

Analisis Perbandingan Volume pada Tikungan Jalan Menggunakan Metode Perhitungan Volume yang ada pada Aplikasi Pengolah Data Survei

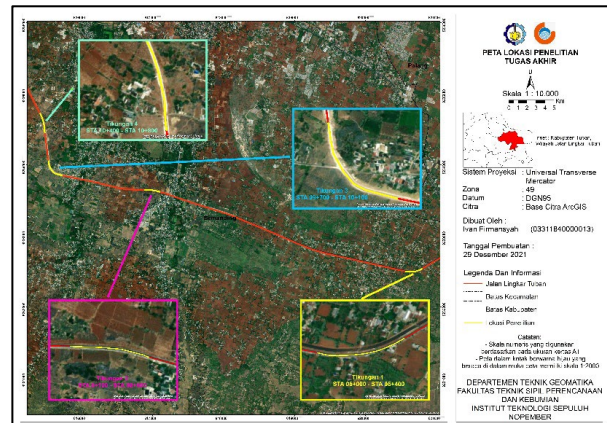
Ivan Firmansyah, Yuwono, dan Yanto Budisusanto
Departemen Teknik Geomatika, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: yuwono@geodesy.its.ac.id

Abstrak—Dalam survei rekayasa, penentuan volume tanah adalah hal yang penting, seperti halnya pada perencanaan pondasi, galian dan timbunan pada jalan raya. Pada pekerjaan jalan raya, bentuk volume tanah galian dan timbunan digambarkan dalam sebuah profil sesuai dengan rencana perkerasan jalan untuk menunjukkan pertimbangan pengangkutan material. Perhitungan dari volume sangat penting peranannya dalam pembangunan jalan raya karena dari perhitungan tersebut dapat mempengaruhi jumlah dana yang akan diperoleh dan. Dalam melakukan proses perhitungan volume material, terdapat berbagai metode, Kondisi eksisting jalan lingkaran tuban yang saat ini dilakukan pembangunan dimana pihak kontraktor dalam melakukan pembangunan masih melakukan perhitungan secara manual. Penelitian ini bertujuan perhitungan volume menggunakan metode perhitungan yang ada pada aplikasi pengolah data survey (penampang rata-rata dan *composite volume*) pada tikungan jalan yang hasilnya akan dibandingkan dengan volume hasil perhitungan manual sebagai data yang dianggap benar. Analisis perhitungan volume menggunakan metode paired sample T-test untuk menguji kelayakan penggunaan metode penampang rata-rata dan *composite volume* dalam perhitungan volume, serta uji toleransi ASTM untuk menguji akurasi perhitungan volume masing-masing metode dengan batas toleransi sebesar 2,78%. Berdasarkan hasil paired sample T-test dengan tingkat kepercayaan 95%, diperoleh hasil bahwa penggunaan metode penampang rata-rata dan *composite volume* layak digunakan untuk perhitungan. Pada uji toleransi ASTM yaitu 2,78% untuk perhitungan *cut*, metode yang memiliki selisih terkecil adalah metode penampang rata-rata pada tikungan 2, sedangkan untuk selisih perhitungan *fill* terkecil adalah pada metode penampang rata-rata untuk tikungan 3. Dengan hasil uji tersebut penggunaan metode penampang rata-rata lebih baik karena memiliki selisih yang lebih kecil.

Kata Kunci—*Composite Volume*, Jalan Tikungan, Penampang rata-rata, Volume *cut*, Volume *fill*.

I. PENDAHULUAN

DALAM survei rekayasa, penentuan volume tanah adalah suatu hal yang sangat lazim. Seperti halnya pada perencanaan pondasi, *cut* dan *fill* atau galian dan timbunan pada rencana irigasi, jalan raya, jalan kereta api, penanggulangan sepanjang aliran sungai, perhitungan volume tubuh bendung, dan lain-lain, tanah harus digali dan dibuang ke tempat lain atau sebaliknya. Pada pekerjaan jalan raya, bentuk volume tanah galian dan timbunan digambarkan dalam sebuah profil sesuai dengan rencana perkerasan jalan untuk menunjukkan pertimbangan pengangkutan material [1].

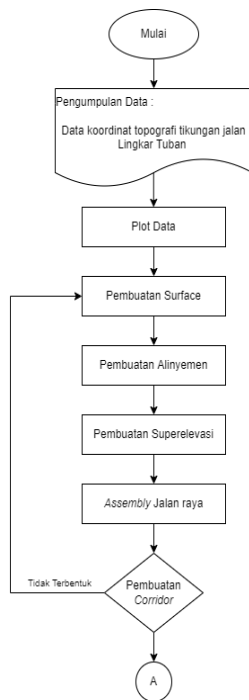


Gambar 1. Lokasi penelitian.

Cakupan pekerjaan galian (*cut*) yaitu penggalian, penanganan, pembuangan atau penumpukan tanah atau batu atau bahan lain dari jalan atau sekitarnya yang diperlukan untuk penyelesaian dari pekerjaan dalam kontrak. Sementara itu cakupan pekerjaan timbunan (*fill*) adalah Pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir. Perhitungan dari volume sangat penting peranannya dalam pembangunan jalan raya karena dari perhitungan tersebut dapat mempengaruhi jumlah dana yang akan diperoleh dan dialokasikan maka itu perhitungan volume harus dilakukan secara teliti agar tidak ada pihak yang dirugikan.

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 [2]. Konsep penghitungan volume dengan metode penampang 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. Perkalian antara rata-rata dari luas dengan jarak dengan kedua ujung maka volume tanah dapat dihasilkan [3]. Prinsip hitungan pada metode *composite volume* 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.

Kondisi eksisting jalan lingkaran tuban yang saat ini dilakukan pembangunan dimana pihak kontraktor dalam



Gambar 3. Diagram alir pembuatan *corridor*.

melakukan pembangunan masih melakukan perhitungan secara manual. Penelitian ini mengkaji perhitungan volume menggunakan metode perhitungan yang ada pada aplikasi pengolah data survey pada tikungan jalan yang hasilnya akan dibandingkan dengan volume hasil perhitungan manual yang dihitung menggunakan *Microsoft Excel* sebagai acuan yang dianggap benar. Analisis perhitungan volume menggunakan metode *paired sample T-test* dan uji toleransi ASTM (*American Society for Testing and Material*), apabila hasil perhitungan metode penampang rata-rata dan/atau *composite volume* memenuhi toleransi maka dapat direkomendasikan untuk menggantikan metode perhitungan manual

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

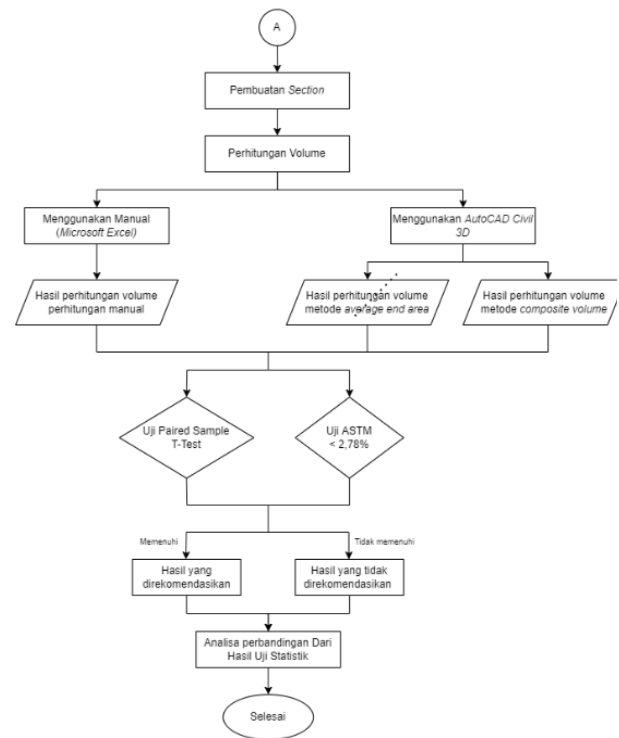
Lokasi penelitian ini dilakukan di tikungan yang ada disepanjang Jalan Lingkar Tuban STA 04+907 – STA 11+000 yang terletak di Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Jawa Timur dengan koordinat awal 112° 5' 55.09" Lintang Utara; 6° 56' 19.143" Bujur Barat dan koordinat akhir 112° 2' 39.955" Lintang Utara ; 6° 55' 18.289" Bujur Barat. Garis warna kuning pada Gambar 1 adalah lokasi penelitian.

B. Data dan Peralatan

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data koordinat topografi tikungan yang ada disepanjang Jalan Lingkar Tuban mulai STA 04+907 sampai STA 11+000 (perhitungan secara manual menggunakan *Microsoft Excel* digunakan sebagai data yang dianggap benar untuk validasi hasil volume)

Peralatan yang digunakan untuk pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Laptop/PC
2. Perangkat lunak pengolah data survei
3. *Microsoft Office 365*



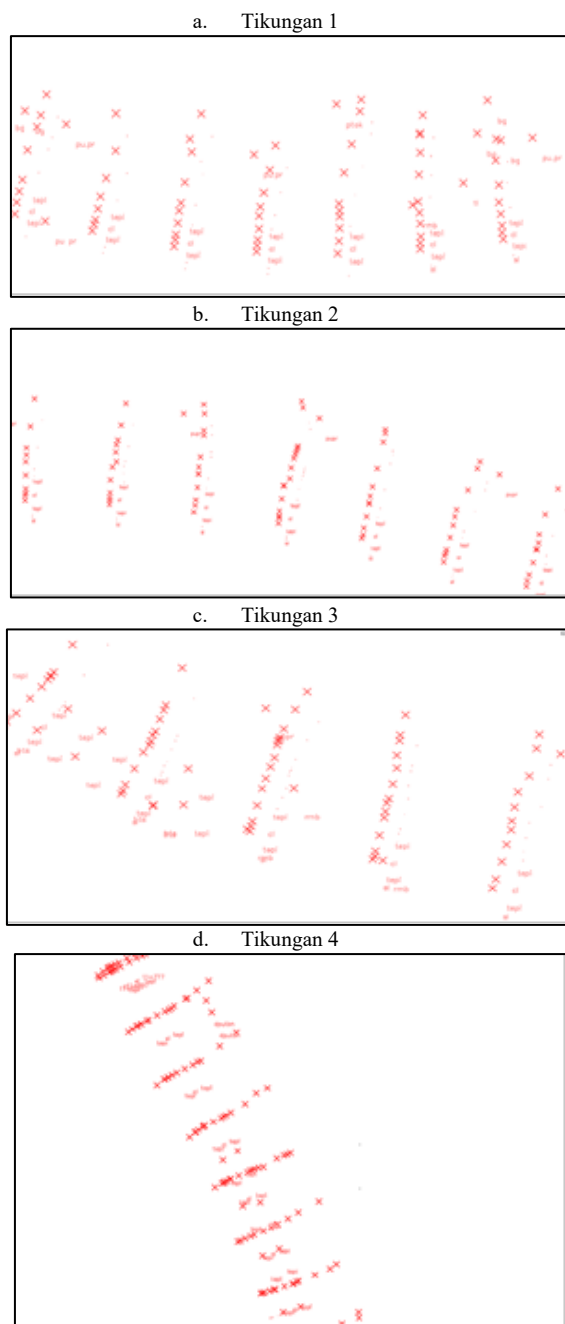
Gambar 2. Diagram alir perhitungan volume.

C. Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data pada penelitian ini secara umum terbagi menjadi dua. Pertama, tahapan pembuatan *corridor* sebagaimana yang tercantum pada Gambar 2. Kedua, tahapan perhitungan volume sebagaimana yang tercantum pada Gambar 3.

1) Tahapan pembuatan *corridor*

1. *Plot* data koordinat
Pada tahap ini, dilakukan *plotting* data koordinat berupa *file .csv* hasil pengukuran topografi jalan raya menggunakan perangkat lunak pengolah data survei.
2. Pembuatan *surface*
Pada tahap ini, dilakukan pembuatan model permukaan dari data koordinat hasil pengukuran topografi jalan raya dengan interval STA 25 meter.
3. Pembuatan alinyemen
Pada tahap ini, dilakukan pembuatan alinyemen vertikal berdasarkan rencana elevasi jalan raya yang akan dibangun. Dimana pada tahap ini diperlukan penyesuaian elevasi eksisting jalan raya dengan elevasi rencana jalan raya pada centerline jalan.
4. Pembuatan superelevasi
Pada tahap ini dilakukan pembuatan superelevasi berdasarkan hasil pembuatan alinyemen dimana dengan membuat superelevasi akan diketahui nilai kemiringan jalan tikungan
5. *Assembly* jalan raya
Pada tahap ini, dilakukan pembuatan *assembly* jalan raya berdasarkan rencana susunan material overlay jalan raya yang akan dibangun. Sehingga dihasilkan gambar irisan melintang jalan raya seperti median jalan, badan jalan, dan saluran beserta lapisan material jalan raya.
6. Pembuatan *corridor*
Pembuatan *corridor* dimaksudkan untuk melihat hasil *assembly* jalan raya yang telah dibuat dan ditampilkan



Gambar 4. Hasil plotting data pada tikungan 1, 2, 3, dan 4.

pada *centerline* sehingga dapat diketahui batas luasan jalan raya yang akan dibangun.

2) Tahapan Perhitungan Volume

1. Pembuatan *section*

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan *section* untuk menampilkan potongan melintang pada setiap data dengan interval *section* tertentu dari rencana jalan yang telah dibuat..

2. Perhitungan volume

Tahap ini merupakan tahap inti dari penelitian ini, dimana dilakukan perhitungan volume *cut* dan *fill* dari data koordinat profil jalan raya menggunakan *AutoCAD Civil 3D* dengan metode perhitungan *Average end area* dan *composite volume*. Serta dilakukan perhitungan volume *cut* dan *fill* secara manual menggunakan perangkat lunak pengolah angka dari data topografi dengan interval sebagai data pembandingan atau data yang dianggap benar dalam penelitian ini.

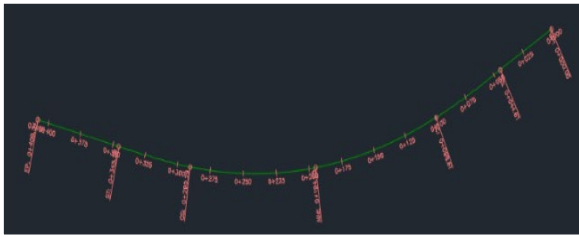


Gambar 5. Hasil digital terrain model pada tikungan 1,2,3, dan 4.

3. Analisis perbandingan volume

Perhitungan volume untuk setiap metode dianalisis terhadap data yang dianggap benar. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Paired sample T-test* dan uji toleransi ASTM (*American Society for Testing and Material*). Metode *Paired sample T-test* digunakan untuk menguji kelayakan data pada setiap metode untuk perhitungan volume dengan cara menghitung nilai prosentase selisih rata-rata perhitungan volume pada setiap metode. Sedangkan uji ASTM digunakan untuk menguji akurasi perhitungan volume masing-masing metode.

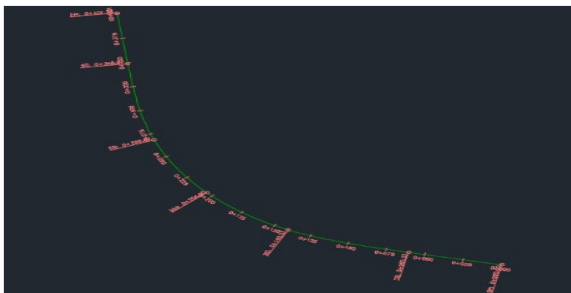
Tikungan 1



Tikungan 2



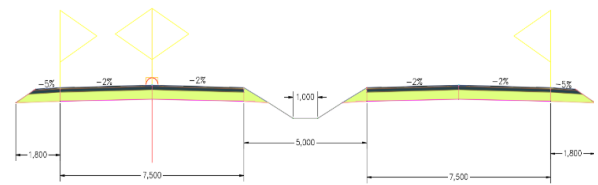
Tikungan 3



Tikungan 4

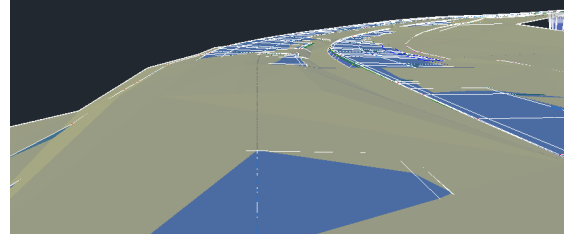


Gambar 6. Hasil pembuatan alinyemen horizontal tikungan 1,2,3, dan 4.

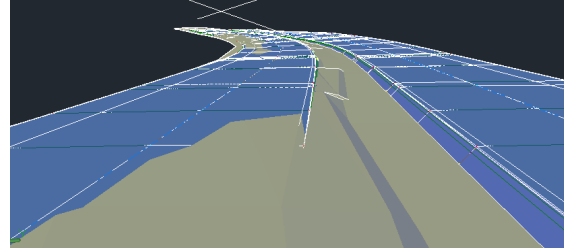


Gambar 7. Desain perkerasan jalan.

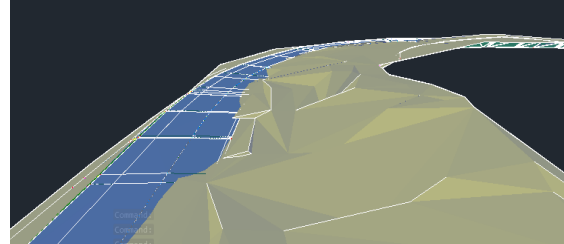
Tikungan 1



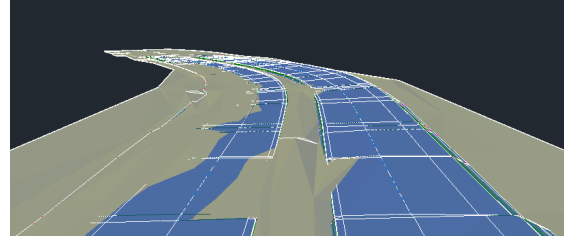
Tikungan 2



Tikungan 3



Tikungan 4



Gambar 8. Hasil pembuatan *corridor surface*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Plotting Data

Pada tahap *plotting data*, didapatkan hasil *plotting* koordinat x,y, dan z dari pengukuran topografi profil memanjang dan melintang yang ditunjukkan Gambar 4.

B. Hasil Digital Terrain Model

Digital Terrain Model (DTM) dibuat dengan menginterpolasikan titik hasil *plotting* data koordinat menggunakan metode *Triangular Interpolation Network* (TIN), Hasil dari tahap ini adalah *digital terrain model* yang ditunjukkan melalui garis kontur dengan interval 1 m sebagaimana tercantum pada Gambar 5.

Hasil DTM memiliki nilai elevasi yang bervariasi, dengan elevasi maksimum sebesar 67,000 meter, elevasi minimum sebesar 33,252 meter, dan elevasi rata-rata sebesar 51,793 meter. Nilai elevasi tersebut berdasarkan pada referensi *ellipsoid* WGS84.

C. Hasil Alinyemen

Terdapat dua hasil alinyemen, yaitu alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Pada alinyemen horizontal dapat diketahui tipe tikungan jalan diantaranya :

1. Tikungan 1 berjenis tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, panjang jari - jari lengkung utama 325 m.
2. Tikungan 2 berjenis tikungan *Spiral - Spiral*, panjang jari - jari lengkung 477 m.
3. Tikungan 3 berjenis tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, panjang jari - jari lengkung utama 170 m.
4. Tikungan 4 berjenis tikungan *Spiral - Spiral*, panjang jari - jari lengkung 525 m.

Gambar 6 menunjukkan bentuk tikungan 1 sampai 4. Sedangkan pada alinyemen vertikal diketahui perubahan nilai slope tikungan 1 dengan nilai perubahan slope maksimum sebesar 3,24%, perubahan slope minimum sebesar -1,31%. Tikungan 2 didapatkan nilai perubahan slope maksimum sebesar 4,12%, perubahan slope minimum sebesar 2,14%.

Tabel 1.
Selisih volume cut perhitungan terhadap volume yang dianggap Benar

Metode	Selisih volume perhitungan terhadap volume yang dianggap benar (m ³)	Prosentase (%)
Volume Cut Tikungan 1		
Penampang Rata - rata	135,21	2,516
Composite Volume	-182,09	3,388
Volume Cut Tikungan 2		
Penampang Rata - rata	0,8127	0,065
Composite Volume	6,027	0,506
Volume Cut Tikungan 3		
Penampang Rata - rata	527,355	4,818
Composite Volume	437,4889	4,00
Volume Cut Tikungan 4		
Penampang Rata - rata	2,454	0,105
Composite Volume	37,934	1,616

Tabel 2.
Prosentase selisih volume fill perhitungan terhadap volume yang dianggap benar

Metode	Selisih volume perhitungan terhadap volume yang dianggap benar (m ³)	Prosentase (%)
Tikungan 1		
Penampang Rata - rata	1,38	1,299
Composite Volume	5,8	5,252
Tikungan 2		
Penampang Rata - rata	72,6533	1,514
Composite Volume	125,6133	2,618
Tikungan 3		
Penampang Rata - rata	0,2138	0,040
Composite Volume	86,2038	16,23
Tikungan 4		
Penampang Rata - rata	17,474	2,444
Composite Volume	63,896	8,937

Tikungan 3 didapatkan nilai perubahan slope maksimum sebesar 5,95%, perubahan slope minimum sebesar -4,55%. Tikungan 4 didapatkan nilai perubahan slope maksimum sebesar 2,23%, perubahan slope minimum sebesar 1,28%.

D. Hasil Superelevasi

Pada tahap pembuatan *superlevasi* sesuai standar yang ditetapkan PUPR melalui Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997 yaitu 10% didapatkan nilai kemiringan tikungan sesuai bentuk tikungan sebagai berikut :

1. Tikungan 1 didapatkan nilai *superlevasi* maksimum sebesar 6%
2. Tikungan 2 didapatkan nilai *superlevasi* maksimum sebesar 10%
3. Tikungan 3 didapatkan nilai *superlevasi* maksimum sebesar 8,80%

Tabel 3.
Hasil perhitungan volume *cut and fill* pada perangkat lunak pengolah data survei

Volume	Perhitungan Manual (m3)	Metode Penampang Rata- rata (m3)	Metode Composite Volume (m3)
Tikungan 1			
Cut	5374,000	5509,21	5556,09
Fill	106,250	104,87	111,83
Tikungan 2			
Cut	1246,673	1245,86	1240,37
Fill	4797,807	4870,46	4923,42
Tikungan 3			
Cut	10943,349	10416,07	10505,86
Fill	531,226	531,44	617,43
Tikungan 4			
Cut	2346,824	2344,37	2308,89
Fill	714,946	732,42	651,05

Tabel 4.
Hasil perhitungan *paired sample T-test*

Metode	t _{tabel}	t _{hitung}	Hasil
Volume Cut			
Penampang Rata - rata	2,447	1,162	Ho diterima
Composite volume	2,447	1,269	Ho diterima
Volume Fill			
Penampang Rata - rata	2,447	1,232	Ho diterima
Composite volume	2,447	2,357	Ho diterima

4. Tikungan 4 didapatkan nilai *superlevasi* maksimum sebesar 10%

E. Hasil Assembly Jalan

Assembly jalan raya dibuat berdasarkan pada rencana perkerasan jalan yang dapat dilihat pada Gambar 7 serta terdiri dari median jalan dengan lebar 5 meter, dua ruas badan jalan dengan lebar 7,5 meter, dan dua ruas bahu jalan dengan lebar 1,8 meter.

F. Hasil Corridor Surface

Hasil *corridor surface* yang tercantum pada Gambar 8 dapat diketahui batas luasan jalan raya sesuai dengan desain perkerasan jalan raya secara tiga dimensi. Dimana, warna biru pada gambar merupakan permodelan tiga dimensi dari desain perkerasan jalan. Sedangkan warna krem merupakan permodelan tiga dimensi dari *surface eksisting*. Hasil permodelan *corridor* juga akan digunakan menjadi *surface target* untuk perhitungan volume *cut* dan *fill*.

G. Hasil Perhitungan Volume

Perhitungan volume *cut and fill* menggunakan metode penampang rata-rata dan *Composite Volume*. Metode pemampang rata-rata dilakukan dengan cara mengalikan luas rata dari irisan yang ada dengan jarak antara irisan awal dan akhir [4]. Berikut merupakan persamaan dalam menghitung volume menggunakan metode penampang rata-rata.

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

Keterangan:

- A :Luas penampang (m²)
- d :Jarak antar penampang awal dan penampang akhir (m)
- V :Volume penampang rata-rata (m³)

Metode composite volume tidak dapat digunakan tiap section yang berbentuk koridor. Metode ini memiliki prinsip yang sama dengan metode kontur namun penggunaan rumusnya adalah average end area. 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 kontur.

Perhitungan secara manual dilakukan pada perangkat lunak pengolah angka menggunakan metode penampang rata rata dimana sebelum menghitung volume perlu dilakukan perhitungan luas penampang menggunakan metode koordinat sebagaimana yang tertera pada persamaan berikut

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

Keterangan:

A : Luas penampang (m²)

X : Nilai absis (m)

Y : Nilai ordinat (m)

n : Jumlah titik

Hasil perhitungan volume *cut* dan *fill* menggunakan perangkat lunak pengolah data survei dan pengolah angka dapat dilihat pada Tabel 1.

H. Analisis Paired sample T-test

Paired sample T-test merupakan salah satu metode pengujian hipotesis terhadap data yang digunakan berpasangan. Pada prinsipnya tes ini menguji apakah suatu nilai tertentu (yang diberikan sebagai pembandingan) berbeda secara nyata ataukah tidak dengan rata-rata sebuah sampel. Nilai tertentu di sini pada umumnya adalah sebuah nilai parameter untuk mengukur suatu populasi [5]. Berikut merupakan persamaan untuk melakukan *paired sample T-test*.

$$t_{hitung} = \frac{D}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (3)$$

Keterangan:

s : Standard deviasi (m³)

D : Rata-rata selisih pengukuran 1 dan 2 (m³)

n : Jumlah data

Interpretasi hasil pengujian menggunakan *paired sample T-test* dilakukan pada tingkat signifikansi (α) 5% atau tingkat kepercayaan 95% dan DoF (*degree of freedom*) atau derajat kebebasan n-1 atau 4-1. Sampel data yang digunakan untuk diuji adalah hasil perhitungan volume *cut* dan *fill* dari metode penampang rata – rata, dan *composite volume*.

Dari hasil perhitungan volume *cut* dan *fill* pada setiap metode dilakukan analisis *paired sample T-test* dengan hipotesis dan pengambilan keputusan sebagai berikut.

1) Hipotesis

H₀ : Penggunaan metode penampang rata – rata atau *composite volume* untuk perhitungan volume tidak berbeda secara signifikan dan layak digunakan

H₁ : Penggunaan metode penampang rata – rata atau *composite volume* untuk perhitungan volume berbeda secara signifikan dan tidak layak digunakan

2) Pengambilan Keputusan

$t_{hitung} > t_{tabel} \rightarrow$ Ho ditolak

$t_{hitung} < t_{tabel} \rightarrow$ Ho diterima

Pada metode penampang rata – rata dan *composite volume* nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka Ho diterima pada tingkat signifikansi 5% atau tingkat kepercayaan 95% baik untuk perhitungan volume *cut* ataupun *fill* sehingga perhitungan volume menggunakan kedua metode tersebut tidak memiliki perbedaan secara signifikan dan metode penampang rata - rata dan *composite volume* layak digunakan untuk perhitungan volume. Hasil perhitungan *paired sample T-sample* tertera pada Tabel 2.

I. Analisis Perhitungan Volume Cut and fill

Dalam penelitian ini toleransi yang ditetapkan adalah $\pm 2,78\%$ yang mengacu pada spesifikasi yang ditetapkan oleh ASTM [6]. Perbandingan dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan volume *cut dan fill* dari metode penampang rata-rata, dan *composite volume* menggunakan perangkat lunak pengolah data survei terhadap hasil perhitungan volume *cut dan fill* menggunakan perangkat lunak pengolah angka sebagai data yang dianggap benar. Pada Tabel 3 dan Tabel 4 disajikan selisih dan prosentase selisih hasil perhitungan volume *cut dan fill*.

Berdasarkan hasil perbandingan perhitungan volume yang tertera pada Tabel 3 dan Tabel 4, beberapa perhitungan volume menggunakan metode penampang rata – rata serta sebagian besar hasil dari metode *composite volume* tidak memenuhi standard toleransi berdasarkan ASTM yaitu 2,78%.

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4, diketahui bahwa hasil dari metode penampang rata – rata memiliki ketelitian yang lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil dari metode *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 dan fill* pada area tikungan jalan sebaiknya menggunakan metode penampang rata - rata.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut: berdasarkan perhitungan volume *cut and fill* menggunakan perangkat lunak pengolah data survei diperoleh hasil perhitungan volume *cut* terbesar metode penampang rata - rata dan *composite volume* yaitu pada tikungan 3 dan volume *fill* terbesar metode penampang rata rata dan *composite volume* pada tikungan 2.

Berdasarkan hasil *paired sample T-test* dengan tingkat kepercayaan 95%, diperoleh hasil bahwa penggunaan metode penampang rata – rata dan *composite volume* layak digunakan untuk perhitungan volume *cut* karena nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ serta tidak ada perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan uji toleransi ASTM yaitu 2,78% pada perhitungan *cut*, metode yang memiliki selisih terkecil adalah metode penampang rata – rata pada tikungan 2, sedangkan untuk selisih perhitungan *fill* terkecil adalah pada metode penampang rata - rata untuk tikungan 3. dengan hasil uji tersebut penggunaan metode penampang rata – rata lebih baik karena memiliki selisih yang lebih kecil. adapun saran penulis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut. untuk peneliti selanjutnya yaitu melakukan kajian lebih lanjut untuk perhitungan volume menggunakan metode

composite volume. untuk instansi yang bersangkutan. Dalam melakukan perhitungan volume dengan area memanjang berkelok penggunaan metode penampang rata – rata menggunakan perangkat lunak pengolah data survei dapat menggantikan perhitungan secara manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah IV Provinsi Jawa Timur yang telah mendukung penelitian ini dalam hal penyediaan data profil Jalan Lingkar Tuban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. F. Kavanagh and D. K. Slattery, *Surveying: With Construction Applications*. New Jersey: Pearson, 2010.
- [2] C. D. Ghilani and P. R. Wolf, *Elementary Surveying an Introduction to Geomatics*, 15th ed. New Jersey: Pearson, 2017.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Dasar-dasar Pengukuran Topografi Untuk Pekerjaan Jalan*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017.
- [4] I. MUDA, *Survei dan Pemetaan*. Jakarta: Direktorat pembinaan sekolah menengah kejuruan, 2008.
- [5] N. Nuryadi, T. D. Astuti, E. Sri Utami, and M. Budiantara, *Dasar-Dasar Statistik Penelitian*. Yogyakarta: Sibuku Media, 2017.
- [6] ASTM International, *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*, Designation: D 6433 - 07. West Conshohocken: ASTM International, 2007.