

BAB IV

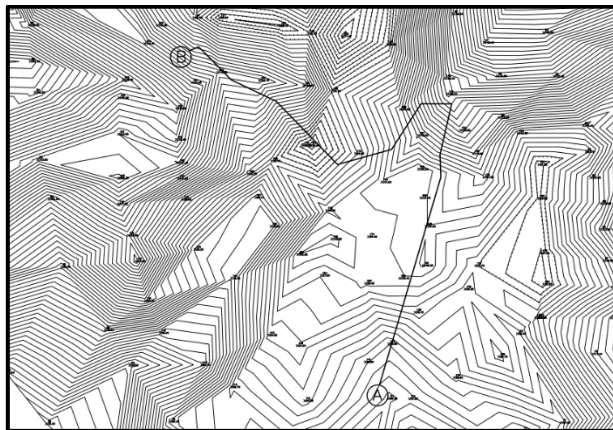
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi Geometrik Jalan

Dalam evaluasi ini ditentukan data yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan geometrik jalan. Acuan evaluasi mengadaptasi metode penelitian Wahyu Sigit Mardiansyah (2024) mengenai perencanaan geometrik jalan dengan aplikasi Autodesk Civil 3D.

4.1.1 Trase Jalan

Panjang trase direncanakan yaitu 1,5 km. Berikut merupakan trase jalan yang dievaluasi dari studi kasus area sebagian penanganan Ruas Sidomulyo – Bakung pada gambar 4.1 Sebagai berikut:



Gambar 4.1 Trase Jalan Ruas Sidomulyo - Bakung

(Sumber: *Drawings Autodesk Civil 3D*, 2024)

4.1.2 Kemiringan Medan

Penentuan kecepatan rencana didasarkan pada kemiringan medan jalan. Perhitungan kemiringan medan jalan diukur dari 25 m ke kiri dan 25 m ke kanan dari tengah trase jalan. Berikut kemiringan medan jalan dapat dihitung berdasarkan peta kontur yang telah diperoleh dari Tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Kemiringan Medan Jalan

Station	Elevation Left	Elevation Right	Kemiringan Medan
0+000.00	84	81.5	5%
0+050.00	84.5	85.8	2.60%
0+100.00	86.7	85	3.40%
0+150.00	95.8	95.4	0.80%
0+200.00	100	99.5	1%
0+250.00	103	102.2	1.60%
0+300.00	100.7	100.2	1%
0+350.00	101.2	101.9	1.40%
0+400.00	101.2	104.4	6.40%
0+450.00	106.9	101.9	10%
0+500.00	101.2	109.7	17%
0+550.00	100.8	115.4	29.20%
0+600.00	110	119	18%
0+650.00	120	128	16%
0+700.00	123.5	130	13%
0+750.00	110.7	125.7	30%
0+800.00	110.9	115.6	9.40%
0+850.00	100.5	109.2	17.40%
0+900.00	95.5	103.5	16%
0+950.00	93.7	96.6	5.80%
0+1000.00	89.8	90.3	1%
0+1050.00	85.6	85.5	0.20%
0+1100.00	83.2	84	1.60%
0+1150.00	88.5	89.5	2%
0+1200.00	107.55	108.6	2.10%
0+1250.00	105.7	110.5	9.60%
0+1300.00	101.4	114.7	26.60%
0+1350.00	110.9	118.8	15.80%
0+1400.00	113.2	120.3	14.20%
0+1450.00	120.7	125.4	9.40%
0+1500.00	120.5	129.3	17.60%

(Sumber: Analisis 2025)

a. Perhitungan kemiringan medan

Contoh perhitungan kemiringan medan:

$$\begin{aligned} &= \frac{Y-X}{50} \times 100 = \frac{81.5-84}{50} \times 100 \\ &= -5 \approx 5\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kemiringan medan di atas didapatkan persentase rata rata kemiringan sebesar 10 % persentase tersebut termasuk kedalam kategori medan perbukitan. Untuk daerah perbukitan kecepatan rencana yang diperbolehkan berdasarkan peraturan Bina Marga adalah 30 – 50 km/jam. Maka, kecepatan rencana yang digunakan dalam evaluasi ini adalah 40 km/jam

4.1.3 Fungsi Jalan

Berdasarkan perhitungan kemiringan dan kondisi medan yang berupa perbukitan, evaluasi tipe jalan dari studi kasus area sebagian penanganan Ruas Sidomulyo – Bakung mengacu pada ketentuan dari Permen PUPR No.5 Tahun 2023. Ketentuan tersebut digunakan sebagai pedoman untuk merancang/mengevaluasi jalan dan memastikan jalan memenuhi persyaratan teknis. Adapun data teknis untuk ruas jalan meliputi:

Klasifikasi jalan	: Jalan Lokal Kelas II
Konfigurasi jalan	: 2 lajur dengan 2 arah
Lebar Jalan	: 2 x 2 meter
Bahu Jalan	: 1 meter
Kecepatan rencana	: 40 km/jam

4.1.4 Alinyemen Horizontal

Dalam perhitungan alinyemen horizontal, terdapat tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu tikungan spiral – lingkaran – spiral (SCS), spiral – spiral (SS), dan lingkaran penuh (FC). Pada proses perencanaan jalan, diperlukan perhitungan untuk menentukan jenis tikungan yang digunakan pada setiap segmen tikungan.

a. Perhitungan Sudut Tikungan

Contoh perhitungan sudut tikungan PI – 1:

1.) Sudut Azimuth

Diketahui:

Koordinat titik A = (-8.285317102 ; 112.0760145)

Koordinat titik PI-1 = (-8.280791854 ; 112.0773432)

Koordinat titik PI-2 = (-8.280297695 ; 112.0773216)

Sudut Azimuth PI-1-A:

$$\begin{aligned}\alpha \text{ PI-1} - \text{A} &= \text{arc tg} \left(\frac{X_{PI1} - X_A}{Y_{PI1} - Y_A} \right) \\ &= \text{arc tg} \left(\frac{8.280791854 - 8.285317102}{112.0773432 - 112.0760145} \right) \\ &= - 73.6475^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha \text{ PI-2} - \text{PI-1} &= \text{arc tg} \left(\frac{X_{PI1} - X_A}{Y_{PI1} - Y_A} \right) \\ &= \text{arc tg} \left(\frac{8.280297695 - 8.280791854}{112.0773216 - 112.0773432} \right) \\ &= - 92.50284^\circ\end{aligned}$$

2.) Sudut Tikungan

Sudut Tikungan PI-1

$$\begin{aligned}\Delta \text{PI-1} &= \alpha \text{PI-2} - \text{PI-1} - \alpha \text{PI-1} - \text{A} \\ &= - 92.50284^\circ - - 73.6475^\circ \\ &= 18.86^\circ\end{aligned}$$

Hasil perhitungan semua sudut azimuth dan sudut tikungan pada jalan ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 Dibawah

Tabel 4.2 Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan

Titik	Koordinat		Jarak		Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	A	Δ
A	8.285317102	112.0760145	-0.004525	0.001329	73.64	18.86
PI1	8.280791854	112.0773432	-0.000494	-0.000021	92.50	52.42
PI2	8.280297695	112.0773216	0.001104	0.000253	144.92	193.32
PI3	8.279193451	112.0775749	0.000996	-0.00151	48.40	131.07
PI4	8.280190536	112.0762634	0.000334	-0.00989	179.47	320.83
PI5	8.280524585	112.0750804	0.001374	-0.00131	141.36	14.42
PI6	8.279150451	112.0737364	-0.000466	-0.00010	155.78	6.28
PI7	8.278683763	112.0727523	-0.000015	0.00154	149.50	15.18
PI8	8.278668196	112.0727489	-0.00070	-0.00226	134.32	18.92
PI9	8.277962742	112.07203	-0.000092	-0.0002	153.24	
B	8.278054785	112.0718287				

(Sumber: Analisis 2025)

b. Jari – Jari Tikungan

Ketika kendaraan melewati tikungan dengan superelevasi, terjadi gaya gesek antara ban dan permukaan jalan yang mengarah melintang. Untuk mencegah kecelakaan pada kecepatan tertentu, jari – jari tikungan perlu dihitung berdasarkan nilai maksimum superelevasi dan koefisien gesek maksimum.

$$\begin{aligned}
 R_{min} &= \frac{VR^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \\
 &= \frac{40^2}{127 (0.08 + 0.16)} \\
 &= 52,493
 \end{aligned}$$

c. Superelevasi

Superelevasi digunakan untuk menentukan kemiringan melintang jalan area tikungan. Dibawah ini disajikan contoh perhitungan superelevasi pada tikungan PI-1.

$$\text{Kecepatan rencana } (V_D) = 40 \text{ km/jam}$$

$$f_{\text{maks}} = 0.166$$

$$e_{\text{maks}} = 8\%$$

$$R_{\text{min}} = 52,493$$

$$R_{\text{rencana}} = 115 \text{ m}$$

$$D = 1432,39 : R_{\text{rencana}} = 12,455^\circ$$

$$D_{\text{maks}} = \frac{181913.53 \times (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})}{V_D^2} = 27,287^\circ$$

$$(e+f) = (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}}) \times \frac{D}{D_{\text{maks}}} = 0,109$$

$$V_R = 85\% \times V_D = 34 \text{ km/jam}$$

$$D_p = \frac{181913.53 \times e_{\text{maks}}}{V_R^2} = 12,589$$

$$h = e_{\text{maks}} \times \frac{V_p^2}{V_R^2} - e_{\text{maks}} = 0,031$$

$$\text{tg } \alpha 1 = \frac{h}{D_p} = 0,002$$

$$\text{tg } \alpha 2 = \frac{f_{\text{maks}} - h}{D_{\text{maks}} - D_p} = 0,008$$

$$M_o = D_p \times (D_{\text{maks}} - D_p) = 0.021$$

$$f1 = M_o \times \left(\frac{D}{D_p}\right)^2 + D \times \text{tg } \alpha 1 = 0.051$$

$$f2 = M_o \times \left(\frac{D_{\text{maks}} - D}{D_{\text{maks}} - D_p}\right)^2 + h \times (D - D_p) \times \text{tg } \alpha 2 = 0.021$$

$$f(D) = \text{jika } D < D_p = f1, \text{ jika } D > D_p = f2$$

$$e = (e+f) - f(D) = 6\%$$

$$e < e_{\text{maks}} = \text{“OK”}$$

Hasil perhitungan untuk superelevasi disemua tikungan dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4.3 Perhitungan Superelevasi

No	Tikungan	V _D	e	f	R _c	D	D _{max}	c +	Vr	Dp
		K m	max	max	m	(°)	(°)	f	Km/jam	(°)
1	PI1	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
2	PI2	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
3	PI3	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
4	PI4	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
5	PI5	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
6	PI6	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
7	PI7	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
8	PI8	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58
9	PI9	40	8%	0,16	115	12.45	27.28	0,11	34	12.58

(Sumber: Analisis 2025)

Tabel 4.4 Perhitungan Superelevasi (Lanjutan)

No	Tikungan	h	tan 1	tan 2	Mo	f1	f2	fD	e	CEK
1	PI1	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
2	PI2	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
3	PI3	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
4	PI4	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
5	PI5	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
6	PI6	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
7	PI7	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
8	PI8	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK
9	PI9	0.03	0.002	0.009	0.02	0.05	0.02	0.05	0.06	OK

(Sumber: Analisis 2025)

d. Panjang Lengkung Peralihan

Penentuan Panjang lengkung peralihan (Ls) harus mempertimbangkan beberapa factor. Di bawah ini disajikan contoh perhitungan Panjang lengkung peralihan untuk tikungan pada titik PI-1

- 1.) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{VR}{3,6} \times T$$

Dimana:

$$VR = 40 \text{ km/jam}$$

$$T = 3 \text{ detik}$$

$$L_s = \frac{40}{3,6} \times 3 = 33,333 \text{ m}$$

- 2.) Berdasarkan modifikasi short

$$L_s = \frac{0,22 (VR)^2}{R \times C} - 2,727 \frac{VR \times e}{C}$$

Dimana:

$$VR = 40 \text{ km/jam}$$

$$R = 115 \text{ m}$$

$$C = 0,6 \text{ m/dt}^3$$

$$e = 6 \%$$

$$L_s = \frac{0,22 (40)^2}{115 \times 0,6} - 2,727 \frac{40 \times 0,06}{0,6} = 9,850$$

- 3.) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n) VR}{3,6 \times r_e}$$

Dimana:

$$e_{maks} = 8\%$$

$$e_n = 2\%$$

$$V_R = 40 \text{ km/jam}$$

$$r_e = 0,08$$

$$L_s = \frac{(8\% - 2\%) - 40}{3,6 \times 0,08} = 8,333 \text{ m}$$

- 4.) Berdasarkan kelandaian relative

$$L_s \geq (e + e_n) \times B \times m_{maks}$$

Dimana:

$$e = 6\%$$

$$e_n = 2\%$$

$$B = 3 \text{ m}$$

$$m_{maks} = 110 \text{ m}$$

$$L_s \geq (6\% + 2\%) \times 3 \times 110$$

$$L_s \geq 25,759 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, digunakan nilai L_s terbesar yaitu 33,333 m yang dibulatkan menjadi 34 m. Rincian perhitungan Panjang L_s pada seluruh tikungan dapat dilihat pada Tabel 4. dan 4. sebagai berikut

Tabel 4.5 Perhitungan Panjang L_s

No	Tikungan	V_D	Berdasarkan Waktu Tempuh		Berdasarkan Modifikasi Shortt			
		km/jam	T (detik)	L_s	R_c	e	C	L_s
1	PI1	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
2	PI2	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
3	PI3	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
4	PI4	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
5	PI5	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
6	PI6	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
7	PI7	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
8	PI8	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85
9	PI9	40	3	33,33	115	6%	0,6	9,85

(Sumber: Analisis 2025)

Tabel 4.6 Perhitungan Panjang L_s (Lanjutan)

No	Tikungan	Berdasarkan Perubahan Kelandaian				Berdasarkan Landai Relatif			L_s Pakai
		emaks	En	Re	L_s	B	M_{maks}	L_s	
1	PI1	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
2	PI2	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
3	PI3	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
4	PI4	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
5	PI5	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
6	PI6	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
7	PI7	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
8	PI8	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34
9	PI9	8%	2%	0,08	8,33	3	110	25,75	34

(Sumber: Analisis 2025)

e. Parameter Lengkung F-C

Berdasarkan hasil perhitungan panjang lengkung peralihan (Ls) sebelumnya, diketahui bahwa nilai jari-jari lengkung (R) lebih besar dari jaari – jari minimum (Rmin) sehingga jenis tikungan pada titik PI-1 dikategorikan sebagai tikungan tipe Full - Circle (F-C). Di bawah ini disajikan contoh perhitungan parameter tikungan Full Circle pada titik PI-1

Parameter tikungan F-C titik PI-1 :

$$T_c = R_c \operatorname{Tg} \frac{1}{2} \Delta = 115 \operatorname{Tg} \frac{1}{2} 18.86$$

$$= 19.1$$

$$E_c = R_c \operatorname{Tg} \frac{1}{2} \Delta \frac{R}{\cos(\frac{1}{2} \Delta)} = 115 \operatorname{Tg} \frac{1}{2} 18.86 \frac{R}{\cos(\frac{1}{2} 18.86)}$$

$$= 1.57$$

$$L_c = \frac{\Delta n}{100} R_c = \frac{18.86 \pi}{180} \times 115$$

$$= 37.85$$

Untuk perhitungan parameter lengkung F-C disemua tikungan dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Perhitungan Lengkung F-C

No	Tikungan	V _D	R _c	R _{min}	Δ	L _s	e	Full Circle		
		km/jam	(m)	(m)	(°)	(m)		T _c	E _c	L _c
1	PI1	40	115	52,49	18.86	34	6%	19.1	1.57	37.85
2	PI2	40	115	52,49	52.42	34	6%	56.61	13.17	105.21
3	PI3	40	115	52,49	193.32	34	6%	128.89	57.73	193.72
4	PI4	40	115	52,49	131.07	34	6%	252.75	162.68	263.07
5	PI5	40	115	52,49	320.83	34	6%	39.72	6.66	76.49
6	PI6	40	115	52,49	14.42	34	6%	14.54	0.91	28.94
7	PI7	40	115	52,49	6.28	34	6%	6.30	0.17	12.60

8	PI8	40	115	52,49	15.18	34	6%	15.32	1.01	30.46
9	PI9	40	115	52,49	18.92	34	6%	19.16	1.58	37.97

(Sumber: Analisis 2025)

f. Jarak Pandangan

Jarak pandangan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu jarak pandangan henti dan jarak pandangan menyiap, dalam perencanaan akses jalan ini, karena menggunakan tipe jalan 2 jalur 2 arah, maka diperlukan perhitungan jarak pandangan menyiap untuk memastikan keselamatan dan kelancaran arus lalu lintas.

1.) Jarak pandangan menyiap

Waktu reaksi

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 2,12 + 0,026V \\
 &= 2,12 + 0,026 \times 40 \\
 &= 3,16
 \end{aligned}$$

Waktu pada saat kendaraan yang menyiap berada di jalur kanan (berlawanan arah).

$$\begin{aligned}
 t_2 &= 6,56 + 0,048V \\
 &= 6,56 + 0,048 \times 40 \\
 &= 8,48 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Percepatan rata – rata

$$\begin{aligned}
 a &= 2,052 + 0,004V \\
 &= 2,052 + 0,004 \times 40 \\
 &= 2,19 \text{ m/dt}^2
 \end{aligned}$$

Jarak ditempuh selama waktu reaksi oleh kendaraan yang akan menyiap.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 0,278 t_1 (V - m + \frac{a_1}{2}) \\
 &= 0,278 \times 3,16 (40 - 15 + \frac{2,19}{2}) \\
 &= 25,01 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jarak yang ditempuh kendaraan mulai dari saat akan menyiap sampai kembali pada jalur awal.

$$d_2 = 0,278V.t_2$$

$$= 0,278 \times 40 \times 8,48$$

$$= 94,297 \text{ m}$$

Jarak antara kendaraan yang menyiap dengan kendaraan yang berlawanan arah setelah gerakan menyiap selesai dilakukan

$$d_3 = 30 \text{ s/d } 70 \text{ m}$$

$$= 30 \text{ m}$$

Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang berlawanan arah, yang besarnya diambil $\frac{2}{3} d_2$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

$$= \frac{2}{3} \times 94,297$$

$$= 62,865 \text{ m}$$

Panjang minimum jarak pandangan menyiap dengan kecepatan rencana 40km/jam ialah berikut:

$$d_{\min} = \frac{2}{3} d_2 + d_3 + d_4$$

$$= \frac{2}{3} \times 94,297 + 30 + 62,865$$

$$= 124,748 \text{ m}$$

$$J_s = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$= 212,172$$

Maka jarak pandangan menyiap yang digunakan pada perencanaan ini adalah 200 m ($200 \text{ m} > d_{\min} \dots \text{OK!}$)

2.) Jarak pandangan henti

Jarak pandangan henti ditentukan berdasarkan nilai yang tercantum dalam table sesuai dengan kecepatan rencana 40 km/jam, diperoleh nilai jarak pandang henti sebesar 40 meter. Berikut disajikan pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Jarak Pandang Henti (Jh) Minimum

V_R km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh min (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber: Pedoman Pengerjaan Desain Geometrik Jalan 1997))

g. Jarak Kebebasan Samping

Jarak kebebasan samping diperlukan untuk memastikan bahwa pengemudi dapat melihat hambatan yang ada di jalur pandangnya. Dalam perencanaan ulang ini, perhitungan jarak kebebasan samping mengacu pada jarak pandang henti (JPH). Di bawah ini disajikan contoh perhitungan jarak kebebasan samping pada tikungan PI-1.

$$\begin{aligned} S &= 40 \\ R' &= R - (0,5 \times \text{Lebar jalur}) \\ &= 115 - (0,5 \times 2) \\ &= 114 \text{ m} \\ L_t &= L_c + (2 \times L_s) \\ &= 37.85 + (2 \times 34) \\ &= 105.85 \end{aligned}$$

$S < L_t$, maka:

$$\begin{aligned} E &= R \left[1 - \cos \left(\frac{90S}{\pi R} \right) \right] \\ &= 115 \left[1 - \cos \left(\frac{90 \times 40}{\pi 115} \right) \right] \\ &= 1.376 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan jarak kebebasan samping disemua tikungan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 Jarak Kebebasan Samping

No	Tikungan	V_D	S	R	R'	L_c	L_s	L_t	Jarak Pandang Pengemudi	E (m)
		km/jam	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
1	PI1	40	40	115	114	37.85	34	105.85	$S < L_t$	1.73
2	PI2	40	40	115	114	105.21	34	173.21	$S < L_t$	1.73
3	PI3	40	40	115	114	193.72	34	261.72	$S < L_t$	1.73
4	PI4	40	40	115	114	263.07	34	331.07	$S < L_t$	1.73
5	PI5	40	40	115	114	76.49	34	144.49	$S < L_t$	1.73
6	PI6	40	40	115	114	28.94	34	96.94	$S < L_t$	1.73
7	PI7	40	40	115	114	12.60	34	80.60	$S < L_t$	1.73
8	PI8	40	40	115	114	30.46	34	98.46	$S < L_t$	1.73
9	PI9	40	40	115	114	37.97	34	105.97	$S < L_t$	1.73

(Sumber: Analisis 2025)

h. Evaluasi Lengkung Horizontal

Berdasarkan evaluasi terhadap parameter lengkung horizontal dan vertikal, termasuk tipe lengkung **Spiral–Circle–Spiral (SCS)**, **Spiral–Spiral (SS)**, dan **Full Circle (FC)**. Evaluasi ini dapat dilengkapi dengan *checklist* serta perbandingan parameter lengkung berdasarkan standar perencanaan geometrik jalan seperti **Permen PUPR No.5 Tahun 2023 & PPGJR 1997**. Berikut adalah evaluasi dan *checklist* parameter lengkung, termasuk metode **SCS dan SS**:

Data Diketahui (PI1):

- Jari-jari (R) = **115 m**
- Panjang Spiral (L_s) = **34 m**
- Panjang Lingkaran (L_c) = **37.85 m**
- Jarak Pandang (S) = **40 m**

a. Panjang total lintasan lengkung:

$$L_{total} = 2L_s + L_c$$

Contoh untuk PI-1:

$$L_{total} = 2.34 + 37.85 = 105.85 \text{ m}$$

b. Offset spiral (Os):

$$O_s = \frac{L_s^2}{2R} = \frac{34^2}{24 \cdot 115} \cdot \frac{1156}{27600} \approx 0.42 \text{ m}$$

c. Sudut defleksi spiral ($\emptyset$):

$$\emptyset = \frac{L_s}{2R} \cdot \frac{180}{\pi} = \frac{34}{2 \cdot 115} \cdot 57.3 \approx 8.47$$

PERHITUNGAN TIPE FC (Full – Circle)

Dalam konfigurasi FC:

- Tikungan hanya terdiri dari lengkung melingkar penuh (circular curve)
- Tidak memiliki bagian spiral (transisi spiral tidak digunakan)
- Sudut defleksi total tikungan adalah $\Delta = 16.94^\circ$

PERHITUNGAN TIPE SS (Spiral–Spiral)

Dalam konfigurasi SS:

- Tikungan hanya terdiri dari dua spiral
- Tidak memiliki bagian melingkar ($L_c = 0$)
- Sudut defleksi total maksimal dari dua spiral adalah $\Delta = 2\emptyset \approx 16.94^\circ$

PERHITUNGAN TIPE SCS (Spiral – Circle – Spiral)

Dalam konfigurasi SCS:

- Tikungan hanya terdiri dari dua spiral dan satu lengkung melingkar (circular curve)
- Spiral berfungsi sebagai transisi dari jalan lurus ke lengkung
- Sudut defleksi total tikungan adalah $\Delta = 16.94^\circ$

Kesimpulan:

- Karena sudut tikungan (Δ) PI-1, PI-2, dan PI-9 memiliki nilai 16.94° - 60° maka ketiga tikungan ini menggunakan **tipe SCS**
- Karena sudut tikungan (Δ) PI-6, PI-7, dan PI-8 memiliki nilai $<16.94^\circ$ maka ketiga tikungan ini menggunakan **tipe SS**
- Karena sudut tikungan (Δ) PI-3, PI-4, dan PI-5 memiliki nilai maka 60° - 180° atau lebih, maka ketiga tikungan ini menggunakan **tipe FC**

Tabel 4. 10 Checklist Evaluasi Parameter Lengkung (SCS, SS dan FC)

Parameter	Satuan	Nilai Desain	Ketentuan Umum (PPGJR 1997)	Evaluasi
Kecepatan Rencana (V)	km/jam	40	30–50 km/jam untuk medan perbukitan	OK
Jenis Tikungan	-	FC, SCS, SS	Disesuaikan dengan Δ & R	OK
Jari-jari Lengkung (R)	M	115	$R \geq R_{min}$ (52.49 m)	OK
Rmin (R minimal)	M	52.49	Fungsi kecepatan & gaya sentrifugal	OK
Superelevasi Maks (emaks)	%	8%	6–10%	OK
Koefisien Gesek Maks (f maks)	-	0.16	0.14 – 0.18 (bergantung kecepatan dan permukaan)	OK
Panjang Lengkung Peralihan (Ls)	M	34	$> L_{s \text{ min}}$ (metode waktu, kelandaian, dsb)	OK
Panjang Lengkung FC (Lc)	M	12.60 – 263.04	Disesuaikan dengan Δ dan R	OK
Jarak Pandang Menyiap	M	200	$\geq d_{min}$ (124.75 m)	OK
Jarak Pandang Henti	M	40	Sesuai tabel SNI (untuk 40 km/jam)	OK
Jarak Kebebasan Samping	M	1.73	$S < L_t$, $E \geq E_{min}$	OK
Pelebaran Tikungan (w)	M	2.85	Tergantung jenis kendaraan dan geometri	OK

(Sumber :Analisis, 2025)

Tabel 4.11 Checklist Evaluasi Parameter Lengkung (SCS,SS, dan FC) (Lanjutan)

No	Tikungan	Δ (dari Lc)	Lc (m)	L_total SCS, SS, dan FC	E (m)	S < Lt	Ls Layak?
1	PI1	18.86°	37.85	105.8544	1.73	✓	✓
2	PI2	52.42°	105.21	173.2137	1.73	✓	✓
3	PI3	96.52°	193.72	261.7281	1.73	✓	✓
4	PI4	131.07°	263.07	331.0744	1.73	✓	✓
5	PI5	38.11°	76.49	144.4917	1.73	✓	✓
6	PI6	14.42°	28.94	96.94279	1.73	✓	✓
7	PI7	6.28°	12.60	80.60477	1.73	✓	✓
8	PI8	15.18°	30.46	98.46821	1.73	✓	✓
9	PI9	18.92°	37.97	105.9749	1.73	✓	✓

(Sumber :Analisis, 2025)

Tabel 4.12 Checklist Evaluasi Parameter Lengkung (SCS,SS, dan FC) (Lanjutan)

No	Tikungan	SCS Layak?	FC Layak?	SS Layak?
1	PI1	✓		
2	PI2	✓		
3	PI3		✓	
4	PI4		✓	
5	PI5		✓	
6	PI6			✓
7	PI7			✓
8	PI8			✓
9	PI9	✓		

(Sumber :Analisis, 2025)

Evaluasi Tambahan Parameter Lengkung SCS dan SS

1. SCS (Spiral–Circle–Spiral)

Digunakan untuk transisi yang lebih halus dari jalan lurus ke lengkung, cocok untuk kecepatan >30 km/jam. Panjang lengkung peralihan $L_s = 34$ m telah dihitung dengan:

- a. Metode waktu tempuh: $L_s = 33.33$ m
- b. Metode kelandaian relatif & perubahan e: $L_s = 25.75 - 8.33$ m
- c. Pemilihan L_s terbesar $\rightarrow$ sudah sesuai PPGJR 1997

2. SS (Spiral–Spiral)

Type SS digunakan jika Δ kecil atau transisi sangat panjang dibutuhkan, SS bisa digunakan, tanpa lengkung melingkar, secara parameter SS yang baru ditambahkan sebagai pengganti lengkung peralihan sebelumnya sudah mencakup kebutuhan keamanan dan kenyamanan.

- a. Tikungan hanya terdiri dari dua spiral
- b. Tidak memiliki bagian melingkar

3. Catatan Tambahan

- Semua **nilai R** lebih besar dari R_{min} , artinya desain memenuhi keamanan terhadap gaya sentrifugal.
- **Superelevasi (e)** rata-rata $6\% < e_{maks} 8\% \rightarrow$ desain aman.
- **Panjang lengkung FC (L_c)** juga bervariasi sesuai dengan Δ dan R_c , mengikuti standar PPGJR 1997.
- **Checklist parameter geometrik tikungan** sudah dinyatakan **OK** di seluruh titik PI (1–9), berdasarkan tabel-tabel seperti 4.10, 4.11 dan 4.12 dalam dokumen.

4. Kesimpulan Evaluasi

- Evaluasi tikungan jalan berdasarkan metode **SCS, FC, dan SS** seperti **superelevasi, panjang Ls, pelebaran, dan jarak pandang** telah memenuhi ketentuan **PPGJR 1997**.
- Perhitungan parameter lengkung telah diuji dari berbagai pendekatan (waktu tempuh, kelandaian, kelandaian relatif), dan telah diambil **nilai konservatif tertinggi**, menunjukkan kehati-hatian dalam desain.
- **Checklist kelulusan** semua aspek menunjukkan hasil **“OK”**, baik dari aspek keamanan maupun kenyamanan berkendara.
- **Semua tikungan PI1 sampai PI9 layak menggunakan tikungan tipenya masing – masing dari SCS, SS, dan FC** berikut disajikan parameter lengkung tiap tikungan:
 - Tikungan PI1, PI2, dan PI9 memiliki nilai $16.94^\circ - 60^\circ$ maka ketiga tikungan ini menggunakan **tipe SCS**
 - Tikungan PI-6, PI-7, dan PI-8 memiliki nilai $<16.94^\circ$ maka ketiga tikungan ini menggunakan **tipe SS**
 - Tikungan PI-3, PI-4, dan PI-5 memiliki nilai $>60^\circ - 180^\circ$ atau lebih, maka ketiga tikungan ini menggunakan **tipe FC**
 - Ls spiral sudah dihitung dan konsisten (34 m)
 - Jarak pandang henti (S) lebih kecil dari total panjang tikungan (Lt)
 $\Rightarrow$ aman
 - Superelevasi ($e = 6\%$) $< e_{\max} = 8\% \Rightarrow$ sesuai

i. Pelebaran Pada Tikungan

Kendaraan yang dijadikan dasar perhitungan untuk pelebaran pada tikungan adalah jenis kendaraan sigle unit truck. Dibawah ini disajikan contoh perhitungan pelebaran tikungan pada titik PI – 1.

$$V_D = 40 \text{ km/jam}$$

$$R = 115 \text{ m}$$

$$A = 1,5 \text{ m}$$

$$L = 6,5 \text{ m}$$

$$\mu = 2,5 \text{ m}$$

$$C = 0,5$$

$$N = 2 \text{ lajur}$$

$$W_n = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{0,105v}{\sqrt{R}} \\ &= \frac{0,105 \times 40}{\sqrt{115}} \\ &= 0,391 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_a &= \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R \\ &= \sqrt{115^2 + 1,5(2 \times 6,5 + 1,5)} - 115 \\ &= 0,094 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U &= \mu + R - \sqrt{R^2 - L^2} \\ &= 2,5 + 115 - \sqrt{115^2 - 6,5} \\ &= 2,685 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_c &= N (U+C) + (N - 1)F_a + Z \\ &= 2 (2,685 + 0,5) + (2 - 1)0,094 + 0,391 \\ &= 6,853 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= W_c - W_n \\
 &= 6,853 - 4 \\
 &= 2,853 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan pelebaran tikungan disemua tikungan dapat dilihat pada Tabel 4.. dibawah ini:

Tabel 4.13 Perhitungan Pelebaran Pada Tikungan

No	Tikungan	V _D	R	Z	Fa	U	W _C	w
		km/jam	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	PI1	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
2	PI2	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
3	PI3	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
4	PI4	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
5	PI5	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
6	PI6	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
7	PI7	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
8	PI8	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85
9	PI9	40	115	0.39	0.09	2.68	6.85	2.85

(Sumber: Analisis 2025)

4.1.5 Alinyemen Vertikal

Perhitungan alinyemen vertical berdasarkan kemiringannya mencakup alinyemen vertical berbentuk cembung dan cekung. Di bawah ini disajikan contoh perhitungan alinyemen vertical pada titik PVI1:

a. Perhitungan Kelandaian Rencana

$$\begin{aligned}
 V_D &= 40 \text{ km/jam} \\
 JPH (S) &= 40 \text{ m} \\
 g_1 &= 12,5 \\
 g_2 &= -3,93 \\
 A &= g_1 - g_2 \\
 &= -1,32 - - 8,92\% \\
 &= 7,6 \% \text{ (cembung)}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Panjang L

Panjang L jika $S > L$

$$\begin{aligned} L &= 2S - \frac{399}{A} \\ &= 2 \times 40 - \frac{399}{7,6} \\ &= 27,5 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Panjang L jika $S < L$

$$\begin{aligned} L &= \frac{AS^2}{399} \\ &= \frac{7,6 \times 40^2}{399} \\ &= 30,47 \text{ (tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

Syarat kenyamanan untuk Panjang L

$$L \geq Vd \times 3 \text{ detik}$$

$$L \geq 40 \times 3 \times 1000/360$$

$$L \geq 33,33 \text{ m}$$

Jadi, panjang lengkung vertical yang digunakan pada PVI1 adalah
 $33,33 \text{ m} = 34 \text{ m}$

c. Perhitungan Stationing dan Elevasi Lengkung Vertikal

Perhitungan stationing dan elevasi pada lengkung vertical diperoleh menggunakan perangkat lunak bantu Autodesk Civil 3D yang hasilnya disajikan dalam table berikut:

Tabel 4.14 Perhitungan Alinyemen Vertikal

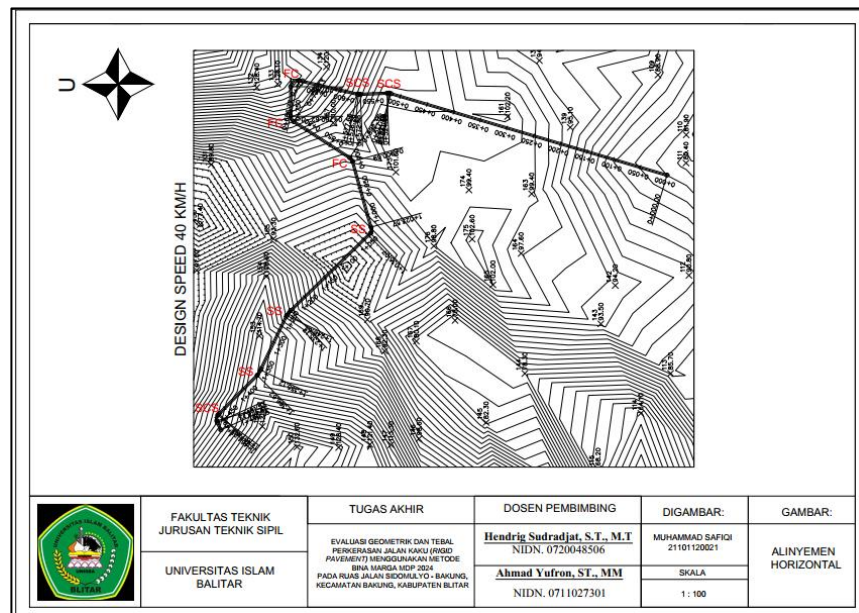
Lengkung	VD	g1 (100%)	g2 (100%)	A	A ABSOL UT	Jenis LV	S (m)
PVI1	40	-1,32	- 8,92	7,,6	7,,6	CEMBUNG	40
PVI2	40	- 8,92	- 11,81	2,89	2,89	CEMBUNG	40
PVI3	40	- 11,81	2,66	-14,47	14,47	CEKUNG	40
PVI4	40	2,66	11,27	- 8,61	8,61	CEKUNG	40
PVI5	40	11,27	6,47	4,8	4,8	CEMBUNG	40
PVI6	40	6,47	8,57	- 2,1	2,1	CEKUNG	40
PVI7	40	8,57	- 0,76	9,33	9,33	CEMBUNG	40
PVI8	40	- 0,76	0,90	- 1,66	1,66	CEKUNG	40
PVI9	40	0,90	13,33	- 12,43	12,43	CEKUNG	40

(Sumber: Analisis 2025)

Tabel 4.15 Perhitungan Alinyemen Vertikal (Lanjutan)

Penentuan Panjang Lengkungan					Kontrol L Pakai		Stationing LV		Elevasi LV
S>L	CE K	S<L	CEK	L pakai	K	CE K	Titik	STA	
27.5	OK	30.47	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+196.20	96.12
							PPV	0+200.00	96.21
							PTV	0+203.80	96.32
-58.06	OK	11.58	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+394.59	101.86
							PPV	0+396.03	101.90
							PTV	0+397.48	101.96
107.57	OK	- 58.02	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+562.49	108.68
							PPV	0+575.73	108.96
							PTV	0+582.96	108.95
126.34	OK	- 34.52	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+813.71	108.76
							PPV	0+818.02	108.75
							PTV	0+822.32	108.42
-3,125	OK	19.24	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+889.95	103.22
							PPV	0+892.35	103.03
							PTV	0+894.75	102.83
270	OK	-8.42	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+1027.34	91.44
							PPV	0+1028.39	91.32
							PTV	0+1029.44	91.38
37.23	OK	37.41	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+1235.70	103.69
							PPV	0+1240.36	103.92
							PTV	0+1245.02	104.30
320.36	OK	-6.65	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+1356.80	113.59
							PPV	0+1357.72	113.66
							PTV	0+1358.59	113.64
112.09	OK	- 49.84	NOT OK	34	33.33	OK	PLV	0+1416.86	111.85
							PPV	0+1423.08	111.66
							PTV	0+1429.29	111.66

(Sumber: Analisis 2025)

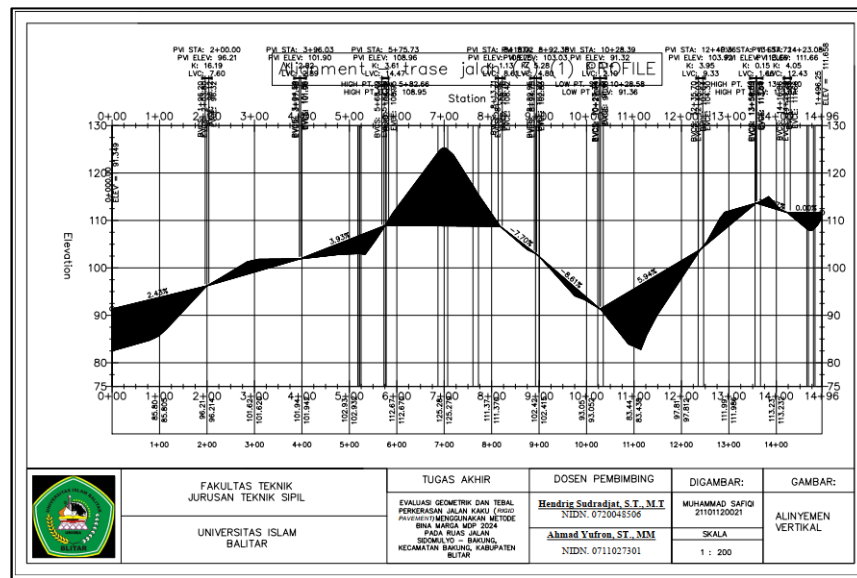


Gambar 4.2 Alinyemen Horizontal
(Sumber: Drawings AutoCAD Civil 3D, 2025)

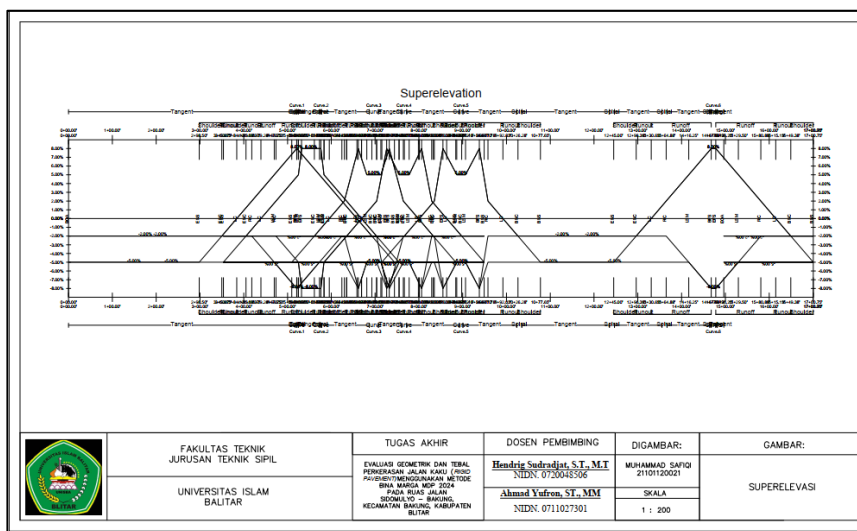
Tabel 4.16 Label Station Tiap Tikungan

Tikungan	Jenis Lengkung	Radius (m)	Vr (km/jam)	e (%)	Station
PI	SCS	115	40	8%	0+521.31
P2	SCS	115	40	8%	0+575.28
P3	FC	115	40	8%	0+697.10
P4	FC	115	40	8%	0+766.38
P5	FC	115	40	8%	0+896.52
P6	SS	115	40	8%	0+1030.32
P7	SS	115	40	8%	0+1240.92
P8	SS	115	40	8%	0+1360.87
P9	SCS	115	40	8%	0+1472.88

(Sumber: Analisis 2025)



Gambar 4.3 Alinyemen Vertikal
(Sumber: Drawings AutoCAD Civil 3D, 2025)



Gambar 4.3 Superelevasi
(Sumber: Drawings AutoCAD Civil 3D, 2025)

4.2 Pemilihan Trase Optimal

Berikut adalah penjelasan detail mengenai proses pemilihan dan justifikasi trase optimal tersebut, langkah demi langkah:

4.2.1 Analisis Medan dan Penetapan Kecepatan Rencana

Langkah paling fundamental dalam menentukan karakteristik desain jalan adalah memahami kondisi medan.

- Analisis Kemiringan Medan: Analisis peta kontur untuk menghitung kemiringan medan di sepanjang trase jalan. Hasilnya menunjukkan **kemiringan rata-rata sebesar 10 %**, yang mengklasifikasikan medan sebagai perbukitan.
- Penetapan Kecepatan Rencana (V_d): Klasifikasi medan "perbukitan" menjadi dasar utama dalam menentukan kecepatan rencana. Sesuai standar Bina Marga, kecepatan untuk area perbukitan adalah 30–50 km/jam. Pemilihan **kecepatan rencana sebesar 40 km/jam**. Keputusan ini menjadi parameter kunci yang memengaruhi semua perhitungan geometrik selanjutnya.
- Penentuan Fungsi Jalan: Jalan ini ditetapkan sebagai klasifikasi Jalan Lokal Kelas II dengan konfigurasi 2 lajur 2 arah lebar 4 meter.

4.2.2 Desain Alinyemen Horizontal (Tikungan)

Setelah kecepatan rencana ditetapkan, setiap tikungan di sepanjang trase dirancang dan dievaluasi untuk memastikan keamanan dan kenyamanan.

- Pemilihan Jari-Jari Tikungan (R) yang Aman:
 - Dihitung Jari-jari Minimum (R_{min}) yang diizinkan untuk **V_d 40 km/jam yaitu 52,49 m**. Ini adalah batas aman absolut untuk mencegah kendaraan tergelincir.

- Pemilihan **jari-jari desain (Rencana) sebesar 115 m** untuk semua tikungan. Keputusan ini sangat penting karena **Rencana (115 m) > Rmin (52,49 m)**, yang berarti desain tikungan jauh lebih aman dan nyaman dari standar minimum.
- Pemilihan Panjang Lengkung Peralihan (Ls) yang Konservatif:
 - Lengkung peralihan (spiral) penting untuk transisi yang mulus dari bagian lurus ke tikungan.
 - Perencana menghitung Ls menggunakan empat metode berbeda (waktu tempuh, modifikasi Shortt, perubahan kelandaian, dan landai relatif).
 - Dari semua hasil, dipilih **nilai Ls terbesar yaitu 33,33 m** yang dibulatkan menjadi **34 m**. Ini adalah pendekatan konservatif yang mengutamakan kenyamanan dan keamanan tertinggi.
- Penentuan Tipe Tikungan (SCS, SS, dan FC):
 - Pada tahap awal, seluruh tikungan dibuat dengan **tipe FC** sebagai basis **desain awal yang sederhana, seragam, dan cepat dihitung**. Pendekatan ini digunakan sebelum spiral dihitung, dan bertujuan untuk menyediakan kerangka evaluasi awal terhadap panjang lintasan, sudut belok, serta potensi kebutuhan transisi.
 - Setelah dilakukan evaluasi lebih lanjut, **beberapa tikungan FC kemudian diganti menjadi SCS dan SS** agar lebih sesuai dengan **karakteristik sudut defleksi dan meningkatkan kenyamanan berkendara**.
- Perhitungan Superelevasi dan Pelebaran Jalan:
 - Superelevasi (kemiringan melintang jalan) dihitung **sebesar 6%**, nilai ini berada di bawah batas maksimum 8% sehingga aman.
 - Pelebaran perkerasan pada tikungan dihitung **sebesar 2,85 m** untuk mengakomodasi manuver kendaraan besar (truk) dengan aman.

4.2.3 Verifikasi Keamanan Jarak Pandang

Aspek krusial dari trase optimal adalah memastikan pengemudi memiliki jarak pandang yang cukup untuk bereaksi dan berhenti dengan aman.

- Jarak Pandang Henti (Jh): Untuk **kecepatan 40 km/jam**, jarak pandang henti minimum yang disyaratkan adalah **40 meter**. Desain memastikan bahwa di setiap tikungan, panjang total tikungan (Lt) selalu lebih besar dari jarak pandang henti (S), dengan notasi "S
- Jarak Kebebasan Samping (E): Dihitung bahwa diperlukan ruang bebas halangan di sisi dalam tikungan **sebesar 1,73 m** untuk menjamin **jarak pandang 40 m** tidak terhalang.
- Jarak Pandang Menyiap: Perencana menetapkan **jarak pandang menyiap sebesar 200 m**, yang jauh lebih besar dari **nilai minimum yang dihitung (124,75 m)**, memberikan tingkat keselamatan ekstra.

4.2.4 Desain Alinyemen Vertikal

Trase yang optimal juga harus nyaman secara vertikal (tanjakan dan turunan). Perencanaan alinyemen vertikal (lengkung cembung dan cekung) juga didasarkan pada **kecepatan rencana 40 km/jam** untuk memastikan jarak pandang dan kenyamanan terpenuhi.

Berikut adalah **penjelasan detail pemilihan trase optimal** pada **ruas jalan Sidomulyo – Bakung** berdasarkan data geometrik

1. Dasar Perencanaan Trase

Trase sepanjang **1,5 km** ini dievaluasi berdasarkan:

- **Topografi medan** (kemiringan kontur)
- **Standar teknis geometrik jalan** Permen PUPR No.5 Tahun 2023 & PPGJR 1997)
- **Fungsi jalan**: Jalan lokal kelas II, 2 lajur 2 arah

- **Kecepatan rencana:** 40 km/jam (berdasarkan klasifikasi medan perbukitan)

2. Analisis Kemiringan Medan

Dari **Tabel 4.1**, kemiringan median sepanjang trase bervariasi:

- Rentang: **0.2% hingga 30%**
- Rata-rata kemiringan medan: **10% → termasuk kategori perbukitan**

Implikasi:

- Kecepatan rencana dibatasi pada 30–50 km/jam
- Ditetapkan kecepatan **40 km/jam** sebagai nilai moderat dan aman
- Perlu alinyemen horizontal dan vertikal yang **fleksibel dan sesuai kontur**

3. Alinyemen Horizontal – Pemilihan Lengkung Tikungan

Trase menghadapi banyak titik tikungan (PI1 sampai PI9). Evaluasi jenis tikungan yang digunakan.

a. Jenis Tikungan yang Dievaluasi

- **SCS (Spiral–Circle–Spiral)** → dipilih untuk tikungan yang sudut defleksinya memiliki nilai 16.94° - 60° .
- **FC (Full Circle)** → digunakan sebagai dasar perhitungan kurva lingkaran dan untuk tikungan yang sudut defleksinya memiliki nilai 60° - 180° atau lebih.
- **SS (Spiral–Spiral)** → dipilih untuk tikungan yang sudut defleksinya memiliki nilai $\Delta < 16.94^\circ$

b. Parameter Geometri Tikungan

- **Jari-jari rencana (R):** 115 m (lebih besar dari $R_{min} = 52.49$ m)
- **Superelevasi rencana (e):** 6%, < emaks 8%
- **Panjang spiral (Ls):** 34 m (dipilih dari nilai tertinggi hasil perhitungan konservatif)
- **Panjang kurva lingkaran (Lc):** 12.60 m – 263.04 m, tergantung Δ

Semua titik tikungan memenuhi standar teknis → Parameter lengkung tipe SCS, FC dan SS digunakan sesuai sudut defleksi tiap tikungan

4. Alinyemen Vertikal – Penyesuaian Elevasi

Untuk menyesuaikan dengan kontur perbukitan:

- Didesain alinyemen vertikal **cekung dan cembung**
- Panjang vertikal lengkung minimum $L \geq 33.33$ m (hasil perhitungan waktu dan kenyamanan)
- Evaluasi nilai **kelandaian** (g_1 dan g_2) serta **kelandaian absolut (A)** dilakukan di semua PVI

Hasil: Semua lengkung vertikal memenuhi panjang minimum dan nyaman secara visual & fungsional

5. Jarak Pandang & Kebebasan Samping

- **Jarak pandang menyiap (JS):** 200 m > minimum 124.75 m
- **Jarak pandang henti (Jh):** 40 m sesuai **SNI PPGJR 1997**
- **Jarak kebebasan samping (E):** 1.73 m di semua PI ($S < L_t$)

Artinya: **Keamanan visual pengemudi** telah dipastikan sepanjang tikungan

6. Pelebaran Tikungan

Diperhitungkan berdasarkan:

- Tipe kendaraan desain: **Single Unit Truck**
- Jumlah lajur: 2
- Radius tikungan (R): 115 m
- Faktor pergeseran lateral dan pelebaran dinamis

Hasil pelebaran: **2.85 m** pada semua tikungan → cukup untuk manuver kendaraan besar

7. Pemilihan Trase Optimal – Kriteria Pemilihan

Berdasarkan keseluruhan evaluasi ditampilkan pada tabel 4.15

Tabel 4.16 Evaluasi Keseluruhan

Kriteria	Evaluasi	Status
Medan & Kecepatan	8.18% (perbukitan) → $V = 40$ km/jam	✓
Geometri Horizontal	SCS (R = 115 m, Ls = 34 m, e = 6%) SS (R = 115 m, Ls = 34 m, e = 6%) FC (R = 115 m, Ls = 34 m, e = 6%)	✓
Geometri Vertikal	PVI, $L \geq 33.33$ m	✓
Pandangan & Pelebaran	JS = 200 m, pelebaran = 2.85 m	✓
Keamanan & Kenyamanan	Sudah tervalidasi melalui checklist	✓

(Sumber :Analisis, 2025)

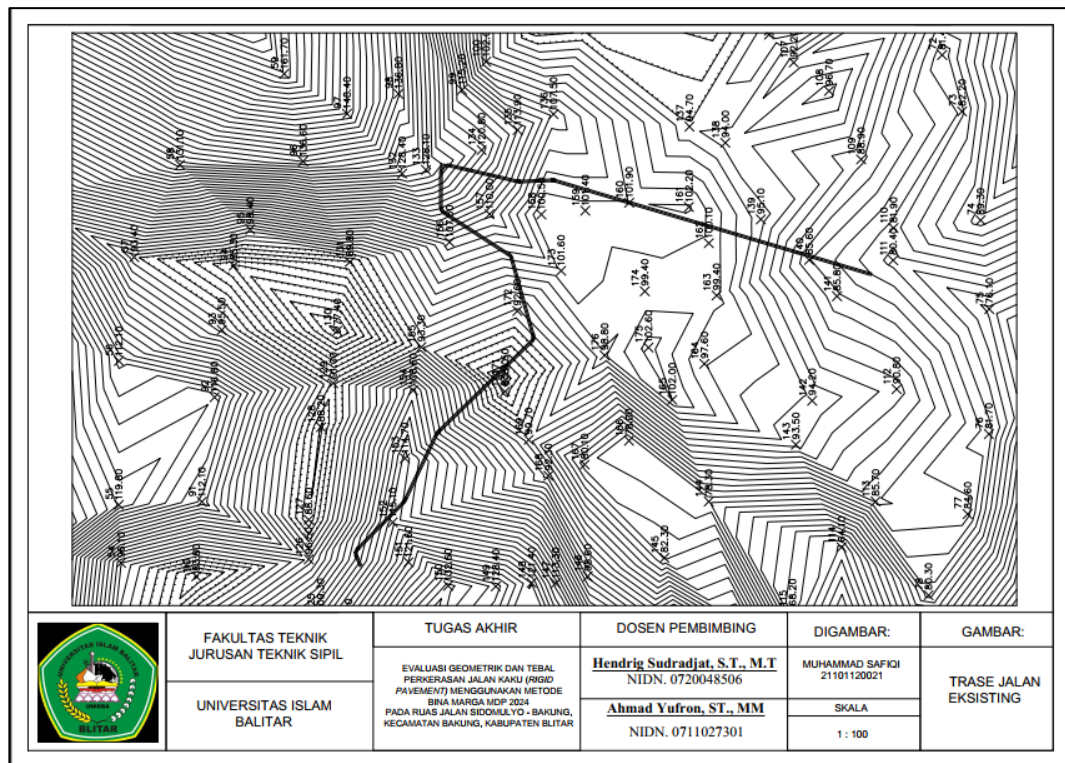
4.2.5 KESIMPULAN:

Pemilihan trase optimal ruas jalan Sidomulyo – Bakung didasarkan pada proses evaluasi geometrik yang komprehensif dan konservatif. Dokumen ini menyajikan rute yang membuktikan "keoptimalannya" melalui serangkaian justifikasi teknis yang menunjukkan bahwa Trase ruas jalan Sidomulyo – Bakung dipilih secara optimal berdasarkan:

1. Adaptasi terhadap kontur perbukitan (**kemiringan rata-rata 10 %**)
2. Penggunaan alinyemen horizontal tipe SCS, FC, dan SS sesuai pada sudut defleksi tiap tikungannya yang menjamin kelandaian dan kenyamanan berkendara.
3. Jari-jari, superelevasi, dan spiral sesuai **standar PPGJR 1997**
4. Alinyemen vertikal mempertimbangkan panjang lengkung minimum untuk visibilitas.
5. Seluruh parameter teknis (safety, jarak pandang, pelebaran, radius tikungan) tervalidasi sebagai “OK” berdasarkan checklist evaluasi.
6. Parameter Desain Utama (**Vd=40 km/jam**) dipilih secara tepat berdasarkan analisis kondisi medan perbukitan.
7. Desain Geometrik Melebihi Standar Minimum: Pemilihan jari-jari tikungan (**115 m**) dan panjang lengkung peralihan (**34 m**) secara signifikan lebih aman dari batas minimal yang disyaratkan.
8. Semua Aspek Keselamatan, terutama jarak pandang (henti, menyiap, dan kebebasan samping), telah diverifikasi dan dipenuhi.

Dengan demikian, trase tersebut dianggap optimal karena telah terbukti aman, nyaman, dan sepenuhnya mematuhi standar perencanaan geometrik jalan untuk kondisi spesifik di lokasi tersebut.

Berikut hasil evaluasi yang disajikan sebagai jalan eksisting Sidomulyo – Bakung dapat dilihat pada gambar 4.4 :



Gambar 4.4 Jalan Eksisting Sidomulyo – Bakung

(Sumber: Drawings AutoCAD 2021, 2025)

4.3 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Kaku

Kriteria jalan yang digunakan adalah lalu lintas yang didominasi oleh kendaraan ringan, bukan berat. Jalan ini dirancang dengan tujuan utama untuk mendukung pariwisata. Dalam perencanaan ini jenis perkerasan yang akan digunakan adalah perkerasan kaku, dengan data sebagai berikut:

Status	: Jalan Desa
Klasifikasi jalan	: Jalan Lokal Kelas II
Tipe jalan	: 2 lajur 2 arah
Umur rencana	: 40 tahun
Jenis perkerasan	: Perkerasan kaku (<i>Rigid Pavement</i>)
Kuat tekan beton	: $K_{300} = F_c : 24.90 \text{ MPa}$
Kuat tarik lentur	: $(f_{cf}) = 4,5 \text{ MPa}$ ($F'_c = 45,0 \text{ kg/cm}^2$)

Dalam perancangan akses jalan Sidomulyo – Bakung, penentuan tebal perkerasan mengikuti ketentuan yang diatur dalam Manual Desain Perkerasan Jalan 2024.

4.3.1 Umur Rencana

Penentuan umur rencana terbaru pada Manual Desain Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2024 berdasarkan pada Tabel 4.17, umur rencana yang digunakan pada perencanaan jalan ini adalah 40 tahun.

Tabel 4.17 Umur rencana perkerasan kaku

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Lapis pondasi jalan	
	Semua perkerasan untk lokasi yang tiak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan,	

	<i>underpass</i> , jembatan, dan terowongan	40
	Lapis pondasi berpengikat semen, <i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk pondasi jalan)	10

(Sumber: Dzakiyul Fahmi, S.T., M.T, 2024, *Manual Desain Perkerasan Jalan (Desain Struktur Perkerasan Jalan Baru)*)

4.3.2 Data LHR

Hasil observasi lalu lintas harian rata – rata jalan akses Sidomulyo – Bakung dilakukan selama dua hari, yaitu pada hari Minggu dan Rabu. Maka diketahui volume lalu lintas harian rata – rata kendaraan yang melewati jalan tersebut sebagai berikut:

a. Minggu 09 Februari 2025

Tabel 4.18 LHR Pada Hari Minggu

Minggu				Total
Utara		Selatan		
Jenis Kendaraan	1 Hari	Jenis Kendaraan	1 Hari	1276
Sepeda Motor	622	Sepeda Motor	544	
Mobil	39	Mobil	47	
Truk As 2	7	Truk As 2	16	
Truk As 3	1	Truk As 3	-	
Total	669	Total	607	

(Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2024)

b. Rabu, 12 Februari 2024

Tabel 4.19 LHR Pada Hari Rabu

Rabu				Total
Utara		Selatan		
Jenis Kendaraan	1 Hari	Jenis Kendaraan	1 Hari	1.173
Sepeda Motor	484	Sepeda Motor	577	
Mobil	53	Mobil	41	
Truk As 2	5	Truk As 2	12	
Truk As 3	1	Truk As 3	-	
Total	543	Total	630	

(Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2024)

c. Total volume LHR dalam 2 Hari

Tabel 4.20 LHR Dalam 2 Hari

Jenis Kendaraan	Total
Sepeda Motor	2.227
Mobil	180
Truk As 2	40
Truk As 3	1
Total	2.448

(Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2024)

d. Rekapitulasi LHR

Tabel 4.21 Rekapitulasi Lalu Lintas Harian

Jenis Kendaraan	Total
Sepeda Motor	1.113
Mobil	134
Truk As 2	46
Truk As 3	1
Total	1.294

(Sumber: Hasil Observasi Lapangan, 2024)

A. Beban Standart Kumulatif

Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA) atau disebut dengan beban sumbu standart kumulatif adalah perencanaan beban kumulatif sumbu lalu lintas. Penentuan CESA pada perancangan jalan akses Sidomulyo- Bakung dihitung menggunakan perkerasan kaku, ditentukan sebagai:

$$ESA = (\text{jenis kendaraan LHRT} \times \text{VDF} \times \text{Faktor distribusi})$$

$$CESA = .ESA \times 365 \times R$$

Dimana:

ESA : Lintasan sumbu standart ekuivalen (*Equivalent Standart Axle*) untuk 1 (satu) hari

LHRT : Lintas harian rata – rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

CESA : Kumulatif beban sumbu standart ekuivalen selama umur rencana

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

Tabel 4.22 Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standar

Perkiraan Kumulatif Beban Lalu Lintas CESA4 & CESA5															
Golongan Kendaraan	LHR	LHR	LHR	VDF4	VDF4	VDF5	VDF5	DD	DL	R (i=4.8%)		CESA4		CESA5	
	2024	2025	2028	Faktual	Normal	Faktual	Normal			(3 tahun)	(17 tahun)	Faktual	Normal	Beban Faktual	Beban Normal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
1	11.197	11.734	13.507	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
2	2.193	2.298	2.645	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
3	1.951	2.045	2.353	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
4	1.468	1.538	1.771	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
5A	317	332	382	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
5B	282	275	316	1.2	1.2	1.3	1.3	0.5	0.80	3.15	25.39	151.355	1.406.095	163.968.1	1.523.270
6A	322	337	388	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.80	3.15	25.39	77.507	720.042	62.005.6	576.034
6B	2.505	2.625	3.022	3.8	0.8	5.5	0.7	0.5	0.80	3.15	25.39	4.582.539	8.962.516	6.632.621.9	7.842.202
7A1	753	789	908	7.8	2.8	12.3	3.2	0.5	0.80	3.15	25.39	2.827.512	9.429.426	4.458.768.3	10.776.487
7A2	416	436	502	16.3	4.6	33.6	6.3	0.5	0.80	3.15	25.39	3.264.343	8.558.219	6.728.952.0	11.721.039
7B1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
7B2	52	54	63	12.9	5.9	18.9	6.9	0.5	0.80	3.15	25.39	322.930	1.372.106	473.129.4	1.604.666
7B3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
7C1	269	282	324	6.7	4.5	9.6	5.7	0.5	0.80	3.15	25.39	867.645	5.413.736	1.243.192.4	6.857.398
7C2A	103	108	124	12.8	6.6	21.5	8.6	0.5	0.80	3.15	25.39	634.691	3.040.279	1.066.081.7	3.961.575
7C2B	93	97	112	14.8	6.4	26.8	8.9	0.5	0.80	3.15	25.39	662.612	2.661.921	1.199.865.5	3.701.734
7C3	59	62	71	20.8	7.0	44.2	9.6	0.5	0.80	3.15	25.39	590.786	1.847.065	1.255.420.2	2.533.118
7C4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
8	539	565	650	-	-	-	-	-	0.5	0.80	3.15	25.39	-	-	-
Jumlah ESA												13.981.918	43.411.406	23.284.005	51.097.524
CESA4												57.393.324		74.381.529	
CESA5															

(Sumber: Bina Marga MDP 2024)

B. Karakteristik Nilai Rata – Rata Ekuivalen Beban (VDF)

Karakteristik nilai rata – rata faktor ekuivalen beban (VDF) berdasarkan Tabel 4.5 :

1. Mobil penumpang = -
2. Truk 2 sumbu – ringan = 0,5
3. Truk 3 sumbu – ringan = 7,8

Lalu lintas harian rata – rata

1. Mobil penumpang = 134
2. Truk 2 sumbu – ringan = 46
3. Truk 3 sumbu – ringan = 1

C. Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur

Jalan yang direncanakan akan memiliki dua lajur untuk setiap arah. Berdasarkan Tabel Faktor Distribusi Lajur dan Kapasitas Lajur, proporsi kendaraan niaga yang menggunakan lajur desain diperkirakan mencapai 80 % dari total jumlah kendaraan niaga.

Tabel 4.23 *Faktor Distribusi Lajur (DL)*

Jumlah Lajur Tiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Laju
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber: Bina Marga MDP 2024)

D. Menghitung CESA (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*)

Tabel 4.24 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata – Rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: Bina Marga MDP 2024)

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i}$$

Keterangan:

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

ESA = (Σ jenis kendaraan LHRT x VDF x Faktor Distribusi)

CESA = ESA x 365 x R

$$R = \frac{(1+0,01 i)^{UR}-1}{0,01 i}$$

$$R = \frac{(1+0,01 \times 1,00)^{40}-1}{0,01 \times 1,00}$$

$$R = 48.88637$$

$\text{CESA Truk 2 sumbu ringan} = (46 \times 80\% \times 0,5) \times 365 \times 48.88637 = 328.320,861$

$\text{CESA Truk 3 sumbu- ringan} = (1 \times 80\% \times 7,8) \times 365 \times 48.88637 = 111.343,596$

CESA TOTAL = 439.664,457

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan ESA % CESA

No	Jenis Kendaraan	LHRT	DL	VDF4	ESA4	R	CESA4
1	Mobil Penumpang	134	80%		18,4	48.88637	-
2	Truk 2 As Kecil	46	80%	0,5		48.88637	328.320,861
3	Truk 3 As	1	80%	7,8		48.88637	111.343,596
Total					24,64		439.664,457

(Sumber: Bina Marga MDP 2024)

4.3.3 Kondisi Tanah (Nilai CBR)

Data CBR tanah menggunakan data penelitian terdahulu oleh Laboratorium Mekanika Tanah & Geologi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (2024) dengan nilai CBR tanah dasar efektif sebesar Kondisi tanah di ruas Jalan Sidomulyo – Bakung ini berada pada topografi perbukitan. CBR rencana dipakai yang paling kecil 3,977 dibulatkan menjadi 4 %. Berikut disajikan gambar dan grafik dari nilai CBR:

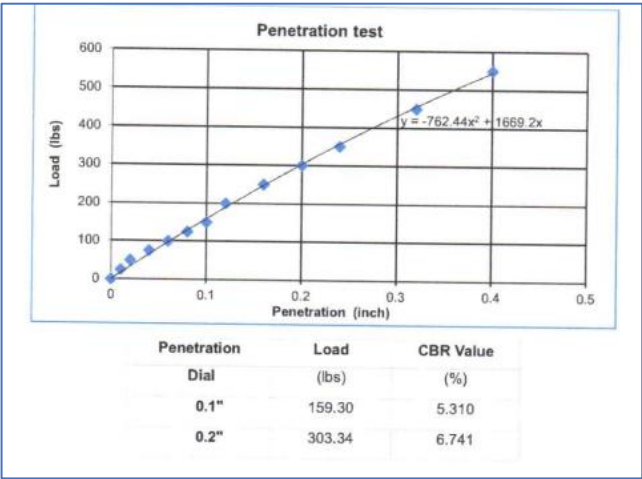
A. Site T1

CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) TEST			
ASTM D4429-04			
Penetration	Penetration	Dial	Load
Dial	Dial	Reading	
(mm)	(inch)		(lbs)
0	0	0.0	0
0.25	0.01	0.5	25
0.5	0.02	1.0	50
1	0.04	1.5	75
1.5	0.06	2.0	100
2	0.08	2.5	125
2.5	0.1	3.0	150
3	0.12	4.0	200
4	0.16	5.0	250
5	0.2	6.0	301
6	0.24	7.0	351
8	0.32	9.0	451
10	0.4	11.0	551

factor calibration = 50,09

Gambar 4.5 CBR Site 1

(Sumber: CBR Laboratorium Universitas Brawijaya)



Grafik 4.1 CBR Site T1

(Sumber: Bina Marga MDP 2024)

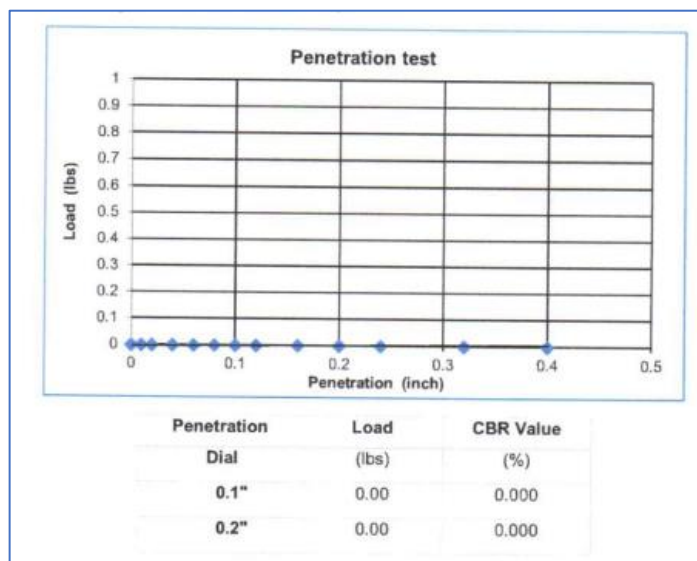
B. Site T2

CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) TEST			
ASTM D4429-04			
Penetration Dial (mm)	Penetration Dial (inch)	Dial Reading	Load (lbs)
0	0	0.0	0
0.25	0.01	0.0	0
0.5	0.02	0.0	0
1	0.04	0.0	0
1.5	0.06	0.0	0
2	0.08	0.0	0
2.5	0.1	0.0	0
3	0.12	0.0	0
4	0.16	0.0	0
5	0.2	0.0	0
6	0.24	0.0	0
8	0.32	0.0	0
10	0.4	0.0	0

**factor calibration = 50,09*

Gambar 4.6 CBR Site 2

(Sumber: CBR Laboratorium Universitas Brawijaya)



Grafik 4.2 CBR Site T2

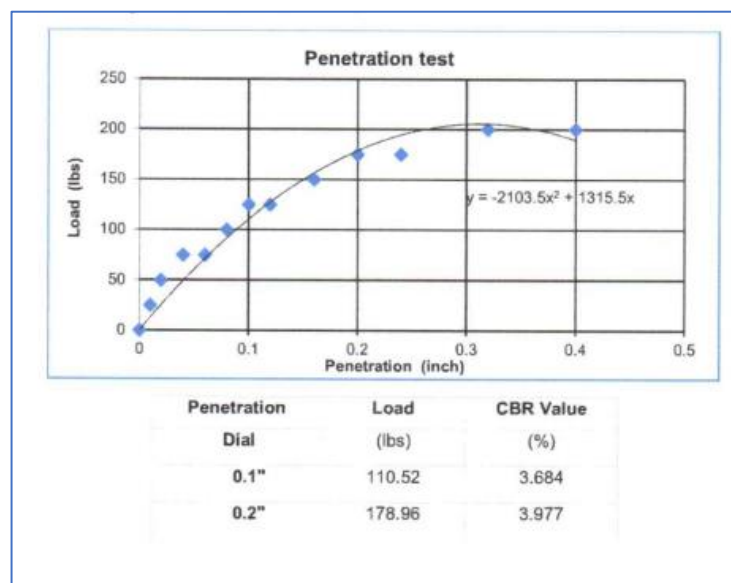
(Sumber: CBR Laboratorium Universitas Brawijaya)

C. Site T3

CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) TEST			
ASTM D4429-04			
Penetration Dial (mm)	Penetration Dial (inch)	Dial Reading	Load (lbs)
0	0	0.0	0
0.25	0.01	0.5	25
0.5	0.02	1.0	50
1	0.04	1.5	75
1.5	0.06	1.5	75
2	0.08	2.0	100
2.5	0.1	2.5	125
3	0.12	2.5	125
4	0.16	3.0	150
5	0.2	3.5	175
6	0.24	3.5	175
8	0.32	4.0	200
10	0.4	4.0	200
*factor calibration = 50,09			

Gambar 4.7 CBR Site 3

(Sumber: CBR Laboratorium Universitas Brawijaya)



Grafik 4.3 CBR Site T3

(Sumber: CBR Laboratorium Universitas Brawijaya)

CBR rencana = 4%
CBR Max = 6,741%
CBR Min = 3,977%

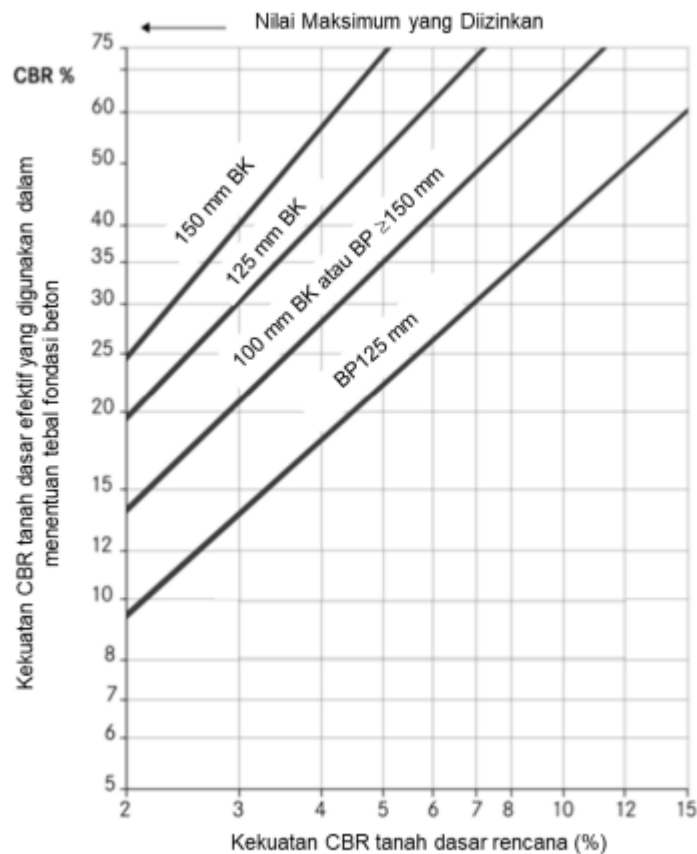
4.3.4 Menentukan Lapisan Subbase dan Tebal Plat Beton

Tabel 4.26 Tabel Tebal Lapisan Perkerasan Kaku

Lalu Lintas Desain (JSKN)	Jenis Lapis Fondasi
Sampai dengan 10^6	BP 125 mm
10^6 Sampai dengan 5×10^6	BK 100 mm atau BP 150 mm
5×10^6 Sampai dengan 1×10^7	BK 125 mm
Lebih dari 1×10^7	BK 150 mm

Catatan : BP (Bahan Berpengikat) dan BK (Beton Kuras)

(Sumber: Bina Marga MDP 2024)



Gambar 4.8 CBR tanah dasar efektif dan tebal pondasi bawah

(Sumber: Bina Marga MDP 2024)

Tabel 4.27 Ketebalan Beton Minimum

Jenis Perkerasan	Lalu Lintas Rencana		
	$1 \times 10^6 \leq \text{JSKN} < 1 \times 10^7$	$1 \times 10^7 \leq \text{JSKN} < 5 \times 10^7$	$\text{JSKN} \geq 5 \times 10^7$
JRCB	150 mm	200 mm	250 mm
JRCP	150 mm	180 mm	230 mm
CRCP	150 mm	180 mm	230 mm

(Sumber: Bina Marga 2024)

Berdasarkan tabel lalu lintas desain JSKN setelah dihitung kurang dari 10000000 dalam 40 tahun, sedangkan berdasarkan grafik CBR tanah dasar efektif dan tebal fondasi bawah dengan CBR rencana 4 % digunakan 100 mm BK

1. Lapis pondasi LMC = 100 mm
2. Lapis pondasi agregat kelas A = 150 mm

4.3.5 Perhitungan Tulangan

- a). Tebal plat (h) = 30 cm
- b). Lebar plat (L) = 4 m (2 lajur)
- c). Panjang plat (P) (jarak antar sambungan) = 10 m
- d). Koefisien gesek antar pelat beton dengan pondasi bawah (F) = 1,5
- e). Kuat Tarik ijin baja = 280 Mpa
- f). Berat isi beton = 2400 kg/m³
- g). Gravitasi (g) = 9,81 m/dt²

4.3.6 Tulangan Memanjang

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s}$$

a).

$$A_s = \frac{1,5 \times 10 \times 2400 \times 0,3}{2 \times 168}$$

$$A_s = 315.32 \text{ mm}$$

b). $A_s \text{ min} = 0,1\% \times 150 \times 1000 = 150 \text{ mm}^2$

- c). Untuk mencari diameter tulangan memanjang yang digunakan dapat menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
31,352 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\
31,352 &= 0,785 \times d^2 \\
d &= \sqrt{31,352 \div 0,785} \\
d &= 6,319 \sim 6 \text{ mm}
\end{aligned}$$

d). Kontrol

$$\begin{aligned}
A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
A_s &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 6^2 \\
A_s &= 28,27 \times 10 \\
A_s &= 282,7 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Dipergunakan tulangan diameter 6 mm, jarak 282,7 mm

4.3.7 Tulangan Melintang

$$\begin{aligned}
&A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\
\text{a). } A_s &= \\
A_s &= \frac{1,5 \times 4 \times 2400 \times 9,81 \times 0,3}{2 \times 168} \\
A_s &= 126,12
\end{aligned}$$

$$\text{b). } A_s \text{ min} = 0,1\% \times 150 \times 1000 = 150 \text{ mm}^2$$

c). Untuk mencari diameter tulangan memanjang yang digunakan dapat menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
A_s &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
15 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\
15 &= 0,785 \times d^2 \\
d &= \sqrt{15 \div 0,785} \\
d &= 4,371 \sim 4 \text{ mm}
\end{aligned}$$

d). Kontrol

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 4^2$$

$$A_s = 12,56 \times 10$$

$$A_s = 125,6 \text{ mm}$$

Dipergunakan tulangan diameter 4 mm, jarak 150 mm

4.3.8 Dowel (Ruji)

Dowel atau ruji dalam konstruksi adalah batang baja polos yang dipasang melintang pada sambungan perkerasan kaku (*rigid pavement*) seperti jalan beton. Fungsinya adalah untuk menyalurkan beban dari satu segmen slab beton ke segmen lainnya, mencegah perbedaan penurunan yang signifikan antara kedua segmen tersebut

Tabel 4.28 Ukuran dan jarak batang besi dowel (ruji) yang disarankan

No	Tebal Pelat Beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	125 < h < 140	20
2	140 < h ≤ 160	24
3	160 < h ≤ 190	28
4	190 < h ≤ 220	33
5	220 < h ≤ 250	36
6	250 < h ≤ 300	38

(Sumber: Bina Marga 2024)

Berdasarkan Tabel di atas, dapat digunakan dowel dengan ukuran sebagai berikut :

a). Diameter : 24 mm

b). Panjang : 450 mm

c). Jarak : 300 mm

4.3.9 Batang Pengikat (*Tie Bar*)

Tie Bar adalah baja ulir yang dipasang diantara dua slab beton yang berdekatan untuk mengikatnya dan mencegah pergerakan horizontal. Fungsinya bukan sebagai pemindah beton utama, melainkan untuk menjaga agar sambungan tetap rapat dan stabil.

Mencari jumlah tulangan persatuan lebar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{B \times h \times w}{2 \times F_s \times L}$$

Dimana:

A_s = Jumlah tulangan persatuan lebar

F = Koefisien gesek antara dasar pelat dan permukaan lapis pondasi bawah atau tanah dasar

W = Berat volume pelat beton

F_s = Tegangan ijin tulangan baja

L = Lebar lajur

D = Tebal plat beton

$$A_s = \frac{B \times h \times w}{2 \times F_s \times L}$$

$$A_s = \frac{4 \times 1,5 \times 2400}{2 \times 108 \times 10}$$

$$A_s = 4,285$$

Jadi harus disediakan baja tulangan berdiameter :

$$A_s = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$4,285 = \frac{1}{4} \pi \times d^2$$

$$d = \sqrt{4,285 : 0,785}$$

$$d = 2,336 \text{ cm} \sim 24 \text{ mm}$$

Diketahui:

$$\text{Diameter} = 24 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak ke pinggir terdekat} = 3,5 \text{ m (12 ft)}$$

Tebal perkerasan = 30 cm (11,8 in ~ 12 in)

*1 in = 2,54

Besi *Tie bar* yang diperoleh:

1. **Tebal perkerasan** = 30 cm (*1 in = 2,54 cm)

= 30 / 2,54

= 11,8 in ~ 12 in

2. **Jarak ke pinggir terdekat** = 3,5 m (*1 ft = 0,3048)

= 3,5 / 0,3048

= 11,48 ~ 12 ft

3. **Jarak maksimum Tie bar** = 25,6 in (MDP 2024 untuk Ø24 mm)

(*1 in = 2,54 cm)

= 25,6 x 2,54

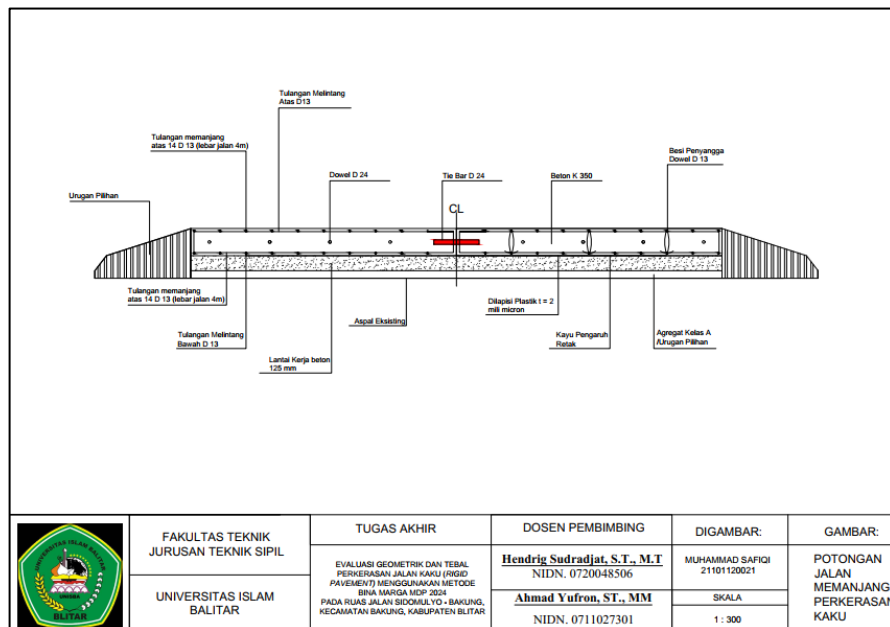
= 65,02 cm ~ 650 mm

4. **Panjang besi**

= 23,6 in (MDP 2024 untuk Ø24 mm)

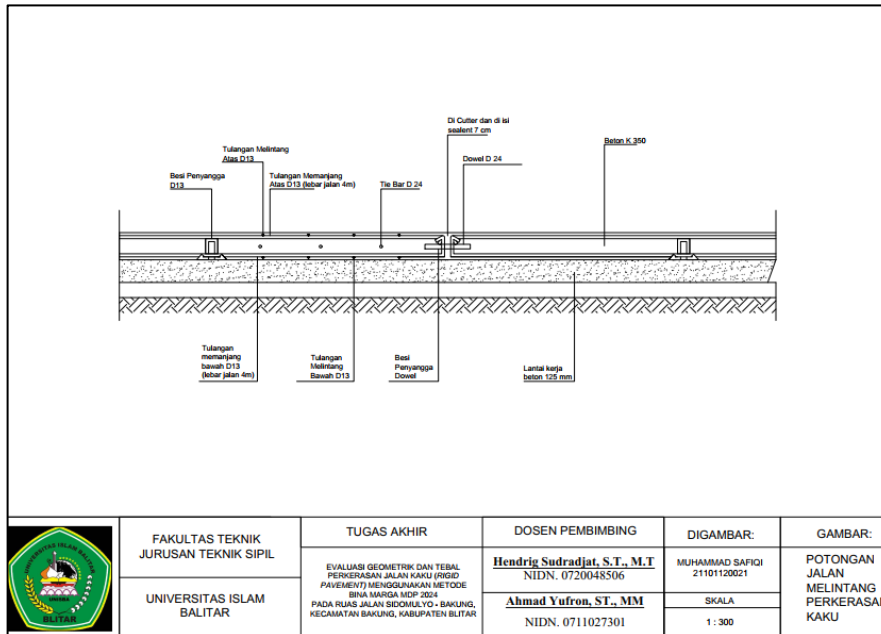
(*1 in = 2,54 cm)

= 23,6 x 2,54 = 59,94 cm ~ 600 mm



Gambar 4.9 Potongan Jalan Memanjang Perkerasan Kaku

(Sumber: Drawings AutoCAD 2021, 2025)



Gambar 4.10 Potongan Jalan Melintang Perkerasan Kaku
 (Sumber: Drawings AutoCAD 2021, 2025)