



ANALISIS PERBANDINGAN VOLUME METODE PENAMPANG RATA-RATA, COMPOSITE VOLUME, DAN PRISMPOIDAL UNTUK JALAN BERKELOK

Ivan Firmansyah*, Yuwono*, Yanto Budisusanto*

Departemen Tekbik Geomatika, FTSPK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

^{*)}Corresponding author, email: van.frmn@gmail.com, yuwono@geodesy.its.ac.id,
yanto_b@geodesy.its.ac.id

ABSTRACTS

In building and road works, the calculation of excavation and embankment volumes is an engineering survey activity. Longitudinal and transverse profile drawings describe the relief of the ground surface in road works and are the basis for calculating the volume and position of excavations and embankments. Volume calculation is very important in highway construction because it can affect the amount of cost that will be obtained. The material volume calculation process uses various methods. The existing conditions of the tuban ring road are currently under construction and the volume calculation process still uses manual calculations. This research aims to calculate the volume of excavation by utilizing survey data processing applications on winding roads whose results will be compared with the volume of manual calculation results as data that is considered correct. The volume calculation analysis uses the ASTM tolerance test standard deviation with a tolerance limit of 2.78% as a condition of volume calculation accuracy. Based on the results of the standard deviation in the fill calculation, the average cross-section method is 2,665 m³ compared to the prismatic method which is worth 4,001 m³ and composite volume with a value of 15,530 m³. In the fill calculation, the prismatic method has the smallest average standard deviation of 6.897 m³ compared to the average cross-section method of 12.611 m³ and the composite volume method of 19.777 m³. In the ASTM tolerance test with a tolerance value of 2.78% there is a volume calculation that does not meet the tolerance standards in the composite volume method with the largest difference in the calculation of cut and fill bend 3 with a difference of 3.998% cut and 16.277% fill and the smallest difference in the calculation of cut and fill bend 2 with a difference of 0.506% cut and 2.618% fill. The average cross-section method has better accuracy when applied to road bends, especially bends 1, 3, and 4 when compared to the results of the composite volume method. The prismatic method has better accuracy when applied to road bends with bend-like characteristics.

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted/Received: 21 Mei 2023

First Revised: 2 Juni 2023

Accepted: 13 Juni 2023

First Available online: 28 Juni 2023

Publication Date: 01 Juli 2023

Keywords:

Composite volume, Penampang Rata- Rata, Prismoidal, , Volume cut, Volume fill

1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan bangunan dan jalan raya perhitungan volume galian dan timbunan adalah bagian dari kegiatan survei rekayasa. (Uguy, R., & Pangalila, L. 2022). Gambar profil memanjang dan melintang digunakan untuk menggambarkan relief permukaan tanah pada pekerjaan jalan raya. Penggambaran profil sesuai dengan perencanaan perkerasan jalan raya. Gambar tersebut diperlukan untuk perhitungan volume dan mengetahui posisi galian dan timbunan tanah (Sestras, P. 2021). Tujuan mengetahui lokasi galian dan timbunan salah satunya untuk mempertimbangkan pengangkutan material tanah di area pekerjaan. Jumlah volume pekerjaan tanah berpengaruh juga pada biaya yang dibutuhkan pada pekerjaan yang dilakukan. Dalam melakukan proses perhitungan volume material, terdapat berbagai metode seperti metode penampang rata-rata, kontur, dan *borrow pit*. Pada pekerjaan pembangunan jalan raya perhitungan volume umumnya menggunakan metode penampang rata-rata (Azzumardi, I. A., Budisusanto, Y., & Yuwono, Y. 2022).

Konsep penghitungan volume dengan metode potongan melintang rata-rata dengan mengasumsikan perubahan pada luas potongan melintang antara kedua ujung yang sebanding dengan jarak kemudian luas potongan melintang pertama dan kedua ujung diukur kemudian dirata-rata. (Purwati, D. N. 2020). Perkalian antara rata-rata dari luas dengan jarak dengan kedua ujung maka volume tanah dapat dihasilkan. Metode Prismoidal sering diperlukan jika permukaan tanah yang ada sangat tidak teratur di antara potongan yang berdekatan. Dengan metode ini, maka penaksir menambahkan penampang tambahan di tengah-tengah antara dua bagian sehingga membentuk tiga penampakan (Azzumardi, I. A., Budisusanto, Y., & Yuwono, Y. 2022). Prinsip hitungan pada metode composite sama seperti penentuan volume dengan garis kontur, namun rumus yang digunakan adalah rumus *average end area*, dimana area diasumsikan sebagai area yang terdiri dari penampang - penampang dengan luas yang dibatasi oleh garis kontur tertentu, dengan jarak antar penampang adalah sebesar interval kontur.

Penelitian terdahulu oleh Azzumardi (2022) yang mengkaji mengenai volume *cut* (galian) dan *fill* (timbunan) dengan studi area jalan raya yang lurus tanpa kelok. penampakan (Azzumardi, I. A., Budisusanto, Y., & Yuwono, Y. 2022). Penelitian tersebut menunjukkan hasil perhitungan pada jalan lurus atau area memanjang yang lurus cenderung memiliki selisih perhitungan yang kecil terhadap hasil acuan yang dianggap benar. Penelitian lainnya oleh Yusuf (2018) mengkaji tentang perhitungan volume dengan studi area jalur pelayaran laut dengan kondisi memanjang dan lurus juga menunjukkan bahwa hasil perhitungan pada kondisi tersebut memiliki selisih yang kecil. Atas dasar tersebut pada penelitian ini dilakukan pada kondisi jalan tikungan atau area memanjang yang berkelok, dengan mengasumsikan perhitungan pada jalan berkelok lebih rumit disbanding jalan lurus atau area memanjang lurus karena kondisi pada tikungan sedikit berbeda dengan jalan lurus (Yusuf, I. M. 2018).

Kondisi eksisting jalan lingkaran yang saat ini dilakukan pembangunan dimana pihak kontraktor dalam melakukan pembangunan masih melakukan perhitungan secara manual. (Caley, D. H., & Trimurtiningrum, R. 2023). Penelitian ini mengkaji perhitungan volume menggunakan metode perhitungan yang ada pada aplikasi pengolahan data survei pada jalan berkelok menggunakan perangkat lunak pengolahan data survei terhadap hasil perhitungan volume *cut and fill* secara manual menggunakan perangkat lunak pengolahan angka sebagai data yang dianggap benar. Metode pengujian standar deviasi dan ASTM digunakan untuk menguji ketelitian perhitungan volume masing-masing metode dengan batas toleransi 2,78%.

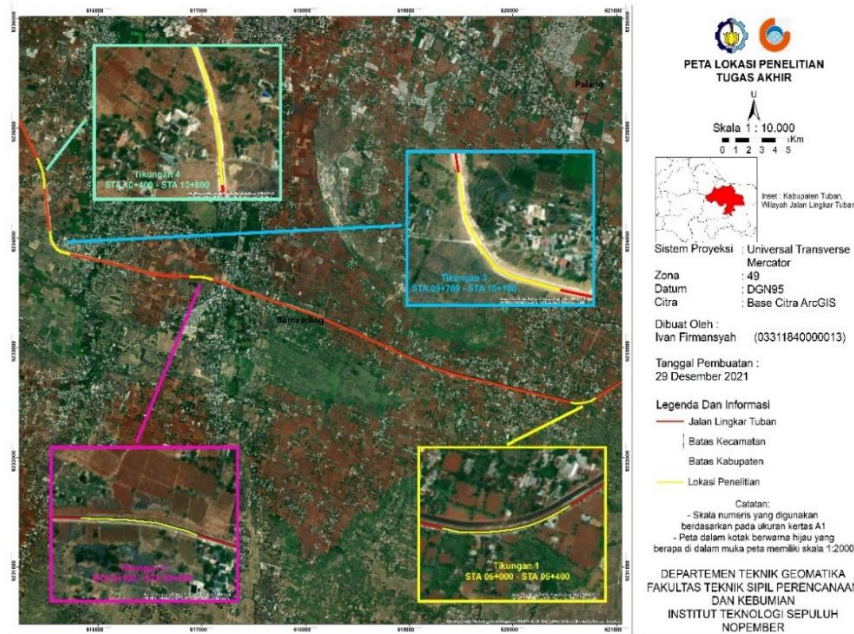
Selain penelitian oleh Azzumardi (2022) dan Yusuf (2018) adapun penelitian lainnya oleh Lama (2019) yang bertujuan untuk melakukan analisa ketelitian volume galian menggunakan data gridding dengan interpolasi data dan data tanpa gridding didapatkan hasil bahwa dari data pengukuran dan metode gridding dan tanpa gridding yang digunakan, hasil hitungan terbaik diperoleh pada metode gridding Kriging yang artinya untuk sebaran data yang berjauhan, perlu dilakukan proses interpolasi gridding, namun perlu dipertimbangkan terhadap hasil RMSE (Lama, A.R. 2019).

Adapun perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu adalah pada penelitian terdahulu menggunakan metode *grid* dan *TIN*, serta adanya perbedaan studi kasus penelitian yaitu pada alur pelayaran dan bendungan. Terdapat juga persamaan pada penelitian oleh azumardi (2022) dan yusuf (2018) yaitu penggunaan metode penampang rata – rata ,namun pada penelitian penulis terdapat metode tambahan yaitu metode *prismoidal* dan *composite volume*.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Jalan Lingkaran Tuban STA 4+907 hingga STA 11+000 yang terletak di Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Jawa Timur dengan dengan koordinat awal 112° 5' 55.09" LU; 6° 56' 19.143" BB dan koordinat akhir 112° 2' 39.955" LU ; 6° 55' 18.289" BB. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Lokasi Penelitian dengan warna kuning adalah jalan yang akan dilakukan perhitungan volume. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data hasil pengukuran topografi (profil memanjang dan profil melintang) dengan interval STA 25 meter. Terdapat beberapa peralatan dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, laptop/PC, perangkat lunak pengolahan data survei, dan *Microsoft Office 365*.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: Hasil Analisis (2023)

2.2. Metode

Pada tahapan pengolahan data terdiri dari pembuatan rencana jalan, dan perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan metode penampang rata – rata, *composite volume* dan *prismoidal*. Sehingga terdapat tiga volume galian dan timbunan. (Siswanto, A. B., et.al. 2022) Dari hasil perhitungan dilakukan analisis menggunakan standard deviasi hasil volume pada setiap metode dan uji toleransi ASTM terhadap hasil perhitungan volume galian dan timbunan yang dianggap benar. Dalam penelitian ini hasil perhitungan volume galian dan timbunan yang dianggap benar adalah hasil perhitungan manual dari volume galian dan timbunan. Toleransi ASTM yang dimaksud adalah batas maksimal prosentase selisih hasil perbandingan volume sebesar 2,78%.

Pada perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan perangkat lunak pengolah data survei, terlebih dahulu membuat *Surface model*, dan *target surface* yang merupakan rencana dari perkerasan jalan. (Ariyanto, A. S. 2021). Kemudian membuat garis *centerline* sebagai alinemen dalam membuat *section* untuk menghitung volume galian dan timbunan menggunakan metode penampang rata - rata, *composite volume* dan *prismoidal*.

Metode pampang rata-rata dilakukan dengan cara mengalikan luas rata dari irisan yang ada dengan jarak antara irisan awal dan akhir. Berikut merupakan persamaan dalam menghitung volume menggunakan metode penampang rata-rata.

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \times d \quad (1)$$

Keterangan:

A : Luas penampang (m²)

d : Jarak antar penampang awal dan penampang akhir (m)

V : Volume penampang rata-rata (m^3)

Metode *Prismoidal* diperlukan jika permukaan tanah tidak teratur di antara potongan yang berdekatan. (Santoso, H., & Indrawan, I. G. B. 2022). Dengan metode ini, penaksir menambahkan penampang tambahan di tengah-tengah antara dua bagian sehingga membentuk tiga penampang. Formula Prismoidal dihitung melalui persamaan 2.

$$V = \frac{L}{3} [A_1 + \sqrt{A_1 + A_1 + A_2}] \quad (2)$$

Keterangan:

V : Volume (m^3)

A : Luas penampang (m^2)

L : Jarak (m)

Metode composite memiliki prinsip yang sama dengan metode kontur namun penggunaan rumusnya adalah *average end area*. (Dahlan, B. B., et.al. 2022). Metode ini mengasumsikan bahwa area terdiri dari penampang-penampang yang memiliki luas yang dibatasi oleh garis kontur tertentu dengan jarak antar penampang adalah sebesar interval. Metode dapat dinyatakan menggunakan persamaan (3)

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} D \quad (3)$$

Keterangan :

D : jarak antar tampang (interval kontur) (m)

A_1 : luas area yang dibatasi oleh garis kontur (m^2)

A_2 : luas area yang dibatasi oleh garis kontur (m^2)

Pada perhitungan volume galian dan timbunan secara manual menggunakan perangkat lunak pengolah angka menggunakan metode penampang rata rata sesuai persamaan (1) dimana sebelum menghitung volume perlu dilakukan perhitungan luas penampang menggunakan metode koordinat sebagaimana yang tertera pada persamaan (4). (Wahyudi, D. P., & Riyanto, A. 2023).

$$A = \frac{1}{2} |(\sum_{i=1}^n X_n Y_{n-1}) - (\sum_{i=1}^n X_n Y_{n+1})| \quad (4)$$

Keterangan:

A : Luas penampang (m^2)

Y : Nilai ordinat (m)

X : Nilai absis (m^3)

n : Jumlah data

Selanjutnya untuk perhitungan volume galian dan timbunan, dilakukan menggunakan prinsip perhitungan penampang rata-rata, dengan persamaan (5) (Yuwono, 2004).

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \times d \quad (5)$$

Keterangan:

A : Luas penampang (m²)

d : Jarak antar penampang awal dan penampang akhir (m)

V : Volume penampang rata-rata (m³)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan hasil perencanaan tikungan, yang diperoleh berdasar pembuatan alinyemen horizontal berdasarkan rencana jalan raya yang akan dibangun. Alinyemen tersebut disesuaikan dengan elevasi eksisting jalan raya dengan elevasi rencana jalan raya pada centerline jalan. Tipe 4 tikungan pada Jalan Lingkar Tuban adalah *Spiral-Circle-Spiral* dan *Spiral-Spiral* (Herdiana, A. D., & Herijanto, W. 2019) dengan rincian sebagai berikut :

- Tikungan 1

Berjenis tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, panjang jari - jari lengkung utama (RC) 325 m, panjang lengkung peralihan (LS) masing masing 55 m, dan panjang tikungan dari awal hingga akhir (ST – SC – CS – TS) 300,648 m

- Tikungan 2

Berjenis tikungan *Spiral – Spiral*, panjang jari - jari lengkung (RS) 477 m, panjang lengkung peralihan (LS) masing masing 100 m, dan panjang tikungan dari awal hingga akhir (ST - SS – TS) 200 m

- Tikungan 3

Berjenis tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, panjang jari - jari lengkung utama (RC) 170 m, panjang lengkung peralihan masing masing (LS) 180 m, dan panjang tikungan dari awal hingga akhir (ST – SC – CS – TS) 288,533 m

- Tikungan 4

Berjenis tikungan *Spiral – Spiral*, panjang jari - jari lengkung (RS) 525 m, panjang lengkung peralihan (LS) 75 m dan 73 m, dan panjang tikungan dari awal hingga akhir (ST - SS – TS) 148 m.

Pada gambar 2 hingga gambar 5 merupakan bentuk tikungan dengan keterangan sebagai berikut :

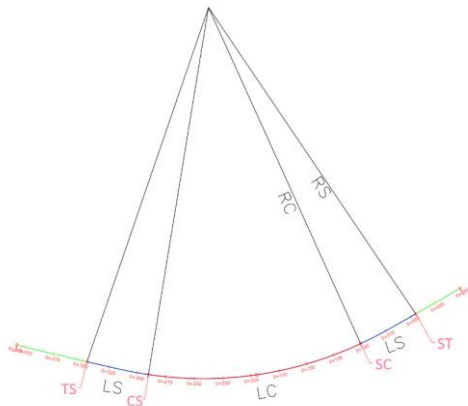
CS/SC : Awal atau akhir lengkung utama (*circle*)

TS/ST : Awal atau akhir lengkung peralihan (*spiral*)

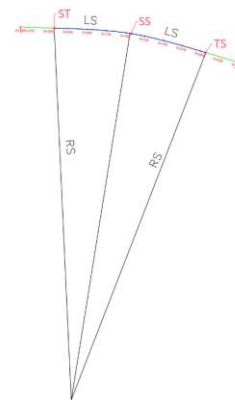
RS : Jari jari lengkung peralihan

RC : Jari jari lengkung utama

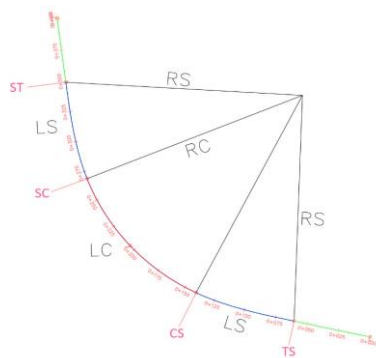
LC : Panjang lengkung utama



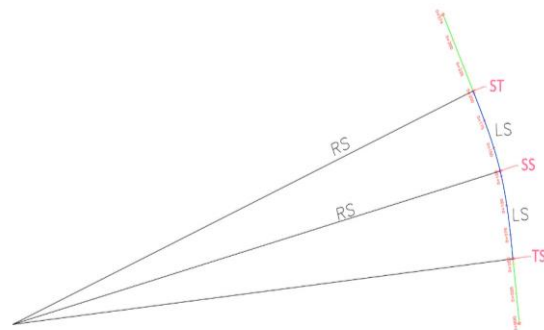
Gambar 2. Bentuk Tikungan 1
 Sumber: Hasil Analisis (2023)



Gambar 3. Bentuk Tikungan 2
 Sumber: Hasil Analisis (2023)

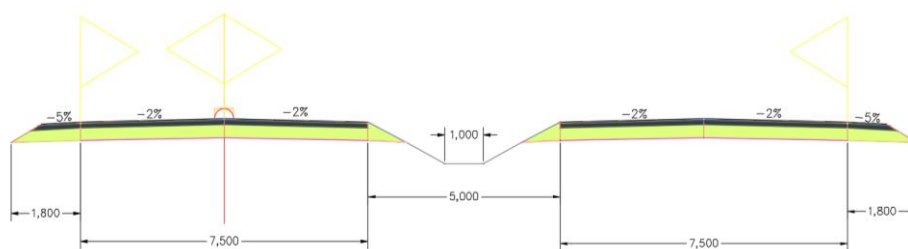


Gambar 4. Bentuk Tikungan 3
 Sumber: Hasil Analisis (2023)



Gambar 5. Bentuk Tikungan 4
 Sumber: Hasil Analisis (2023)

Surface Target pada penelitian ini adalah rencana perkerasan jalan sebagaimana yang dapat dilihat pada gambar 6. Rencana perkerasan jalan raya. Rencana perkerasan jalan terdiri dari tiga bagian jalan yaitu badan jalan dengan lebar 7,5 meter, bahu jalan dengan lebar 1,8 meter, dan median dengan lebar 5 meter.



Gambar 6. Rencana perkerasan jalan raya
 Sumber: Hasil Analisis (2023)

Perhitungan volume pada penelitian ini menggunakan tiga metode yaitu penampang rata-rata, *prismoidal*, dan *composite volume*. Sehingga didapatkan tiga volume *cut* dan *fill*, dimana seluruh hasil tersebut akan dibandingkan dengan nilai volume *cut and fill* yang dianggap benar. Pada Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan volume *cut and fill* pada jalan berkelok.

Tabel 1. Hasil Perhitungan volume

Volume	Metode Penampang Rata - rata (m ³)	Metode Prismoïdal (m ³)	Metode Composite Volume (m ³)	Perhitungan Manual (m ³)
Tikungan 1				
<i>Cut</i>	5509,21	5583,91	5556,09	5374,000
<i>Fill</i>	104,87	95,84	111,83	106,250
Tikungan 2				
<i>Cut</i>	1245,86	1246,38	1240,37	1246,673
<i>Fill</i>	4870,46	4775,49	4923,42	4797,807
Tikungan 3				
<i>Cut</i>	10416,07	10882,24	10505,86	2346,824
<i>Fill</i>	531,44	488,9	617,43	714,946
Tikungan 4				
<i>Cut</i>	2344,37	2335,15	2308,89	10943,349
<i>Fill</i>	732,42	671,04	651,05	531,226

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Berdasarkan hasil volume *cut and fill* tersebut, dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh tikungan dalam perhitungan volume serta menguji akurasi dari hasil yang telah didapatkan. Analisis pengaruh perubahan penggunaan interval dilakukan dengan menghitung standard deviasi dari setiap volume yang didapatkan pada setiap interval sebagaimana yang tercantum pada tabel 2 dan 3. Analisis ketelitian dilakukan dengan menghitung prosentase selisih perhitungan volume *cut* dan *fill* menggunakan perangkat lunak pengolah data survei terhadap perhitungan volume *cut* dan *fill* yang dianggap benar. Kemudian prosentase selisih tersebut akan dibandingkan dengan batas toleransi ASTM yaitu 2,78%. Selisih dan prosentase selisih perbandingan tersebut dapat dilihat melalui Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 2. Standar Deviasi Volume Fill

Tikungan	Penampang rata -rata (m ³)	Composite Volume (m ³)	Prismoïdal (m ³)
1	0,213360283	2,40907136	0,97617567
2	7,292433177	14,1952148	3,93087495
3	0,072299158	32,4885458	5,65525523
4	3,080235204	13,0268081	5,44014976

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Tabel 3. Standar Deviasi Volume Cut

Tikungan	Penampang rata -rata (m ³)	Composite Volume (m ³)	Prismoïdal (m ³)
1	18,00737	21,55204	21,16023635
2	0,175345	2,476807	0,127374032
3	31,60151	33,14513	4,751690394
4	0,661026	21,93347	1,548140664

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Tabel 4. Selisih dan Prosentase Selisih Perhitungan Volume Cut

Metode	Selisih volume perhitungan terhadap volume yang dianggap benar (m ³)		Prosentase (%)
Tikungan 1			
Penampang Rata - rata	135,21		2,516
<i>Prismoidal</i>	209,91		3,91
<i>Composite Volume</i>	182,09		3,388
Tikungan 2			
Penampang Rata - rata	0,8127		0,065
<i>Prismoidal</i>	0,2927		0,02
<i>Composite Volume</i>	6,027		0,506
Tikungan 3			
Penampang Rata - rata	527,355		4,818
<i>Prismoidal</i>	61,1089		0,56
<i>Composite Volume</i>	437,4889		4,00
Tikungan 4			
Penampang Rata - rata	2,454		0,105
<i>Prismoidal</i>	11,674		0,50
<i>Composite Volume</i>	37,934		1,616

Tabel 5. Selisih dan Prosentase Selisih Perhitungan Volume Fill

Metode	Selisih volume perhitungan terhadap volume yang dianggap benar (m ³)		Prosentase (%)
Tikungan 1			
Penampang Rata - rata	1,38		1,299
<i>Prismoidal</i>	10,41		9,80
<i>Composite Volume</i>	-5,8		5,252
Tikungan 2			
Penampang Rata - rata	-72,6533		1,514
<i>Prismoidal</i>	22,3167		0,47
<i>Composite Volume</i>	125,6133		2,618
Tikungan 3			
Penampang Rata - rata	34,423		0,040
<i>Prismoidal</i>	42,3262		7,97
<i>Composite Volume</i>	86,2038		16,23
Tikungan 4			
Penampang Rata - rata	-17,474		2,444
<i>Prismoidal</i>	43,906		6,14
<i>Composite Volume</i>	63,896		8,937

Sumber: Hasil Analisis (2023)

Dari hasil standar deviasi tabel 2 perhitungan *fill* tikungan 1 dan 3 dengan jenis *spiral-circle-spiral* memiliki nilai standar deviasi yang lebih kecil untuk metode penampang rata-rata dan pada tikungan 2 dan 4 dengan jenis tikungan *spiral-spiral* yang memiliki nilai jari jari besar memiliki nilai standar deviasi yang lebih besar sehingga untuk metode penampang rata – rata bentuk tikungan mempengaruhi hasil perhitungan. Namun untuk metode *prismoidal* dan *composite volume* dimana memiliki nilai standar deviasi terbesar pada tikungan 3 dan terkecil pada tikungan 1. Jika dihitung rata rata nilai standar deviasi untuk semua tikungan pada perhitungan *fill* metode penampang rata – rata memiliki standar deviasi terkecil yaitu 2,665 m³ dibanding metode *prismoidal* yang bernilai 4,001 m³ dan *composite volume* dengan nilai 15,530 m³.

Pada perhitungan cut berbanding terbalik dengan perhitungan timbunan, yaitu pada tikungan 1 dan 3 memiliki nilai standar deviasi yang lebih besar dari tikungan 2 dan 4 untuk metode penampang rata – rata hal tersebut berarti bentuk tikungan juga mempengaruhi perhitungan pada metode penampang rata – rata. Untuk metode *prismoidal* sama dengan metode penampang rata-rata namun terbalik dengan metode penampang rata rata dimana standar deviasi terbesar pada tikungan 3 sedangkan pada pada *prismoidal* standar deviasi terbesar pada tikungan 1. Perhitungan timbunan menggunakan metode *composite volume* memiliki nilai standar deviasi acak karena hanya pada tikungan 2 yang memiliki nilai kecil, sedangkan tikungan lainnya memiliki standar deviasi yang besar. jika dilakukan perhitungan rata rata untuk semua tikungan pada perhitungan *fill*, metode *prismoidal* memiliki rata – rata nilai standar deviasi yang terkecil sebesar 6,897 m³ dibanding metode penampang rata – rata sebesar 12,611 m³ dan metode *composite volume* sebesar 19,777 m³. Berdasarkan tabel 2 dan 3 sesuai dengan buku oleh Mikhail & Gracie (1981) yang menyatakan semakin kecil nilai standar deviasi maka semakin tinggi tingkat kepresisiannya, begitu pula dengan sebaliknya. (Mikhail, E. M., & Gracie, G.1981).

Berdasarkan hasil lainnya yang tercantum pada tabel 4 dan tabel 5 tersebut juga, perhitungan volume menggunakan metode penampang rata – rata memenuhi standar ASTM 2,78% kecuali pada tikungan 3 perhitungan volume *cut*. pada metode *prismoidal* memenuhi toleransi ASTM 2,78% untuk perhitungan *cut* kecuali pada tikungan 1 dan tidak memenuhi toleransi ASTM 2,78% untuk perhitungan *fill* kecuali tikungan 2. serta sebagian besar hasil dari metode *composite volume* tidak memenuhi standar toleransi berdasarkan ASTM yaitu 2,78%. Dengan hasil tersebut dapat diketahui bahwa hasil dari metode penampang rata – rata sebagian besar memiliki ketelitian yang lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil dari metode *prismoidal* dan *composite volume*. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan jenis tikungan dengan parameter besar jari jari tikungan, dan panjang tikungan. Sehingga direkomendasikan dalam melakukan perhitungan volume *cut* and *fill* pada area jalan berkelok sebaiknya menggunakan metode penampang rata - rata.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut Pertama, hasil standar deviasi pada perhitungan fill metode penampang rata – rata yakni sebesar 2,665 m3 dibanding metode prismoidal yang bernilai 4,001 m3 dan composite volume dengan nilai 15,530 m3. Pada perhitungan fill, metode prismodial memiliki rata – rata niali standar deviasi yang terkecil sebesar 6,897 m3 dibanding metode penampang rata – rata sebesar 12,611 m3 dan metode composite volume sebesar 19,777 m3. Pada metode penampang rata - rata bentuk tikungan mempengaruhi hasil perhitungan baik untuk perhitungan volume cut atau volume fill.

Kedua, mengacu pada hasil uji toleransi ASTM pada perhitungan cut dengan nilai toleransi 2,78% terdapat perhitungan volume tidak memenuhi standard toleransi pada metode composite volume dengan selisih terbesar pada perhitungan cut dan fill tikungan 3 dengan selisih cut 3,998 % dan fill 16,277% dan selisih terkecil pada perhitungan cut dan fill tikungan 2 dengan selisih cut 0,506 % dan fill 2,618%. Pada metode penampang rata – rata memiliki ketelitian yang lebih baik jika diaplikasikan pada jalan tikungan, terutama tikungan 1, 3, dan 4 apabila dibandingkan dengan hasil dari metode composite volume. Pada metode prismoidal memiliki ketelitian yang lebih baik jika diaplikasikan pada jalan tikungan dengan karakteristik mirip tikungan.

REFERENSI

- Ariyanto, A. S. (2021). Pemanfatan Perangkat Lunak Autocad Civil 3d V. 2019 Sebagai Alat Bantu Perencanaan Grading. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 7(2, Oktober), 71-79.
- Azzumardi, I. A., Budisusanto, Y., & Yuwono, Y. (2022). Analisis Pengaruh Interval Jarak Profil Melintang untuk Perhitungan Volume dengan Metode Penampang Rata-rata. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), E1-E8.
- Caley, D. H., & Trimurtiningrum, R. (2023). Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Semanding Tuban Dengan Menggunakan Struktur Rangka Baja. *Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 492-506.
- Dahlan, B. B., Betrisandi, B., & Diange, M. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Beasiswa Prestasi Miskin Dengan Metode Composite Performance Index (CPI). *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, 5(1), 1-13.
- Lama, A. R. (2019). *Analisis ketelitian perhitungan volume menggunakan data gridding dan tanpa gridding pada pekerjaan bendungan (studi kasus: Bendungan Rotiklot, Kabupaten Belu-NTT)* (Doctoral dissertation, ITN Malang).
- Herdiana, A. D., & Herijanto, W. (2019). Kajian Geometrik Interchange Waru Ramp Mojokerto-Sidoarjo. *Jurnal Transportasi: Sistem, Material, dan Infrastruktur*, 2(1), 16-19.

- Santoso, H., & Indrawan, I. G. B. (2022, August). Predicting the volume of slope failure material using the 2-dimensional limit equilibrium method. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1071, No. 1, p. 012009). IOP Publishing
- Siswanto, A. B., Dwiyanoro, R., & Anderiyanto, F. (2022). Analisis Perbandingan Metode Kerja Konvensional Dan Alat Berat Untuk Pekerjaan Galian Timbunan (Studi Proyek Embung Kenduren Kab. Demak). *Journal of Civil Engineering and Technology Sciences*, 1(1), 1-6.
- Sestras, P. (2021). Methodological and on-site applied construction layout plan with batter boards stake-out methods comparison: A case study of Romania. *Applied Sciences*, 11(10), 4331.
- Purwati, D. N. (2020). Pengukuran Topografi Untuk Menghitung Volume Cut And Fill Pada Perencanaan Pembangunan Perumahan Di Km. 10 Kota Balikpapan. *Jutateks*, 4(1), 13-23.
- Uguy, R., & Pangalila, L. (2022). Evaluasi Pengukuran Topografi Pada Proyek Jalan Manado Outer Ringroad III. *Jurnal Ilmiah Realtech*, 18(1), 25-31
- Yusuf, I. M., & Handoko, E. Y. (2019). Analisis Volume Pengerukan Alur Pelayaran Barat Surabaya Dengan Data Multibeam Echosounder Menggunakan Perangkat Lunak Hypack Dan Autocad Civil 3D. *Geoid*, 14(2), 111-116.
- Wahyudi, D. P., & Riyanto, A. (2023). Akurasi Perhitungan 3D Volume Galian Proyek Pembangunan Jalan Tepus-Jerukwudel II Menggunakan GIS. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 6(1), 71-83.