

STUDI EVALUASI GEOMETRIK JALAN DAN RENCANA PERBAIKAN PADA RUAS JALAN AYAWASI-SISU KM 266,75 – KM 267,97 KABUPATEN MAYBRAT

Putri Theresia Malonda¹, Nusa Sebayang², Eding Iskak Imananto³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email : thessamalonda02@gmail.com

ABSTRACT

The Ayawasi-Sisu Road section Km 266.75 – Km 267.97 is classified as a mountainous area surrounded by valleys and has large slopes which affect the vertical alignment, making the study location prone to accidents among road users where loaded vehicles will lose power when going uphill. or the potential for the brakes to fail when descending. From the evaluation results, the vertical alignment showed that the average slope was 19.35%, which did not meet the guidelines from Bina Marga, namely 8%. It was also found that 21 vertical curves did not comply. From the results of improvements to alternatives 1, 2 and 3 using the excavation and embankment method, the slopes are satisfactory. However, the existing conditions at the study location cannot and are not possible to be repaired because the existing road is surrounded by valleys and is classified as a mountainous area, so that the geometric location does not have enough land to create a stepped slope to carry out large volumes of excavation and embankment work. So the solution for handling it is to install traffic signs, limit the type and weight of vehicles to pass through the geometric road, install guard rails or safety iron fences on the shoulders of the road and create emergency safety areas or rescue routes to direct vehicles when the brakes fail.

Keywords: Road Geometric Evaluation, Road Gradient, Excavation and Embankment

ABSTRAK

Ruas Jalan Ayawasi-Sisu Km 266,75 – Km 267,97 tergolong dalam daerah pegunungan yang dikelilingi oleh lembah dan memiliki kelandaian besar yang berpengaruh pada alinyemen vertikal, membuat lokasi studi rawan kecelakaan pada pengguna jalan dimana kendaraan yang bermuatan akan kehilangan tenaga ketika menanjak, atau berpotensi rem blong ketika di turunan. Dari hasil evaluasi, pada alinyemen vertikal didapat kelandaian rata-rata adalah 19,35% tidak memenuhi pedoman dari Bina Marga yaitu 8%. Didapat juga 21 lengkung vertikal tidak memenuhi. Dari hasil perbaikan pada alternatif 1,2 dan 3 dengan menggunakan metode galian dan timbunan, didapat kelandaian memenuhi. Akan tetapi, kondisi eksisting pada lokasi studi tidak bisa dan tidak memungkinkan untuk diperbaiki karena eksisting jalan yang dikelilingi oleh lembah dan tergolong daerah pegunungan, sehingga lokasi geometrik tidak mempunyai cukup lahan membuat lereng bertangga untuk melakukan pekerjaan galian dan timbunan dengan volume yang besar. Sehingga solusi untuk penanganannya adalah dengan memasang rambu-rambu lalu lintas, membatasi jenis serta berat kendaraan untuk melewati geometrik jalan, pemasangan guard rail atau pagar besi pengaman di bahu jalan dan membuat emergency safety area atau jalur penyelamat untuk mengarahkan kendaraan saat terjadi rem blong..

Kata kunci: Evaluasi Geometrik Jalan, Kelandaian Jalan, Galian dan Timbunan

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ruas jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 - km 267,97 merupakan jalan nasional penghubung dari Kota Sorong menuju Manokwari yang merupakan jalan trans Papua, berlokasi di Kabupaten Maybrat. Pada ruas jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 - km 267,97 rata-rata pengguna jalan didominasi oleh kendaraan bermuatan berat dan kendaraan mobil, kemudian sisanya adalah kendaraan bermotor. Lokasi pada ruas jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 - km 267,97 berdasarkan klasifikasi pengguna jalan, termasuk dalam jalan kelas 1. Kondisi eksisting pada ruas jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 – km 267,97 merupakan wilayah yang tergolong dataran tinggi

dengan hutan hujan tropis dengan ketinggian wilayah pada topografi 280-520 meter. Lokasi studi pada ruas jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 – km 267,97 dikelilingi oleh Lembah.

Pada ruas jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 – km 267,97 sangat rawan terjadinya kecelakaan. Didapat pernah terjadinya kecelakaan pada pengguna mobil dikarenakan kelandaian jalan yang besar sehingga berpengaruh pada laju kendaraan yang berakibat rem menjadi blong dan juga kecelakaan pada alat berat yaitu pada kendaraan alat berat mengalami rem blong sehingga kendaraan masuk ke dalam jurang. Dan juga didapat setiap kendaraan yang melewati jalan, sangat rawan terjadinya kecelakaan karena turunan jalan yang curam sehingga mempengaruhi

laju kecepatan kendaraan yang berdampak menjadi kecelakaan pada pengguna jalan. Dikarenakan kondisi eksisting tergolong pegunungan dan jalan dengan kelandaian besar sehingga mempengaruhi laju kecepatan kendaraan yang berdampak menjadi kecelakaan lalu lintas sehingga pada kendaraan yang bermuatan akan kehilangan tenaga ketika menanjak, atau berpotensi rem blong ketika di turunan. Dari penjabaran permasalahan, keselamatan jalan sangat penting pada geometrik jalan dikarenakan lokasi studi merupakan lokasi dengan pengguna jalan yang didominasi oleh kendaraan bermuatan dan juga dengan kendaraan jarak jauh.

Adapun juga rumusan masalah pada studi ini yaitu:

1. Apakah geometrik jalan pada Ruas Jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 – km 267,97 sudah memenuhi standar pengguna jalan yang baik dan aman sesuai dengan pedoman Bina Marga 2021?
2. Apakah kondisi geometrik jalan beserta eksisting pada Ruas Jalan Ayawasi-Sisu km 266,75 – km 267,97 memungkinkan untuk diperbaiki?
3. Bagaimana jenis penanganan yang tepat dan perbaikan dengan berdasarkan permasalahan pada geometrik jalan?

2. TINJAUAN PUSTAKA

Alinyemen Horizontal

Menurut Bina Marga 2021, alinemen horizontal jalan umumnya berupa serangkaian bagian-bagian jalan yang lurus dan melengkung berbentuk busur lingkaran, dan yang dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tanpa lengkung peralihan. Berikut persamaan untuk mencari sudut tikungan (Δ):

Mencari jarak lurus pada perhitungan sudut tikungan.

$$d_{A-P1} = \sqrt{(X_{p1} - X_A)^2 + (Y_{p1} - Y_A)^2} \dots\dots\dots(1)$$

Ket:

- d = jarak lurus
- X = titik koordinat X
- Y = titik koordinat Y

Mencari besar sudut tikungan (Δ).

$$\text{Sudut azimuth} = \text{arc tan } X/Y \dots\dots\dots(2)$$

$$\Delta \text{ tikungan} = \text{sudut azimuth } B - P1 \dots\dots\dots(3)$$

Ket:

Δ = sudut tikungan, derajat

Lengkung Horizontal

Menurut Bina Marga, Lengkung horizontal dibedakan menjadi tiga, yaitu lengkung Full Circle (FC), lengkung Spiral Circle Spiral (SCS) dan lengkung Spiral Spiral (SS). Tikungan dikategorikan Full Circle jika nilai $p < 0,25$ m, superelevasi $< 3\%$.

Berikut perhitungan elemen tikungan:

Menentukan koefisien geser (f_{maks})

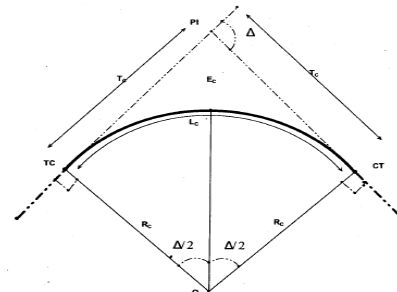
$$f_{maks} = -0,00065.VD + 0,192 \dots\dots\dots(4)$$

Ket :

VD = Kecepatan desain, km/jam

f_{maks} = koefisien gesek, m

berikut persamaan elemen tikungan menurut Bina Marga:



Gambar 2.1 Tikungan Full Circle (FC)
(Sumber: Saodang, 2010/Hal.82)

Pada tikungan dengan bentuk yang tajam, dibutuhkan radius lengkung kecil dan superelevasi yang besar. Lengkung tikungan dengan bentuk busur lingkaran dapat menyebabkan perubahan kemiringan melintang besar yang berakibat timbulnya patahan pada tepi perkerasan luar. Untuk mengurangi hal tersebut, dibuatnya lengkung peralihan. Lengkung busur lingkaran atau tikungan Full Circle dapat digunakan pada radius tikungan yang besar, dengan superelevasi kurang atau sama dengan 3%.

Parameter Perhitungan Tikungan Full Circle (FC)

Jarak Tc-P1 (T_c)

$$T_c = RC \times \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(5)$$

Lengkung Lingkaran (L_c)

$$L_c = 0,01745 \times RC \times \Delta \dots\dots\dots(6)$$

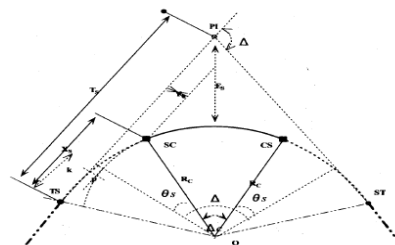
Jarak P1-Busut (E_c).

$$E_c = T_c \times \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots(7)$$

Ket;

Δ = Sudut tikungan

Rc = Jari-jari Rencana



Gambar 2.2 Tikungan Circle-Spiral-Circle (SCS)

(Sumber: Saodang, 2010/Hal.87)

Tikungan SCS (Spiral-Circle-Spiral) merupakan tikungan yang memiliki lengkung peralihan

berbentuk spiral untuk menghubungkan bagian lurus dengan radius di awal spiral, dan berbentuk lingkaran dengan radius di akhir spiral. Tikungan dapat dikatakan SCS jika memiliki pergeseran tangen lebih besar dari 0,25 meter.

Parameter Perhitungan Tikungan Circle-Spiral-Circle (SCS)

Menentukan titik koordinat spiral ke circle (Xs;Ys).

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{(L_s)^2}{40R^2} \right) \dots\dots\dots(8)$$

$$Y_s = \frac{(L_s)^2}{6R} \dots\dots\dots(9)$$

Menentukan sudut spiral (θ_s).

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R} \dots\dots\dots(10)$$

Menentukan pergeseran tangen secara spiral (p).

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos\theta_s) \dots\dots\dots(11)$$

Syarat tikungan SCS adalah $p > 0,25 \text{ m}$

Menentukan absis dari p pada garis tangen spiral (k).

$$k = X_s - R \sin\theta_s \dots\dots\dots(12)$$

Menentukan titik awal mulai masuk ke daerah lengkung (Ts).

$$T_s = (R + p) \times \text{tg} (1/2\Delta) + k \dots\dots\dots(13)$$

Menentukan jarak dari P1 ke sumbu jalan arah pusat lingkaran (Es).

$$E_s = \frac{(R+p)}{\cos(\frac{1}{2}\Delta)} - R \dots\dots\dots(14)$$

Menentukan Panjang busur lingkaran (Lc).

$$L_c = \frac{\theta_c}{180} \times \pi \times R \dots\dots\dots(15)$$

Syarat tikungan SCS adalah $L_c > 20 \text{ m}$

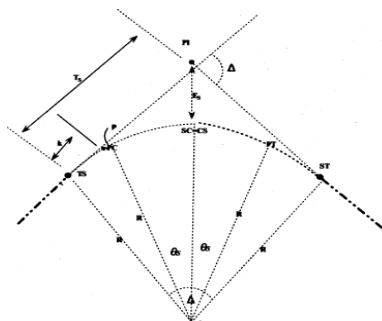
Menentukan Panjang busur total (Ltot).

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(16)$$

Ket;

Δ = Sudut tikungan

R = Jari-jari Rencana



Gambar 2.3 Tikungan Spiral-Spiral (SS)

(Sumber: Saodang, 2010/Hal.93)

Tikungan SS (*Spiral-Spiral*) merupakan tikungan dengan lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral atau lengkung tanpa busur lingkaran dengan ketentuan lengkung circle atau busur lingkaran

adalah 0, dan memiliki jarak tangen lebih besar dari lengkung peralihan.

Parameter Perhitungan Tikungan Spiral-Spiral (SS).

$$L_c = 0 \dots\dots\dots(17)$$

Sudut Spiral (θ_s).

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(18)$$

Lengkung Peralihan (Ls).

$$L_s = \frac{\theta_s \pi R_c}{90} \dots\dots\dots(19)$$

Pergeseran tangen (p).

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} \dots\dots\dots(20)$$

Absis p pada Ts

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{4 R_c^2} - R_c \sin\theta_s \dots\dots\dots(21)$$

Jarak Tangen P1-Ts (Ts).

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(22)$$

Jarak P1-busur (Es).

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots\dots\dots(23)$$

Syarat tikungan SS adalah $T_s > L_s$

Ket;

Δ = Sudut tikungan

Rc = Jari-jari Rencana

Superelevasi

Superelevasi tidak diperlukan, jika radius tikungan cukup besar. Dalam kondisi begrtu, cukup lereng luar diputar, sebesar lereng normal atau bahkan tetap sebagai lereng normal (Saodang, 2010). Berikut persamaan untuk mencari superelevasi desain:

Menentukan superelevasi desain (ed)

$$e_d = \frac{-e_{maks} \times Dd^2}{D_{maks}^2} + \frac{2 \times e_{maks} \times Dd}{D_{maks}} \dots\dots\dots(24)$$

Ket :

e_{maks} = superelevasi maksimum, m

Dd = derajat lengkung, m

Dmax = derajat lengkung maksimum, m

Menentukan derajat lengkung maksimum (Dmax)

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \dots\dots\dots(25)$$

Ket: V = kecepatan kendaraan, dalam satuan Km/Jam

e_{maks} = superelevasi maksimum, m

f_{maks} = koefisien geser, m

Dmaks = derajat lengkung maksimum, m

Menentukan derajat lengkung (Dd)

$$D_d = \frac{1432,39}{R} \dots\dots\dots(26)$$

Ket : R = Jari-jari atau radius, m

Tikungan dan Lengkung Peralihan

Menurut Bina Marga 2021, Tikungan gabungan balik adalah lengkung horizontal yang berputar berlawanan arah. Jika panjang ini tidak bisa tercapai, pencapaian superelevasi bisa diperpanjang hingga 1 detik waktu tempuh (maksimum 30 m) ke dalam busur lingkaran. Kecepatan operasi harus diatur agar sesuai geometrik tikungan.

$$Ls \text{ min} = \frac{0,0214 V^3}{RC} \dots\dots\dots(27)$$

Ket :

- Ls,min = panjang minimum lengkung peralihan
- Pmin = jarak offset lateral minimum antara bagian lurus dan busur lingkaran (0,20m)
- R = radius busur lingkaran, m
- V = kecepatan desain, Km/Jam
- C = laju maksimum perubahan akselerasi lateral (1,20m/detik³)

Untuk mendapatkan panjang lengkung peralihan (superelevation runoff), dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$LS = \frac{wn1 \text{ ed}}{\Delta} (bw) \dots\dots\dots(28)$$

Ket :

- LS = Panjang minimum runoff superelevasi lengkung peralihan (runoff), m
- Δ = Kelandaian relatif maksimum, %
- n1 = Jumlah jalur yang diputar
- b = Faktor penyesuaian untuk jumlah jalur yang diputar
- w = Lebar satu jalur lalu lintas, m
- ed = Tingkat superelevasi desain, %

Jarak Pandang

Jarak pandang adalah panjang jalan di depan pengemudi yang terlihat. Jarak pandang dibedakan menjadi jarak pandang henti (JPH) dan jarak pandang mendahului (JPM). Menurut Bina Marga 2021, nilai JPH (Jarak Pandang Henti) untuk desain yang berdasarkan pada waktu reaksi 2,5 detik, perlambatan longitudinal 3,4 m/detik², dan koreksi tambahan jarak pandang pada kelandaian menurun atau pengurangan jarak pandang pada kelandaian menaik.

$$JPH = \frac{VD \ t}{3,6} + \frac{VD^2}{2 \times 3,6^2 \times 9,81 (\frac{a}{9,81} + G)} = 0,278 \ VD \ t + 0,039 \frac{VD^2}{254 (\frac{a}{9,81} + G)} \dots\dots\dots(29)$$

Ket :

- JPH = Jarak Pandang Henti (m)
- t = waktu reaksi (2,5 detik)
- VD = kecepatan desain (Km/Jam)
- A = perlambatan longitudinal (m/det²)
- G = kelandaian memanjang jalan (e.g. 0,05 5%) tanda positif untuk menaik.

JPM diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi 120cm dan tinggi halangan (objek) di muka jalan 120cm. JPM ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$JPM = d1 + d2 + d3 + d4 \dots\dots\dots(30)$$

Ket :

- JPM adalah jarak pandang mendahului (m).
- d1 adalah jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)
- d2 adalah jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),
- d3 adalah jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),
- d4 adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya ditetapkan sama dengan 2/3 d2 (m).

Alinyemen Vertikal

Menurut Bina Marga Pada jalan kelas I dengan kendaraan desain kendaraan besar (Truk berat semi trailer), kemampuannya melintasi tanjakan dengan kecepatan 40Km/Jam paling tinggi kira-kira 5,5% sehingga kelandaian maksimum perlu dibatasi sesuai kemampuan tersebut. Jika kelandaian maksimum lebih besar dari 5,5% sangat dimungkinkan akan ditemui kendaraan besar dengan kecepatan ≤ 40Km/Jam.

Menentukan kelandaian (g).

$$g = \frac{\text{Elevasi awal} - \text{Elevasi akhir}}{\text{Jarak antar elevasi}} \dots\dots\dots(31)$$

Menentukan perbedaan aljabar landai (A)

$$A = \frac{g^2}{g1} \dots\dots\dots(32)$$

Ket:

- g = kelandaian, %
- A = Perbedaan aljabar landai, %

Lengkung Vertikal Cekung

Dikutip dari (Saodang, 2010) lengkung vertikal cekung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Menurut Bina Marga 2021, terdapat empat kriteria untuk menentukan panjang lengkung vertikal cekung, yakni kenyamanan pengemudi, silau sorotan lampu, pengendalian drainase, dan penampilan. Berikut perhitungan lengkung vertikal cekung berdasarkan:

Jarak penyinaran lampu kendaraan (S<LV)

$$LV = \frac{A \times S^2}{250 + 3,5 \times S} \dots\dots\dots(33)$$

Jarak penyinaran lampu kendaraan (S>LV)

$$LV = 2 \times S - \frac{120 + 325 \times S}{A} \dots\dots\dots(34)$$

Berdasarkan visual lengkung vertikal cekung

$$LV = \frac{A \times VR^2}{380} \dots\dots\dots(35)$$

Berdasarkan pandangan bebas ($S < LV$)

$$LV = \frac{A \times S^2}{3480} \dots\dots\dots(36)$$

Berdasarkan pandangan bebas ($S > LV$)

$$LV = 2 \times S - \frac{3480}{A} \dots\dots\dots(37)$$

Mencari nilai K

$$K = \frac{LV}{A} \dots\dots\dots(38)$$

Ket:

LV = Lengkung vertikal, m

S = Jarak pandang, m

VR = Kecepatan rencana, km/jam

A = Perbedaan aljabar landai, %

Dari hasil perhitungan, nilai terbesar yang dipakai sebagai lengkung vertikal (LV).

Lengkung Vertikal Cembung

Menurut Bina Marga Pengendali utama lengkung vertikal cembung adalah penyediaan jarak pandang yang cukup, untuk mendapatkan sudut pandang yang aman, kenyamanan, dan penampilan.

Berikut perhitungan lengkung vertikal cembung berdasarkan:

Jarak Pandang Henti ($S < LV$)

$$LV = \frac{A \times S^2}{399} \dots\dots\dots(39)$$

Jarak Pandang Henti ($S < LV$)

$$LV = 2 \times S - \frac{399}{A} \dots\dots\dots(40)$$

Berdasarkan syarat keluwesan bentuk

$$LV = 0,6 \times VR \dots\dots\dots(41)$$

Berdasarkan syarat keamanan pengemudi

$$LV = \frac{VR}{3,6} \times T \dots\dots\dots(42)$$

Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

$$LV = K \times A \dots\dots\dots(43)$$

$$K = \frac{LV}{A} \dots\dots\dots(44)$$

Ket:

LV = Lengkung vertikal, m

A = Perbedaan aljabar landai, %

VR = Kecepatan rencana, km/jam

S = Jarak pandang, m

K = Besar kelengkungan vertikal, m

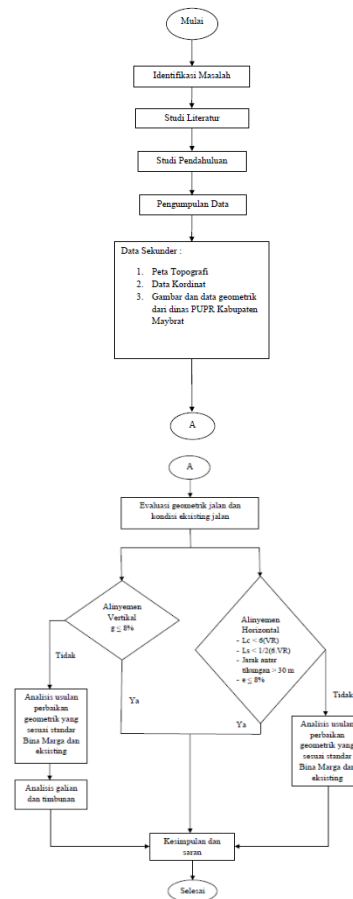
Galian dan Timbunan

Menurut Bina Marga, perencanaan alinyemen harus mengkaji informasi topografi yang ada, untuk menentukan fitur-fitur utama jalan sepanjang koridor jalan, terutama bentuk perbukitan dan lembah, serta sudut kelandaian memanjang, dalam rangka mengoptimalkan kelandaian alinemen vertikal serta volume galian dan timbunan tanah untuk meminimalkan biaya konstruksi. Penetapan kelandaian memanjang juga memungkinkan

desainer untuk mengkaji ulang alinemen sehubungan dengan penggunaan kemiringan lereng samping jalan.

3. Metodologi Studi

Dari data hasil evaluasi, pada alinyemen vertikal dan horizontal yang tidak memenuhi, dilakukan rencana perbaikan yang sesuai dengan peraturan Bina Marga. Usulan perbaikan disesuaikan dengan kondisi eksisting sekitar dan alinyemen geometrik jalan. Kondisi eksisting terlebih dahulu dianalisis dan dievaluasi sebelum melakukan perbaikan, untuk mengetahui kelayakan eksisting sekitar yang berpengaruh pada perbaikan geometrik jalan. Jika kondisi eksisting sekitar memungkinkan untuk diperbaiki, maka perbaikan pada geometrik dapat dilakukan. Akan tetapi jika kondisi eksisting sekitar tidak memungkinkan untuk diperbaiki, maka perbaikan pada geometrik jalan tidak dapat dilakukan sehingga perlu mencari solusi yang tepat pada permasalahan yang terjadi sesuai dengan pedoman Bina Marga.



Gambar 3.1 Diagram Alir Studi

4. Hasil dan Pembahasan

Evaluasi alinyemen vertikal

Tabel 4.1 Kelandaian Antar Jalan Dengan Eksisting Sekitar (Kiri)

Stationing	Elevasi Jalan Kiri	Elevasi Eksisting	L	g	Medan
0+750	520.14	526.2	3.46	175.26	Gunung
0+800	511.52	514.25	2.63	103.72	Gunung
0+850	505.03	508.7	3.54	103.61	Gunung
0+900	497.86	504.05	4.36	142.16	Gunung
0+950	491.40	495.46	1.44	282.14	Gunung
1+000	487.82	492.85	3.57	140.94	Gunung
1+050	480.87	488.87	4.25	188.23	Gunung
1+100	472.88	491.62	7.02	267.15	Gunung
1+150	462.60	477.32	10.98	134.07	Gunung
1+200	451.50	456.85	1.46	366.23	Gunung
1+250	431.00	448.27	1.65	1048.45	Gunung
1+300	428.54	433.92	2.64	203.75	Gunung
1+350	418.89	424.97	6.64	91.68	Gunung
1+400	406.50	410.99	2.82	159.21	Gunung
1+450	394.12	400.05	2.61	227.60	Gunung
1+500	384.18	389.44	4.04	130.10	Gunung
1+550	368.94	375.67	1.46	461.07	Gunung
1+600	356.57	362.74	7.55	81.83	Gunung
1+650	346.87	350.31	2.14	160.46	Gunung
1+700	340.20	343.33	1.36	229.47	Gunung
1+750	329.15	333.64	6.81	65.90	Gunung
1+800	317.08	330.58	6.89	196.08	Gunung
1+850	305.12	319.03	12.38	112.42	Gunung
1+900	293.21	292.06	1.77	64.94	Gunung
1+950	283.44	291.47	8.83	90.91	Gunung
1+976.310	282.46	284.00	5.94	25.94	Gunung
Rata-rata				202,051	Gunung

Sumber: Analisis

Tabel 4.2 Kelandaian Antar Jalan Dengan Eksisting Sekitar (Kanan)

Stationing	Elevasi Jalan Kanan	Elevasi Eksisting	L	g	Medan
0+750	520.42	524.53	2.36	174.28	Gunung
0+800	511.45	514	4.92	51.91	Gunung
0+850	504.62	506.26	1.16	141.03	Gunung
0+900	498.26	503.59	6.07	87.83	Gunung
0+950	492.00	491.8	2.03	9.84	Datar
1+000	488.92	493.01	4.70	86.98	Gunung
1+050	481.28	485.21	2.42	162.52	Gunung
1+100	473.03	482.09	5.28	171.67	Gunung
1+150	462.20	478.32	5.53	291.54	Gunung
1+200	451.09	455.48	1.95	225.08	Gunung
1+250	430.96	445.41	4.89	295.58	Gunung
1+300	428.53	438.54	5.78	173.27	Gunung
1+350	418.47	426.16	2.88	267.15	Gunung
1+400	406.08	414.97	5.18	171.58	Gunung
1+450	393.70	402.22	4.10	207.93	Gunung
1+500	384.60	383.88	4.13	17.45	Bukit
1+550	369.36	372.78	1.40	244.07	Gunung
1+600	356.99	361.9	5.49	89.53	Gunung
1+650	347.24	351.2	2.43	162.88	Gunung
1+700	339.80	342	5.15	42.80	Gunung
1+750	328.98	332.05	2.08	147.64	Gunung
1+800	317.29	319.97	1.58	169.37	Gunung
1+850	305.52	304.98	6.38	8.46	Datar
1+900	293.58	296	5.37	45.06	Gunung
1+950	283.43	284.61	4.49	26.37	Gunung
1+976.310	282.19	282.00	1.69	11.24	Bukit
Rata-rata				133,964	Gunung

Sumber: Analisis

Elevasi antar jalan yang sudah jadi dan eksisting di sekitarnya bagian kiri didapat rata-rata adalah 202,052 % dan bagian kanan jalan 133,964 % sehingga eksisting termasuk dalam medan gunung. Dari hasil analisis dan dikaitkan dengan kondisi eksisting, dapat diketahui lokasi jalan dikelilingi oleh lembah dan termasuk medan pegunungan.

Tabel 4.3 Kelandaian Jalan

Segmen	Km	Stasioning	Elevasi	g	g Max	Cek Gradien	Panjang g	Medan
1	266.75	0+750.000	520.304	17.39%		TIDAK	50	Bukit
2	266.80	0+800.000	511.607	13.54%		TIDAK	50	Bukit
3	266.85	0+850.000	504.838	13.54%		TIDAK	50	Bukit
4	266.90	0+900.000	498.070	12.50%		TIDAK	50	Bukit
5	266.95	0+950.000	491.819	8.36%		TIDAK	50	Datar
6	267.00	1+000.000	487.638	13.10%		TIDAK	50	Bukit
7	267.05	1+050.000	481.088	16.25%		TIDAK	50	Bukit
8	267.10	1+100.000	472.964	21.10%		TIDAK	50	Bukit
9	267.15	1+150.000	462.413	22.21%		TIDAK	50	Bukit
10	267.20	1+200.000	451.308	24.38%		TIDAK	50	Bukit
11	267.25	1+250.000	439.116	20.86%		TIDAK	50	Bukit
12	267.30	1+300.000	428.685	20.00%		TIDAK	50	Bukit
13	267.35	1+350.000	418.686	24.77%		TIDAK	50	Bukit
14	267.40	1+400.000	406.302	24.76%		TIDAK	50	Bukit
15	267.45	1+450.000	393.921	24.76%		TIDAK	50	Bukit
16	267.50	1+500.000	381.541	24.76%		TIDAK	50	Bukit
17	267.55	1+550.000	369.163	24.76%		TIDAK	50	Bukit
18	267.60	1+600.000	356.785	19.44%		TIDAK	50	Bukit
19	267.65	1+650.000	347.067	14.11%		TIDAK	50	Bukit
20	267.70	1+700.000	340.010	21.74%		TIDAK	50	Bukit
21	267.75	1+750.000	329.142	23.81%		TIDAK	50	Bukit
22	267.80	1+800.000	317.236	23.81%		TIDAK	50	Bukit
23	267.85	1+850.000	305.330	23.81%		TIDAK	50	Bukit
24	267.90	1+900.000	293.423	19.72%		TIDAK	50	Bukit
25	267.95	1+950.000	283.563	10.37%		TIDAK	26	Bukit
267.97	1+976.310	280.834						
Rata-rata				19,35%		TIDAK		Bukit

Sumber: Analisis

Kelandaian melintang pada kelandaian jalan dengan jarak per stationing 50 meter didapat rata-rata yaitu 19,35%

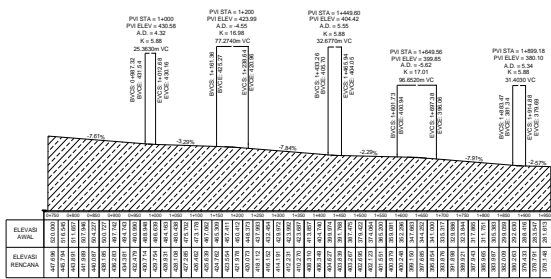
Analisis lengkung vertikal

Dari hasil rekapitulasi, didapat 5 lengkung vertikal memenuhi, dan 21 lengkung vertikal tidak memenuhi. Sehingga Sebagian besar lengkung vertikal tidak memenuhi.

Tabel 4.4 Kelandaian lengkung vertikal

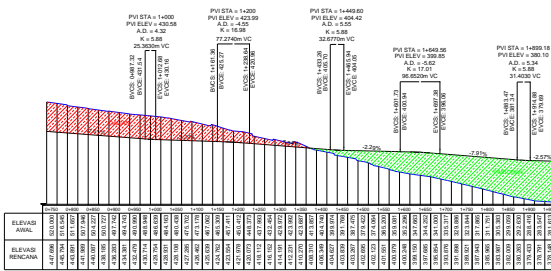
Nama	Titik	Sta	Elevasi	g max	g1	Cek	g2	Cek	A	Kategori
PV1	A1	0+766,49	517,65		-0.16	Tidak	-0.19	Tidak	0.03	cekung
	B1	0+769,91	517,1							
	C1	0+773,33	516,46							
PV2	A2	0+795,89	512,23		-0.18	Tidak	-0.14	Tidak	0.04	cekung
	B2	0+797,27	511,98							
	C2	0+798,64	511,79							
PV3	A3	0+935,14	493,31		-0.13	Tidak	-0.04	Ya	0.09	cekung
	B3	0+945,31	491,94							
	C3	0+955,48	491,53							
PV4	A4	0+969,95	490,95		-0.04	Ya	-0.13	Tidak	0.09	cekung
	B4	0+975,74	490,72							
	C4	0+981,53	489,98							
PV5	A5	1+039,7	482,59		-0.13	Tidak	-0.16	Tidak	0.03	cekung
	B5	1+044,39	482							
	C5	1+049	481,24							
PV6	A6	1+104,31	472,26		-0.16	Tidak	-0.22	Tidak	0.06	cekung
	B6	1+105,93	472							
	C6	1+107,55	471,65							
PV7	A7	1+189,7	453,78		-0.22	Tidak	-0.25	Tidak	0.03	cekung
	B7	1+191,38	453,42							
	C7	1+193	453,01							
PV8	A8	1+283,42	430,97		-0.24	Tidak	-0.07	Ya	0.17	cekung
	B8	1+289,74	429,43							
	C8	1+296,06	428,97							
PV9	A9	1+307,13	428,17		-0.07	Ya	-0.25	Tidak	0.18	cekung
	B9	1+313,59	427,7							
	C9	1+320,06	426,1							
PV10	A10	1+368,78	414,03		-0.25	Tidak	-0.25	Tidak	0.00	Datar
	B10	1+445,64	395							
	C10	1+522,5	375,97							
PV11	A11	1+612,29	353,74		-0.25	Tidak	-0.14	Tidak	0.11	cekung
	B11	1+625	350,6							
	C11	1+637,71	348,8							
PV12	A12	1+709,58	338,66		-0.14	Tidak	-0.24	Tidak	0.10	cekung
	B12	1+710,7	338,5							
	C12	1+711,82	338,23							
PV13	A13	1+913	290,33		-0.24	Tidak	-0.002	Ya	0.24	cekung
	B13	1+952,61	280,9							
	C13	1+992,21	280,84							

Sumber: Analisis



Gambar 4.1 Alinyemen Vertikal Perbaikan 1

Sumber: Analisis



Gambar 4.2 Galian dan Timbunan Vertikal Perbaikan 1

Sumber: Analisis

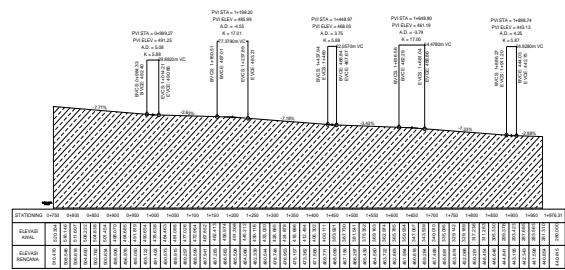
Dari hasil rencana perbaikan pada alinyemen vertikal, didapat elevasi rata-rata pada alinyemen vertikal alternatif perbaikan 1 adalah 5,57% sehingga elevasi rencana memenuhi syarat Bina Marga yaitu untuk jalan kelas 1 adalah 8%.

Alternatif Perbaikan 2

Tabel 4.9 Elevasi Rencana Alternatif Perbaikan 2

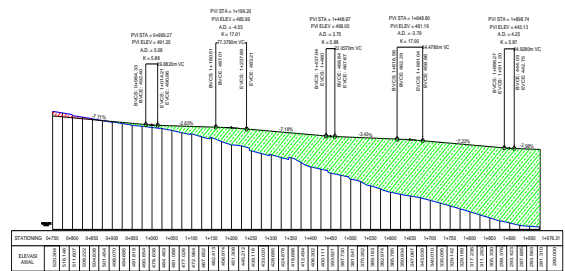
Segmen	Km	Stasioning	Elevasi	g	g Max	Cek Gradien	Panjang g	Medan
1	266.75	0+750.000	510.47	7.70%	8%	OK	50	Bukit
		0+800.000	506.62	7.71%		OK	50	Bukit
2	266.85	0+850.000	502.76	7.71%		OK	50	Bukit
		0+900.000	498.91	7.71%		OK	50	Bukit
3	266.90	0+950.000	495.05	7.29%		OK	50	Datar
		1+000.000	491.40	2.98%		OK	50	Bukit
4	267.00	1+050.000	489.92	2.63%		OK	50	Bukit
		1+100.000	488.60	2.63%		OK	50	Bukit
5	267.10	1+150.000	487.28	3.55%		OK	50	Bukit
		1+200.000	485.51	6.34%		OK	50	Bukit
6	267.25	1+250.000	482.34	7.18%		OK	50	Bukit
		1+300.000	478.75	7.18%		OK	50	Bukit
7	267.35	1+350.000	475.16	7.18%		OK	50	Bukit
		1+400.000	471.57	6.93%		OK	50	Bukit
8	267.45	1+450.000	468.10	3.60%		OK	50	Bukit
		1+500.000	466.30	3.43%		OK	50	Bukit
9	267.55	1+550.000	464.58	3.83%		OK	50	Bukit
		1+600.000	462.66	3.69%		OK	50	Bukit
10	267.65	1+650.000	460.82	6.66%		OK	50	Bukit
		1+700.000	457.49	7.23%		OK	50	Bukit
11	267.75	1+750.000	453.87	7.23%		OK	50	Bukit
		1+800.000	450.26	7.23%		OK	50	Bukit
12	267.85	1+850.000	446.65	6.91%		OK	50	Bukit
		1+900.000	443.20	3.19%		OK	50	Bukit
13	267.95	1+950.000	441.60	2.98%		OK	26.31	Bukit
		1+976.310	440.82					
Rata-rata				5.63%		Bukit		

Sumber: Analisis



Gambar 4.3 Alinyemen Vertikal Perbaikan 2

Sumber: Analisis



Gambar 4.4 Galian dan Timbunan Vertikal Perbaikan 2

Sumber: Analisis

Dari hasil rencana perbaikan pada alinyemen vertikal, didapat elevasi rata-rata pada alinyemen vertikal alternatif perbaikan 2 adalah 5,63% sehingga elevasi rencana memenuhi syarat Bina Marga yaitu untuk jalan kelas 1 adalah 8%.

Alternatif Perbaikan 3

Tabel 4.10 Elevasi Rencana Alternatif Perbaikan 3

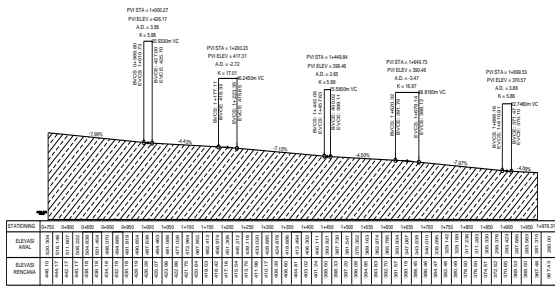
Segmen	Km	Stasioning	Elevasi	g	g Max	Cek Gradien	Panjang g	Medan
1	266.75	0+750.000	446.10	7.86%	8%	OK	50	Bukit
		0+800.000	442.17	7.98%		OK	50	Bukit
2	266.85	0+850.000	438.18	8.00%		OK	50	Bukit
		0+900.000	434.18	8.00%		OK	50	Bukit
3	266.90	0+950.000	430.18	7.80%		OK	50	Datar
		1+000.000	426.28	4.64%		OK	50	Bukit
4	267.00	1+050.000	423.96	4.42%		OK	50	Bukit
		1+100.000	421.75	4.44%		OK	50	Bukit
5	267.10	1+150.000	419.53	4.74%		OK	50	Bukit
		1+200.000	417.16	6.82%		OK	50	Bukit
6	267.25	1+250.000	413.75	7.16%		OK	50	Bukit
		1+300.000	410.17	7.14%		OK	50	Bukit
7	267.35	1+350.000	406.60	7.16%		OK	50	Bukit
		1+400.000	403.02	7.04%		OK	50	Bukit
8	267.45	1+450.000	399.50	4.60%		OK	50	Bukit
		1+500.000	397.20	4.50%		OK	50	Bukit
9	267.55	1+550.000	394.95	4.50%		OK	50	Bukit
		1+600.000	392.70	5.02%		OK	50	Bukit
10	267.65	1+650.000	390.19	7.46%		OK	50	Bukit
		1+700.000	386.46	7.96%		OK	50	Bukit
11	267.75	1+750.000	382.48	7.96%		OK	50	Bukit
		1+800.000	378.50	7.98%		OK	50	Bukit
12	267.85	1+850.000	374.51	7.72%		OK	50	Bukit
		1+900.000	370.65	4.30%		OK	50	Bukit
13	267.95	1+950.000	368.50	4.07%		OK	26.31	Bukit
		1+976.310	367.43					
Rata-rata				6.37%		Bukit		

Sumber: Analisis

Tabel 4.11 Galian dan Timbunan Alternatif Perbaikan 1

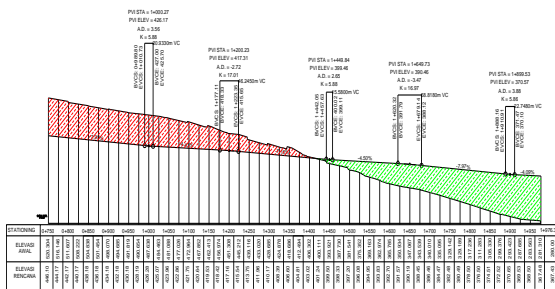
GALIAN DAN TIMBUNAN ALTERNATIF 1							
Sta	Volume Galian			Sta	Volume Timbunan		
	Area (M2)	Jarak	Volume (M3) Antara Kumulatif		Area (M2)	Jarak	Volume (M3) Antara Kumulatif
Sta 0+750	1514.05			Sta 1+400	13.7		
		50	82,986			50	5,179
Sta 0+800	1805		102,476	Sta 1+450	193		16,364
		50	102,476			50	21,543
Sta 0+850	2293.65		185,462	Sta 1+500	461.09		35,279
		50	185,462			50	56,822
Sta 0+900	1599		282,786	Sta 1+550	950		54,151
		50	282,786			50	110,973
Sta 0+950	1902		370,315	Sta 1+600	1216		70,409
		50	370,315			50	181,382
Sta 1+000	1683		459,926	Sta 1+650	1600		85,734
		50	459,926			50	267,116
Sta 1+050	3104		579,602	Sta 1+700	1829		364,564
		50	579,602			50	97,447
Sta 1+100	3435		743,089	Sta 1+750	2069		120,896
		50	743,089			50	485,459
Sta 1+150	2138		882,421	Sta 1+800	2767		130,334
		50	882,421			50	615,794
Sta 1+200	1369		970,102	Sta 1+850	2446		738,254
		50	970,102			50	122,460
Sta 1+250	1247		1,035,493	Sta 1+900	2452		126,271
		50	1,035,493			50	864,525
Sta 1+300	743		1,085,223	Sta 1+950	2599		930,496
		50	1,085,223			26	65,972
Sta 1+350	459		1,115,258	Sta 1+976.31	2416		
VOLUME			1,115,258	VOLUME		930,496	930,496

Sumber: Analisis



Gambar 4.5 Alinyemen Vertikal Perbaikan 3

Sumber: Analisis



Gambar 4.6 Galian dan Timbunan Vertikal Perbaikan 3

Sumber: Analisis

Dari hasil rencana perbaikan pada alinyemen vertikal, didapat elevasi rata-rata pada alinyemen vertikal alternatif perbaikan 3 adalah 6,37% sehingga elevasi rencana memenuhi syarat Bina Marga yaitu untuk jalan kelas 1 adalah 8%.

Galian dan Timbunan

Dari perencanaan perbaikan dengan 3 alternatif menggunakan software autocad civil 3D, didapat volume galian dan timbunan pada alternatif 1 didapat galian 1.115.258 m³ dan timbunan 930.496 m³. Pada alternatif 2 didapat galian 13.918 m³ dan timbunan 2.809.642 m³. Dan pada alternatif 3 didapat galian 1.232.560 m³ dan timbunan 843.763 m³. Sehingga dapat disimpulkan bobot volume pada ketiga alternatif sangat besar untuk melakukan pekerjaan perbaikan.

Tabel 4.12 Galian dan Timbunan Alternatif Perbaikan 2

GALIAN DAN TIMBUNAN ALTERNATIF 2							
Sta	Volume Galian			Sta	Volume Timbunan		
	Area (M2)	Jarak	Volume (M3) Antara Kumulatif		Area (M2)	Jarak	Volume (M3) Antara Kumulatif
Sta 0+750	209.05			Sta 0+900	13.5		
		50	8,245			50	1,875
Sta 0+800	121		11,998	Sta 0+950	62		3,621
		50	11,998			50	5,496
Sta 0+850	29.34		12,866	Sta 1+000	83.33		7,730
		50	12,866			50	13,226
Sta 0+900	5.38		13,918	Sta 1+050	226		15,199
		50	13,918			50	28,425
Sta 1+100	37		13,918	Sta 1+100	382		24,336
		0	13,918			50	39,929
				Sta 1+150	591		92,689
						50	162,049
				Sta 1+200	1006		272,433
						50	324,433
				Sta 1+250	1769		446,705
						50	549,528
				Sta 1+300	2647		666,459
						50	806,336
				Sta 1+350	3124		974,021
						50	1,143,564
				Sta 1+400	2189		1,323,759
						50	1,530,338
				Sta 1+450	2488		1,748,245
						50	2,005,212
				Sta 1+500	3107		2,263,735
						50	2,488,278
				Sta 1+550	3601		2,703,299
						50	2,809,642
				Sta 1+600	3181		
						50	
				Sta 1+650	4027		
						50	
				Sta 1+700	4236		
						50	
				Sta 1+750	4480		
						50	
				Sta 1+800	5799		
						50	
				Sta 1+850	4542		
						50	
				Sta 1+900	4439		
						50	
				Sta 1+950	4161		
						26	
				Sta 1+976.31	3922		
VOLUME			13,918	VOLUME		2,809,642	2,809,642

Sumber: Analisis

Tabel 4.13 Galian dan Timbunan Alternatif Perbaikan 3

GALIAN DAN TIMBUNAN ALTERNATIF 3									
Sta	Volume Galian				Sta	Volume Timbunan			
	Area (M2)	Jarak	Volume (M3)			Area (M2)	Jarak	Volume (M3)	
			Antara	Kumulatif				Antara	Kumulatif
Sta 0+750	1565,46				Sta 1+450	113,76			
		50	79,040	79,040			50	11,586	
Sta 0+800	1596				Sta 1+500	350			
		50	94,278	173,318			50	29,195	
Sta 0+850	2174,95				Sta 1+550	818,12			
		50	96,116	269,434			50	47,516	
Sta 0+900	1670				Sta 1+600	1083			
		50	91,103	360,537			50	64,206	
Sta 0+950	1974				Sta 1+650	1486			
		50	94,923	455,460			50	79,179	
Sta 1+000	1822				Sta 1+700	1681			
		50	130,230	585,690			50	89,747	
Sta 1+050	3387				Sta 1+750	1908			
		50	180,418	766,107			50	112,706	
Sta 1+100	3830				Sta 1+800	2600			
		50	157,806	923,913			50	122,420	
Sta 1+150	2482				Sta 1+850	2297			
		50	102,667	1,026,580			50	115,993	
Sta 1+200	1624				Sta 1+900	2343			
		50	82,584	1,109,163			50	113,921	
Sta 1+250	1679				Sta 1+950	2214			
		50	66,536	1,175,699			26	57,295	
Sta 1+300	983				Sta 1+976,31	2141			
		50	40,231	1,215,931				0	
Sta 1+350	627							0	
		50	16,630	1,232,560				843,763	
Sta 1+400	38								
VOLUME			1,232,560	1,232,560	VOLUME			843,763	843,763

Sumber: Analisis

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari hasil analisis, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi, pada alinyemen kelandaian memanjang jalan didapat rata-rata 19,35%. Menurut Bina Marga, syarat jalan nasional yang merupakan jalan kelas 1 untuk kelandaian jalan antar kota dengan medan gunung dibatasi sebesar 8%. Sehingga, kelandaian jalan belum memenuhi. Pada kelandaian lengkung vertikal, didapat 5 lengkung vertikal memenuhi, dan 21 lengkung vertikal tidak memenuhi. Dan pada alinyemen horizontal didapat 11 jenis tikungan Full Circle (FC) yaitu tikungan P1, P2, P4, P5, P6, P8, P9, P10, P13, P16, P17 dan 6 jenis tikungan Spiral Circle Spiral (SCS) yaitu P3, P7, P11, P12, P14, P15. Analisis superelevasi untuk semua tikungan memenuhi syarat karena didapat semua tikungan memiliki superelevasi yaitu < 8%. Pada periksa jarak antar tikungan dibatasi > 30 m, dan didapat semua tikungan berjauhan dan memenuhi syarat yaitu dengan jarak antar tikungan > 30 m. Didapat juga JPH dan JPM melebihi syarat yang dibatasi Bina Marga dan belum memenuhi. Sehingga dari hasil evaluasi, geometrik jalan belum memenuhi pada alinyemen vertikal.
2. Hasil perbaikan alinyemen vertikal, pada alternatif 1 didapat galian 1.115.258 m³ dan timbunan 930.496 m³. Pada alternatif 2 didapat galian 13.918 m³ dan timbunan 2.809.642 m³. Dan pada alternatif 3 didapat galian 1.232.560

m³ dan timbunan 843.763 m³. Hasil perbaikan pada alinyemen vertikal, pada alternatif 1 didapat kelandaian 5,57%, alternatif 2 didapat 5,63% dan alternatif 3 didapat 6,37% sehingga pada alternatif perbaikan memenuhi syarat Bina Marga yaitu kelandaian < 8%. Hasil perbaikan, kelandaian memenuhi akan tetapi volume yang didapat sangat besar sehingga untuk melakukan pekerjaan galian dan timbunan tidak dapat dilakukan, dan faktor lain pada lokasi geometrik dengan eksisting di kelilingi oleh jurang dan lembah, didominasi oleh pegunungan sehingga tidak memiliki cukup lahan untuk membuat lereng bertangga pada pekerjaan galian dan timbunan dengan volume yang besar. Sehingga kondisi geometrik dan eksisting tidak bisa dilakukan perbaikan.

3. Perbaikan dilakukan dengan pemasangan rambu-rambu lalu lintas yang dibatasi dengan kecepatan tertentu untuk kendaraan melewati, membatasi jenis serta berat kendaraan yang akan melewati geometrik jalan, pemasangan guard rail atau pagar besi pengaman di bahu jalan untuk meningkatkan keamanan pengguna jalan dan juga membuat emergency safety area atau jalur penyelamat untuk mengarahkan kendaraan saat terjadi rem blong.

Saran

Saran yang didapatkan dari studi ini adalah hasil evaluasi, pada ruas jalan Ayawasi-Sisu terutama pada km 266,75 – km 267,97 pada alinyemen vertikal khususnya kelandaian jalan masih belum memenuhi dan berbeda dengan Bina Marga. Sehingga disarankan bagi instansi terkait sebagai pengambil kebijakan untuk perlu adanya perbaikan guna untuk mengurangi resiko kecelakaan pada lokasi studi dan diperlukan pemasangan rambu lalu lintas yang sesuai dengan spesifikasi untuk mengurangi resiko kecelakaan, membatasi juga jenis dan berat kendaraan untuk melewati geometrik jalan, pemasangan guard rail atau pagar besi pengaman di bahu jalan untuk meningkatkan keamanan pengguna jalan dan juga membuat emergency safety area atau jalur penyelamat untuk mengarahkan kendaraan saat terjadi rem blong.

DAFTAR PUSTAKA

- Dirjen Bina Marga. (2021). *Surat Edaran No. 20/Se/Db/2021 Pedoman Desain Geometrik Jalan*. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Gode, A. S., Sembor, T. S. H., & Anggraeni, D. (2022). *Evaluasi Geometri Jalan Pada Ruas Jalan Jayapura 1 Km 41 S/D Km 50 (Ruas Jalan Sentani – Warumbain)*. Jurnal Portal

Sipil,11(2),1–13.

<https://doi.org/10.58839/portal.v11i2.1119>

Gultom, H. R. A., Manoppo, M. R. E., & Sendow, T. K. (2022). *Evaluasi Geometrik Pada Ruas Jalan Batas Kota Manado-Kota Tomohon Nomor Ruas 006 Untuk Segmen STA 17+000-STA 21+000*. Tekno, 20(81), 323-.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/>

Gunawan, E., Maulana, I., Fauziah Badaron, S., Mallombasi, A., & Gecong, A. (2022). *Tinjauan Perencanaan Geometrik dan Tebal Perkerasan Jalan Pada Ruas Parepare-Bangkae*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia, 4(1), 2655–7266.
<https://mail.jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/Jilmateks>

Kaharu, F., Lalamentik, L. G. J., & Manoppo, M. R. E. (2020). *Evaluasi Geometrik Jalan Pada Ruas Jalan Trans Sulawesi Manado-Gorontalo Di Desa Botumoputi Sepanjang 3 Km*. Jurnal Sipil Statik, 8(3), 353–360.

Kairupan Mecky R E Manoppo, J. E., & Waani, J. E. (2022). *Evaluasi Geometrik Jalan Pada Ruas Jalan Matali-Torosik Di Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan Sepanjang 3 Km*. Jurnal Sipil Statik, 10(1), 57–62.

Saodang, H. (2010). *Konstruksi Jalan Raya*. Nova.

Sosilowati, Nababan, M. ., Wahyudi, R., Mahendra, Z., Massudi, W., & Utami, S. (2017). *Synchronization of Short Term Development Programs and Financing 201-2020 Integration of Regional Development with PUPR Infrastructure in Maluku Islands and PapuaIsland*.
http://bpiw.pu.go.id/uploads/publication/attachment/Buku_1MalukuPapua.pdf

Sukirman, S. (1999). *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova.