

ANALISIS PERENCANAAN DAN PERBANDINGAN ALTERNATIF TRASE JALAN BERDASARKAN VOLUME GALIAN DAN TIMBUNAN

Muhammad Nabil Puna Irawan^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, nabilirawan22@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu aspek penting dalam peningkatan konektivitas dan pengembangan suatu wilayah. Pembangunan jalan baru memerlukan perencanaan trase yang cermat untuk mengoptimalkan biaya konstruksi, khususnya pekerjaan tanah (*earthwork*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan alternatif trase jalan serta menganalisis dan membandingkan volume galian dan timbunan pada setiap trase guna menentukan rute paling efisien. Studi kasus dilakukan pada perencanaan jalan baru yang menghubungkan Jl. Lingkar Salatiga dengan Jl. Clowok, yang diharapkan dapat memperlancar dan mempersingkat masyarakat dalam mobilisasi menuju pusat kota, serta meningkatkan aksesibilitas ke kawasan pendidikan dan pusat perbelanjaan. Metode penelitian ini mencakup pengumpulan data topografi, perencanaan geometrik jalan, pembuatan model permukaan eksisting dan rencana, serta analisis perhitungan volume galian dan timbunan dengan metode *Average End Area* menggunakan perangkat lunak. Studi analisis menunjukkan bahwa berdasarkan analisis volume galian dan timbunan, dapat memberikan rekomendasi dalam menentukan alternatif trase jalan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan simulasi terhadap tiga alternatif trase jalan yang berbeda yaitu menghasilkan panjang alternatif trase 1 sepanjang 900,03 m, alternatif trase jalan 2 sepanjang 840 m, dan alternatif trase jalan 3 sepanjang 880,52 m. Kemudian analisis terhadap volume galian timbunan menghasilkan total volume alternatif trase jalan 1 dengan total volume sebesar 18102,66 m³, alternatif trase jalan 2 sebesar 29925,87 m³, dan alternatif trase jalan 3 sebesar 20166,79 m³. Kesimpulan pada penelitian ini memberikan alternatif trase jalan 1 sebagai pilihan yang lebih efisien dan optimal dengan volume galian-timbunan yang relatif seimbang dan dengan jumlah yang paling sedikit diantara alternatif trase lainnya.

Kata kunci : *Trase, Jalan, Volume Galian dan Timbunan, Perangkat Lunak, Average End Area*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan dan perkembangan wilayah di Kota Salatiga mendorong adanya perencanaan jalan baru yang dapat memperlancar mobilisasi masyarakat dan mempersingkat waktu tempuh menuju pusat kota, serta meningkatkan aksesibilitas ke kawasan pendidikan dan pusat perbelanjaan. Dengan adanya perencanaan jalan baru, tidak hanya akan mendukung mobilisasi masyarakat, tetapi juga dapat mendorong pertumbuhan ekonomi lokal khususnya di Kota Salatiga. Namun, dalam perencanaan jalan baru, pemilihan alternatif trase jalan yang tepat menjadi faktor krusial. Trase yang dipilih tidak hanya harus memenuhi persyaratan geometrik jalan, tetapi juga harus mempertimbangkan efisiensi pekerjaan tanah (*earthwork*), yaitu keseimbangan antara volume galian dan timbunan.

Volume galian dan timbunan yang tidak seimbang dapat menyebabkan peningkatan biaya signifikan akibat kebutuhan material timbunan dari pinjaman (borrow pit), pembuangan material galian berlebih (disposal area), serta dampak lingkungan seperti erosi dan sedimentasi. Oleh karena itu, analisis perencanaan alternatif trase jalan berdasarkan volume galian dan timbunan diperlukan untuk mengoptimalkan proses perencanaan dalam pemilihan trase yang lebih efisien.

Penelitian ini difokuskan pada perencanaan alternatif trase jalan berdasarkan volume galian dan timbunan dalam studi kasus perencanaan jalan baru yang menghubungkan Jl. Lingkar Salatiga dengan Jl. Clowok. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang akurat, mendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan, serta berkontribusi pada pengembangan metode pemodelan digital di bidang teknik sipil.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat analisis deskriptif-komparatif, di mana fokus utama adalah pada data primer yang dibangun secara independen tanpa bergantung pada data sekunder dari sumber eksternal. Lokasi penelitian ditetapkan di Kota Salatiga, Jawa Tengah, yaitu pada perencanaan jalan baru yang menghubungkan Jl. Lingkar Salatiga dengan Jl. Clowok di Desa Polobogo sebagai jalur alternatif yang bertujuan memperlancar mobilisasi masyarakat menuju pusat kota, termasuk mempersingkat aksesibilitas menuju ke pusat perbelanjaan dan kawasan pendidikan, dengan panjang sekitar 800 m. Pendekatan ini dimulai dari pembuatan kontur topografi sebagai dasar utama, diikuti oleh tahapan pengumpulan, pengolahan, dan analisis data untuk memastikan hasil yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Metode dirancang sistematis dengan pemodelan menggunakan perangkat lunak. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis perencanaan alternatif trase jalan berdasarkan volume galian dan timbunan. Serta bertujuan untuk menentukan trase jalan yang lebih efisien dan optimal dari perbandingan volume galian dan timbunan.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Kota Salatiga, Jawa Tengah. yaitu perencanaan jalan baru sebagai jalan alternatif yang menghubungkan Jl. Lingkar Salatiga dengan Jl. Clowok di Desa Polobogo yang bertujuan memperlancar dan mempersingkat mobilisasi dan aksesibilitas masyarakat menuju pusat kota, pusat perbelanjaan dan kawasan pendidikan. Lokasi penelitian seperti pada Gambar 1 berikut.

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan metode komparatif. Metode komparatif adalah metode yang berfokus pada perbandingan dua hal atau lebih yang memiliki persamaan atau perbedaan pada topik utama pembahasannya. Secara khusus studi kasus, penelitian literatur dan permodelan, perbedaan didapatkan apabila melakukan analisis langsung pada perhitungan volume galian dan timbunan, sehingga dapat disimpulkan hasil perbandingan dan dapat ditentukan trase jalan yang lebih efisien dan optimal.



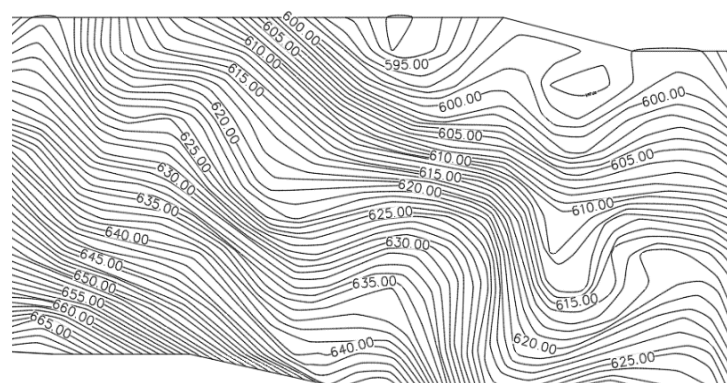
Gambar 1. Lokasi penelitian (Sumber : Google earth)

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini sepenuhnya mengandalkan data primer yang dibuat secara simulatif, dimulai dari pembuatan kontur topografi untuk merepresentasikan kondisi lapangan di trase jalan baru antara Jl. Lingkar Salatiga dan Jl. Clowok. Kontur dibuat dengan menentukan area studi hipotetis sepanjang sekitar 800 meter dengan lebar 10 meter, mengasumsikan medan berbukit dan lembah di wilayah Salatiga. Kontur digambar dengan interval 1 meter untuk tingkat akurasi tinggi, divalidasi dan menjadi input dasar untuk seluruh proses. Selanjutnya, pembuatan 3 alternatif trase jalan, data elevasi dan profil jalan dikumpulkan melalui pengukuran hipotetis pada penampang jalan sepanjang alinyemen, mencatat elevasi tanah existing dari kontur serta elevasi desain jalan dengan kemiringan 2% untuk drainase. Data dikumpulkan dalam format digital menggunakan Microsoft Excel guna kemudahan akses dan menghindari ketergantungan pada data eksternal.

2.2.1 Data kontur

Data kontur dibuat secara independen dengan memanfaatkan beberapa sumber dan perangkat lunak, yaitu *Google Earth*, *Global Mapper*, dll.



Gambar 2. Kontur Eksisting

2.2.2 Data perencanaan geometrik jalan

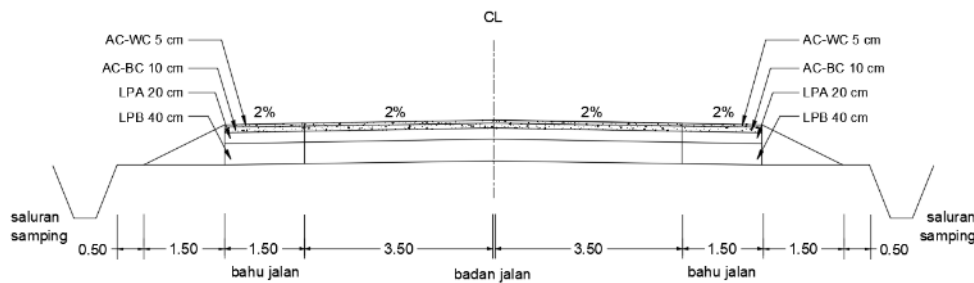
Berikut adalah data geometrik untuk perencanaan jalan baru di Kota Salatiga yang menghubungkan Jl. Lingkar Salatiga dengan Jl. Clowok di Desa Polobogo. Karena tidak ditemukan informasi spesifik tentang proyek jalan

baru ini dari sumber publik, maka data ini disusun berdasarkan standar Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) 2021 dari Kementerian PUPR Indonesia.

Tabel 1. Parameter Desain Geometrik Jalan

Fungsi Jalan	Kolektor Sekunder
Tipe Lajur	2/2 TT
Lebar Jalan	3,50 m /lajur
Bahu Jalan	1,50 m
Superelevasi Maksimum	8%
Superelevasi Minimum	2%
Kecepatan Rencana	60 km/jam

Data tersebut merupakan parameter yang digunakan dalam perencanaan 3 alternatif trase jalan, dengan desain penampang jalan ditampilkan pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Desain Penampang Jalan

2.3. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mensimulasikan perencanaan 3 alternatif trase jalan, kemudian untuk menghasilkan perhitungan volume galian dan timbunan. Pemodelan menggunakan perangkat lunak dengan dimulai dari mengimpor data kontur untuk membentuk surface model TIN (*Triangulated Irregular Network*), diikuti pembuatan alinyemen jalan berdasarkan rencana 3 alternatif trase jalan dari Jl. Lingkar Salatiga ke Jl. Clowok, *corridor model*, serta *Sample lines* untuk perhitungan volume galian dan timbunan, dengan volume dihitung otomatis melalui fitur *volume dashboard* antara *surface existing* dan rencana. Pemodelan dilakukan pada masing-masing trase rencana. Kemudian dari hasil perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan perangkat lunak selesai maka dapat dianalisis perbandingan antar alternatif trase jalan dan dapat disimpulkan trase jalan yang lebih efisien dan optimal.

2.4. Analisis Data

2.4.1. Pemodelan

1. Impor data kontur

Pemodelan diawali dengan mengimpor data kontur yang telah dibuat. Data kontur dalam format garis *polylines* dengan informasi elevasi pada setiap garis konturnya, dimasukkan ke dalam lembar kerja . Proses

impor dilakukan melalui perintah *Import Data*. Kontur dengan interval 1 meter ini akan menjadi basis utama pembentukan permukaan tanah eksisting yang akurat.

2. Pembuatan Existing Surface

Dari data kontur yang telah diimpor, dibuat *Existing Surface* menggunakan metode *Triangulated Irregular Network (TIN)*. Proses ini dilakukan melalui *tool Create Surface* dengan definisi *TIN surface*. Kontur ditambahkan sebagai data pembentuk permukaan (*Contours*) dalam definisi *surface*.

3. Pemodelan Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal trase jalan direncanakan menggunakan *tool Alignment Create*. Trase ditarik mengikuti pola yang telah dirancang, terdiri dari kombinasi *tangent* (garis lurus) dan *curve* (lengkung horisontal) dengan radius tertentu yang disesuaikan dengan standar geometrik jalan. Parameter alinyemen seperti stationing (dimulai dari 0+000 di Jl. Lingkar Salatiga), panjang tangen, dan derajat lengkung diatur untuk mencapai desain yang optimal. Alinyemen ini menjadi sumbu referensi utama untuk semua elemen desain vertikal dan melintang berikutnya.

4. Pemodelan Profil Jalan

Profil memanjang jalan dimodelkan dengan membuat profil dari *surface* untuk melihat potongan memanjang topografi eksisting sepanjang alinyemen. Berdasarkan profil tanah, dirancang profil rencana (*Finished Grade Profile*) menggunakan *Profile Creation Tools*. Profil rencana didesain dengan memperhatikan batasan kemiringan maksimum 8% sesuai standar untuk meminimalkan volume galian dan timbunan.

5. Pembuatan *Assembly*

Penampang melintang tipikal jalan dimodelkan menggunakan *Assembly* yang terdiri dari berbagai *subassembly*. Untuk jalan 2 lajur dengan bahu, *assembly* dibangun dengan komponen: *Lane* (lebar per lajur dengan kemiringan melintang), *Shoulder* (lebar bahu), dan *Cut Slope* dengan perbandingan 1:1 untuk kondisi galian. *Assembly* disimpan sebagai *template* yang dapat diterapkan di sepanjang koridor.

6. Pemodelan Corridor

Koridor dibuat dengan perintah *Create Corridor*, dimana alinyemen horizontal sebagai sumbu, profil sebagai elevasi rencana, dan *assembly* sebagai *template* penampang digabungkan. Target parameter diatur untuk memotong *existing surface* yang telah dibuat.

7. Pembuatan *Sample Lines*

Sample Lines adalah garis-garis pemotong yang ditempatkan melintang terhadap alinyemen jalan. Fungsi utamanya adalah untuk mengambil sampel data elevasi dari *surface existing* dan rencana, *corridor*, atau objek lain, sehingga bisa dibuat potongan melintang (*cross section*) dan menghitung volume galian-timbunan dengan metode seperti *Average End Area*.

8. Perhitungan Volume Otomatis

Perhitungan volume akhir dilakukan melalui *Volumes Dashboard*. Dibuat *volume surface* dengan membandingkan *existing surface* dan *corridor surface*. Perangkat lunak secara otomatis menghitung *cut volume* (volume galian) dan *fill volume* (volume timbunan) dan menampilkannya dalam tabel volume

kumulatif. Hasil perhitungan ini akan menjadi acuan dalam perbandingan alternatif trase jalan berdasarkan volume galian dan timbunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum

Penelitian ini difokuskan pada perencanaan jalan baru yang menghubungkan Jl. Lingkar Salatiga dengan Jl. Clowok di wilayah Kota Salatiga, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi tersebut berada di kawasan pinggiran kota yang strategis, dengan topografi berombak khas pegunungan lereng Gunung Merbabu-Merapi, di mana elevasi bervariasi, sehingga memerlukan perhatian khusus terhadap keseimbangan galian dan timbunan untuk menghindari biaya *earthwork* yang tinggi serta dampak lingkungan seperti erosi.

Pembangunan jalan baru ini bertujuan untuk memperlancar arus lalu lintas, mempersingkat waktu tempuh, serta meningkatkan aksesibilitas masyarakat menuju pusat kota Salatiga, kawasan pusat perbelanjaan, dan kawasan pendidikan. Perencanaan dilakukan berdasarkan data kontur eksisting, dengan parameter desain sesuai fungsi jalan kolektor sekunder : sistem 2/2 TT, lebar lajur 3,5 m, lebar bahu masing-masing 1,5 m, dan kecepatan rencana 60 km/jam, sesuai Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) 2021. Dengan demikian, perencanaan ini diharapkan dapat memberikan solusi infrastruktur yang efisien, aman, dan berkelanjutan bagi mobilitas masyarakat di wilayah Salatiga yang terus berkembang.

3.2 Hasil Perencanaan Alternatif Trase Jalan

Tiga alternatif trase jalan dirancang dengan mempertimbangkan kontur eksisting yang dibuat secara independen, menghubungkan Jl. Lingkar Salatiga dengan Jl. Clowok, serta meminimalkan biaya *earthwork* dan dampak lingkungan. Perencanaan dilakukan berdasarkan standar Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) 2021 dari Kementerian PUPR Indonesia. Parameter desain mengacu pada Tabel 1.

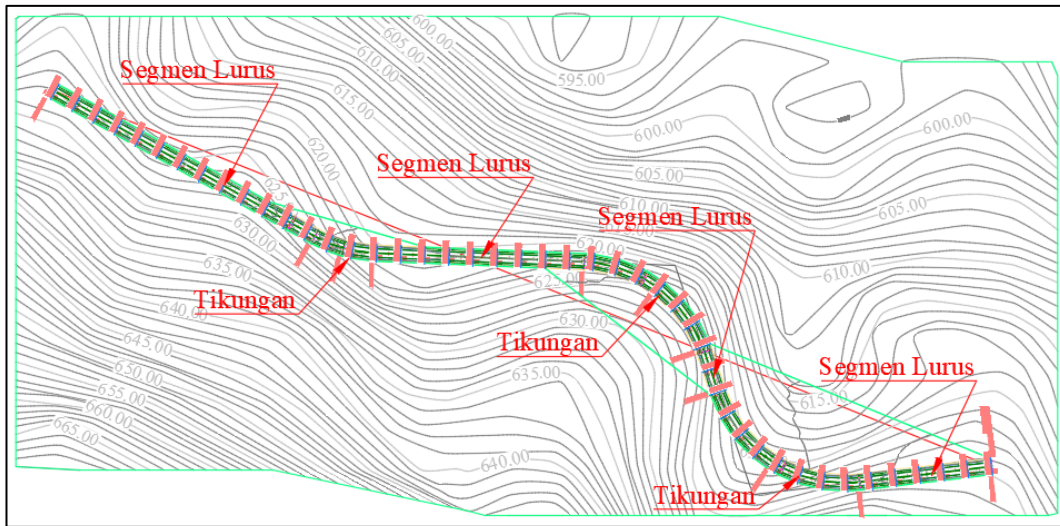
Kemudian, berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2023 yang mengacu pada AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) menjelaskan untuk standar kelandaian maksimum perencanaan geometrik jalan yang disesuaikan dengan fungsi jalan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Standar Kelandaian Maksimum

Fungsi Jalan	Kolektor Sekunder
Tipe Lajur	2/2 TT
Kelandaian Maksimum Dataran	6 %
Perbukitan	7%
Pegunungan	10%

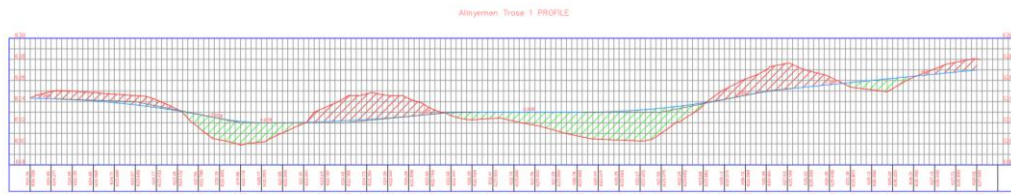
Dengan demikian, dalam perencanaan alternatif trase jalan digunakan standar tersebut untuk batas maksimum kelandaian.

3.2.1 Alternatif Trase Jalan 1



Gambar 4. Alternatif Trase Jalan 1

Trase Jalan 1 ini merupakan alternatif rute di bagian selatan dengan total panjang yaitu 900,03 m. Trase ini terdiri dari 4 segmen lurus dan 3 tikungan seperti yang terlihat pada Gambar 4, Trase Jalan 1 ini direncanakan pada lahan dengan elevasi bervariasi, seperti yang disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Elevasi Perencanaan Alternatif Trase Jalan 1

Perbandingan elevasi eksisting dan elevasi perencanaan pada titik-titik stasiun utama akan disajikan pada tabel berikut untuk memberikan gambaran mengenai perubahan elevasi dari rancangan yang diusulkan.

Tabel 3. Perbandingan Elevasi Eksisting dan Elevasi Rencana Trase Jalan 1

STA	Elevasi Eksisting (mdpl)	Elevasi Rencana (mdpl)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
0+000	624.34	624.34	0.00	-
0+020	624.95	624.27	0.68	Galian
0+040	624.99	624.19	0.80	Galian
0+060	624.85	624.07	0.78	Galian
0+080	624.71	623.90	0.81	Galian
0+100	624.57	623.69	0.88	Galian
0+120	624.17	623.43	0.74	Galian
0+140	623.26	623.13	0.13	Galian
0+160	621.56	623.79	-2.23	Timbunan
0+180	620.39	622.40	-2.01	Timbunan

0+200	619.86	622.12	-2.26	Timbunan
0+220	620.17	622.00	-1.83	Timbunan
0+240	621.05	622.01	-0.96	Timbunan
0+260	621.91	622.04	-0.13	Timbunan
0+280	623.43	622.10	1.33	Galian
0+300	624.40	622.19	2.21	Galian
0+320	624.72	622.30	2.42	Galian
0+340	624.59	622.44	2.15	Galian
0+360	624.29	622.61	1.68	Galian
0+380	623.40	622.80	0.60	Galian
0+400	622.68	622.94	-0.26	Timbunan
0+420	622.29	623.00	-0.71	Timbunan
0+440	622.41	623.00	-0.59	Timbunan
0+460	622.15	623.00	-0.85	Timbunan
0+480	621.76	623.00	-1.24	Timbunan
0+500	621.25	623.00	-1.75	Timbunan
0+520	620.76	623.00	-2.24	Timbunan
0+540	620.44	623.02	-2.58	Timbunan
0+560	620.35	623.08	-2.73	Timbunan
0+580	620.27	623.20	-2.93	Timbunan
0+600	621.00	623.38	-2.38	Timbunan
0+620	622.25	623.60	-1.35	Timbunan
0+640	623.68	623.88	-0.20	Timbunan
0+660	625.13	624.22	0.91	Galian
0+680	626.12	624.56	1.56	Galian
0+700	626.99	624.94	2.05	Galian
0+720	627.63	625.20	2.43	Galian
0+740	626.92	625.40	1.52	Galian
0+760	626.35	625.60	0.75	Galian
0+780	625.38	625.80	-0.42	Timbunan
0+800	625.12	626.00	-0.88	Timbunan
0+820	625.22	626.20	-0.98	Timbunan
0+840	626.31	626.40	-0.09	Timbunan
0+860	627.10	626.60	0.50	Galian
0+880	627.72	626.80	0.92	Galian
0+900	628.02	627.00	1.02	Galian

Hasil beda tinggi menunjukkan nilai positif merupakan galian (*cut*), sedangkan nilai negatif merupakan timbunan (*fill*).

Selanjutnya, Identifikasi persentase kelandaian pada alternatif trase jalan 1 yang direncanakan dapat dihitung dengan :

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Beda Elevasi}}{\text{Jarak Interval}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan

Elevasi Rencana STA 0+000 = 624,34 m

Elevasi Rencana STA 0+020 = 624,27 m

Beda Elevasi = 624,34 – 624,27

= 0.07 m

Maka,

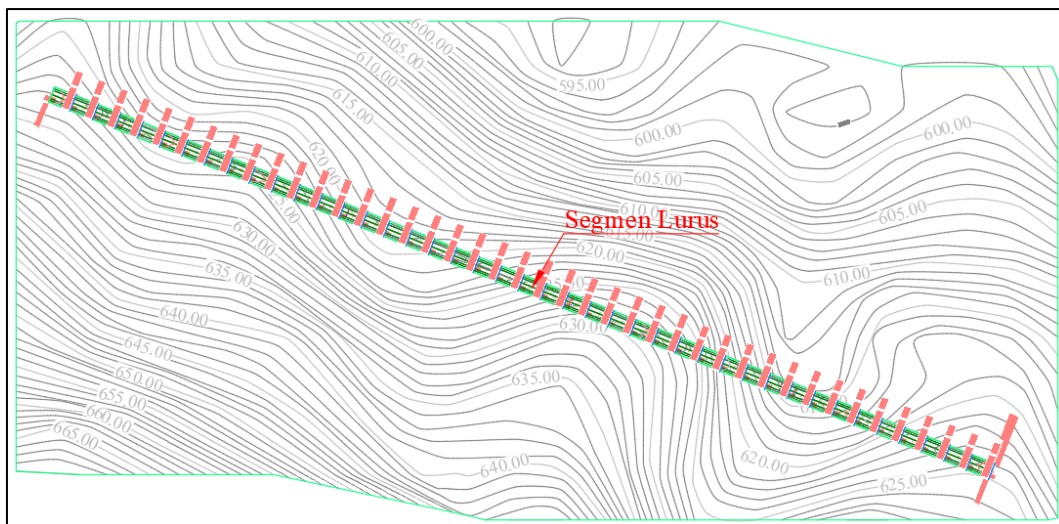
$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Beda Elevasi}}{\text{Jarak Interval}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,07}{20} \times 100\%$$

$$= 0,4\%$$

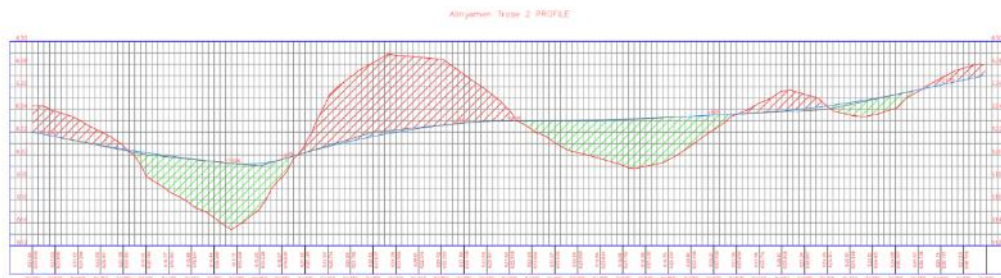
Berdasarkan perhitungan perencanaan alternatif trase jalan 1 menghasilkan kelayakan dengan kelayakan maksimum yaitu 6,9% pada STA 0+160 – 0+180.

3.2.2 Alternatif Trase Jalan 2



Gambar 6. Alternatif Trase Jalan 2

Trase Jalan 2 ini merupakan alternatif rute di bagian tengah dengan total panjang yaitu 820 m. Trase ini terdiri hanya 1 segmen lurus dari titik awal sampai dengan titik akhir tanpa adanya tikungan. Trase Jalan 2 direncanakan pada lahan dengan elevasi bervariasi, seperti yang disajikan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Elevasi Perencanaan Alternatif Trase Jalan 2

Perbandingan elevasi eksisting dan elevasi perencanaan pada titik-titik stasiun utama akan disajikan pada tabel berikut untuk memberikan gambaran mengenai perubahan elevasi dari rancangan yang diusulkan.

Tabel 4. Perbandingan Elevasi Eksisting dan Elevasi Rencana Trase Jalan 2

STA	Elevasi Eksisting (mdpl)	Elevasi Rencana (mdpl)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
0+000	624.34	622.00	2.34	Galian
0+020	623.83	621.60	2.23	Galian
0+040	623.12	621.21	1.91	Galian
0+060	622.05	620.84	1.21	Galian
0+080	620.78	620.50	0.28	Galian
0+100	618.15	620.19	-2.04	Timbunan
0+120	616.77	619.90	-3.13	Timbunan
0+140	615.59	619.64	-4.05	Timbunan
0+160	614.44	619.41	-4.97	Timbunan
0+180	613.71	619.20	-5.49	Timbunan
0+200	615.22	619.24	-4.02	Timbunan
0+220	618.07	619.60	-1.53	Timbunan
0+240	620.92	620.19	0.73	Galian
0+260	624.93	620.72	4.21	Galian
0+280	626.84	621.20	5.64	Galian
0+300	628.12	621.63	6.49	Galian
0+320	628.78	622.00	6.78	Galian
0+340	628.61	622.32	6.29	Galian
0+360	628.42	622.56	5.86	Galian
0+380	627.10	622.80	4.30	Galian
0+400	625.70	622.94	2.76	Galian
0+420	623.92	623.00	0.92	Galian
0+440	622.20	623.00	-0.80	Timbunan
0+460	621.07	623.02	-1.95	Timbunan
0+480	620.19	623.05	-2.86	Timbunan
0+500	619.66	623.10	-3.44	Timbunan
0+520	619.05	623.15	-4.10	Timbunan
0+540	618.98	623.22	-4.24	Timbunan

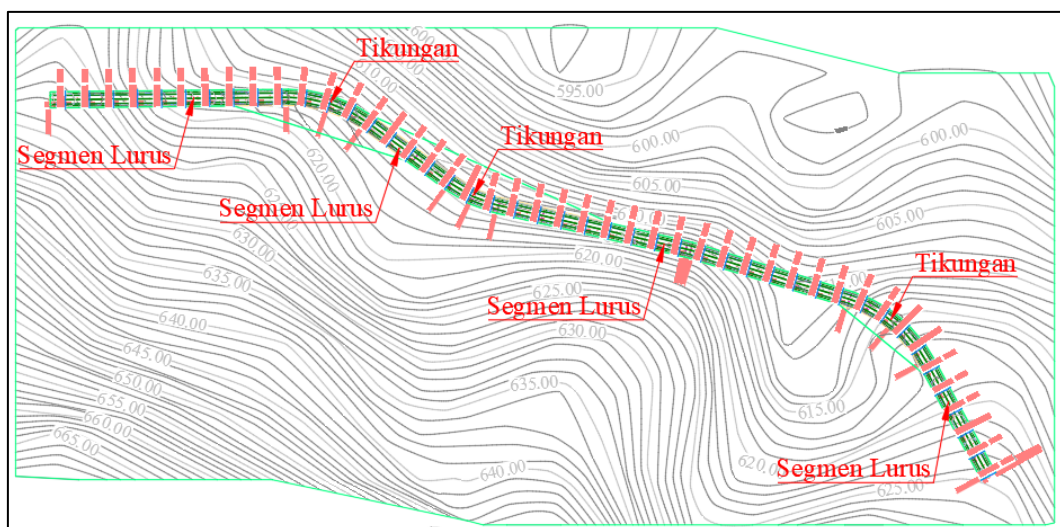
STA	Elevasi Eksisting (mdpl)	Elevasi Rencana (mdpl)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
0+560	619.55	623.30	-3.75	Timbunan
0+580	620.81	623.40	-2.59	Timbunan
0+600	622.21	623.50	-1.29	Timbunan
0+620	623.56	623.60	-0.04	Timbunan
0+640	624.56	623.71	0.85	Galian
0+660	625.61	623.87	1.74	Galian
0+680	625.34	624.07	1.27	Galian
0+700	624.26	624.31	-0.05	Timbunan
0+720	623.51	624.60	-1.09	Timbunan
0+740	623.51	624.93	-1.42	Timbunan
0+760	624.08	625.31	-1.23	Timbunan
0+780	625.57	625.73	-0.16	Timbunan
0+800	626.74	626.16	0.58	Galian
0+820	627.63	626.59	1.04	Galian
0+839	627.00	628.00	-1.00	Timbunan

Contoh perhitungan persentase kelandaian pada alternatif trase jalan 2 yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Kelandaian} &= \frac{\text{Beda Elevasi}}{\text{Jarak Interval}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,40}{20} \times 100\% \\
 &= 2,0\%
 \end{aligned}$$

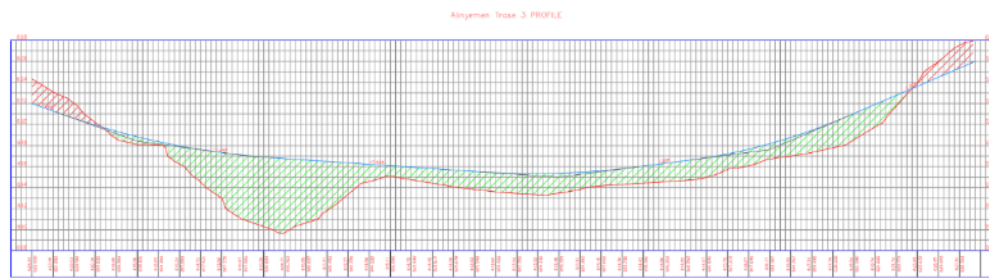
Maka berdasarkan perhitungan pada perencanaan alternatif trase jalan 2 menghasilkan kelandaian maksimum yaitu 7% pada STA 0+820 – 0+840.

3.2.3 Alternatif Trase Jalan 3



Gambar 8. Alternatif Trase Jalan 3

Trase Jalan 3 ini merupakan alternatif rute dibagian utara dengan total panjang yaitu 880,52 m. Trase ini terdiri dari 4 segmen lurus dan 3 tikungan seperti yang terlihat pada Gambar 8. Trase Jalan 3 direncanakan pada lahan dengan elevasi bervariasi, seperti yang disajikan pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Elevasi perencanaan alternatif Trase Jalan 3

Perbandingan elevasi eksisting dan elevasi perencanaan pada titik-titik stasiun utama akan disajikan pada tabel berikut untuk memberikan gambaran mengenai perubahan elevasi dari rancangan yang diusulkan.

Tabel 5. Perbandingan Elevasi Eksisting dan Elevasi Rencana Trase Jalan 3

STA	Elevasi Eksisting (mdpl)	Elevasi Rencana (mdpl)	Beda Tinggi (m)	Keterangan
0+000	624.34	622.00	2.34	Galian
0+020	623.10	621.28	1.82	Galian
0+040	622.02	620.58	1.44	Galian
0+060	620.19	619.94	0.25	Galian
0+080	618.65	619.35	-0.70	Timbunan
0+100	618.08	618.83	-0.75	Timbunan
0+120	618.03	618.37	-0.34	Timbunan
0+140	616.24	617.96	-1.72	Timbunan
0+160	614.52	617.62	-3.10	Timbunan
0+180	613.00	617.34	-4.34	Timbunan
0+200	610.97	617.09	-6.12	Timbunan
0+220	610.29	616.90	-6.61	Timbunan
0+240	609.71	616.76	-7.05	Timbunan
0+260	610.65	616.63	-5.98	Timbunan
0+280	611.81	616.49	-4.68	Timbunan
0+300	613.37	616.36	-2.99	Timbunan
0+320	614.58	616.22	-1.64	Timbunan
0+340	615.11	616.09	-0.98	Timbunan
0+360	614.75	615.95	-1.20	Timbunan
0+380	614.42	615.81	-1.39	Timbunan
0+400	614.08	615.68	-1.60	Timbunan
0+420	613.83	615.54	-1.71	Timbunan
0+440	613.60	615.42	-1.82	Timbunan
0+460	613.44	615.35	-1.91	Timbunan
0+480	613.33	615.34	-2.01	Timbunan

0+500	613.48	615.37	-1.89	Timbunan
0+520	613.81	615.46	-1.65	Timbunan
0+540	614.18	615.60	-1.42	Timbunan
0+560	614.30	615.80	-1.50	Timbunan
0+580	614.42	616.04	-1.62	Timbunan
0+600	614.56	616.30	-1.74	Timbunan
0+620	614.69	616.56	-1.87	Timbunan
0+640	614.97	616.85	-1.88	Timbunan
0+660	615.72	617.21	-1.49	Timbunan
0+680	616.07	617.65	-1.58	Timbunan
0+700	616.71	618.17	-1.46	Timbunan
0+720	616.99	618.77	-1.78	Timbunan
0+740	617.34	619.45	-2.11	Timbunan
0+760	617.79	620.21	-2.42	Timbunan
0+780	618.54	621.05	-2.51	Timbunan
0+800	619.76	621.91	-2.15	Timbunan
0+820	621.74	622.77	-1.03	Timbunan
0+840	623.95	623.63	0.32	Galian
0+860	625.97	624.49	1.48	Galian
0+880	627.51	625.35	2.16	Galian

Contoh perhitungan persentase kelandaian pada alternatif trase jalan 3 yang direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Kelandaian} &= \frac{\text{Beda Elevasi}}{\text{Jarak Interval}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,72}{20} \times 100\% \\
 &= 3,6\%
 \end{aligned}$$

Maka berdasarkan perhitungan pada perencanaan alternatif trase jalan 3 menghasilkan kelandaian maksimum yaitu 4,3% pada STA 0+780 – 0+840.

3.3 Hasil Volume Galian dan Timbunan

Hasil perhitungan volume galian-timbunan didapatkan berdasarkan simulasi pemodelan menggunakan perangkat lunak. Simulasi dilakukan dengan membandingkan permukaan eksisting (*existing surface*) dengan permukaan perencanaan (*design surface*) yang telah dioptimalkan untuk memenuhi standar geometri jalan. Metode perhitungan yang digunakan merupakan metode *AEA*.

3.3.1. Volume Galian-Timbunan Alternatif Trase Jalan 1

Trase Jalan 1 ini merupakan trase dengan panjang 900,03 m. Terdiri dari 4 segmen lurus dan 3 tikungan. Trase ini memiliki kelandaian maksimum yaitu 2%. Hasil volume galian-timbunan pada perencanaan alternatif trase jalan 1 adalah volume galian sebesar 13515,83 m³ dan volume timbunan sebesar 4586,83 m³. Sehingga total keseluruhan volume galian-timbunan pada Alternatif Trase Jalan 1 adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Galian-Timbunan} &= \text{Volume Galian} + \text{Volume Timbunan} \\
 &= 13515,83 + 4586,83 \\
 &= 18102,66 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3.3.2. Volume Galian-Timbunan Alternatif Trase Jalan 2

Alternatif Trase Jalan 2 ini merupakan trase dengan panjang 820 m. Terdiri hanya 1 segmen lurus dari titik awal sampai dengan titik akhir tanpa adanya tikungan. Trase ini memiliki kelandaian maksimum yaitu 3%. Hasil volume galian-timbunan pada perencanaan Alternatif Trase Jalan 2 adalah volume galian sebesar 19650,05 m³ dan volume timbunan sebesar 10275,82 m³. Sehingga total keseluruhan volume galian-timbunan pada Alternatif Trase Jalan 2 adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Galian-Timbunan} &= \text{Volume Galian} + \text{Volume Timbunan} \\
 &= 19650,05 + 10275,82 \\
 &= 29925,87 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

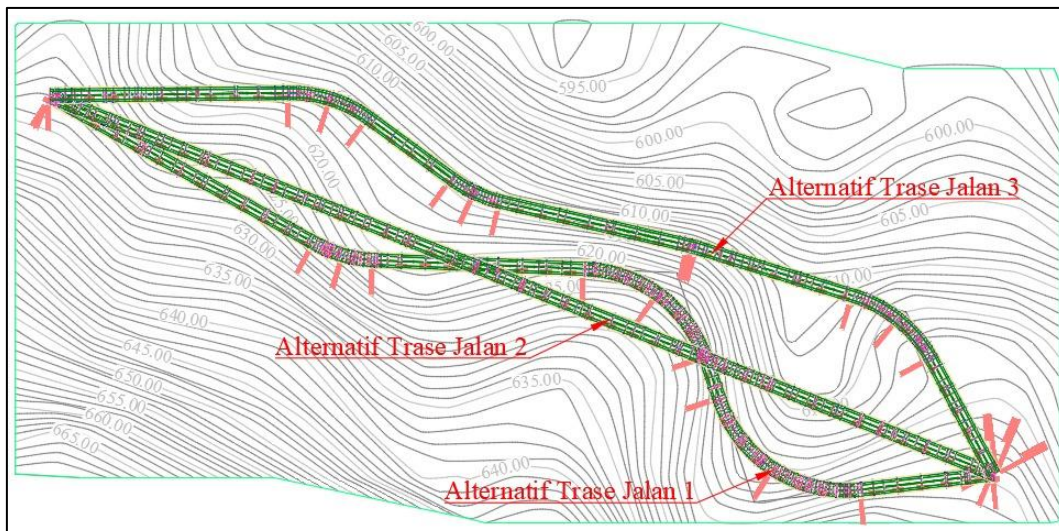
3.3.2. Volume Galian-Timbunan Alternatif Trase Jalan 3

Alternatif Trase Jalan 3 ini merupakan trase dengan panjang 880,52 m. Terdiri dari 4 segmen lurus dan 3 tikungan. Trase ini memiliki kelandaian maksimum yaitu 4.31%. Hasil volume galian-timbunan pada perencanaan Alternatif Trase Jalan 3 adalah volume galian sebesar 3832,37 m³ dan volume timbunan sebesar 16334,42 m³. Sehingga total keseluruhan volume galian-timbunan pada Alternatif Trase Jalan 3 adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Galian-Timbunan} &= \text{Volume Galian} + \text{Volume Timbunan} \\
 &= 16334,42 + 3832,37 \\
 &= 20166,79 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3.4. Analisis Perbandingan Tiga Alternatif Trase Jalan

Dalam perencanaan trase jalan di wilayah perbukitan dengan kontur elevasi yang bervariasi, direncanakan tiga alternatif trase yang masing-masing mewakili pendekatan berbeda terhadap topografi. Alternatif Trase Jalan 1 merupakan trase dibagian selatan yang memiliki panjang trase terbesar namun kemiringan lereng paling landai, memanfaatkan lembah alami sehingga mengurangi kebutuhan *cut and fill*. Alternatif Trase Jalan 2 merupakan trase dibagian tengah yang direncanakan lurus tanpa adanya tikungan menawarkan keseimbangan antara panjang dan kemiringan, trase ini merupakan trase yang memiliki panjang trase terpendek, namun menghadapi beberapa segmen lereng curam yang memerlukan penanganan lebih intensif. Alternatif Trase Jalan 3 merupakan trase dibagian utara yang memiliki panjang lebih pendek dibandingkan alternatif trase pertama, namun melintasi zona kontur paling rapat sehingga menuntut volume galian serta struktur penahan lereng yang signifikan untuk menjamin stabilitas dan keselamatan.



Gambar 10. Tiga Alternatif Trase Jalan

Perbandingan difokuskan pada volume galian dan timbunan, yang menjadi indikator utama dalam estimasi biaya. Volume dihitung dengan membandingkan permukaan eksisting (*existing surface*) dengan permukaan perencanaan (*design surface*). Selain itu, dibandingkan juga panjang trase dan kelandaian untuk menilai kenyamanan pengguna jalan serta efisiensi operasional.

Tabel 6. Analisis Perbandingan Tiga Alternatif Trase Jalan

Parameter	Alternatif Trase Jalan			Keterangan
	1	2	3	
Panjang Trase (m)	900,03	840	880,52	Alternatif Trase Jalan 2 merupakan trase dengan panjang terpendek
Kelandaian Maksimum (%)	6,9	7	4,3	Alternatif Trase Jalan 1 merupakan trase paling landai.
Volume Galian (m ³)	13515,83	19650,05	3832,37	Alternatif Trase Jalan 3 merupakan trase dengan volume galian jauh lebih rendah dibandingkan trase jalan 1 dan 2.
Volume Timbunan(m ³)	4586,83	10275,82	16334,42	Alternatif Trase Jalan 1 merupakan trase dengan volume timbunan jauh lebih rendah dibandingkan trase jalan 2 dan 3.
Total Volume (m ³)	18102,66	29925,87	20166,79	Alternatif Trase Jalan 1 merupakan trase dengan total volume paling rendah dibandingkan trase jalan 2 dan 3.
Rasio Galian/ Timbunan	2,94	1,91	0,23	Alternatif Trase Jalan 2 merupakan trase dengan rasio galian/timbunan yang paling seimbang dibandingkan trase jalan 1 dan 3.

Dari Tabel 6 di atas, dapat dianalisis sebagai berikut:

1. Volume Galian dan Timbunan

Alternatif Trase Jalan 1 menunjukkan total volume galian dan timbunan terendah yaitu 18102,66 m³, menjadikannya pilihan yang lebih efisien dan optimal untuk mengurangi estimasi biaya dan waktu pekerjaan. Alternatif Trase Jalan 2 memiliki total volume galian dan timbunan tertinggi yaitu 29925,87 m³. Galian yang dalam untuk terowongan dapat meningkatkan risiko longsor. Alternatif Trase Jalan 3 berada di tengah dengan total volume galian dan timbunan yaitu 20166,79 m³, dimana didominasi pekerjaan timbunan.

2. Panjang Alternatif Trase Jalan

Alternatif Trase Jalan 2 memiliki panjang terpendek yaitu 840 m, hal ini dapat menguntungkan waktu tempuh untuk efisiensi transportasi, namun volume galian dan timbunan sangat besar, sehingga kurang efisien dan optimal untuk dijadikan pilihan.

3. Kelandaian Jalan

Kelandaian maksimum pada Alternatif Trase Jalan 3 (4,3%) merupakan paling rendah dan lebih landai dibandingkan yang lain, hal ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan keselamatan, terutama di daerah pegunungan.

Dengan fokus analisis berdasarkan pada volume galian dan timbunan sebagai indikator utama untuk efisiensi pekerjaan tanah (*earthwork*), Alternatif Trase Jalan 1 direkomendasikan sebagai pilihan yang efisien dan optimal karena memiliki total volume galian-timbunan paling rendah yaitu 18102,66 m³ meskipun rasio galian/timbunan tinggi yang menyebabkan sisa material galian. Rekomendasi ini sangat sesuai untuk perencanaan jalan dengan proyek konstruksi yang mengutamakan penghematan biaya konstruksi, percepatan jadwal pelaksanaan, dan pengurangan dampak lingkungan akibat galian dan timbunan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah dari ketiga alternatif trase jalan yang telah dianalisis, diperoleh perbandingan, diantaranya yaitu :

1. Alternatif Trase Jalan 1 memiliki panjang 900,03 m dan memiliki kelandaian maksimum 6,9%, Alternatif Trase Jalan 2 memiliki panjang 840 m dan memiliki kelandaian maksimum 7%, sedangkan Alternatif Trase Jalan 3 memiliki panjang 880,52 m dan memiliki kelandaian maksimum 4,3%.
2. Volume Galian Timbunan :
 - a) Alternatif Trase Jalan 1 memiliki volume galian sebesar 13.515,83 m³ dan volume timbunan sebesar 4.586,83 m³.
 - b) Alternatif Trase Jalan 2 memiliki volume galian sebesar 19.650,05 m³ dan volume timbunan sebesar 10.275,82 m³, dan
 - c) Alternatif Trase Jalan 3 memiliki volume galian sebesar 3.832,37 m³ dan volume timbunan sebesar 16.334,42 m³.

Berdasarkan panjang trase, Alternatif Trase Jalan 2 memiliki panjang terpendek yaitu 840 m dibandingkan dengan Alternatif Trase Jalan 1 (900,03 m) dan Alternatif Trase Jalan 3 (880,52 m). Kemudian jika berdasarkan

kelandaian maksimum, analisis menunjukkan bahwa Alternatif Trase Jalan 3 memiliki kelandaian maksimum paling landai yaitu 4,3%, lebih rendah dibandingkan Alternatif Trase Jalan 1 (6,9%) dan Alternatif Trase Jalan 3 (7%). Sedangkan jika didasarkan pada volume galian-timbunan, total volume pada Alternatif Trase Jalan 1 adalah yang paling rendah yaitu 18102.66 m³, diikuti Alternatif Trase Jalan 3 (20166.79 m³) dan Alternatif Trase Jalan 2 (29925.87 m³). Adapun rasio perbandingan volume galian timbunan menunjukkan Alternatif Trase Jalan 2 merupakan trase dengan pekerjaan galian-timbunan yang lebih seimbang yaitu dengan rasio 1,91 dibandingkan trase lainnya, dimana Alternatif Trase Jalan 1 dengan rasio 2,94 dan Alternatif Trase Jalan 3 dengan rasio 0,23.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firmansyah, dkk. (2022). *Analisis Perbandingan Volume pada Tikungan Jalan Menggunakan Metode Perhitungan Volume yang Ada pada Aplikasi Pengolah Data Survei*. Jurnal Teknik ITS Vol. 11, No.2
- [2] Sari, dkk. (2025). *Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Timbunan Tanggul Dengan Metode Penampang Rata-Rata Menggunakan Autocad Civil 3D Dengan Menggunakan Microsoft Excel*. Jurnal Deformasi Vol. 10-1
- [3] Simbolon, Y.I dan Saputra, A.J. (2023). *Analisa Volume Galian dan Timbunan pada Pekerjaan Pembangunan Jalur Sepeda Jl. RE. Martadinata Batam Menggunakan Metode Perbedaan Tinggi Elevasi dengan Perhitungan Kontraktor*. Journal of Civil Engineering and Planning Vol4.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) 2021*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [5] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2023). *Petunjuk Konstruksi Jalan PUPR*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [6] Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 332/KPTS/M/2025 tentang Penetapan Kelas Jalan pada Arteri Primer dan Kolektor Primer 1.
- [7] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13 Tahun 2024 tentang Kelas Jalan.
- [8] Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.
- [9] Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan