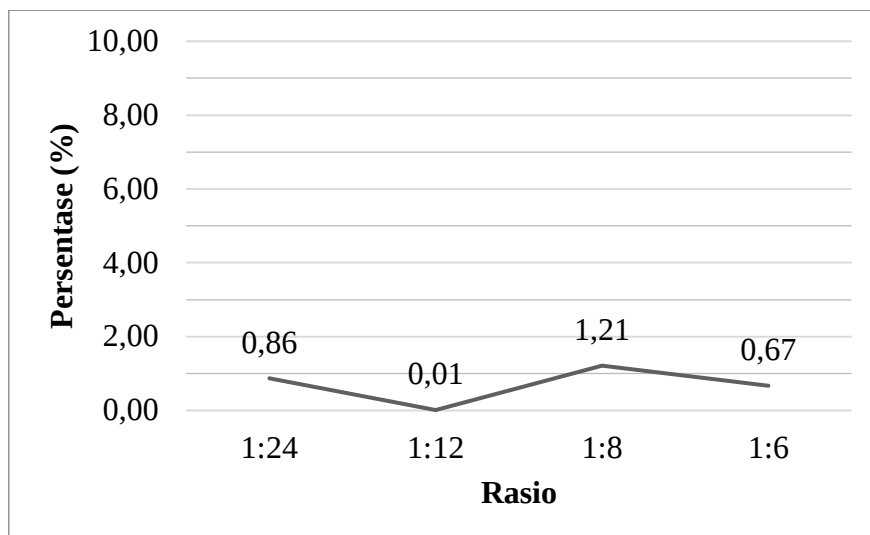


Gambar 3. Grafik Perbedaan Persentase Galian Variasi Rasio dengan Volume Aktual

Tabel 10. Perbandingan Volume Timbunan Variasi Rasio dengan Volume Aktual

Interval Penampang (m)	Panjang Embung (m)	Rasio	Volume Potongan Penampang (m ³)	Volume Aktual (m ³)	Persentase (%)
5	120	1:24	5350,55	5397,19	0,86
10	120	1:12	5396,61	5397,19	0,01
15	120	1:8	5331,71	5397,19	1,21
20	120	1:6	5433,22	5397,19	0,67

Berbeda dengan galian, Tabel 10 menunjukkan tren grafik yang lebih stabil namun terdapat anomali dimana interval 10 meter (rasio 1 : 12) justru menghasilkan perbedaan terkecil, yaitu 0,01%, dibanding interval 5 meter. Hal ini kemungkinan disebabkan karena profil timbunan cenderung lebih seragam dan linear dibandingkan tanah asli, sehingga rasio 1 : 12 sudah cukup optimal untuk merepresentasikan bentuk geometri timbunan tanpa perlu perhitungan yang terlalu rapat.



Gambar 4. Grafik Perbedaan Persentase Timbunan Variasi Rasio dengan Volume Aktual

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perhitungan volume galian dan timbunan pada pekerjaan tubuh embung menggunakan metode potongan penampang, metode 3D, dan acuan volume aktual dari kontraktor, diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Perhitungan volume galian dan timbunan pada tubuh embung dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu metode 3D dan metode potongan penampang. Metode 3D menghasilkan volume galian sebesar 4024,47 m³ dan volume timbunan sebesar 5235,23 m³. Metode potongan penampang menghasilkan volume galian sebesar 4088,79 m³ dan volume timbunan sebesar 5350,55 m³.
2. Perbedaan hasil perhitungan antara metode 3D dan potongan penampang cukup signifikan, dengan metode potongan penampang menghasilkan nilai yang lebih mendekati volume aktual. Metode 3D menghasilkan perbedaan persentase volume sebesar 0,68% pada galian dan 3,00% pada timbunan (rata-rata persentase 1,84%).

Metode potongan penampang menghasilkan perbedaan persentase volume sebesar 0,90% pada galian dan 0,86% pada timbunan (rata-rata persentase 0,88%).

3. Rasio optimal antara interval dan panjang embung penampang yang menghasilkan deviasi terkecil terhadap volume aktual adalah 1 : 24 untuk galian dan 1 : 12 untuk timbunan. Rasio 1 : 24 mampu menangkap variasi elevasi yang lebih kompleks pada galian sehingga kesalahan akumulatif lebih kecil. Sementara itu, pada timbunan, kontur lebih stabil sehingga rasio 1 : 12 sudah cukup akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Al- Jabbar Hadi, A., & Mokhalad Alhaydary, M. (2018). CALCULATIONS OF EARTHWORK QUANTITY BY USING CIVIL 3D. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 2018(06), 13–20.
<https://doi.org/10.31272/jeasd.2018.6.2>
- Autodesk. (2015, Juni 25). *Autodesk Civil 3D User's Guide Sectional Volume Methods*.
- Cheng, J., & Jiang, L. (2013). Accuracy Comparison of Roadway Earthwork Computation between 3D and 2D Methods. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 1277–1285. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.145>
- Humas Otorita Ibu Kota Nusantara. (2025a). *Siaran Pers Pembangunan Embung dan Kolam Retensi Digarap, Otorita IKN Pastikan Ketersediaan Air Berkelanjutan*. Ibu Kota Nusantara.
- Humas Otorita Ibu Kota Nusantara. (2025b, November 28). *Pembangunan Embung dan Kolam Retensi Digarap, Otorita IKN Pastikan Ketersediaan Air Berkelanjutan*. Diambil 14 Januari 2026, dari <https://www.ikn.go.id/pembangunan-embung-dan-kolam-retensi-digarap-otorita-ikn-pastikan-ketersediaan-air-berkelanjutan>
- Kalyviotis, N. (2025). Earthworks quantification with building information modelling for linear infrastructure. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*. <https://doi.org/10.1680/jensu.24.00187>
- kompusda. (2024, Oktober 25). *Embung MBH di IKN: Menjaga Konservasi Air dan Mendukung Konsep Smart Forest City - Direktorat Jenderal Sumber Daya Air*. Diambil 14 Januari 2026, dari https://sda.pu.go.id/post/detail/embung_mbh_di_ikn_menjaga_konservasi_air_dan_mendukung_konsep_smart_forest_city
- Redaksi Beranda Post. (2025, November 28). *Otorita IKN Bangun Embung dan Kolam Retensi Air*. Diambil 14 Januari 2026, dari <https://berandapost.com/2025/11/28/otorita-ikn-bangun-embung-dan-kolam-retensi-air/>
- Sari, A., Tri Amanda, R., & Yanti Rahayu, S. (2025). Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Timbunan Tanggul dengan Metode Penampang Rata-Rata Menggunakan Autocad Civil 3D dengan Menggunakan Microsoft Excel. *Jurnal Deformasi*, 10(1), 18–25.
- Vonderohe, A., Hintz, C., & Hanna, A. (2010). *3D Design Terrain Models for Construction Plans and GPS Control of Highway Construction Equipment*.