

BAB 2. PERANCANGAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN

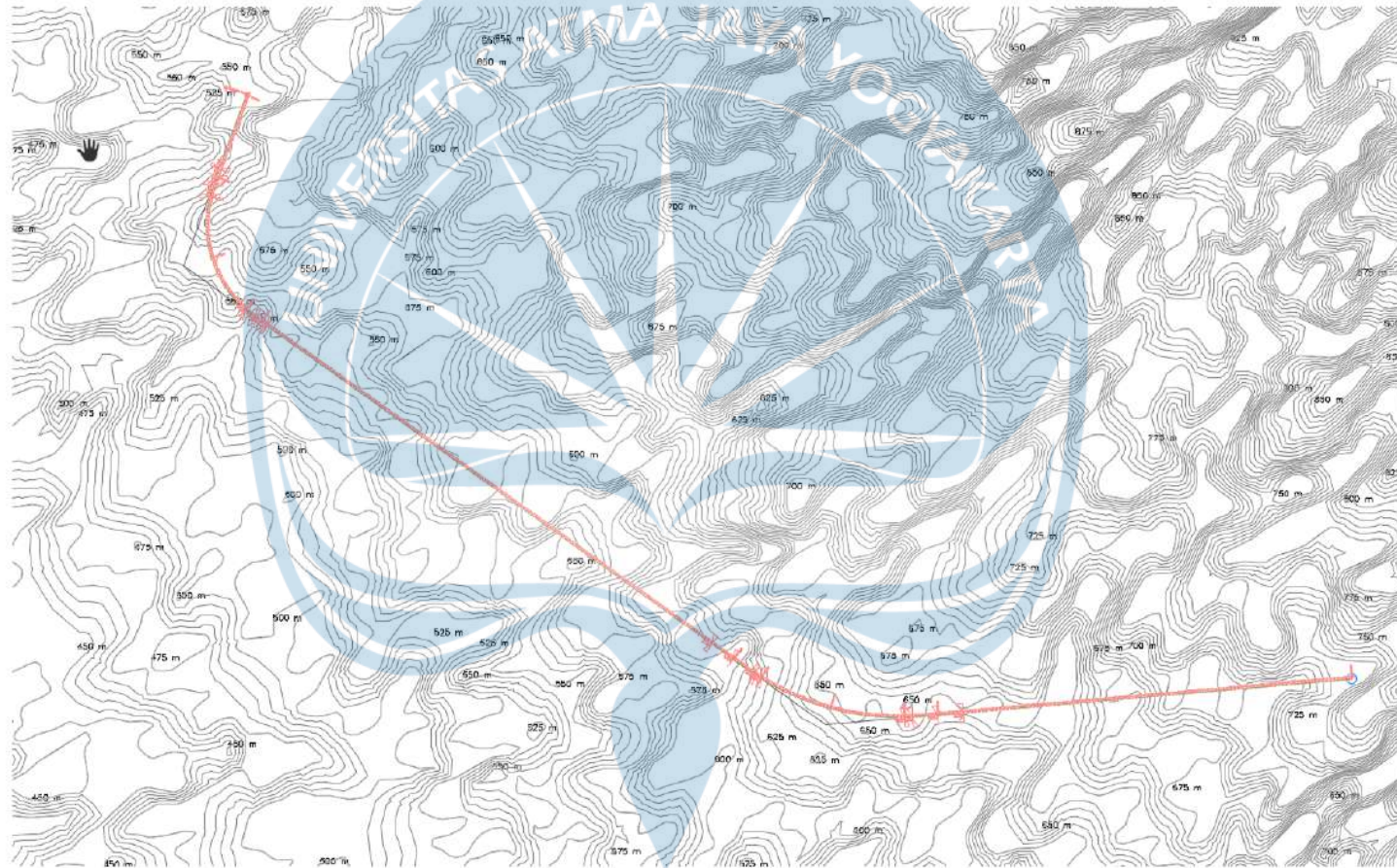
2.1. Penentuan Alternatif Trase

2.1.1. Alternatif Trase

Saat merancang alinemen horizontal dengan bantuan Autocad Civil3D dilakukan dengan perencanaan trase jalan guna sesuai dengan ketentuan pada soal yang tertera. Trase jalan merupakan sebuah sumbu jalan yang menghubungkan peta topografi dengan garis lurus dan juga menjadi acuan guna mengukur suatu tinggi muka tanah. Trase jalan juga difungsikan untuk mempermudah dalam perencanaan, perhitungan letak stasiun tidak perlu dilakukan karena dengan bantuan aplikasi *Civil 3D* perhitungan tersebut sudah otomatis terprogram.

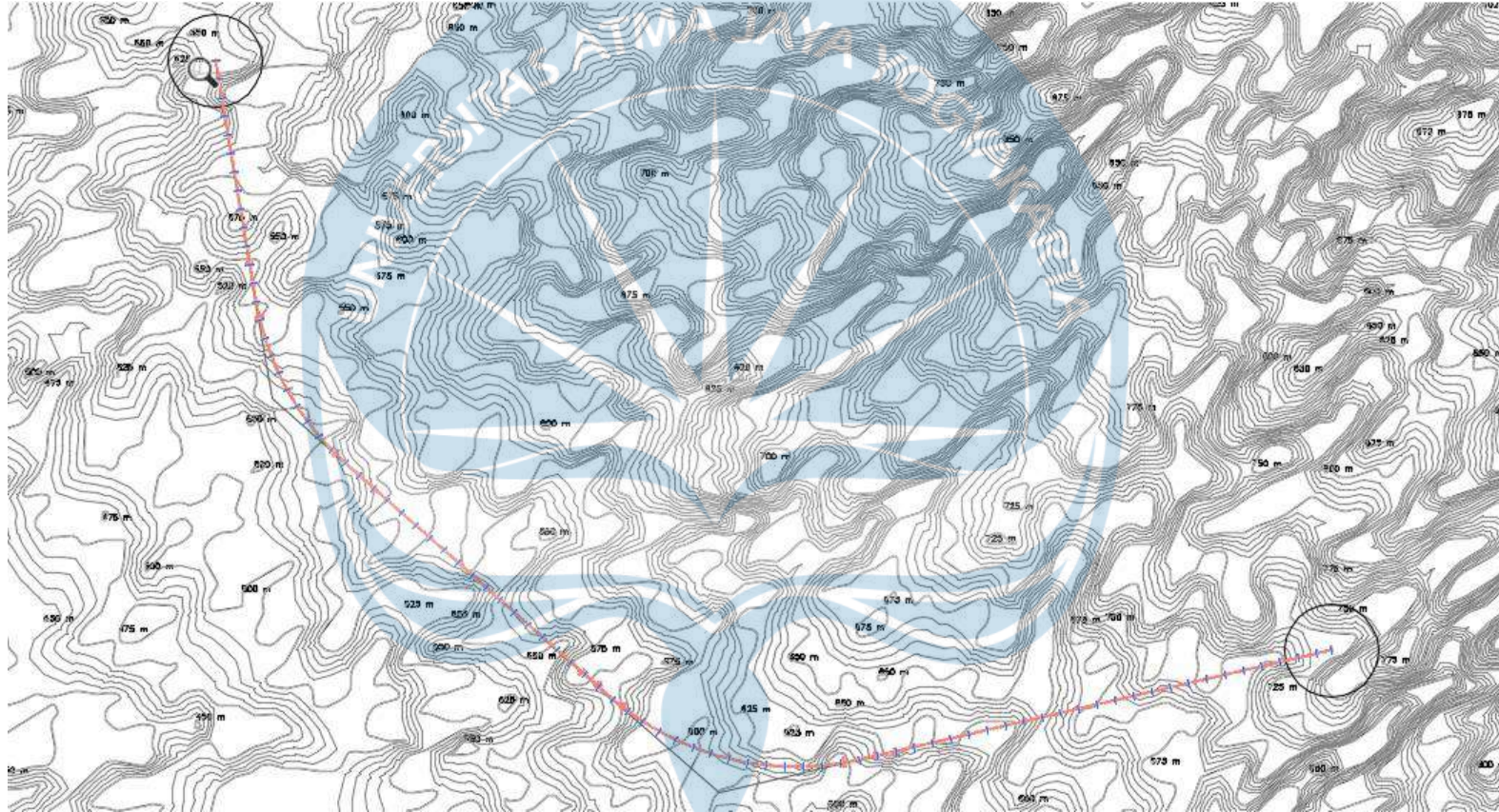
Perencanaan jalan ini memerlukan beberapa alternatif perencanaan trase yang mengacu pada aturan perancangan jalan yaitu AASHTO 2011. Percobaan perencanaan alternatif trase jalan yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2.

a. Trase 1



Gambar 2. 1 Alternatif Trase Jalan 1

b. Trase 2



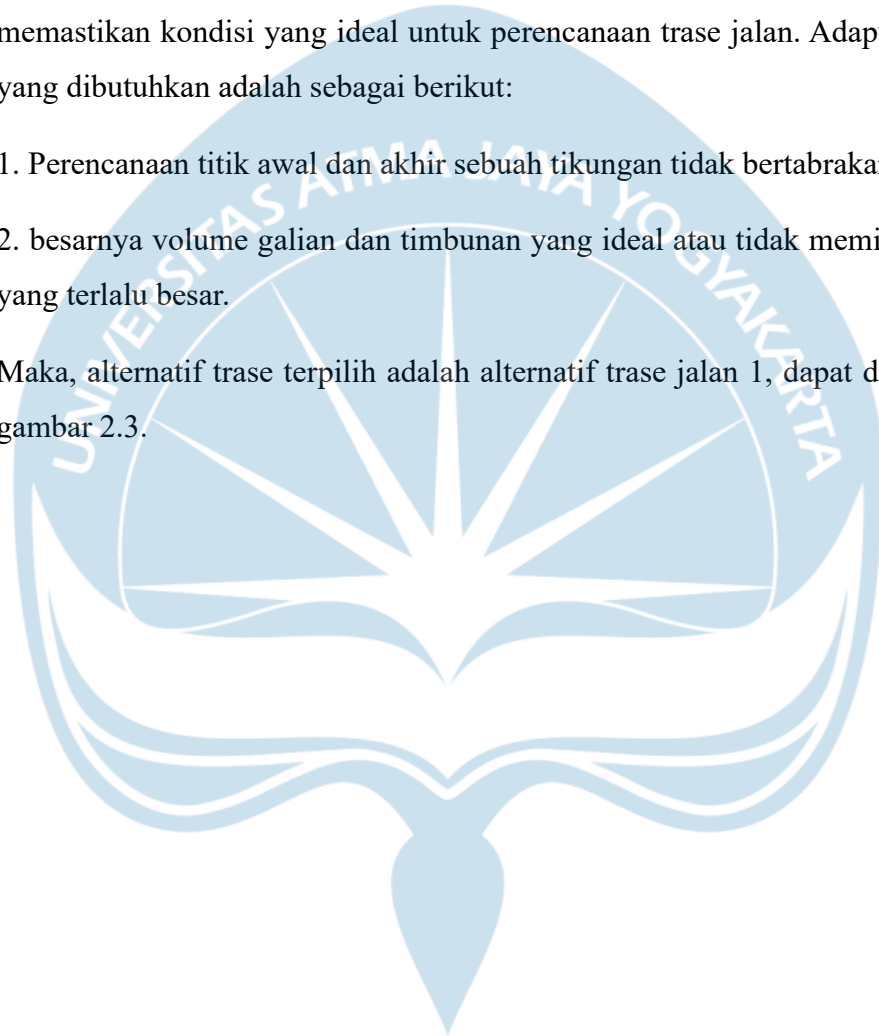
Gambar 2. 2 Alternatif Trase Jalan 2

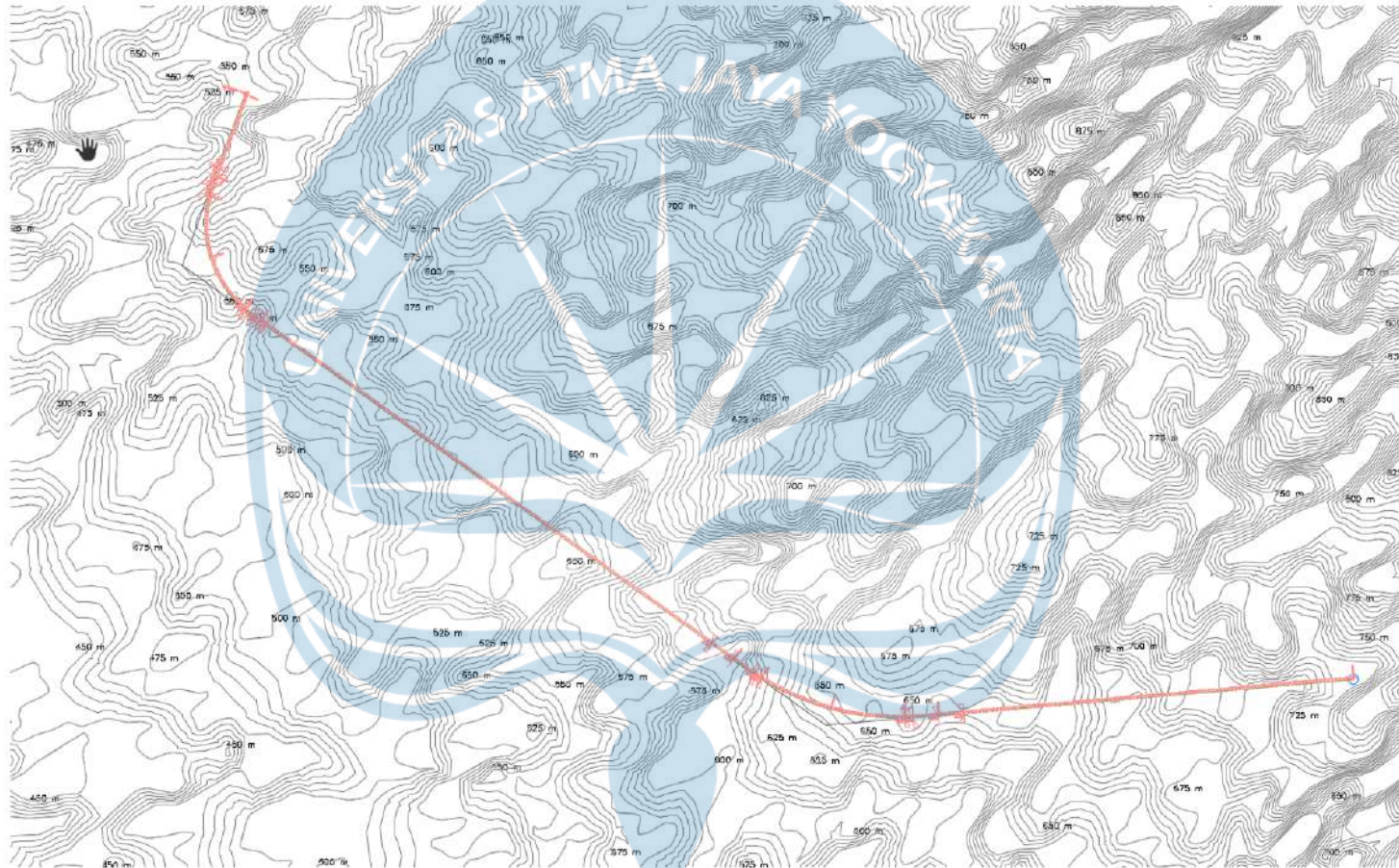
2.1.2. Trase Terpilih

Dalam menentukan trase rencana dalam perancangan alinemen horizontal ini dilakukan dengan cara *trial and eror* sampai di dapatkan suatu trase yang paling memungkinkan untuk perancangan jalan raya. Dalam pertimbangan pemilihan trase tentunya bukan hanya menurut bentuk sebuah trase, tetapi diperhatikan juga keadaan dilapangan termasuk peta kontur lapangan untuk memastikan kondisi yang ideal untuk perencanaan trase jalan. Adapun hal lain yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan titik awal dan akhir sebuah tikungan tidak bertabrakan
2. besarnya volume galian dan timbunan yang ideal atau tidak memiliki selisih yang terlalu besar.

Maka, alternatif trase terpilih adalah alternatif trase jalan 1, dapat dilihat pada gambar 2.3.

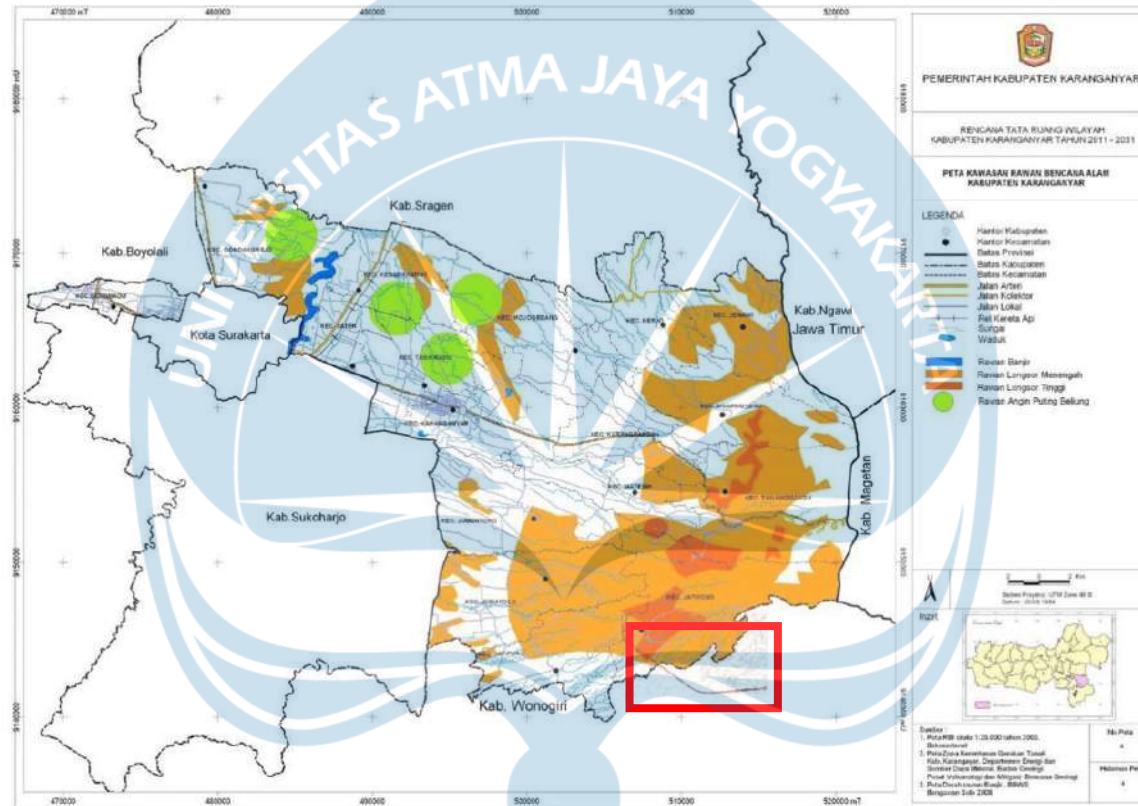




Gambar 2. 3 Trase Jalan Terpilih

Setelah perancangan trase untuk menghubungkan titik awal dan akhir, diputuskan untuk menggunakan alternatif trase jalan 1. Pemilihan trase ini mengacu pada persyaratan yang ada, termasuk juga menggunakan peta bencana pada daerah Tawangmangu pada gambar 2.4, dimana pada trase yang dipilih ini aman dari bencana banjir tetapi pada tanah longsor menengah, serta trase jalan 1 ini juga tidak melewati Kawasan hutan lindung maupun Kawasan hutan konservasi, sehingga akan memungkinkan membuat sebuah infrastruktur jalan yang ideal bagi pengguna jalan.





Gambar 2. 4 Peta Kawasan rawan bencana alam Kabupaten Karanganyar

Sumber: BPBD Kabupaten Karanganyar

2.2. Perancangan Alinemen Horizontal

Secara umum alinemen horizontal memiliki pengertian bahwa bagian-bagian pada trase jalan dengan bentuk lengkung ataupun lurus, kemudian tersambung tanpa ada ataupun ada lengkungan pengalihan. Hal yang mempengaruhi laju suatu transportasi merupakan bagian dari alinemen horizontal contohnya termasuk bagian-bagian jalan raya seperti rambu kecepatan maksimal. (Rahardian, 2021) berpendapat bahwa desain sebuah alinemen suatu jalan harus berhubunga bentuk kontur pada topografi trase yang di rencanakan, sehingga menghasilkan suatu lengkung horizontal. Dalam merencanakan lengkungan juga harus memiliki radius yang cukup besar agar mampu mencapai kecepatan rencana untuk kendaraan yang melewati trase tersebut. Suatu desain alinemen horizontal sebaiknya selurus mungkin dengan radius pada tikungan sebesar dan tidak mengganggu jarak pandang pengendara.

2.2.1. Penetapan *Stationing*

Dalam perancangan menggunakan aplikasi *Civil 3D* didapatkan titik koordinat *stationing* yang sesuai dengan kondisi kontur daerah trase dibuat yaitu daerah Tawangmangu seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penetapan *Stationing* Tikungan

TITIK		Perhitungan	Stationing
A		Sta.A	0+000.000
Tikungan1 (SCS)	TS	Sta A + d1-TS 1	0+467.19
	SC	Sta TS + LS	0+577.19
	CS	Sta SC + LC	1+247.78
	ST	Sta CS + LS	1+357.78
Tikungan2 (SCS)	TS	Sta ST + d2 – TS 2	4+476.68
	SC	Sta TS + LS	4+656.68
	CS	Sta SC + LC	5+468.91
	ST	Sta CS + LS	5+648.91
B		Sta ST + d3	7+811.49

2.2.2. Perencanaan Tikungan

a. Kriteria Perancangan Desain

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Perancangan

Diperoleh data			Lebar Bahu Dalam	0.5	m
Fungsi Jalan	Arteri Kelas I		Lebar Bahu Luar	3	m
Kriteria Desain			Lebar Median	2	m
Klasifikasi Medan	Bukit		Lebar Pemisah	1	m
Konfigurasi Jalan	4/2 T		Lebar Trotoar	1	m
Kecepatan Rencana	70	km/h	Lebar Saluran	1	m
Lebar Rumaja	31	m	Superelevasi Normal	3	%
Lebar Rumija	25	m	Superelevasi Bahu	6	%
Lebar Ruwasja	15	m	Superelevasi Maksimum	10	%
Lebar Lajur	3.5	m	Kelandaian Maksimum	6	%

Setelah desain trase jalan ditetapkan dan dapat dilihat pada tabel 2.2, selanjutnya dilakukan analisa pada kriteria perencanaan, kecepatan rencana, potongan melintang pada kontur atau topografi jalan yang berpengaruh pada penetapan alinemen vertikal dan horizontal jalan. Pengklasifikasian topografi medan jalan diketahuin diantaranya: pegunungan, perbukitan dan tanah datar yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Klasifikasi Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan ¹⁾ %
1	Datar	D	< 10
2	Bukit	B	10 -25
3	Gunung	G	> 25

Catatan: ¹⁾ nilai kemiringan medan rata-rata per 50m dalam satu kilometer

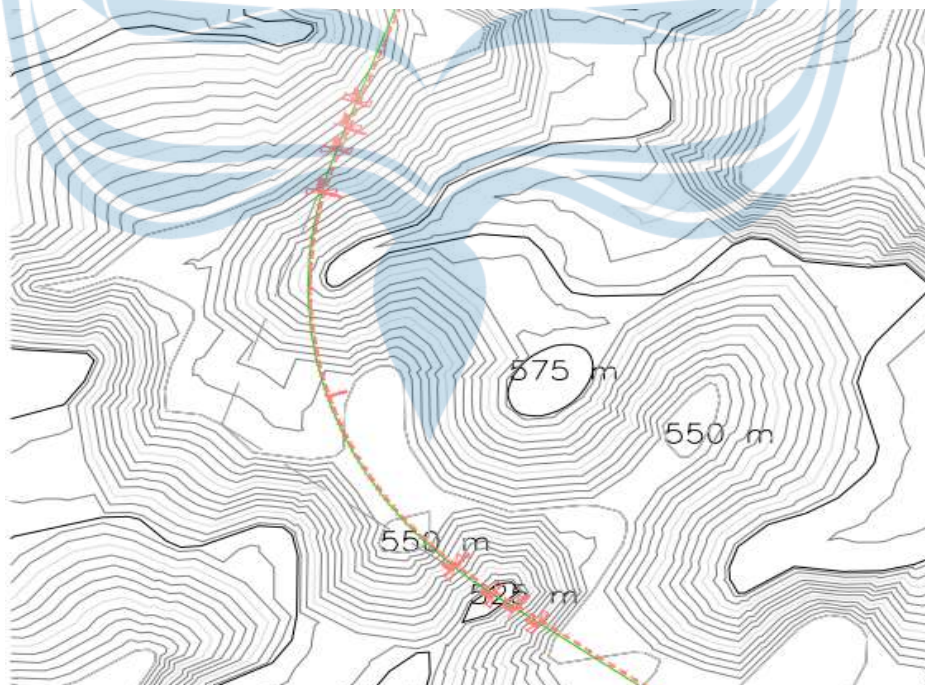
Sumber : Pendoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga 2021

b. Perhitungan Sudut Tikungan

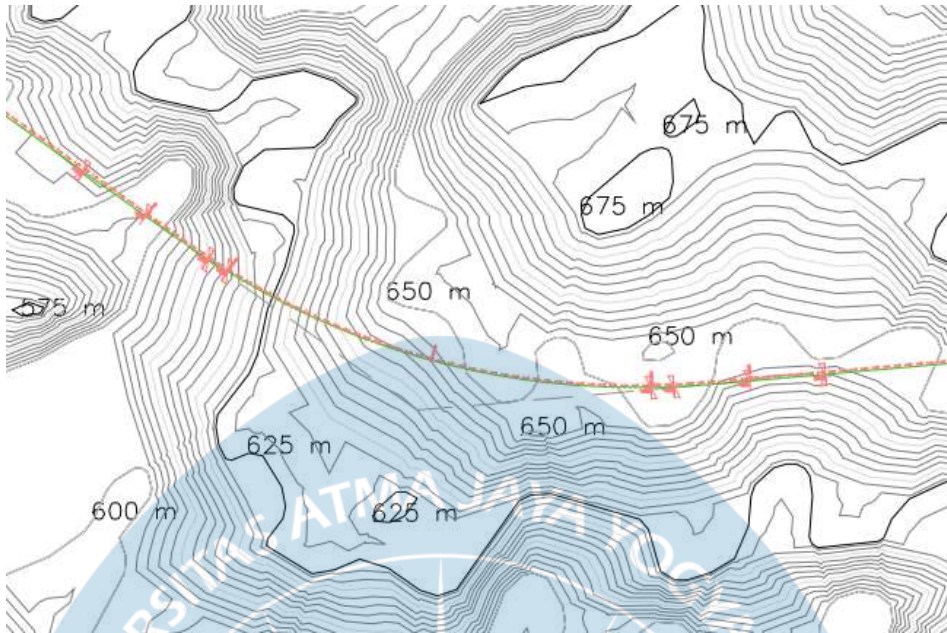
Perencanaan sudut tikungan dibantu dengan aplikasi *Civil 3D*, sehingga didapatkan data koordinat hingga sudut tikungan dapat di lihat pada tabel 2.4. tampak tikungan 1 dan tikungan 2 di lihat pada gambar 2.5 dan 2.6.

Tabel 2. 4 Perhitungan Sudut Tikungan

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	Δ
A	4282.118	7534.55	-336.977	-919.605	979.401	20.124	105.460
PI1	3945.141	6614.945					
PI2	7392.905	4148.009	3447.764	-2466.94	4239.44	125.584	40.608
			2829.467	248.7	2840.376	84.976	
B	10222.372	4396.709					



Gambar 2. 5 PI/Tikungan 1



Gambar 2. 6 PI/Tikungan 2

c. Menentukan Tikungan Alinemen Horizontal

perancangan alinemen horizontal menurut kecepatan desain dijelaskan seperti dibawah ini:

Kriteria Perancangan	
V rencana	70
e max	8
f max	0,15
R min	167,751

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

1. Perhitungan tikungan satu (1) ($\Delta = 105,460^\circ$)

$$\begin{aligned} R_{\min} &= VR^2 / (127 (e + f \text{ maks})) \\ &= 70^2 / (127 (0,08 + 0,15)) \\ &= 167,75077 \text{ m} \end{aligned}$$

- $\Delta = 105,460^\circ \rightarrow R_c = 900 \text{ m}$
- $V_d = 70 \text{ km/jam}$
- $e \text{ max} = 8\%$

- $e_d = 3,2\%$ (Tabel Matric Referensi AASHTO)
- diasumsikan jenis tikungan = **SCS**
- L_s desain = 140 m

□ Perhitungan sudut lengkung spiral (θ_s)

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_c} \quad | \quad \theta_s = \frac{140 \times 360}{4 \times \pi \times 900} = 4,456^\circ$$

- Perhitungan sudut lengkung Circle (θ_c)

$$\Delta_c = \Delta - 2 \times \theta_s$$

$$\Delta_c = 105,460^\circ - 2 \times 4,456^\circ$$

$$\Delta_c = 96,547^\circ$$

- Perhitungan panjang bujur lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2 \times \pi \times R$$

$$L_c = \frac{96,547}{360} \times 2 \times \pi \times 900$$

$$L_c = 1516,562 \text{ m}$$

tikungan SCS memiliki syarat bahwa: $L_c > 20 \text{ m} \rightarrow \mathbf{OK}$

- Perhitungan X_s dan Y_s

$$X_s = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$X_s = 140 - \frac{140^3}{40 \times 900^2}$$

$$Y_s = \frac{140^2}{6 \times 900}$$

$$X_s = 139,915 \text{ m}$$

$$Y_s = 3,630 \text{ m}$$

- Perhitungan pergeseran tan pada spiral (p) dan Absis dari p terhadap garis tan spiral (k)

Untuk $\theta_s = 4,456^\circ \rightarrow$ di interpolasi

Didapatkan: $p^* = 0,00649 \rightarrow p^* \cdot L_s = 0,00649 \times 140 = 0,909 \text{ m}$

$k^* = 0,4999 \rightarrow k^* \cdot L_s = 0,4999 \times 140 = 69,986 \text{ m}$

Tikungan **SCS** memiliki syarat bahwa: $p > 0,2 \rightarrow \mathbf{OK}$

- Perhitungan jarak antar potongan bagian lurus (P1) dengan TS/ST

$$Ts = (Rc + p) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$Ts = (900 + 0,909) \times \tan \frac{105,460^\circ}{2} + 69,986$$

$$Ts = 1253,883 \text{ m}$$

- Perhitungan jarak antar potongan bagian lurus terhadap busur lingkaran (Es)

$$Es = (Rc + p) \times \sec \frac{\Delta}{2} - Rc$$

$$Es = (900 + 0,909) \times \sec \frac{105,460^\circ}{2} - 900$$

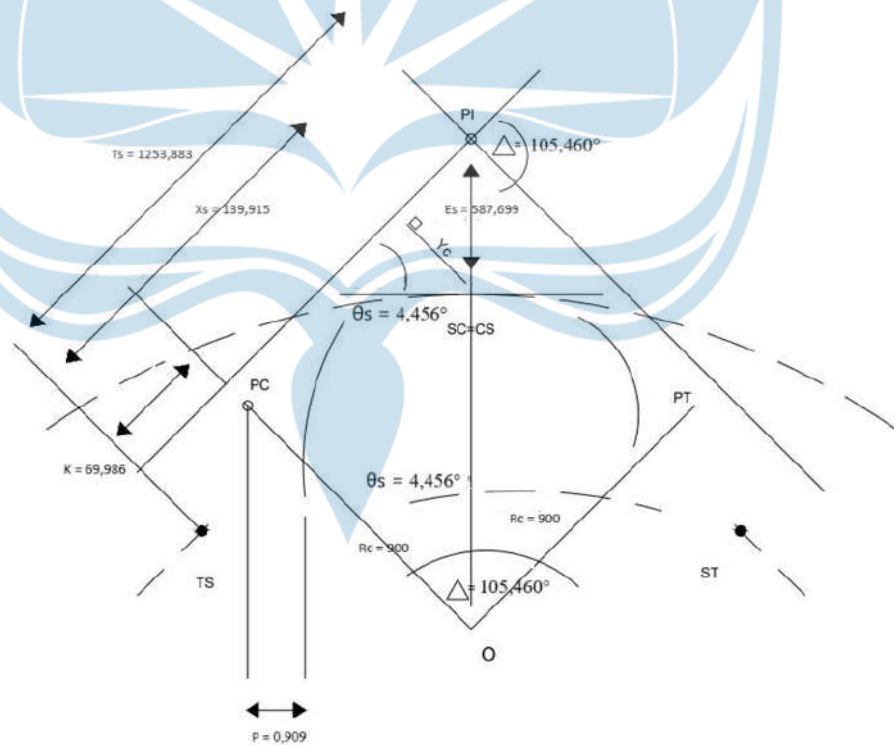
$$Es = 587,699 \text{ m}$$

- Perhitungan total panjang busur (L Total)

$$L = 2 \times Ls + Lc$$

$$L = 2 \times 140 + 1516,562$$

$$L = 1796,562 \text{ m}$$



Gambar 2. 7 Diagram SCS Tikungan 1

2. perhitungan pada tikungan dua (2) ($\Delta = 38,370^\circ$)

$$\begin{aligned} R_{\min} &= VR^2 / (127 (e + f \text{ maks})) \\ &= 70^2 / (127 (0,08 + 0,15)) \\ &= 167,7508 \text{ m} \end{aligned}$$

- $\Delta = 40,608^\circ \rightarrow R_c = 1500 \text{ m}$
- $V_d = 70 \text{ km/jam}$
- $e_{\max} = 8\%$
- $e_d = 3,4\%$ (berdasarkan tabel metrik AASHTO)
- diasumsikan tipe tikungan = **SCS**
- $L_s \text{ desain} = 180 \text{ m}$

□ Perhitungan sudut lengkung spiral (θ_s)

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_c} \quad | \quad \theta_s = \frac{180 \times 360}{4 \times \pi \times 1500} = 3,438^\circ$$

• Perhitungan sudut lengkung Circle (θ_c)

$$\begin{aligned} \Delta_c &= \Delta - 2 \times \theta_s \\ \Delta_c &= 40,608^\circ - 2 \times 3,438^\circ \\ \Delta_c &= 33,733^\circ \end{aligned}$$

• Perhitungan panjang bujur lingkarann (L_c)

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{\Delta_c}{360} \times 2 \times \pi \times R \\ L_c &= \frac{40,608}{360} \times 2 \times \pi \times 1500 \\ L_c &= 883,115 \text{ m} \end{aligned}$$

tikungan SCS memiliki syarat bahwa: $L_c > 20 \text{ m} \rightarrow \mathbf{OK}$

• perhitungan X_s dan Y_s

$$\begin{aligned} X_s &= L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} & Y_s &= \frac{L_s^2}{6 \times R_c} \\ X_s &= 180 - \frac{180^3}{40 \times 1500^2} & Y_s &= \frac{180^2}{6 \times 1500} \\ X_s &= 179,935 \text{ m} & Y_s &= 3,600 \text{ m} \end{aligned}$$

- perhitungan geser tangen pada spiral (p) dan absis dari p terhadap garis tangen spiral (k)

Untuk $\theta_s = 3,438^\circ \rightarrow$ di interpolasi

Didapatkan: $p^* = 0,005 \rightarrow p^* \cdot L_s = 0,005 \times 180 = 0,901$

$k^* = 0,4999 \rightarrow k^* \cdot L_s = 0,4999 \times 180 = 89,989$

tikungan SCS memiliki syarat bahwa : $p > 0,2 \rightarrow \mathbf{OK}$

- perhitungan jarak antar potongan bagian lurus (P1) dengan TS/ST

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

$$T_s = (1500 + 0,901) \times \tan \frac{40,608^\circ}{2} + 89,989$$

$$T_s = 645,308 \text{ m}$$

- perhitungan jarak antar potongan bagian lurus dengan busur lingkaran (Es)

(Es)

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

$$E_s = (1500 + 0,901) \times \sec \frac{40,608^\circ}{2} - 1500$$

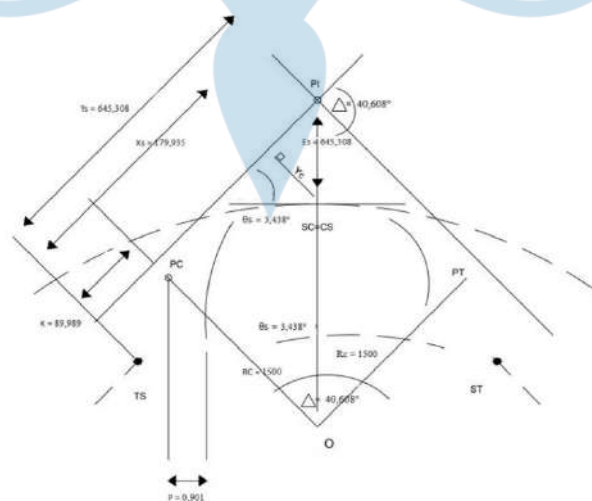
$$E_s = 100,338 \text{ m}$$

- perhitungan total panjang busur (L Total)

$$L = 2 \times L_s + L_c$$

$$L = 2 \times 180 + 993,115$$

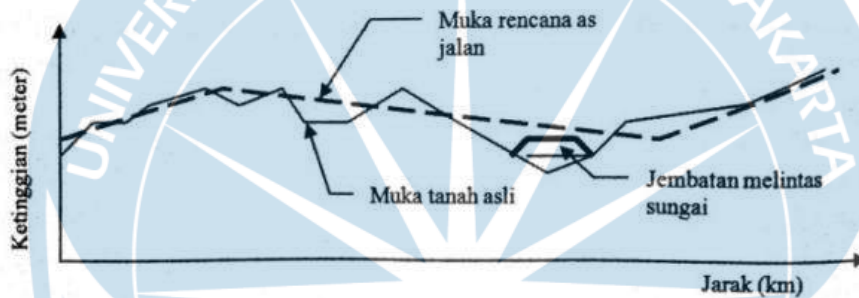
$$L = 1243,115 \text{ m}$$



Gambar 2. 8. Diagram SCS Tikungan 2

2.3. Perancangan Alinemen Vertikal

Sebuah implementasi sumbu jalan terhadap bidang vertikal, dengan bentuk penampang panjang jalan merupakan pengertian dari alinemen vertikal, dan biasanya juga disebut sebagai profil jalan atau penampang memanjang. (Rahardian, 2021) penetapan sebuah desain alinemen vertikal yang menjadi jembatan antara elevasi jalan pada perbedaan kelandaian perlu di desain dengan matang oleh desainer. Pada umumnya terdapat dua tipe lengkung yaitu lengkung cekung dan lengkung cembung. Bagian lurus pada permukaan jalan adalah bagian tangen vertikal, sementara itu untuk bagian lengkung merupakan lengkung vertikal jalan. 2 bagian tangen vertikal dengan kelandaian berbeda dihubungkan dengan lengkung vertikal seperti contoh gambar 2.9 berikut.



Gambar 2. 9. Penampang Jalan dan Alinemen Vertikal

Beberapa poin yang harus di tinjau dalam merencanakan alinemen vertikal yaitu superelevasi tikungan, elevasi stasiun dalam trase dan jarak pandang henti, dengan tujuan untuk membantu desainer dalam memperoleh sebuah trase jalan rencana yang memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi.

2.3.1 Elevasi *Stationing*

Untuk mengetahui selisih elevasi pada rencana sumbu as trase jalan dan elevasi tanah dasar yang akan di desain, maka diperlukan elevasi *stationing*, sehingga diperoleh data yang kemudian digunakan untuk mengetahui berapa banyak tanah galian dan timbunan yang dibutuhkan. Kekuatan tanah di tiap titik stasiun untuk mencegah bencana seperti longsor pada jalan juga bisa diketahui dari data ini, terlebih karena trase rencana terletak pada daerah dengan kontur perbukitan yang

tentunya terdapat banyak lereng. Elevasi *Stationing* pada trase ini dapat dilihat pada tabel 2.5 hingga 2.8.

Tabel 2. 5. *Stationing* Alinemen Vertikal

PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
0	0+000.00	4282.118	7534.55	549.845m	549.000m	0.845m	Start
1	0+050.00	4264.9148	7487.6027	549.951m	549.000m	0.951m	Regular
2	0+100.00	4247.7116	7440.6554	551.843m	549.000m	2.843m	Regular
3	0+150.00	4230.5084	7393.7081	553.408m	549.000m	4.408m	Regular
4	0+172.00	4222.939	7373.0513	552.070m	549.000m	3.070m	PVI
5	0+200.00	4213.3052	7346.7608	550.373m	549.000m	1.373m	Regular
6	0+223.85	4205.0995	7324.3675	547.892m	549.000m	-1.108m	Line - Transition
7	0+250.00	4196.1242	7299.8053	545.557m	549.000m	-3.443m	Regular
8	0+300.00	4179.4486	7252.669	541.658m	549.000m	-7.342m	Regular
9	0+350.00	4164.2056	7205.0527	541.384m	549.000m	-7.616m	Regular
10	0+363.85	4160.3662	7191.7462	542.644m	549.000m	-6.356m	Transition - Curve
11	0+400.00	4151.3046	7156.7522	544.238m	549.000m	-4.762m	Regular
12	0+450.00	4141.1022	7107.8108	548.051m	549.000m	-0.949m	Regular
13	0+500.00	4133.6331	7058.3783	552.972m	549.000m	3.972m	Regular
14	0+550.00	4128.9203	7008.6073	558.611m	549.000m	9.611m	Regular
15	0+600.00	4126.9784	6958.6515	566.452m	549.000m	17.452m	Regular
16	0+650.00	4127.8134	6908.6649	573.584m	549.000m	24.584m	Regular
17	0+700.00	4131.4228	6858.8018	575.154m	549.000m	26.154m	Regular
18	0+750.00	4137.7953	6809.216	568.270m	549.000m	19.270m	Regular
19	0+800.00	4146.9113	6760.0606	559.879m	549.000m	10.879m	Regular
20	0+850.00	4158.7428	6711.4872	551.210m	549.000m	2.210m	Regular
21	0+879.29	4166.9198	6683.3659	549.852m	549.000m	0.852m	
22	0+900.00	4173.2531	6663.6457	549.801m	549.000m	0.801m	Regular
23	0+950.00	4190.3975	6616.6838	549.870m	549.000m	0.870m	Regular
24	1+000.00	4210.1231	6570.7462	549.927m	549.000m	0.927m	Regular
25	1+050.00	4232.369	6525.9749	549.867m	549.000m	0.867m	Regular
26	1+100.00	4257.0667	6482.5078	549.774m	549.000m	0.774m	Regular
27	1+150.00	4284.1398	6440.4792	542.227m	549.000m	-6.773m	Regular
28	1+200.00	4313.5049	6400.0188	533.509m	549.000m	-15.491m	Regular
29	1+250.00	4345.0714	6361.2513	525.598m	549.000m	-23.402m	Regular
30	1+300.00	4378.7417	6324.2964	531.430m	549.000m	-17.570m	Regular
31	1+350.00	4414.4121	6289.2682	545.977m	549.000m	-3.023m	Regular
32	1+394.73	4447.9245	6259.6561	550.286m	549.000m	1.286m	Curve - Transition
33	1+400.00	4451.9724	6256.2745	550.267m	549.000m	1.267m	Regular
34	1+450.00	4491.1707	6225.2407	549.850m	549.000m	0.850m	Regular
35	1+500.00	4531.3923	6195.5404	549.887m	549.000m	0.887m	Regular
36	1+534.73	4559.6007	6175.2886	550.222m	549.000m	1.222m	Transition - Line
37	1+550.00	4572.0229	6166.4003	550.365m	549.000m	1.365m	Regular
38	1+564.58	4583.8803	6157.9162	550.486m	549.000m	1.486m	Start Vertical TP
39	1+586.58	4601.772	6145.1144	550.650m	549.105m	1.545m	PVI
40	1+600.00	4612.6859	6137.3053	550.549m	549.271m	1.278m	Regular

Tabel 2. 6. Lanjutan

PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
41	1+608.58	4619.6637	6132.3125	550.477m	549.419m	1.059m	End Vertical TP
42	1+650.00	4653.3489	6108.2102	550.128m	550.206m	-0.079m	Regular
43	1+700.00	4694.0118	6079.1151	549.561m	551.158m	-1.597m	Regular
44	1+750.00	4734.6748	6050.02	549.011m	552.109m	-3.098m	Regular
45	1+800.00	4775.3378	6020.925	548.903m	553.060m	-4.157m	Regular
46	1+850.00	4816.0007	5991.8299	548.882m	554.011m	-5.129m	Regular
47	1+900.00	4856.6637	5962.7348	548.265m	554.962m	-6.697m	Regular
48	1+950.00	4897.3267	5933.6398	548.493m	555.914m	-7.421m	Regular
49	2+000.00	4937.9896	5904.5447	549.556m	556.865m	-7.309m	Regular
50	2+050.00	4978.6526	5875.4496	549.747m	557.816m	-8.069m	Regular
51	2+100.00	5019.3156	5846.3545	550.547m	558.767m	-8.220m	Regular
52	2+150.00	5059.9785	5817.2595	550.785m	559.718m	-8.933m	Regular
53	2+200.00	5100.6415	5788.1644	549.838m	560.670m	-10.832m	Regular
54	2+250.00	5141.3045	5759.0693	549.174m	561.621m	-12.446m	Regular
55	2+300.00	5181.9674	5729.9743	549.420m	562.572m	-13.152m	Regular
56	2+350.00	5222.6304	5700.8792	553.888m	563.523m	-9.635m	Regular
57	2+400.00	5263.2934	5671.7841	561.995m	564.474m	-2.479m	Regular
58	2+450.00	5303.9563	5642.6891	569.564m	565.426m	4.138m	Regular
59	2+500.00	5344.6193	5613.594	574.211m	566.377m	7.834m	Regular
60	2+550.00	5385.2823	5584.4989	574.368m	567.328m	7.040m	Regular
61	2+600.00	5425.9452	5555.4038	575.062m	568.279m	6.783m	Regular
62	2+650.00	5466.6082	5526.3088	575.269m	569.230m	6.039m	Regular
63	2+700.00	5507.2712	5497.2137	575.481m	570.181m	5.299m	Regular
64	2+750.00	5547.9341	5468.1186	575.450m	571.133m	4.318m	Regular
65	2+800.00	5588.5971	5439.0236	575.252m	572.084m	3.169m	Regular
66	2+850.00	5629.2601	5409.9285	575.003m	573.035m	1.967m	Regular
67	2+900.00	5669.923	5380.8334	572.208m	573.986m	-1.778m	Regular
68	2+950.00	5710.586	5351.7383	571.683m	574.937m	-3.254m	Regular
69	3+000.00	5751.249	5322.6433	572.947m	575.889m	-2.942m	Regular
70	3+050.00	5791.9119	5293.5482	575.168m	576.840m	-1.672m	Regular
71	3+100.00	5832.5749	5264.4531	575.301m	577.791m	-2.490m	Regular
72	3+150.00	5873.2379	5235.3581	575.073m	578.742m	-3.669m	Regular
73	3+200.00	5913.9008	5206.263	563.680m	579.693m	-16.013m	Regular
74	3+250.00	5954.5638	5177.1679	549.977m	580.645m	-30.667m	Regular
75	3+300.00	5995.2268	5148.0729	550.351m	581.596m	-31.245m	Regular
76	3+350.00	6035.8897	5118.9778	552.197m	582.547m	-30.350m	Regular
77	3+400.00	6076.5527	5089.8827	553.673m	583.498m	-29.825m	Regular
78	3+450.00	6117.2157	5060.7876	555.825m	584.449m	-28.625m	Regular
79	3+500.00	6157.8786	5031.6926	558.512m	585.401m	-26.888m	Regular
80	3+550.00	6198.5416	5002.5975	564.058m	586.352m	-22.294m	Regular
81	3+600.00	6239.2046	4973.5024	570.077m	587.303m	-17.226m	Regular
82	3+650.00	6279.8676	4944.4074	574.864m	588.254m	-13.390m	Regular
83	3+700.00	6320.5305	4915.3123	583.319m	589.205m	-5.887m	Regular
84	3+750.00	6361.1935	4886.2172	593.391m	590.157m	3.235m	Regular
85	3+800.00	6401.8565	4857.1221	600.341m	591.108m	9.234m	Regular
86	3+850.00	6442.5194	4828.0271	601.220m	592.059m	9.161m	Regular

Tabel 2. 7. Lanjutan

PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
87	3+900.00	6483.1824	4798.932	601.060m	593.010m	8.050m	Regular
88	3+950.00	6523.8454	4769.8369	600.453m	593.961m	6.492m	Regular
89	4+000.00	6564.5083	4740.7419	599.102m	594.912m	4.189m	Regular
90	4+050.00	6605.1713	4711.6468	598.494m	595.864m	2.631m	Regular
91	4+100.00	6645.8343	4682.5517	600.550m	596.815m	3.735m	Regular
92	4+150.00	6686.4972	4653.4567	601.864m	597.766m	4.098m	Regular
93	4+200.00	6727.1602	4624.3616	603.835m	598.717m	5.117m	Regular
94	4+250.00	6767.8232	4595.2665	604.320m	599.668m	4.652m	Regular
95	4+251.93	6769.3927	4594.1434	604.332m	599.705m	4.627m	Start Vertical TP
96	4+267.43	6781.9983	4585.124	604.423m	600.051m	4.371m	PVI
97	4+282.93	6794.6038	4576.1045	604.514m	600.501m	4.013m	End Vertical TP
98	4+300.00	6808.4861	4566.1714	604.614m	601.052m	3.562m	Regular
99	4+350.00	6849.1491	4537.0764	599.756m	602.667m	-2.912m	Regular
100	4+373.31	6868.1075	4523.5113	598.847m	603.421m	-4.574m	Line - Transition
101	4+400.00	6889.8189	4507.9908	598.324m	604.283m	-5.959m	Regular
102	4+450.00	6930.6363	4479.1132	599.998m	605.898m	-5.900m	Regular
103	4+500.00	6971.8592	4450.8184	605.194m	607.513m	-2.319m	Regular
104	4+550.00	7013.7338	4423.4989	610.390m	609.129m	1.261m	Regular
105	4+553.31	7016.5358	4421.7337	610.778m	609.235m	1.542m	Transition - Curve
106	4+600.00	7056.4465	4397.5106	616.308m	610.744m	5.564m	Regular
107	4+650.00	7100.0016	4372.9602	622.352m	612.359m	9.993m	Regular
108	4+700.00	7144.3507	4349.875	627.015m	613.974m	13.041m	Regular
109	4+750.00	7189.4445	4328.2806	633.157m	615.590m	17.568m	Regular
110	4+800.00	7235.233	4308.2011	638.969m	617.205m	21.764m	Regular
111	4+850.00	7281.6652	4289.6588	642.061m	618.820m	23.241m	Regular
112	4+900.00	7328.6896	4272.6742	643.926m	620.435m	23.491m	Regular
113	4+950.00	7376.2539	4257.2663	644.756m	622.051m	22.705m	Regular
114	4+994.86	7419.3481	4244.7972	646.604m	623.500m	23.104m	
115	5+000.00	7424.3053	4243.452	646.937m	623.666m	23.271m	Regular
116	5+050.00	7472.7904	4231.2469	649.875m	625.281m	24.594m	Regular
117	5+100.00	7521.6553	4220.6644	650.861m	626.896m	23.965m	Regular
118	5+150.00	7570.8457	4211.7163	651.040m	628.512m	22.528m	Regular
119	5+200.00	7620.3071	4204.4126	649.824m	630.127m	19.697m	Regular
120	5+250.00	7669.9843	4198.7614	649.129m	631.742m	17.387m	Regular
121	5+300.00	7719.8224	4194.7688	649.611m	633.357m	16.253m	Regular
122	5+350.00	7769.7637	4192.4395	650.070m	634.973m	15.097m	Regular
123	5+400.00	7819.759	4191.7759	650.206m	636.588m	13.618m	Regular
124	5+436.42	7856.1692	4192.3415	650.262m	637.764m	12.498m	Curve - Transition
125	5+450.00	7869.7467	4192.7773	650.298m	638.203m	12.095m	Regular
126	5+500.00	7919.6822	4195.2887	650.055m	639.819m	10.237m	Regular
127	5+550.00	7969.5527	4198.8761	646.902m	641.434m	5.468m	Regular
128	5+600.00	8019.3758	4203.0766	645.509m	643.049m	2.460m	Regular
129	5+616.42	8035.7285	4204.5112	645.276m	643.579m	1.696m	Transition - Line
130	5+629.80	8049.0616	4205.6831	645.330m	644.012m	1.319m	Start Vertical TP
131	5+650.00	8069.184	4207.4518	645.413m	644.669m	0.744m	Regular
132	5+700.00	8118.992	4211.8298	646.317m	646.340m	-0.023m	Regular

Tabel 2. 8. Lanjutan

PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
133	5+722.30	8141.2063	4213.7823	646.407m	647.105m	-0.699m	PVI
134	5+750.00	8168.8	4216.2077	647.209m	648.073m	-0.863m	Regular
135	5+800.00	8218.6079	4220.5856	649.111m	649.866m	-0.756m	Regular
136	5+814.80	8233.3511	4221.8815	649.046m	650.409m	-1.363m	End Vertical TP
137	5+850.00	8268.4159	4224.9636	649.085m	651.707m	-2.621m	Regular
138	5+900.00	8318.2239	4229.3415	649.698m	653.549m	-3.851m	Regular
139	5+950.00	8368.0318	4233.7195	650.575m	655.392m	-4.817m	Regular
140	6+000.00	8417.8398	4238.0974	651.704m	657.235m	-5.531m	Regular
141	6+050.00	8467.6478	4242.4754	652.316m	659.078m	-6.762m	Regular
142	6+100.00	8517.4557	4246.8533	652.830m	660.921m	-8.090m	Regular
143	6+150.00	8567.2637	4251.2312	649.694m	662.763m	-13.070m	Regular
144	6+200.00	8617.0717	4255.6092	648.298m	664.606m	-16.308m	Regular
145	6+250.00	8666.8796	4259.9871	647.548m	666.449m	-18.901m	Regular
146	6+300.00	8716.6876	4264.3651	649.629m	668.292m	-18.662m	Regular
147	6+350.00	8766.4956	4268.743	655.599m	670.135m	-14.535m	Regular
148	6+400.00	8816.3035	4273.121	662.335m	671.978m	-9.643m	Regular
149	6+450.00	8866.1115	4277.4989	669.071m	673.820m	-4.750m	Regular
150	6+500.00	8915.9195	4281.8768	674.858m	675.663m	-0.805m	Regular
151	6+550.00	8965.7274	4286.2548	675.092m	677.506m	-2.414m	Regular
152	6+600.00	9015.5354	4290.6327	674.700m	679.349m	-4.649m	Regular
153	6+650.00	9065.3434	4295.0107	674.679m	681.192m	-6.513m	Regular
154	6+700.00	9115.1513	4299.3886	680.052m	683.034m	-2.983m	Regular
155	6+750.00	9164.9593	4303.7666	689.214m	684.877m	4.336m	Regular
156	6+800.00	9214.7673	4308.1445	698.376m	686.720m	11.656m	Regular
157	6+850.00	9264.5752	4312.5225	700.415m	688.563m	11.852m	Regular
158	6+900.00	9314.3832	4316.9004	700.109m	690.406m	9.703m	Regular
159	6+950.00	9364.1912	4321.2783	699.171m	692.249m	6.923m	Regular
160	7+000.00	9413.9991	4325.6563	698.136m	694.091m	4.065m	Regular
161	7+050.00	9463.8071	4330.0342	698.869m	695.934m	2.935m	Regular
162	7+100.00	9513.6151	4334.4122	700.140m	697.777m	2.363m	Regular
163	7+150.00	9563.423	4338.7901	702.252m	699.620m	2.632m	Regular
164	7+200.00	9613.231	4343.1681	701.259m	701.463m	-0.204m	Regular
165	7+250.00	9663.039	4347.546	700.422m	703.306m	-2.884m	Regular
166	7+300.00	9712.847	4351.9239	699.761m	705.148m	-5.387m	Regular
167	7+350.00	9762.6549	4356.3019	699.667m	706.991m	-7.324m	Regular
168	7+400.00	9812.4629	4360.6798	699.823m	708.834m	-9.011m	Regular
169	7+450.00	9862.2709	4365.0578	699.647m	710.677m	-11.030m	Regular
170	7+500.00	9912.0788	4369.4357	699.747m	712.520m	-12.772m	Regular
171	7+550.00	9961.8868	4373.8137	700.403m	714.362m	-13.960m	Regular
172	7+600.00	10011.6948	4378.1916	706.817m	716.205m	-9.389m	Regular
173	7+650.00	10061.5027	4382.5695	713.523m	718.048m	-4.525m	Regular
174	7+700.00	10111.3107	4386.9475	720.468m	719.891m	0.577m	Regular
175	7+750.00	10161.1187	4391.3254	723.420m	721.734m	1.686m	Regular
176	7+800.00	10210.9266	4395.7034	723.956m	723.577m	0.380m	Regular
177	7+811.49	10222.3722	4396.7094	724.000m	724.000m	0.000m	End

2.3.2 Superelevasi Tikungan

Pada pengerjaan dengan *software civil3D* didapatkan output data perhitungan superelevasi dimulai dari jarak *runoff* dan *ruout* yang kemudian dilakukan penyesuaian kembali sesuai perhitungan pada *microsoft excel* yang sudah dilakukan sebelumnya. Hasil dari data tersebut sangat membantu dan memudahkan untuk menggambarkan kondisi superelevasi tikungan, perhitungan tersebut dapat di lihat pada gambar 2.10 hingga gambar 2.13.



1. Tikungan 1 (SCS)

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Shoul...
Curve.1										
Transition In Region	0+172.00m	0+363.85...	191.852m							
Runout	0+172.00m	0+223.85...	51.852m							
End Normal Crown	0+172.00m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	0+223.85m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runoff	0+223.85m	0+363.85...	140.000m							
Level Crown	0+223.85m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Reverse Crown	0+311.35m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Begin Full Super	0+363.85m				-6.00%	-3.20%	-3.20%	3.20%	3.20%	-6.00%
Begin Curve	0+363.85m									
Transition Out Region	1+394.73m	1+586.58...	191.852m							
Runoff	1+394.73m	1+534.73...	140.000m							
End Full Super	1+394.73m				-6.00%	-3.20%	-3.20%	3.20%	3.20%	-6.00%
End Curve	1+394.73m									
Reverse Crown	1+447.23m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Level Crown	1+534.73m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runout	1+534.73m	1+586.58...	51.852m							
Level Crown	1+534.73m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Begin Normal Cro...	1+586.58m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%

Gambar 2. 10 . Data Superelevasi Tikungan 1 output Civil3d



Gambar 2. 11. Diagram Superelevasi Tikungan 1

Tikungan 2 (SCS)

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Shoul...
Curve 2										
Transition In Region	4+267.43m	4+553.31m	285.882m							
Runout	4+267.43m	4+373.31m	105.882m							
End Normal Crown	4+267.43m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	4+373.31m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runoff	4+373.31m	4+553.31m	180.000m							
Level Crown	4+373.31m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Begin Full Super	4+553.31m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Reverse Crown	4+553.31m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Begin Curve	4+553.31m									
Transition Out Region	5+436.42m	5+722.30m	285.882m							
Runoff	5+436.42m	5+616.42m	180.000m							
End Full Super	5+436.42m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Reverse Crown	5+436.42m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
End Curve	5+436.42m									
Level Crown	5+616.42m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runout	5+616.42m	5+722.30m	105.882m							
Level Crown	5+616.42m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Begin Normal Cro...	5+722.30m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%

Gambar 2. 12. Data Superelevasi Tikungan 2 output Civil3D



Gambar 2. 13. Diagram Superelevasi Tikungan 2

2.3.3 Jarak Pandang Henti

Untuk merencanakan suatu jalan tentunya akan terdapat kondisi tanjakan dan turunan sehingga diperhitungkan juga sebuah jarak pandang henti. Jarak pandang henti ditujukan untuk memperhitungkan sebuah jarak aman bagi pengemudi dalam melewati suatu jalan yang memiliki variasi rintangan seperti turunan dan tanjakan ataupun saat ingin mendahului kendaraan didepannya.



Gambar 2. 14. Jarak Pandang Henti Lengkung Cembung dan Cekung

Seperti pada gambar 2.14, suatu jarak pandang henti berfungsi untuk memaksimalkan jarak jangkauan pandangan pengemudi dalam perjalanan. Hal ini kemudian bertujuan agar kejadian seperti kecelakaan dapat diminimalisir.

Dalam mereancang alinemen vertikal sebaiknya sebisa mungkin mengikuti kontur asli pada daerah yang akan dibangun sebuah jalan, maka diperlukan pertimbangan supaya pekerjaan tanah akan seimbang, keselamatan dan kenyamanan pengemudi dapat tercapai, perancangan saluran drainase, serta batas maksimal dan minimal sebuah lengkung vertikal yang diizinkan; diplotkan dengan nilai K . (Rahardian, 2021) terdapat tiga alinemen cekung pada perancangan trase jalan ini.

Perhitungan untuk lengkung cekung untuk menentukan jarak pandang henti ini mengacu pada Tabel AASHTO 2011, adapun perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Panjang Lengkung Cekung

Perhitungan panjang lengkung cekung dilakukan dengan *Microsoft Excel*, sehingga didapatkan hasil perhitungan seperti pada tabel 2.9. perhitungan panjang lekung cekung ini mengacu pada tabel acuan seperti ditentukan dalam AASHTO untuk kecepatan rencana 70 km/jam seperti pada gambar 2.15.

$$A = |g_2 - g_1|$$

Tabel 2. 9. Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Cekung

	Cekung 1	Cekung 2	Cekung 3
V (km/jam)	70	70	70
A (%)	1.90	1.33	0.46
<i>Stop Sight Distance</i>			
S (m)	105	105	105
L (m)	46.579	156.541	849.783
Lv (Cek S)	23,570	16,499	5,706
Lv (m)	23,570	16,499	5,706
<i>Passenger Comfort</i>			
Lv (m)	23.570	16.499	5.706
<i>Design Control</i>			
K	23	23	23
Lv (m)	43.700	30.590	10.580
<i>Lv Desain</i>			
Lv Desain (m)	44	31	11

Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30
90	160	37.6	38
100	185	44.6	45
110	220	54.4	55
120	250	62.8	63
130	285	72.7	73

Gambar 2. 15. Kontrol Desain Untuk Lengkung Cekung Berdasarkan Ketentuan ASSHTO

Berikut adalah hitungan untuk lengkung cekung:

Menghitung lengkung cekung 1 (STA : 1 + 586.58)

a. Perhitungan beda kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= |g_2 - g_1| \\
 &= |1,90\% - 0\%| \\
 &= 1,90\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan panjang lengkung vertikal

Diperoleh:

$$V_r = 70 \text{ km/jam}$$

$$S = 105$$

$$K = 23$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2S - \frac{120 + 3.5 \times S}{A} \\
 &= 2 \times 105 - \frac{120 + 3.5 \times 105}{1,90} \\
 &= 46,579 \text{ m} > 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

c. perhitungan panjang lengkung vertikal untuk kenyamanan pengemudi

$$\begin{aligned}L_v &= \frac{A x V^2}{395} \\ &= \frac{1,90 x 70^2}{395} \\ &= 23,570 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan panjang lengkung vertikal berdasarkan desain kontrol

$$\begin{aligned}L_v &= A x K \\ &= 1,90 x 23 = 43,700 \text{ m}\end{aligned}$$

d. Panjang lengkung vertikal terpakai

$$L_v \text{ desain} = 44 \text{ m (dibulatkan ke atas)}$$



2.4 Volume Galian dan Timbunan Tanah

Pekerjaan galian dan timbunan merupakan suatu pekerjaan tanah, pekerjaan ini diperlukan pada perancangan sebuah infrastruktur jalan sebagai fondasi berdirinya suatu jalan, sehingga hasil perhitungan volume timbunan dan galian ini akan digunakan di lapangan. Setelah selesai merancang perencanaan alinemen vertikal dan horizontal, maka dengan bantuan *software Civil3D*, perhitungan galian timbunan akan otomatis di kalkulasi.

Untuk memperoleh galian dan timbunan yang ideal, ada beberapa syarat yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Besarnya volume galian dan timbunan diusahakan seimbang
2. Dalam pekerjaan galian dan timbunan mengacu pada prosedur sesuai SNI

Pada tabel 2.10 ditampilkan selisih besarnya jumlah volume galian dan timbunan pada setiap stasiun di sepanjang trase rencana:

Tabel 2. 10. Perhitungan Galian dan Timbunan

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	31.76	0	0	0	0	0	0	0	0
0+100.000	100.66	6621.21	6621.21	0	0	6621.21	6621.21	0	6621.21
0+200.000	65.75	8320.76	8320.76	0	0	14941.96	14941.96	0	14941.96
0+300.000	0	3284.91	3284.91	256.52	12834.91	18226.87	18226.87	12834.91	5391.96
0+400.000	0	0	0	157.49	20772.58	18226.87	18226.87	33607.49	-15380.62
0+500.000	140.03	6973.15	6973.15	0	7915.53	25200.02	25200.02	41523.02	-16323.01
0+600.000	658.69	39877.05	39877.05	0	0	65077.06	65077.06	41523.02	23554.04
0+700.000	1010.04	83409.6	83409.6	0	0	148486.66	148486.66	41523.02	106963.64
0+800.000	411.79	71096.91	71096.91	0	0	219583.57	219583.57	41523.02	178060.55
0+900.000	27.55	21965.33	21965.33	0	0	241548.9	241548.9	41523.02	200025.88
1+000.000	40.31	3379.36	3379.36	0	0	244928.26	244928.26	41523.02	203405.23
1+100.000	27.96	3401.86	3401.86	0	0	248330.12	248330.12	41523.02	206807.1
1+200.000	0	1396.62	1396.62	549.74	27499.07	249726.74	249726.74	69022.09	180704.65
1+300.000	0	0	0	644.8	59749.81	249726.74	249726.74	128771.89	120954.85
1+400.000	44.55	2223.42	2223.42	0	32250.73	251950.17	251950.17	161022.62	90927.54
1+500.000	32.04	3827.24	3827.24	0	0	255777.4	255777.4	161022.62	94754.78
1+600.000	47.35	3969.9	3969.9	0	0	259747.3	259747.3	161022.62	98724.68

Tabel 2. 11. Lanjutan

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
1+700.000	0	2367.66	2367.66	37.15	1857.58	262114.96	262114.96	162880.21	99234.75
1+800.000	0	0	0	121.55	7935.32	262114.96	262114.96	170815.52	91299.43
1+900.000	0	0	0	218.7	17012.92	262114.96	262114.96	187828.44	74286.51
2+000.000	0	0	0	248.47	23358.83	262114.96	262114.96	211187.28	50927.68
2+100.000	0	0	0	280.33	26440.25	262114.96	262114.96	237627.53	24487.43
2+200.000	0	0	0	383.06	33169.76	262114.96	262114.96	270797.28	-8682.33
2+300.000	0	0	0	477.64	43035.27	262114.96	262114.96	313832.55	-51717.59
2+400.000	0	0	0	63.89	27076.86	262114.96	262114.96	340909.41	-78794.45
2+500.000	281.9	14094.78	14094.78	0	3194.74	276209.74	276209.74	344104.15	-67894.41
2+600.000	247.88	26488.7	26488.7	0	0	302698.44	302698.44	344104.15	-41405.71
2+700.000	188.53	21820.58	21820.58	0	0	324519.02	324519.02	344104.15	-19585.13
2+800.000	103.93	14623.31	14623.31	0	0	339142.33	339142.33	344104.15	-4961.82
2+900.000	0	5196.64	5196.64	42.9	2144.84	344338.97	344338.97	346248.99	-1910.02
3+000.000	0	0	0	80.57	6173.34	344338.97	344338.97	352422.34	-8083.36
3+100.000	0	0	0	65.13	7285.09	344338.97	344338.97	359707.42	-15368.45
3+200.000	0	0	0	591.31	32822.26	344338.97	344338.97	392529.68	-48190.71
3+300.000	0	0	0	1188.79	89005.24	344338.97	344338.97	481534.92	-137196
3+400.000	0	0	0	1143.82	116630.81	344338.97	344338.97	598165.73	-253826.8
3+500.000	0	0	0	1026.21	108501.77	344338.97	344338.97	706667.5	-362328.5
3+600.000	0	0	0	639.86	83303.38	344338.97	344338.97	789970.87	-445631.9
3+700.000	0	0	0	192.9	41637.97	344338.97	344338.97	831608.84	-487269.9
3+800.000	345.53	17276.52	17276.52	0	9645.11	361615.49	361615.49	841253.96	-479638.5
3+900.000	299.98	32275.56	32275.56	0	0	393891.05	393891.05	841253.96	-447362.9
4+000.000	144.2	22208.91	22208.91	0	0	416099.96	416099.96	841253.96	-425154
4+100.000	125.73	13496.56	13496.56	0	0	429596.52	429596.52	841253.96	-411657.4
4+200.000	188.44	15708.9	15708.9	0	0	445305.42	445305.42	841253.96	-395948.5
4+300.000	128.11	15827.76	15827.76	0	0	461133.19	461133.19	841253.96	-380120.8
4+400.000	0	6405.56	6405.56	193.37	9668.5	467538.74	467538.74	850922.45	-383383.7
4+500.000	0	0	0	58.99	12620.78	467538.74	467538.74	863543.23	-396004.5
4+600.000	200.47	10012.44	10012.44	0	2951.2	477551.18	477551.18	866494.43	-388943.3
4+700.000	493.03	34659.24	34659.24	0	0	512210.43	512210.43	866494.43	-354284
4+800.000	833.22	66298.7	66298.7	0	0	578509.13	578509.13	866494.43	-287985.3
4+900.000	911.05	87186.97	87186.97	0	0	665696.1	665696.1	866494.43	-200798.3
5+000.000	902.29	90633.48	90633.48	0	0	756329.58	756329.58	866494.43	-110164.9
5+100.000	929.92	91587.03	91587.03	0	0	847916.61	847916.61	866494.43	-18577.82
5+200.000	756.53	84312.87	84312.87	0	0	932229.49	932229.49	866494.43	65735.05
5+300.000	620.59	68845.59	68845.59	0	0	1001075.07	1001075.1	866494.43	134580.64
5+400.000	515.71	56806.34	56806.34	0	0	1057881.42	1057881.4	866494.43	191386.98
5+500.000	380.15	44788.71	44788.71	0	0	1102670.13	1102670.1	866494.43	236175.69
5+600.000	86.85	23343.15	23343.15	0	0	1126013.27	1126013.3	866494.43	259518.84

Tabel 2. 12. Lanjutan

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
5+700.000	13.71	5027.73	5027.73	8.05	402.55	1131041	1131041	866896.98	264144.02
5+800.000	0.07	688.69	688.69	16.65	1234.94	1131729.7	1131729.7	868131.92	263597.77
5+900.000	0	3.36	3.36	112.52	6458.18	1131733.06	1131733.1	874590.1	257142.96
6+000.000	0	0	0	171.15	14183.31	1131733.06	1131733.1	888773.41	242959.65
6+100.000	0	0	0	272.27	22170.82	1131733.06	1131733.1	910944.23	220788.83
6+200.000	0	0	0	607.49	43987.84	1131733.06	1131733.1	954932.07	176800.99
6+300.000	0	0	0	697.37	65243.28	1131733.06	1131733.1	1020175.4	111557.7
6+400.000	0	0	0	338.34	51785.49	1131733.06	1131733.1	1071960.8	59772.21
6+500.000	0.02	1.08	1.08	21.87	18010.01	1131734.14	1131734.1	1089970.9	41763.28
6+600.000	0	1.08	1.08	136.93	7939.75	1131735.21	1131735.2	1097910.6	33824.61
6+700.000	0	0	0	86.23	11158.07	1131735.21	1131735.2	1109068.7	22666.54
6+800.000	443.03	22151.6	22151.6	0	4311.58	1153886.82	1153886.8	1113380.3	40506.57
6+900.000	364.88	40395.36	40395.36	0	0	1194282.18	1194282.2	1113380.3	80901.93
7+000.000	139.75	25231.43	25231.43	0	0	1219513.61	1219513.6	1113380.3	106133.36
7+100.000	82.45	11110.16	11110.16	0	0	1230623.77	1230623.8	1113380.3	117243.52
7+200.000	3.93	4319.13	4319.13	2.39	119.59	1234942.9	1234942.9	1113499.8	121443.06
7+300.000	0	196.64	196.64	163.51	8295.11	1235139.54	1235139.5	1121795	113344.59
7+400.000	0	0	0	285.23	22436.91	1235139.54	1235139.5	1144231.9	90907.68
7+500.000	0	0	0	459.72	37247.24	1235139.54	1235139.5	1181479.1	53660.44
7+600.000	0	0	0	321.03	39037.57	1235139.54	1235139.5	1220516.7	14622.87
7+700.000	26.73	1336.62	1336.62	0	16051.71	1236476.15	1236476.2	1236568.4	-92.22
7+800.000	17.42	2207.8	2207.8	0	0	1238683.95	1238684	1236568.4	2115.58
7+811.490	7.13	141.04	141.04	0.13	0.73	1238824.99	1238825	1236569.1	2255.89

Berdasarkan output volume pekerjaan tanah pada trase rencana, diperoleh volume galian tanah yang lebih besar dari pada volume timbunan, dengan selisih volume sebesar 2.255,87 m³. jumlah volume galian yang lebih besar tentunya akan lebih baik daripada kelebihan volume timbunan, karena sisa tanah galian bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan proyek lain atau bisa digunakan untuk kebutuhan timbunan cadangan.

2.5. Perhitungan Beban Lalulintas

Gaya tekan terhadap sumbu kendaraan dipengaruhi oleh berat kendaraan, ukuran, serta beban angkutan pada kendaraan tersebut. Tekanan dari sumbu kendaraan ini

akan menjadi beban pada perkerasan jalan yang akan berakibat pada kerusakan badan jalan. Gaya tekan ataupun beban lalu lintas merupakan sebuah beban yang bekerja pada perkerasan jalan secara dinamis atau berulang-ulang. Beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah beban kendaraan pada lalu lintas adalah:

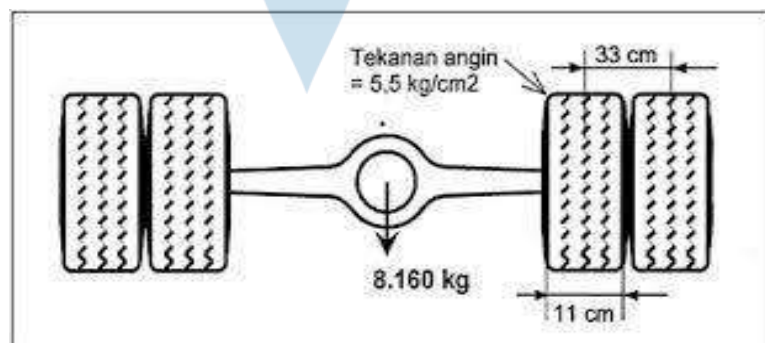
1. Angka ekuivalen sumbu kendaraan
2. Volume kendaraan atau lalu lintas

1. Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Suatu infrastruktur jalan tentunya dilalui oleh berbagai jenis kendaraan yang bervariasi dalam ukuran, konfigurasi, total berat kendaraan, beban sumbu, dan sebagainya. Pengelompokan volume lalu lintas diwakilkan oleh jenis kendaraan, yang bertujuan untuk merencanakan ukuran berupa tebal perkerasan. Pengelompokan kendaraan tersebut adalah:

1. Sepeda motor
2. Mobil Probadi
3. Bus
4. Truk 2 as ringan
5. Truk 2 as berat
6. Truk 3 as berat
7. Truk 5 as

Sebuah penurunan index permukaan dan kerusakan pada permukaan saat sekali dilewati kendaraan, disebabkan oleh angka ekuivalen suatu kendaraan. Angka ekuivalen per sumbu dapat dilihat pada tabel 2.13.



Gambar 2. 16. Sumbu standar 18000 pon/8,16 ton

Tabel 2. 13. Angka Ekuivalen Per Sumbu

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0795
8160	18000	1,000	0,086
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

2. Volume Lalulintas

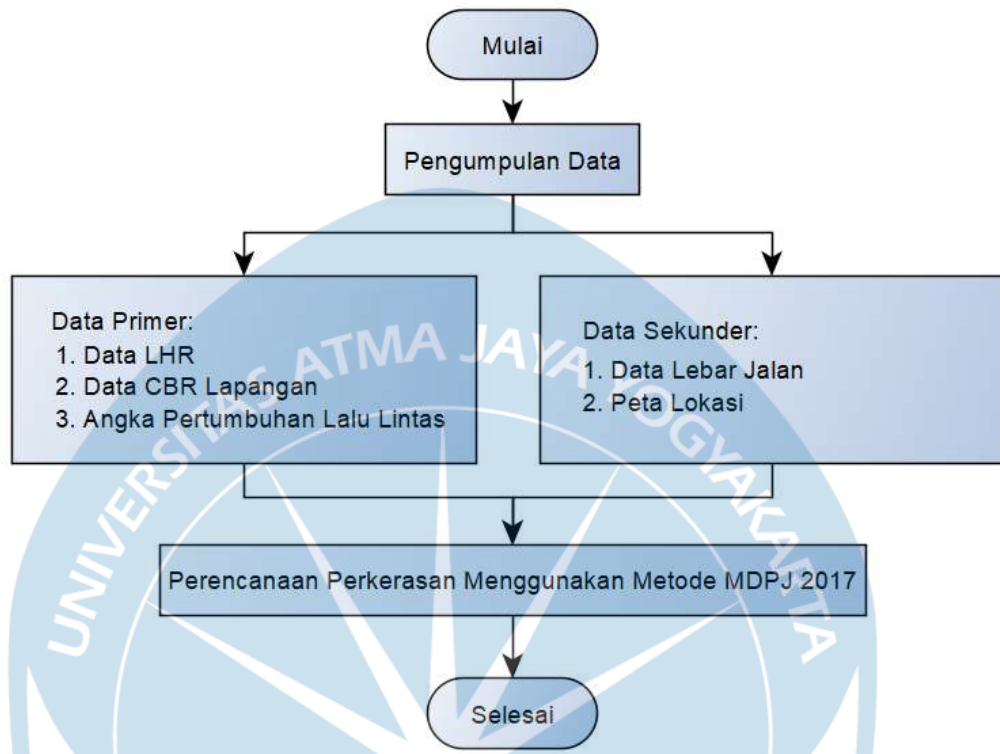
Besarnya volume lalu lintas dilihat dari besarnya jumlah kendaraan yang lewat pada suatu daerah pengamatan selama satu tahun. Dalam merencanakan tebal suatu lapisan perkerasan, digunakan volume kendaraan harian pada jalan satu arah maupun dua arah.

Untuk memperoleh data volume lalu lintas pada suatu daerah, diperlukan data dari pos pengamatan di sekitar daerah yang di tinjau, maupun dilakukan secara manual pada daerah yang ingin di tinjau. Perhitungan volume kendaraan biasanya dilakukan secara terus menerus selama 3x24 jam ataupun 3x16 jam. Dengan melakukan pengamatan maupun dengan akses data yang sudah tersedia maka akan didapatkan data LHR atau lalu lintas harian rata-rata pada daerah tinjauan..

2.6. Perancangan Perkerasan Jalan

Data perancangan perkerasan jalan mengacu dalam trase di daerah Tawangmangu. Perancangan perkerasan dilakukan berdasarkan data pada daerah Tawangmangu. Pada perancangan perkerasan jalan pada trase ini

digunakan perkerasan dengan tipe perkerasan lentur. Tahapan perancangan dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2. 17. Tahapan perancangan perkerasan lentur

Data yang digunakan sebagai acuan perancangan adalah sebagai berikut:

1. Data lalu lintas harian rata-rata Tawangmangu
 - Sepeda Motor : 1640 buah/hari
 - Mobil Pribadi : 1350 buah/hari
 - Bus : 250 buah/hari
 - Truk 2 as ringan : 95 buah/hari
 - Truk 2 as berat : 80 buah/hari
 - Truk 3 as berat : 68 buah/hari
 - CBR Tanah Dasar : Tersedia 10 Data CBR
 - 1) 2,93 % 6) 1,91%
 - 2) 3,11 % 7) 2,42%
 - 3) 3,36 % 8) 3,19%

- 4) 3,93 % 9) 3,73%
- 5) 4,72% 10) 6,64%

Panjang trase perencanaan adalah 7811,49m, sehingga data CBR digunakan di setiap 750m atau 15 titik stasiun.

- Umur Rencana, $MUR_1 = 20$ Tahun

2. Angka/Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) %

Tabel 2. 14. Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas

	Jawa	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50
Jalan	1,00	1,00

Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

- 3. Perencanaan perkerasan lentur mengacu pada nilai ESA sesuai MDPJ 2017. Perancangan menyesuaikan data LHR yang tersedia pada trase rencana.
- 4. Tipe fondasi dalam merancang perkerasan lentur menggunakan FP 3 yaitu lapis fondasi berbutir.

2.6.1 Perhitungan Perkerasan Lentur

Syarat dan ketentuan untuk merencanakan perkerasan lentur mengacu pada MDPJ 2017 kementerian PUPR (Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) tahapan perancangannya sebagai berikut:

- 1. Menentukan umur rencana

Umur rencana ditentukan adalah 20 tahun. Untuk menentukan umur rencana juga bisa meninjau pada Tabel 2.15 dari MDPJ 2017.

Tabel 2. 15. Umur Rencana Perkerasan Jalan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
Perkerasan lentur	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	<i>Cement Treated Based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : MDPJ 2017 – Bina Marga

2. Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Kumulatif

a. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Lokasi trase rencana terletak di wilayah Tawangmangu sehingga digunakan angka faktor pertumbuhan lalu lintas di pulau jawa seperti ditunjukkan dalam tabel 2.16.

Tabel 2. 16. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (%)

	Jawa	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50
Jalan	1,00	1,00

Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

Dalam pekerjaan jalan di wilayah Tawangmangu, kami telah merencanakan jalur jalan arteri dan perkotaan karena adanya kebutuhan jalan arteri yang mampu menghubungkan secara efektif antara pusat kegiatan nasional atau antara pusat operasi nasional dan pusat operasi daerah. Jalan ini juga dirancang berdasarkan kecepatan rencana minimal 70 km/jam, lebar jalan minimal 11 meter, lalu lintas jarak jauh tidak terganggu, lalu lintas lokal dan aktivitas lokal, petunjuk arah, jumlah pintu masuk jalan arteri utama, dan tidak terputus di dalam kawasan perkotaan, laju pertumbuhan lalu lintas selama umur desain dihitung menggunakan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) :

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

Dengan R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
UR = umur rencana

Karena direncanakan umur rencana 20 tahun, maka dihitung UR 2 dan UR 18, kemudian didapatkan nilai R sebagai berikut:

$$R_2 = \frac{(1+0,01 \times 4,8)^2 - 1}{0,01 \times 4,8} = 2,048$$

$$R_{18} = \frac{(1+0,01 \times 4,8)^{18} - 1}{0,01 \times 4,8} = 27,613$$

b. Faktor Ekuivalen Beban

Untuk merencanakan perkerasan diperlukan beban standar ESA/*Equivalent Standar Axle* dan digunakan nilai VDF atau *vehivle standar axle*. Dengan akumulasi beban ESA akan dilakukan analisa perkerasan pada trase selama umur rencana. Nilai-nilai *vehicle damage factor* (VDF) dapat dilihat dalam tabel 2.17 yang mengacu pada MDPJ tahun 2017 yang kemudian menyesuaikan jenis-jenis kendaraan seperti pada data yang tersedia. Pada perancangan ini digunakan nilai VDF dengan pangkat 5 untuk menjadi acuan dalam merencanakan tebal perkerasan.

Tabel 2. 17 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)		
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5	
1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan ² yang diangkut	2	30,4				
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7	74,3			
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2	
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0	
KENDARAAN NIAGA	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1	muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
	6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
	6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
	6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	-	-	1,6	1,7
	6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
	6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
	7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
	7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
	7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
	7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
	7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
	7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
	7c2.2	13	Truk 6 sumbu - trailer	1.2-222		5			30,3	68,7
	7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

c. Perhitungan kumulatif beban (ESA 5)

Nilai-nilai dalam Tabel 2.17 diperlukan dalam mengakumulasi beban ESA 5 untuk umur rencana selama 20 tahun, dibantu dengan angka pertumbuhan pada lalu lintas di pulau jawa seperti ditunjukkan dalam tabel 2.16, sehingga didapatkan hasil akumulasi pada tabel 2.18:

Perhitungan:

Tabel 2. 18. Jumlah Kelompok Sumbu Niaga Hasil Perhitungan Excel

Jenis Kendaraan	LHR 2022	LHR 2025	LHR 2028	VDF5 faktual	VDF5 normal	ESA5 (25'-27')	ESA5 (28'-50')
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Sepeda motor (1)	1640	1888	2073	0	0	0	0
Mobil Pribadi (2,3,4)	1350	1554	1707	0	0	0	0
Bus (5a, 5b)	250	288	316	1	1	86.041,2408	1.274.127,445
Truk 2 as ringan (6a.2)	95	109	120	0,8	0,5	26.156,5372	242.084,2145
Truk 2 as berat (6b2.1)	80	92	101	0,8	5,1	22.026,55764	2.079.375,99
Truk 3 as berat (7a3)	68	78	86	62,3	62,3	1.458.020,45	21.590.854,03
					Jumlah ESA5	1.592.244,786	25.186.441,68
Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas					CESA5 (25'-50')	26.778.686,47	
R ₂	2,048						
R ₁₈	27,613						

Angka laju pertumbuhan lalin per tahun 4,80 % (Tabel 2.16). pada tahun 2023; tahun pertama setelah pembukaan untuk lalu lintas 2026 (3 tahun setelah 2023); permulaan periode beban normal MST 12 ton tahun 2028 (5 Tahun setelah 2023)

$$(3) = (2) \times (1+0,0480)^3$$

$$(4) = (2) \times (1+0,0480)^5$$

(5) dan (6) dari gambar 4,4

$$(7) = (3) \times (5) \times (365) \times 0,50 \times 0,8 \times R_2$$

$$(8) = (4) \times (6) \times (365) \times 0,50 \times 0,8 \times R_{18}$$

Diketahui $R_2 = 2,048$ dan $R_{18} = 27,613$

3. Merencanakan jenis perkerasan atas dasar pertimbangan biaya

Dalam merencanakan suatu perkerasan tentunya akan bergantung pada umur rencana, volume lalu lintas hingga keadaan pondasi jalan itu sendiri. Nilai-nilai yang dicantumkan dalam Tabel 2.19 bukanlah mutlak. untuk mencapai biaya terendah sepanjang umur rencana, pelaksanaan yang efisien dan beberapa keterbatasan saat perancangan harus dipertimbangkan oleh desainer.

Tabel 2. 19. Pemilihan Jenis Pekerjaan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 – 10	>10 – 30	>30 – 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1 - kontraktor kecil – medium;

2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;

3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus –kontraktor spesialis Burtu / Burda.

Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

4. Mendesain struktur pondasi jalan

a. Data 1 untuk 0 – 750m

Angka CBR tanah dasar diperoleh 2,93% dengan beban lalu lintas diatas 5 juta (ESA5) sehingga dengan mengacu pada tabel 2.20 diperoleh data seperti di bawah ini:

Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG3

tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 300mm

Tabel 2. 20. Desain Pondasi Jalan Minimum MDPJ 2017

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar						
Tidak diperlukan perbaikan						
\geq 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan \leq 200 mm tebal gembur)	-	-	100	300
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2,5	SG2,5		400	500	600	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽¹⁾	-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

- b. Data 2 untuk 750m – 1500m
CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG4
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 200mm
- c. Data 3 untuk 1500m – 2250m
CBR tanah dasar 3,36%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG4
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 200mm
- d. Data 4 untuk 2250m – 3000m
CBR tanah dasar 3,93%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG4
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 200mm
- e. Data 5 untuk 3000m – 3750m
CBR tanah dasar 4,72%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG5
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 100mm
- f. Data 6 untuk 3750m – 4500m
CBR tanah dasar 1,91%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG1
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 1200mm
- g. Data 7 untuk 4500m – 5250m
CBR tanah dasar 2,42%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG2.5
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 350mm
- h. Data 8 untuk 5250m – 6000m
CBR tanah dasar 3,19%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG4
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 200mm
- i. Data9 untuk 6000m – 6750m
CBR tanah dasar 3,73%
Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG4
tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: 200mm
- j. Data10 untuk 6750m – 7811,49m

CBR tanah dasar 6,64%

Kelas kekuatan pada tanah dasar: SG6

tebal minimal perbaikan pada tanah dasar: tidak diperlukan perbaikan

5. Menentukan Struktur Lapisan Perkerasan

Dalam merencanakan ukuran lapisan mengacu pada bagan design 3B dalam MDPJ tahun 2017 seperti pada tabel 2.21.

Tabel 2. 21 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan lapis fondasi berbutir

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih						Lihat Catatan 2			
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2			3			

Catatan Bagan Desain - 3B:

- FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FFF1 dan FFF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
- Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
- Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta ESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain - 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
- Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua bagan desain kecuali Bagan Desain - 3 B.
- Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor m ≥ 1). Lihat Bagan desain 3C.
- Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari.

Pada perhitungan akumulasi beban ESA 5 sebelumnya diperoleh angka 26,7 jt, sehingga untuk struktur perkerasan digunakan FFF 6, dan beban sumbu kumulatif selama 20 tahun terhadap lajur rencana => **20-30**,
Ketrangan: catatan 3

Sehingga diperoleh tebal perkerasan sebagai berikut:

AC WC : 40 mm
 AC BC : 60 mm
 AC Base : 160 mm
 LPA Kelas A : 300 mm

6. Menentukan Standar Drainase Bawah

Sistem pengaliran dibawah permukaan jalan diperuntukan sebagai upaya mengatasi akibat rembesan air yang bersumber dari dalam tanah ataupun curah hujan yang masuk ke tanah dan kemudian memungkinkan berpengaruh pada

kenaikan muka air tanah. Batasa tinggi minimal permukaan tanah diatas muka air tanah ditunjukkan pada tabel 2.22.

Tabel 2. 22. Tinggi Minimum Tanah Dasar Di Atas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar didas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median) 1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)	
Jalan Raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal)	500 (banjir 50 tahunan)
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

Jika tanah timbunan berada lebih tinggi daripada muka air tanah tetapi ketentuan pada tabel 2.22 tidak terpenuhi, maka diperlukan lapisan drainase (*drainage blanket layer*) yang dapat di lihat pada tabel 2.23. *drianage blanket layer* memiliki fungsi sebagai pencegah agar tidak terjadi rembesan pada lapisan pondasi (*subbase*). Lapisan drainase tidak memiliki kontribusi pada daya dukung struktur perkerasan.

Tabel 2. 23. Koefisien Drainase ‘m’ untuk Tebal Lapis Berbutir

Kondisi lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai 'm' untuk design	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu di atas muka air banjir)	1.0	
2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1.0	
3. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak.	1.0	
4. Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm	0.7	
5. Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirakan. Tidak ada sistem outlet. Ketentuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan.	0.4	

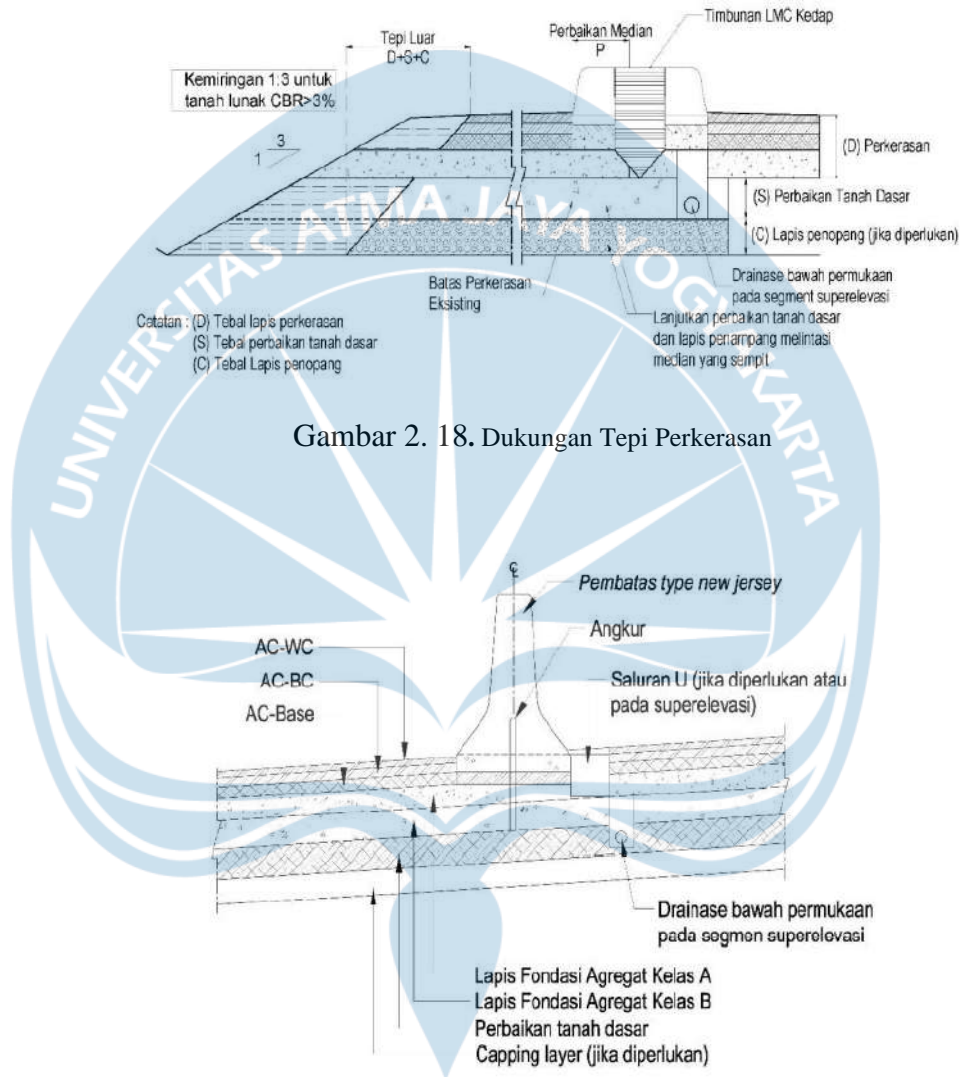
Sumber : RTA

Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

7. Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Daya dukung di tepi struktur perkerasan juga diperlukan, khususnya jika berada diatas tanah yang memiliki daya dukung lemah. Ketentuan untuk daya dukung di tepi perkerasan ini harus dijelaskan secara detail menggunakan gambar. Ketentuan minimal tuntut daya dukung di tepi perkerasan ini adalah:

- Lapisan perkerasan sebaiknya diaplikasikan hingga memiliki lebar yang sama atau lebih besar dari angka minimal seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.18. Dukungan Tepi Perkerasan.
- Timbunan diatas tanah lunak tanpa penahan (CBR < 2.5%) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



Gambar 2. 19. Dukungan Median Perkerasan

Lapis penopang dan perbaikan tanah dasar harus diperlebar sampai ke bawah median seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19. Dukungan Median Perkerasan. Area median harus dapat mengalirkan air dengan baik atau diisi dengan *lean mix*

concrete atau dengan bahan pengisi yang kedap untuk menghindari pengumpulan air dan kerusakan tepi perkerasan.

8. Menentukan Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

Lalu Lintas untuk desain bahu Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

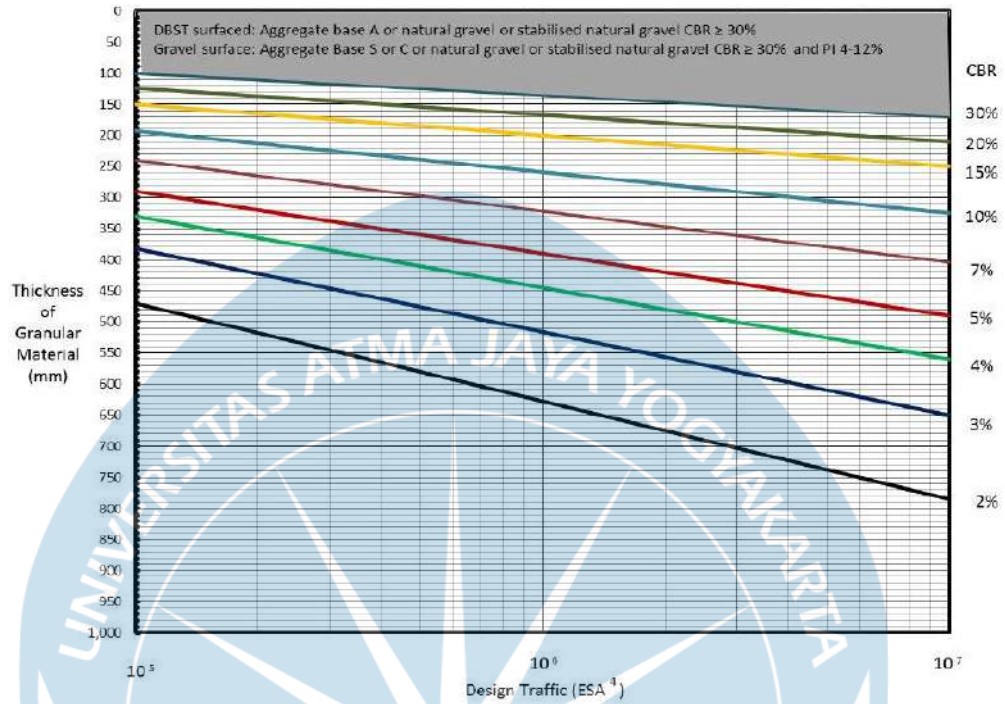
- a. Angka CBR pada tanah dasar 4.5 %
- b. Kumulasi beban gandar selama 20 tahun: 26.778.686,47 ESA
- c. Struktur perkerasan jalur utama lebih dari 600 mm:

Tabel 2. 24. Struktur lapis perkerasan lentur

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	160
LFA kelas A	300
Lapis Fondasi: Lapis Penopang	600

Rencana untuk beban pada bahu: $10\% \times 26.778.686,47 \text{ ESA} = 2.677.868,647 \text{ ESA} = 2,68 \times 10^6 \text{ ESA}$

- d. Mengacu pada bagan desain 7 (Gambar 2.20) dengan beban $2,68 \times 10^6$ ESA dan CBR 4,5% dibutuhkan penutup setebal 300 mm.



Gambar 2. 20. Bagan desain – 7. Perkerasan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis Permukaan Beraspal Tipis

- e. Total ketebalan perkerasan jalur = 560 mm > 350 mm (ketebalan minimal bahu jalan).
- f. Ketebalan lapisan aspal untuk jalur utama adalah 310 mm digunakan permukaan bahu jalan yaitu lapisan pondasi agregat kelas S setebal 200 mm, dapat di lihat pada tabel 2.25.

Tabel 2. 25 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 – 50	tidak
HRS Base	35	35 – 50	ya
AC WC	40	40 – 50	tidak
AC BC	60	60 – 80	ya
AC - Base	75	80 – 120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm)	120	150 -200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100	100 – 200	ya

- g. Dalam mencegah air yang masuk ke dalam perkerasan, diperlukan lapisan pondasi agregat kelas A di bawah lapisan pondasi agregat kelas S setinggi 360 mm (560 mm – 200 mm) dibawah lapisan LFA kelas S. Dapat di lihat pada tabel 2.26.

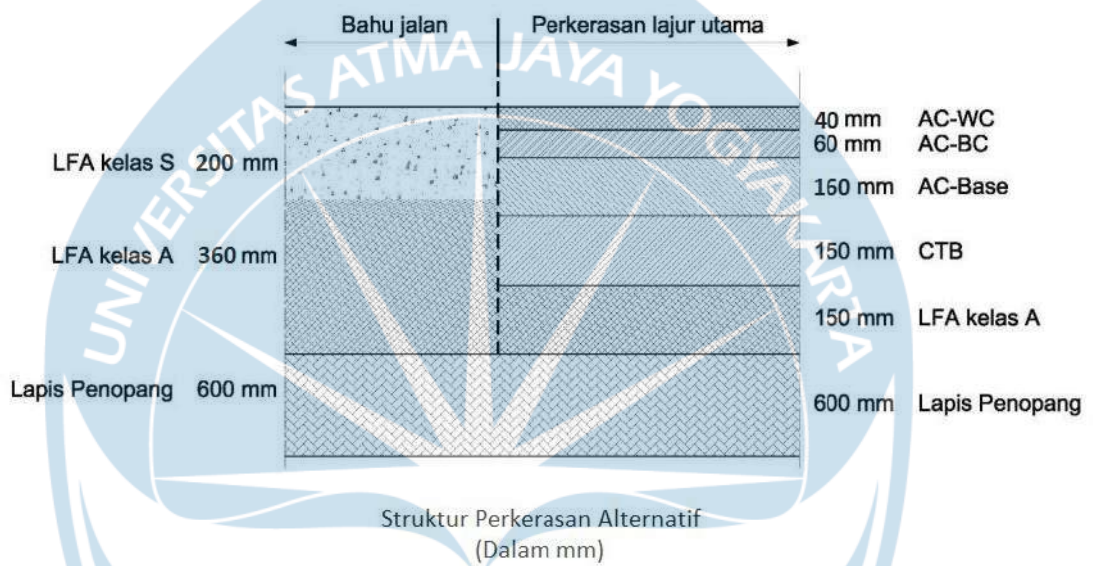
Tabel 2. 26 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

Bahan	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 – 50	tidak
HRS Base	35	35 – 50	ya
AC WC	40	40 – 50	tidak
AC BC	60	60 – 80	ya
AC - Base	75	80 – 120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm)	120	150 -200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100	100 – 200	ya

h. Struktur perkerasan bahu jalan:

Tabel 2. 27 Lapisan Struktur Perkerasan Bahu Jalan

Lapisan	Tebal (mm)
LFA kelas S	200
LFA kelas A	360
Lapis Fondasi: Lapis Penopang	600



Gambar 2. 21. Struktur Perkerasan Alternatif