



ANALISIS INTERVAL JARAK PROFIL MELINTANG TERHADAP PERHITUNGAN VOLUME PADA JALAN LURUS DAN JALAN BERBELOK

Ilham Alfin Azzumardi*, Yanto Budisusanto*, Yuwono*

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

*Corresponding Author, email: ilham4alfin@gmail.com, yanto_b@geodesy.its.ac.id,

yuwono@geodesy.its.ac.id

ABSTRACTS

The activity of calculating the volume cut and fill in road works is generally depicted on a cross-section drawing in accordance with the road pavement plan. The distance between the cross-section of the road is determined by certain distance intervals marked with STA notation. The difference in the distance between STA intervals in each project implementing agency will affect the volume cut and fill obtained. Therefore, this study will analyze the cross-section distance interval in calculating the volume using the average end area method and its effect on straight and curved roads. The results of the volume calculation at each interval will be compared with the data that is considered correct. The volume calculation data that is considered correct is the result of manual calculation of the volume of the 25 meter STA interval profile data. The difference between the calculated volume and the volume that is considered correct will be analyzed using standard deviation and ASTM (American Society for Testing and Materials) tolerance test method with a tolerance limit of 2.78%.

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted/Received: 25 Januari 2022

First revised: 8 Februari 2022

Accepted: 28 Maret 2022

First Available online: 27 Juni 2022

Publication Date: 01 Juli 2022

Keywords:

ASTM, curved road, cut volume, fill volume, straight course,

1. PENDAHULUAN

Kegiatan pembangunan jalan raya selalu berhubungan dengan kegiatan perhitungan volume galian dan timbunan material.(Akbar, Y. R. 2022; Harahap, M.A.K. 2022). Akurasi bentuk dan estimasi dari volume material merupakan hal yang penting dalam berbagai macam pekerjaan teknik karena akan berpengaruh pada besarnya biaya yang dibutuhkan (Eman, P.A. 2018; Yuliana, C. 2020). Obyek yang dihitung nilai volumenya dapat memiliki bentuk yang beraturan (geometris) dan tidak beraturan (non geometris). Pada pekerjaan jalan raya, bentuk volume tanah galian dan timbunan digambarkan dalam sebuah profil sesuai dengan rencana perkerasan jalan untuk menunjukkan pertimbangan pengangkutan material. Dalam menghitung volume terdapat berbagai macam metode seperti penampang rata-rata, kontur, dan *borrow pit*. Pada pekerjaan dengan area memanjang seperti pekerjaan pembangunan jalan raya, jaringan drainase, dan distribusi pipa umumnya menggunakan metode penampang rata-rata dalam perhitungan volumenya.

Pada perhitungan volume menggunakan metode penampang rata-rata, umumnya dipengaruhi oleh jarak penampang atau profil melintang yang ditentukan dengan interval tertentu. Setiap penampang atau profil tersebut diberi tanda dengan notasi STA (*Station*). Notasi STA digunakan sebagai penunjuk tempat atau lokasi dari bagian jalan yang sedang didesain atau dilaksanakan dan sebagai penunjuk panjang jalan. Permasalahan yang sering terjadi di lapangan adalah, adanya perbedaan penggunaan interval jarak antar STA disetiap instansi pelaksana pekerjaan serta belum adanya standardisasi mengenai hal tersebut. Apabila mengacu pada dokumen modul pelatihan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat perhitungan interval jarak STA pada pekerjaan jalan raya, kurang lebih setiap 100 meter. Sedangkan pada dokumen modul pelatihan lainnya perhitungan interval jarak STA pekerjaan jalan raya yaitu berkisar antara 25-50 meter.(Mulyadi, M. 2018; Betaubun, H.F. 2019)

Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis interval jarak profil melintang dalam perhitungan volume menggunakan metode penampang rata-rata serta pengaruhnya pada jalan lurus dan jalan berkelok. Analisis perhitungan volume dilakukan menggunakan standard deviasi hasil volume pada setiap interval dan uji toleransi ASTM (*American Society for Testing and Material*) dengan membandingkan hasil perhitungan volume *cut and fill* dari data koordinat topografi jalan raya interval STA 25 meter, 50 meter, dan 100 meter menggunakan perangkat lunak pengolah data survei terhadap hasil perhitungan volume *cut and fill* secara manual menggunakan perangkat lunak pengolah angka dari data topografi dengan interval STA 25 meter sebagai data yang dianggap benar. Metode pengujian ASTM digunakan untuk menguji akurasi perhitungan volume masing-masing interval STA data topografi dengan batas toleransi 2,78%. (Selviawan, Y. 2018; Darwis, F. 2020)

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tulloh dkk (2020), yang bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan volume dan pengaruh nilai interval terhadap perhitungan volume. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil dimana perhitungan volume menggunakan metode *trapezoidal* memiliki nilai presentase yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *borrow-pit*. (Tulloh, M. U. R. R., Yuwono, & Kurniawan, A. 2020).

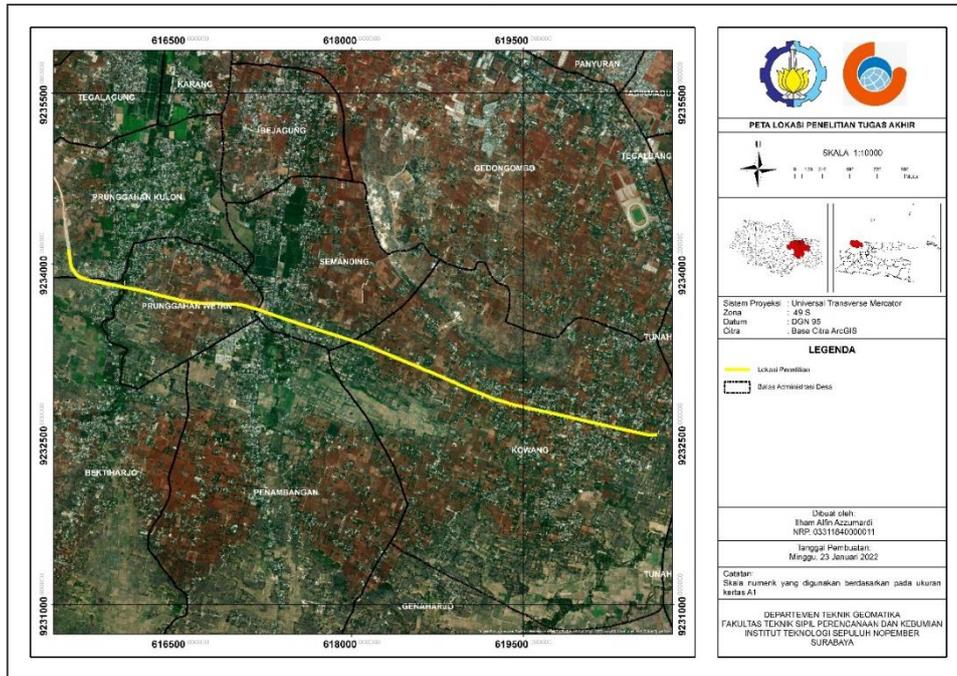
Pada penelitian terdahulu perhitungan ini yang bertujuan untuk mengetahui interpolasi yang cocok dalam perhitungan volume pada *open pit mining*. Pada penelitian didapatkan hasil bahwa penggunaan interpolasi TIN (*Triangular Interpolation Network*) dan FEM (*Finite Element Method*) memiliki ketelitian yang mendekati volume aktual *dump truck*. (Pepe, M. 2020; Chaudry, A. 2020).

Selain itu, terdapat penelitian lainnya yang bertujuan untuk menganalisa hasil perbandingan perhitungan volume *cut and fill* yang dilakukan dengan *GPS Lowcost* dan *GPS Geodetik* dengan hasil perhitungan volume dengan menggunakan *Total Station*. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil selisih volume menggunakan *GPS Lowcost* dan *GPS Geodetik* dengan *Total Station* tidak lebih dari 1%. Sehingga pengukuran volume menggunakan *GPS Lowcost* maupun *GPS Geodetik* dapat menggantikan pengukuran volume menggunakan *Total Station*.

Adapun perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu adalah pada penelitian terdahulu menggunakan dua metode yaitu *trapezoidal* dan *borrow-pit*, selain itu studi kasus pada penelitian terdahulu berlokasi pada area tambang dan area yang luas. Sedangkan pada penelitian penulis metode yang digunakan hanya satu yaitu metode penampang rata-rata dan studi kasus pada penelitian penulis berlokasi pada area jalan raya yang bersifat memanjang namun tidak begitu lebar serta adanya perhitungan volume *cut and fill* pada setiap data topografi dengan interval 25 meter, 50 meter, dan 100 meter untuk mengetahui pengaruh nilai volume pada jalan lurus dan jalan berkelok.

2. METODE

Lokasi penelitian ini dilakukan di Jalan Lingkar Tuban STA 5+700 hingga STA 10+700 yang terletak di Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Jawa Timur dengan koordinat geografis 6° 56' 30,88" hingga 6° 55' 47,89" LS dan 112° 05' 24,99" hingga 112° 02' 50,27" BT. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Lokasi Penelitian dengan warna kuning, dimana terdapat kegiatan pembangunan jalan raya, sehingga dapat dilakukan perhitungan volume galian dan timbunan material jalan. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data hasil pengukuran topografi (profil memanjang dan profil melintang) dengan interval STA 25 meter, 50 meter, dan 100 meter. Selain itu terdapat beberapa peralatan dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini seperti, laptop/PC, perangkat lunak pengolah data survei, dan *Microsoft Office 365*.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
 Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Pada tahapan pengolahan data, terdiri dari pembuatan *surface model*, pembuatan rencana perkerasan jalan raya, dan perhitungan volume galian dan timbunan data topografi (profil memanjang dan profil melintang) dengan interval STA 25 meter, 50 meter, dan 100 meter. Sehingga terdapat tiga volume galian dan timbunan pada jalan lurus dan jalan berkelok. Selanjutnya akan dianalisis menggunakan standard deviasi hasil volume pada setiap interval 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 volume galian dan timbunan data topografi profil dengan interval STA 25 meter dan perlakuan interval *section* 25 meter. 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. (Gultom, R.I. 2020; Kaharu, F. 2020). Kemudian membuat garis *centerline* sebagai *alignment* (garis acuan) dalam membuat *section* untuk menghitung volume galian dan timbunan menggunakan metode penampang rata-rata. Sedangkan, pada perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan perangkat lunak pengolah angka, dilakukan dengan menggambar penampang melintang galian dan timbunan jalan raya dengan interval 25 meter antar penampang. Kemudian dilakukan perhitungan luas penampang galian dan timbunan pada setiap penampangnya menggunakan prinsip perhitungan metode koordinat dengan persamaan 1.

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

DOI:

Keterangan:

A : Luas penampang (m²)

Y : Nilai ordinat (m)

X : Nilai absis (m³)

n : Jumlah data

Selanjutnya untuk perhitungan volume galian dan timbunan, dilakukan menggunakan prinsip perhitungan penampang rata-rata, dengan persamaan 2. (Purwati, D.N. 2020).

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

Keterangan:

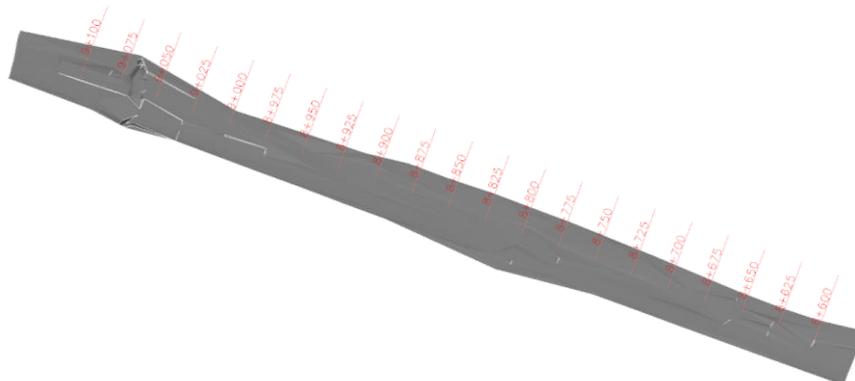
A : Luas penampang (m²)

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

V : Volume penampang rata-rata (m³)

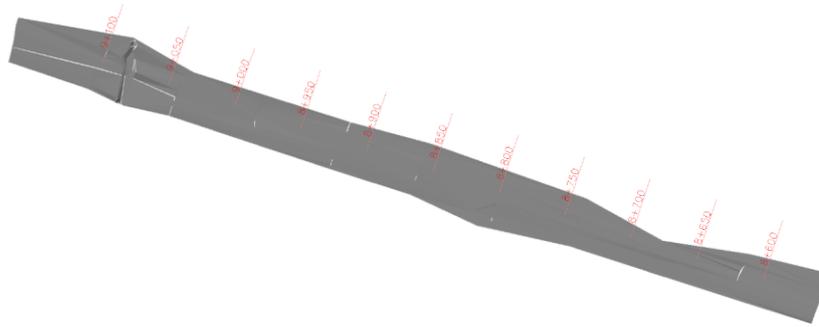
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan data topografi profil dengan tiga interval yang berbeda. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan hasil yaitu *Surface model* dari data topografi interval 25 meter, 50 meter, dan 100 meter. *Surface model* tersebut disusun menggunakan jumlah *sample point* yang berbeda-beda pada setiap intervalnya. Selain itu hasil *Surface model* yang disajikan dalam tiga dimensi. Pada Gambar 2 hingga Gambar 4 merupakan *surface model* potongan jalan lurus pada STA 8+600 hingga STA 9+100.

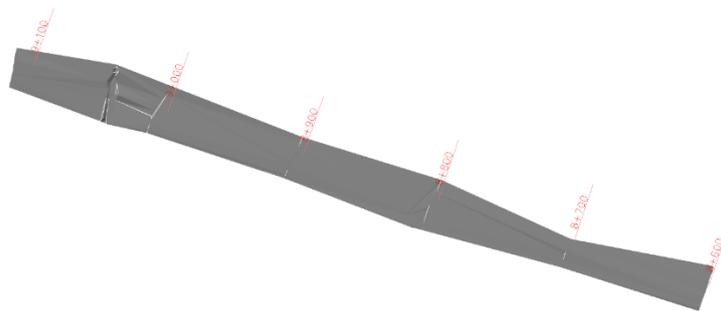


Gambar 2. *Surface model* jalan lurus interval 25 meter

Sumber: Hasil Olah Data (2022)



Gambar 3. *Surface model* jalan lurus interval 50 meter
 Sumber: Hasil Olah Data (2022)



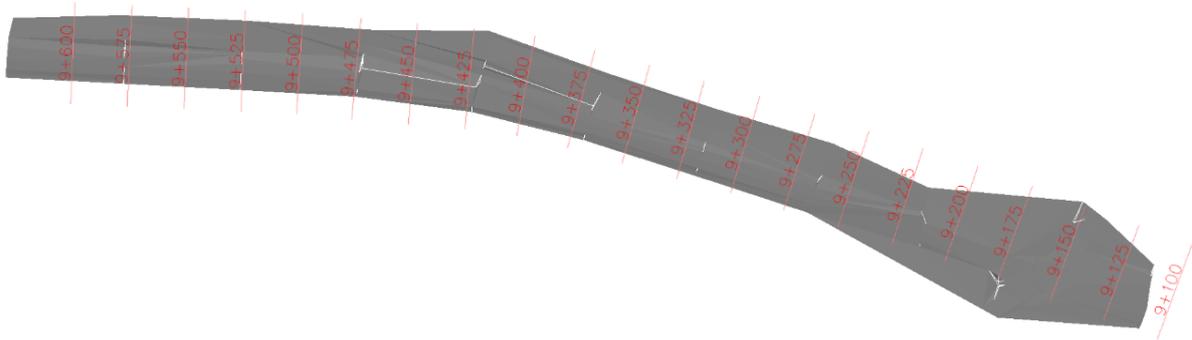
Gambar 4. *Surface model* jalan lurus interval 100 meter
 Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Tabel 1 berikut merupakan statistik koordinat dan *sample point* yang digunakan pada masing-masing pembuatan *surface model* pada jalan lurus. Statistik koordinat yang ditampilkan adalah koordinat X maksimum dan minimum, koordinat Y maksimum dan minimum, serta koordinat Z maksimum dan minimum.

Tabel 1. Statistik Data Jalan Lurus

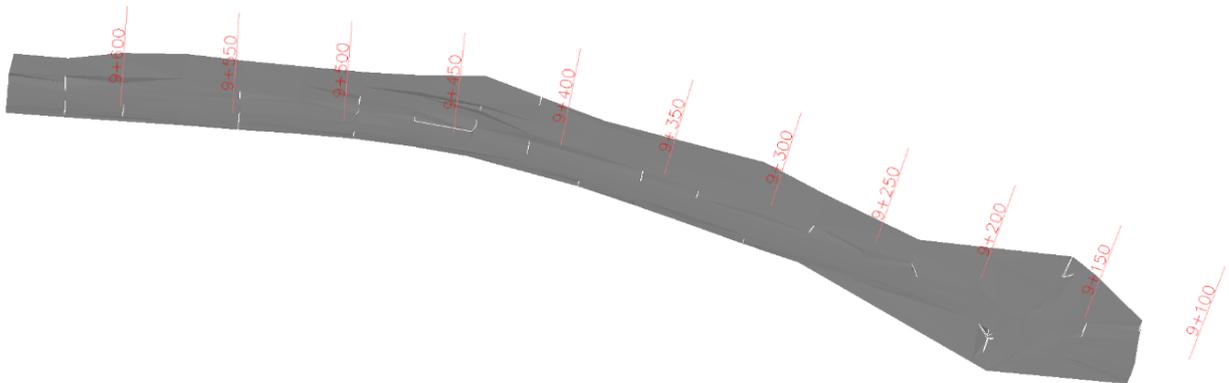
Titik	Maksimum	Minimum
Interval 25 meter		
X	617792,813	617308,345
Y	9233568,664	9233383,434
Z	40,132	33,252
Sample Point	266	
Interval 50 meter		
X	617792,813	617308,345
Y	9233568,664	9233383,434
Z	40,132	33,252
Sample Point	157	
Interval 100 meter		
X	617792,813	617308,345
Y	9233568,664	9233383,434
Z	40,132	33,252
Sample Point	104	

Pada Gambar 5 hingga Gambar 7 merupakan *surface model* potongan jalan berkelok pada STA 9+100 hingga STA 9+600.



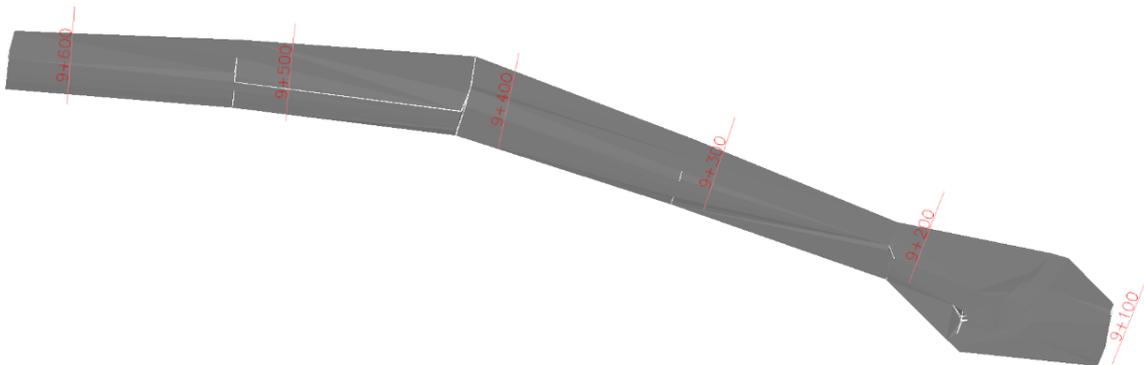
Gambar 5. *Surface model* jalan berkelok interval 25 meter

Sumber: Hasil Olah Data (2022)



Gambar 6. *Surface model* jalan berkelok interval 50 meter

Sumber: Hasil Olah Data (2022)



Gambar 7. *Surface model* jalan berkelok interval 100 meter

Tabel 2 berikut merupakan statistik koordinat dan *sample point* yang digunakan pada masing-masing pembuatan *surface model* pada jalan berkelok. Statistik koordinat yang ditampilkan adalah koordinat X maksimum dan minimum, koordinat Y maksimum dan minimum, serta koordinat Z maksimum dan minimum.

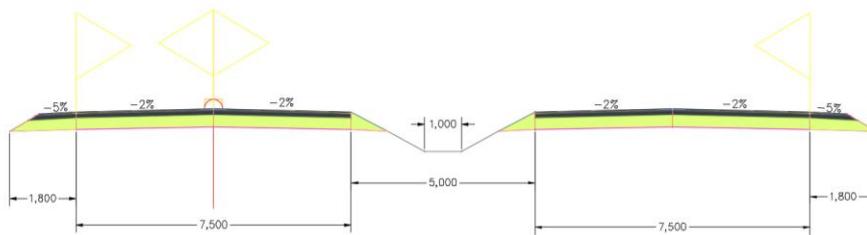
DOI:

Tabel 2. Statistik Data Jalan Berkelok

Titik	Maksimum	Minimum
Interval 25 meter		
X	617314,071	616824,790
Y	9233666,526	9233541,258
Z	50,543	35,734
Sample Point		277
Interval 50 meter		
X	617314,071	616824,790
Y	9233666,526	9233541,258
Z	50,543	35,734
Sample Point		179
Interval 100 meter		
X	617314,071	616824,790
Y	9233666,526	9233541,258
Z	50,543	35,900
Sample Point		115

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

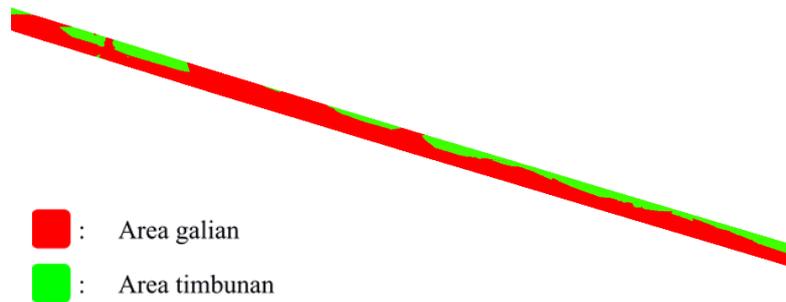
Surface Target pada penelitian ini adalah rencana perkerasan jalan sebagaimana yang dapat dilihat Gambar 8. Rencana perkerasan jalan raya. Rencana perkerasan jalan terdiri dari tiga bagian jalan yaitu badan jalan dengan lebar 7,5 meter, bahu jalan dengan lebar 1,8 meter, dan median dengan lebar 5 meter.



Gambar 8. Rencana perkerasan jalan raya

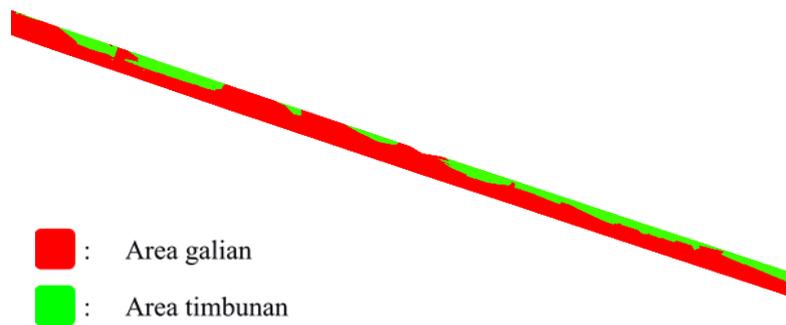
Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Sebelum perhitungan volume terlebih dilakukan penampalan antara *Surface model* dengan *surface target*, dari penampalan tersebut kemudian dapat diperoleh penyajian area galian dan timbunan secara memanjang dan melintang. Pada Gambar 9 hingga Gambar 11 merupakan penyajian area galian dan timbunan secara memanjang pada jalan lurus, sedangkan pada Gambar 12 hingga Gambar 14 merupakan penyajian area galian dan timbunan pada jalan berkelok. Warna merah pada gambar menunjukkan bahwa area tersebut merupakan area galian, sedangkan warna hijau pada gambar menunjukkan bahwa area tersebut merupakan area timbunan.



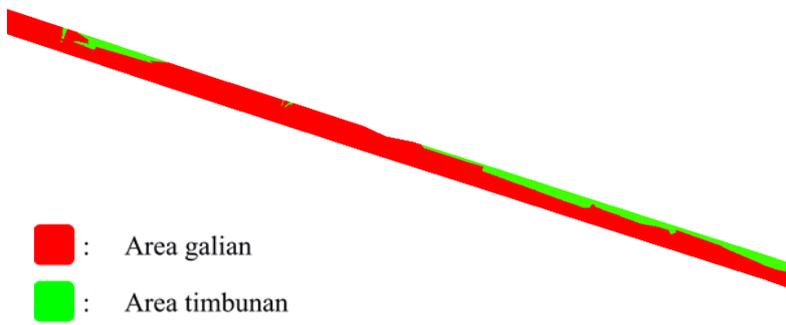
Gambar 9. Visualisasi *cut and fill* jalan lurus interval 25 meter

Sumber: Hasil Olah Data (2022)



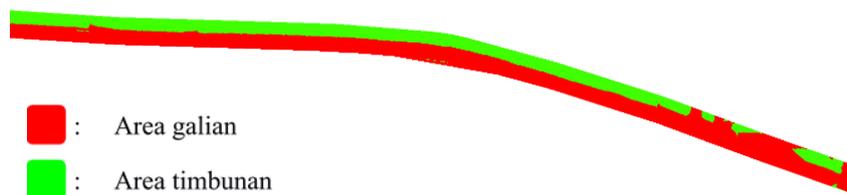
Gambar 10. Visualisasi *cut and fill* jalan lurus interval 50 meter

Sumber: Hasil Olah Data (2022)



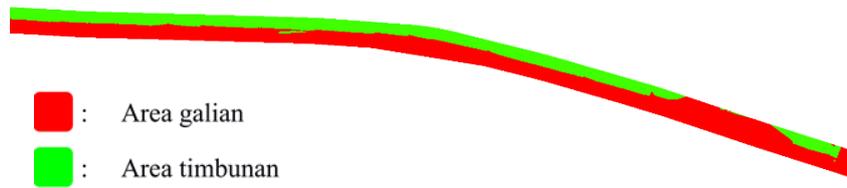
Gambar 11. Visualisasi *cut and fill* jalan lurus interval 100 meter

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

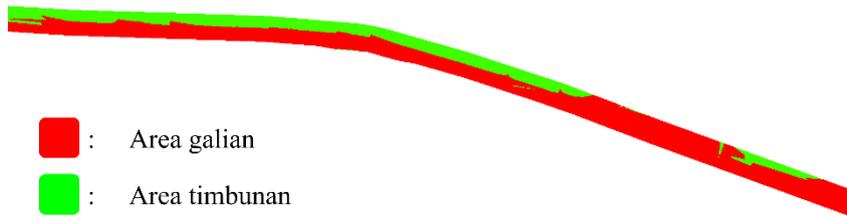


Gambar 12. Visualisasi *cut and fill* jalan berkelok interval 25 meter

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

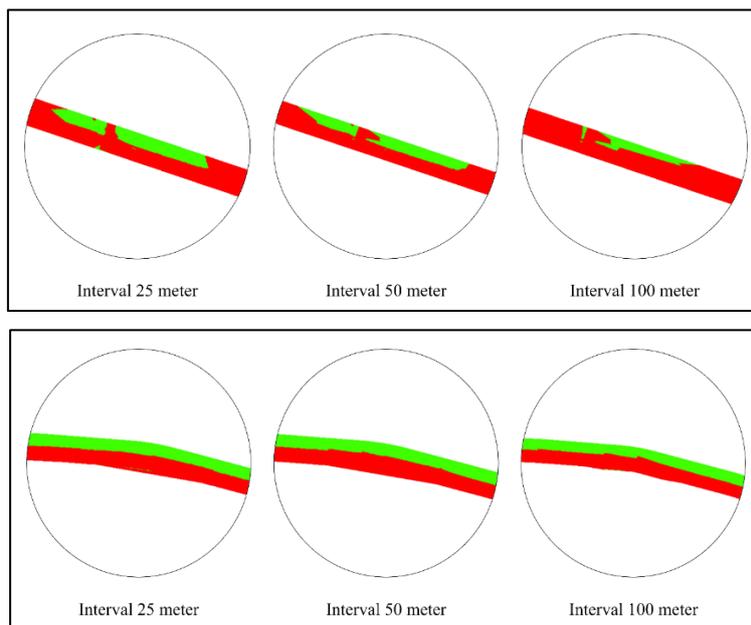


Gambar 13. Visualisasi *cut and fill* jalan berkelok interval 50 meter
 Sumber: Hasil Olah Data (2022)



Gambar 14. Visualisasi *cut and fill* jalan berkelok interval 100 meter
 Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Berdasarkan visualisasi *cut and fill* tersebut, pada jalan lurus dengan interval 25 meter, 50 meter, dan 100 meter terdapat perubahan yang cukup signifikan sebagaimana yang tercantum pada Gambar 15. Sedangkan pada jalan berkelok yang dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** dengan interval 25 meter, 50 meter, dan 100 meter tidak terdapat perubahan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan interval pada data memiliki pengaruh dalam visualisasi tampak atas area *cut and fill* terutama pada jalan dengan tipe jalan lurus.



Gambar 15. Perbandingan visualisasi *cut and fill* jalan lurus dan jalan berkelok
 Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Perhitungan volume pada penelitian ini menggunakan metode penampang rata-rata dengan interval 25 meter, 50 meter, dan 100 meter. Sehingga didapatkan tiga volume *cut and fill* pada jalan lurus dan jalan berkelok, dimana seluruh hasil tersebut akan dibandingkan dengan nilai volume *cut and fill* yang dianggap benar. Pada Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan volume *cut and fill* pada jalan lurus, sedangkan Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan volume *cut and fill* pada jalan berkelok.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Cut and fill* pada Jalan Lurus

Volume	Volume yang dianggap benar (m ³)	Perhitungan volume interval 25 meter (m ³)	Perhitungan volume interval 50 meter (m ³)	Perhitungan volume interval 100 meter (m ³)
<i>Cut</i>	4622,000	4623,870	4479,070	5121,460
<i>Fill</i>	1034,000	1033,230	1293,200	652,410

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Cut and fill* pada Jalan Berkelok

Volume	Volume yang dianggap benar (m ³)	Perhitungan volume interval 25 meter (m ³)	Perhitungan volume interval 50 meter (m ³)	Perhitungan volume interval 100 meter (m ³)
<i>Cut</i>	3296,875	3302,470	3278,060	3184,920
<i>Fill</i>	3689,250	3733,390	3438,850	3885,980

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Berdasarkan hasil volume *cut and fill* tersebut, dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh perubahan penggunaan interval 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 5. Analisis akurasi dilakukan dengan menghitung prosentase selisih perhitungan volume *cut and fill* menggunakan perangkat lunak pengolah data survei terhadap perhitungan volume *cut and fill* yang dianggap benar. Kemudian prosentase selisih tersebut akan dibandingkan dengan batas toleransi ASTM yaitu 2,78%. Prosentase selisih perbandingan tersebut dapat dilihat melalui Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 5. Rata-rata dan Standard Deviasi Volume

Volume	Rata-rata volume setiap interval (m ³)	Standard deviasi volume setiap interval (m ³)
Jalan Lurus		
<i>Cut</i>	4741,467	367,350
<i>Fill</i>	992,947	326,187
Jalan Berkelok		
<i>Cut</i>	3255,150	80,372
<i>Fill</i>	3686,073	227,323

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

DOI:

Volume	Selisih perhitungan volume interval 25 meter (m ³)	Selisih perhitungan volume interval 50 meter (m ³)	Selisih perhitungan volume interval 100 meter (m ³)
Jalan Lurus			
<i>Cut</i>	1,870	142,930	499,460
<i>Fill</i>	0,770	259,200	381,590
Jalan Berkelok			
<i>Cut</i>	5,595	18,815	111,955
<i>Fill</i>	44,140	250,400	196,730

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Tabel 7. Prosentase Selisih Perhitungan Volume

Volume	Prosentase selisih perhitungan volume interval 25 meter (%)	Prosentase selisih perhitungan volume interval 50 meter (%)	Prosentase selisih perhitungan volume interval 100 meter (%)
Jalan Lurus			
<i>Cut</i>	0,040	3,092	10,806
<i>Fill</i>	0,074	5,608	8,256
Jalan Berkelok			
<i>Cut</i>	0,170	0,407	2,422
<i>Fill</i>	1,196	5,418	4,256

Sumber: Hasil Olah Data (2022)

Berdasarkan hasil yang tercantum pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perubahan interval pada data profil mempengaruhi hasil volume *cut and fill*. Pada jalan lurus memiliki standard deviasi volume *cut* sebesar 367,350 m³ dan standard deviasi volume *fill* sebesar 326,187 m³. Sedangkan pada jalan berkelok memiliki standard deviasi volume *cut* sebesar 80,372 m³ dan standard deviasi volume *fill* sebesar 227,323 m³. Dimana semakin kecil nilai standard deviasi maka semakin tinggi tingkat kepresisiannya, begitu pula dengan sebaliknya (Mikhail & Gracie, 1981). Pada hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai standard deviasi pada jalan dengan tipe berkelok lebih kecil daripada jalan dengan tipe lurus baik pada volume *cut* maupun volume *fill*. Hal ini sesuai dengan analisis secara visual pada Gambar 15 dan **Error! Reference source not found.** Sehingga perubahan interval pada perhitungan volume memiliki pengaruh yang lebih besar pada jalan dengan tipe jalan lurus dibandingkan dengan tipe jalan berkelok.

Sedangkan pada hasil lainnya yang tercantum pada Tabel 6 dan Tabel 7, pada jalan lurus memiliki rata-rata selisih volume *cut* sebesar 214,753 m³ atau 4,646 % dan rata-rata selisih volume *fill* sebesar 213,853 m³ atau 4,646 %. Sedangkan pada jalan berkelok memiliki rata-rata selisih volume *cut* sebesar 45,455 m³ atau 1,000 % dan rata-rata selisih volume *fill* sebesar 163,757 m³ atau 3,623 %. Berdasarkan uji toleransi ASTM hanya pada interval 25 meter perhitungan volume *cut and fill* yang memenuhi toleransi. Pada jalan lurus,

memiliki selisih volume *cut* sebesar 1,870 m³ atau 0,040 % dan volume *fill* sebesar 0,770 m³ atau 0,074 %, sedangkan pada jalan berkelok memiliki selisih volume *cut* sebesar 5,595m³atau 0,170 % dan volume *fill* sebesar 44,140 m³ atau 1,196 %.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, dapat ditarik dua kesimpulan. Pertama, perubahan penggunaan interval dalam perhitungan volume pada jalan lurus memiliki pengaruh yang lebih besar daripada jalan berkelok. Pada jalan lurus memiliki standard deviasi volume *cut* sebesar 367,350 m³ dan standard deviasi volume *fill* sebesar 326,187 m³. Sedangkan pada jalan berkelok memiliki standard deviasi volume *cut* sebesar 80,372 m³ dan standard deviasi volume *fill* sebesar 227,323 m³.

Kedua, mengacu pada hasil uji toleransi ASTM hanya pada interval 25 meter perhitungan volume *cut and fill* memenuhi batas toleransi ASTM baik pada jalan lurus maupun jalan berkelok. Pada jalan lurus, memiliki prosentase selisih volume *cut* sebesar 0,040 % dan volume *fill* sebesar 0,074 %, sedangkan pada jalan berkelok memiliki prosentase selisih volume *cut* sebesar 0,170 % dan volume *fill* sebesar 1,196 %.

REFERENSI

- Akbar, Y. R. (2022). Penentuan Jalur Kritis untuk Manajemen Proyek (Studi Kasus Pembangunan Jalan Selensen-Kota Baru-Bagan Jaya). *Jurnal Pustaka Manajemen (Pusat Akses Kajian Manajemen)*, 2(1), 6-13.
- Betaubun, H. F., & Paresa, J. (2019). ANALISA KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI DAN ASPHALT INSTITUTE MS¹⁷. *Mustek Anim Ha*, 8(2), 121-131.
- Chaudhry, A., Chaudhary, G., Gupta, A., & Jairath, R. (2020). Comparative evaluation of stress changes in mandible with Removable and Fixed Functional appliance-A Finite element study. *Baba Farid University Dental Journal*, 10(1), 3-8.
- Darwis, F., & Mulya, E. R. (2020). Karakteristik tanah timbunan dari desa daeo sebagai subgrade pada struktur perkerasan jalan. *DINTEK*, 13(1), 20-27.
- Eman, P. A., Lintong, E. M., & Jansen, F. (2018). Estimasi biaya konstruksi menggunakan metode parameter pada proyek pemeliharaan berkala jalan di kota manado. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 8(2).
- Gultom, R. I., Rassarandi, F. D., & Siagian, G. P. (2020, November). Perhitungan Volume Galian dan Timbunan dengan Metode Cut & FILL Pada Pembangunan Jalan dan Area Parkir Rusun 2 Kawasan Industrial PANBIL Muka Kuning. *In Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 6, No. 1, pp. 702-709).

- Harahap, M. A. K., Modifa, I., & Situmorang, S. F. (2022). RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) REKONSTRUKSI JALAN LUMBAN PANDE-TANJUNGAN KECAMATAN PALIPI (DID). *Jurnal Santeksipil*, 3(1), 11-21.
- Kaharu, F., Lalamentik, L. G., & Manoppo, M. R. (2020). Evaluasi geometrik jalan pada ruas jalan trans sulawesi Manado-Gorontalo di desa Botumoputi sepanjang 3 km. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3).
- Mulyadi, M., Isya, M., & Saleh, S. M. (2018). Studi Kerusakan Jalan Ditinjau Dari Faktor Setempat (Studi Kasus Ruas Jalan Blangkejeren–Lawe Aunan). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 667-678.
- Pepe, M., Costantino, D., & Restuccia Garofalo, A. (2020). An efficient pipeline to obtain 3D model for HBIM and structural analysis purposes from 3D point clouds. *Applied Sciences*, 10(4), 1235.
- 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.
- Selviawan, Y., Setiawan, B., & Djarwanti, N. (2018). PENAMBAHAN KOLOM SEMEN TANAH SEBAGAI PERKUATAN TANAH DASAR EKSPANSIF SAAT KONDISI JENUH. *Matriks Teknik Sipil*, 6(1).
- Tulloh, M. U. R. R., Yuwono, & Kurniawan, A. (2020). Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Bersih Galian dan Timbunan (Net Volume) dengan Metode Trapezoidal dan Borrow Pit pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D. *Geoid*, 16(1), 106–120.
- Yuliana, C., Ulimaz, A. Z., & Kertadipura, R. H. (2020). Estimasi Biaya Dengan Menggunakan Cost Significant Model Pada Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Di Kota Banjarbaru. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 9(01), 24-30.