

BAB V

PENGOLAHAN DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengolahan Data

5.1.1 Lebar Jalan dan Lebar Bahu Jalan

Data lebar jalan dan lebar bahu jalan diambil dari pengukuran langsung di lapangan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2 ; Km 24,3 – Km 24,6 dan Km 26,4 – 26,6.

1. Data Lebar Lajur Jalan

Data lebar lajur jalan didapat dari pengukuran langsung di lapangan setiap 20 meter untuk jalan pada tikungan dan 40 meter untuk jalan lurus. Hasil pengukuran lebar lajur jalan dapat di lihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran Lebar Lajur Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2

Stasiun	Lajur (m)	
	Kiri	Kanan
13	3,3	3,3
13+020	3,4	3
13+040	3,5	3,3
13+060	4	3,4
13+080	3,5	3,5
13+100	3,5	3,6
13+120	3,2	3,2
13+140	3,3	3
13+160	3,3	3
13+200	3,1	3,4

Tabel 5.2 Hasil Pengukuran Lebar Lajur Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,6

Stasiun	Lajur (m)	
	Kiri	Kanan
14+300	3,3	3,3
14+320	3,2	3,4
14+340	3,4	3,4
14+360	3,3	3,5
14+380	3,2	3,4
14+400	3	3,2
14+420	3,2	3,3
14+440	3,4	3,2
14+460	4	4,1
14+480	4	4,1
14+500	4	4
14+520	3,4	3,3
14+540	3,2	3,1
14+580	3,1	3,2

Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Lebar Lajur Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6

Stasiun	Lajur (m)	
	Kiri	Kanan
16+440	3,2	3,5
16+480	3,4	3,3
16+520	3,5	3,3
16+540	3,4	3,4
16+560	3,3	3,3

Lanjutan Tabel 5.3 Hasil Pengukuran Lebar lajur Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6

Stasiun	Lajur (m)	
	Kiri	Kanan
16+580	3,2	3,3
16+620	3,3	3,4
16+640	3,4	3,2

2. Data Lebar Bahu Jalan

Data lebar bahu jalan didapat dari pengukuran langsung di lapangan setiap 20 meter untuk jalan tikungan dan 40 meter untuk jalan lurus. Hasil pengukuran lebar bahu jalan dapat di lihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Lebar Bahu Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,20.

Stasiun	Bahu	
	Kiri	Kanan
13	1,2	1,3
13+020	1,3	1,3
13+040	1,7	1,4
13+060	1,5	1,6
13+080	1,7	1,5
13+100	1,6	1,5
13+120	1,6	1,7
13+140	1	1,5
13+160	0,6	1,6
13+200	0,6	1,2

Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Lebar Lajur Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,6

Stasiun	Bahu Jalan	
	Kiri	Kanan
14+300	1,4	1,5
14+320	1,3	1,5
14+340	1,4	1,6
14+360	1,3	1,2
14+380	1,8	1,3
14+400	1	1,2
14+420	1,7	1,2
14+440	1,7	1,2
14+460	1	1,3
14+480	1	1,5
14+500	1,8	2
14+520	1,5	2
14+540	1,2	1,3
14+580	0,8	1,2

Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Lebar Lajur Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,3 – Km 26,6

Stasiun	Bahu Jalan	
	Kiri	Kanan
16+440	1,2	1,4
16+480	1	1
16+520	1,5	1,2
16+540	2,1	2
16+560	2	1,5

Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Lebar Lajur Jalan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6

Stasiun	Bahu	
	Kiri	Kanan
16+580	1,5	1,3
16+620	1,3	1,4
16+640	1	1,2

5.1.2 Data Volume Lalu Lintas Harian Rencana

Data lalu-lintas didapatkan pada pengamatan di lapangan dengan mengamati jumlah kendaraan yang melewati jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 26,6 sesuai pengelompokan jenis kendaraan. Hasil dari pengamatan jumlah kendaraan dapat dilihat pada Lampiran 1. Rekapitulasi hasil pengamatan jumlah kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.7 Tabel Rekapitulasi Kendaraan Hari Sabtu 21 April 2018

No	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan		Total Kendaraan (Kendaraan/hari)
		Yogyakarta	Wonosari	
1	Sepeda Montor (MC)	17112	10215	27327
2	Kendaraan Ringan (LV)	5176	4820	9996
3	Kendaraan Sedang (MHV)	638	528	1166
4	Kendaraan berat (LB)	344	392	736

Tabel 5.8 Rekapitulasi Kendaraan Hari Minggu, 22 April 2018

No	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan		Total Kendaraan (Kendaraan/hari)
		Yogyakarta	Wonosari	
1	Sepeda Montor (MC)	16054	16054	32108
2	Kendaraan Ringan (LV)	3720	3289	7009
3	Kendaraan Sedang (MHV)	633	442	1075
4	Kendaraan berat (LB)	205	451	451

5.1.3 Data Kecepatan Di Lapangan

Data kecepatan di lapangan diambil dari kendaraan yang melintasi jalan Yogyakarta – Wonosari. Pengambilan data kecepatan menggunakan alat *speed gun*. Hasil pengamatan kecepatan kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5.9 Data Kecepatan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2

No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)
1	25	8	36	15	42	22	46
2	25	9	37	16	42	23	46
3	26	10	37	17	42	24	47
4	27	11	37	18	43	25	47
5	28	12	37	19	43	26	47
6	28	13	37	20	43	27	47
7	29	14	37	21	43	28	47

**Lanjutan Tabel 5.9 Data Kecepatan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km
23 – Km 23,2**

No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)
29	29	47	38	65	43	83	48
30	29	48	38	66	43	84	48
31	29	49	38	67	44	85	48
32	29	50	39	68	44	86	48
33	30	51	40	69	44	87	49
34	30	52	40	70	44	88	49
35	30	53	40	71	44	89	49
36	30	54	40	72	44	90	50
37	31	55	40	73	44	91	50
38	32	56	40	74	45	92	50
39	33	57	41	75	45	93	51
40	33	58	41	76	45	94	51
41	34	59	41	77	45	95	51
42	34	60	41	78	45	96	52
43	34	61	41	79	45	97	55
44	35	62	41	80	46	98	58
45	36	63	42	81	46	99	59
46	36	64	42	82	46	100	61

**Tabel 5.10 Data Kecepatan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 –
Km 24,6**

No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)
1	20	3	24	5	25	7	26
2	23	4	24	6	25	8	27

**Lanjutan Tabel 5.10 Data Kecepatan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari
Km 24,3 – Km 24,6**

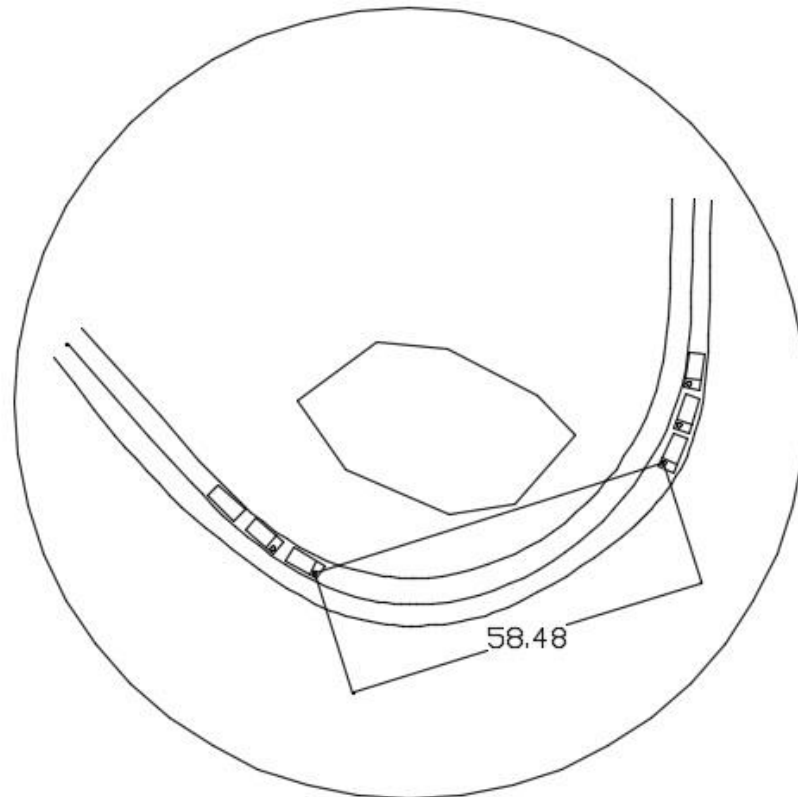
No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)
9	27	32	32	55	35	78	37
10	27	33	32	56	35	79	37
11	28	34	32	57	35	80	37
12	28	35	32	58	35	81	37
13	28	36	32	59	35	82	37
14	28	37	32	60	35	83	38
15	28	38	33	61	35	84	38
16	28	39	33	62	35	85	38
17	28	40	33	63	35	86	38
18	28	41	33	64	35	87	38
19	29	42	33	65	35	88	38
20	29	43	33	66	35	89	38
21	29	44	33	67	35	90	39
22	29	45	33	68	35	91	39
23	30	46	34	69	35	92	39
24	30	47	34	70	35	93	39
25	30	48	34	71	35	94	40
26	30	49	34	72	36	95	40
27	30	50	34	73	36	96	41
28	30	51	34	74	36	97	42
29	31	52	34	75	36	98	46
30	31	53	35	76	36	99	46
31	32	54	35	77	37	100	48

Tabel 5.11 Data Kecepatan pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6

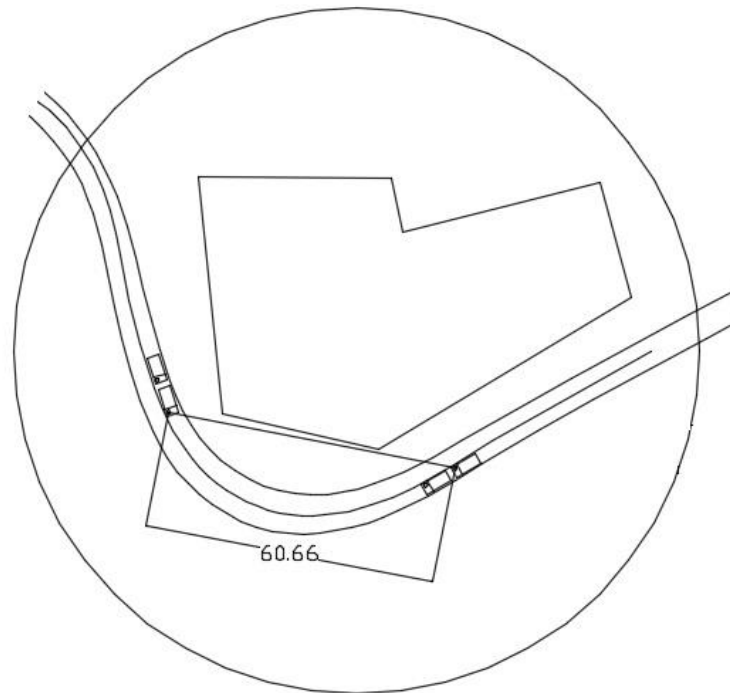
No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)	No	Kecepatan (Km/jam)
1	25	26	29	51	32	76	37
2	25	27	29	52	33	77	37
3	25	28	29	53	33	78	37
4	25	29	29	54	33	79	37
5	25	30	30	55	33	80	38
6	25	31	30	56	33	81	38
7	27	32	30	57	33	82	40
8	27	33	30	58	33	83	40
9	27	34	30	59	34	84	40
10	27	35	30	60	34	85	41
11	27	36	30	61	34	86	41
12	27	37	30	62	34	87	42
13	27	38	31	63	34	88	42
14	27	39	31	64	35	89	42
15	28	40	31	65	35	90	42
16	28	41	31	66	35	91	43
17	28	42	31	67	35	92	43
18	28	43	31	68	35	93	44
19	28	44	31	69	35	94	44
20	28	45	32	70	35	95	44
21	28	46	32	71	35	96	44
22	29	47	32	72	36	97	46
23	29	48	32	73	36	98	47
24	29	49	32	74	36	99	47
25	29	50	32	75	36	100	50

5.1.4 Data Jarak Pandang Henti

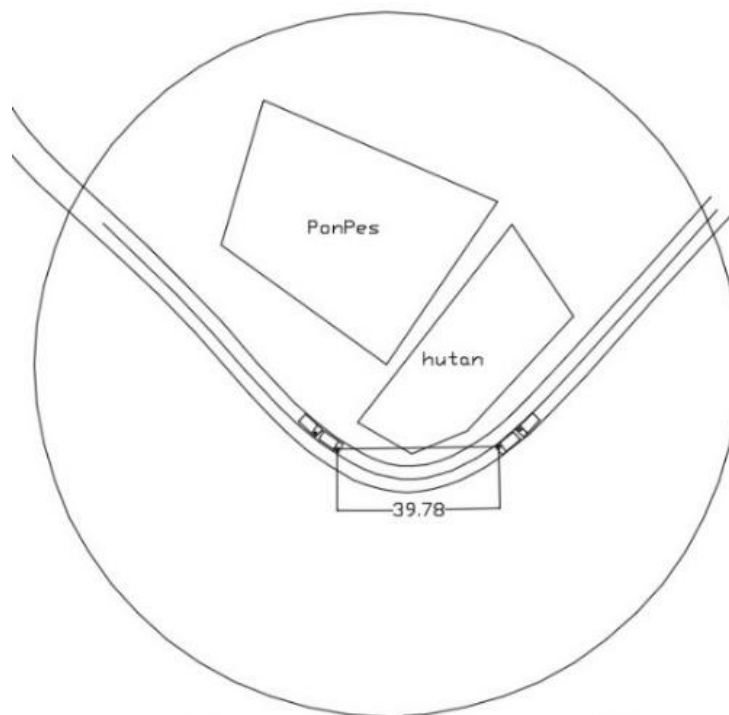
Data jarak pandang henti di tikungan didapat dari pengukuran langsung di lapangan yang digambarkan pada *software AutoCad 2015*. Pengukuran jarak pandang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai Gambar 5.4 di bawah ini



Gambar 5.1 Pengukuran Jarak Pandang Henti pada Jalan Yogyakarta Wonosari Km 23 – 23,2



Gambar 5.2 Pengukuran Jarak Pandang Henti pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,6



Gambar 5.3 Pengukuran Jarak Pandang Henti Pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – 26,6

Hasil pengukuran jarak pandang di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5.12 Hasil Pengukuran Jarak Pandang Henti di Lapangan

Tikungan	Jarak Pandang Henti di Lapangan (m)
1	58,48
2	60,66
3	39,78

5.2 Analisis dan Pembahasan Kondisi Jalan Eksisting

5.2.1 Volume Lalu Lintas

Data pengambilan volume lalu lintas berupa jumlah kendaraan yang melintasi jalan Yogyakarta Km 23 – Km 26,6 sesuai dengan pengelompokan kendaraan. Kemudian jumlah kendaraan dirubah menjadi satuan mobil penumpang dengan cara jumlah kendaraan dikalikan dengan nilai ekivalen penumpang. Analisis perhitungan volume lalu lintas berdasarkan pengamatan pada hari Sabtu, 21 April 2018 pada Tabel 5.7 dapat dilihat sebagai berikut.

1. Sepeda Montor (MC)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= \text{jumlah kendaraan} \times \text{emp} \\ &= 27327 \times 0,5 \\ &= 13663,5 \text{ SMP/hari} \end{aligned}$$

2. Kendaraan Ringan (LV)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= \text{jumlah kendaraan} \times \text{emp} \\ &= 9996 \times 1 \\ &= 9996 \text{ SMP/hari} \end{aligned}$$

3. Kendaraan Sedang (MHV)

$$\begin{aligned} \text{LHR} &= \text{jumlah kendaraan} \times \text{emp} \\ &= 1166 \times 2,4 \\ &= 2798,4 \text{ SMP/hari} \end{aligned}$$

4. Kendaraan Berat (LB)

$$\text{LHR} = \text{jumlah kendaraan} \times \text{emp}$$

$$= 736 \times 5$$

$$= 3680 \text{ SMP/hari}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan volume lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 di bawah ini.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Harian Hari Sabtu, 21 April 2018

No	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan		Total Kendaraan	EMP	SMP/hari
		Yogyakarta	Wonosari			
1	Sepeda Montor (MC)	17112	10215	27327	0.5	13663.5
2	Kendaraan ringan/kecil (LV)	5176	4820	9996	1	9996
3	Kendaraan Sedang (MHV)	638	528	1166	2.4	2798.4
4	Kendaraan Berat (LB)	344	392	736	5	3680
Jumlah						30137,9

Tabel 5.14 Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Harian Hari Minggu, 22 April 2018

No	Jenis Kendaraan	Arah Tujuan		Total Kendaraan	EMP	SMP/hari
		Yogyakarta	Wonosari			
1	Sepeda Montor (MC)	16054	16054	32108	0.5	16054
2	Kendaraan ringan/kecil (LV)	3720	3289	7009	1	7009
3	Kendaraan Sedang (MHV)	633	442	1075	2.4	2580
4	Kendaraan Berat (LB)	205	246	451	5	2255
Jumlah						27898

Hasil rekapitulasi tersebut dapat dihitung VLHR ruas Jalan Yogyakarta Wonosari Km 13 – Km 16,6 berdasarkan 2 hari pengamatan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{VLHR} &= \frac{\text{Volume Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lama Pengamatan}} \\
 &= \frac{30137 + 27898}{2} \\
 &= 29018 \text{ SMP/hari}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis volume lalu lintas didapatkan nilai VLHR sebesar 29018 SMP/hari. Berdasarkan pengamatan di lapangan Jalan Yogyakarta – Wonosari KM 23 – KM 26 merupakan jenis jalan bermedan bukit. Maka dapat dilihat pada Tabel 3.1 bahwa jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 26,6 merupakan jenis jalan kolektor kelas III.

5.2.2 Kecepatan Kendaraan

Hasil pengukuran kecepatan kendaraan di lapangan seperti pada Tabel 5.9 sampai dengan Tabel 5.11 digunakan untuk menghitung kecepatan terkoreksi sebenarnya. Perhitungan kecepatan terkoreksi.

Sampel :

$$U_o = 45 \text{ Km/jam}$$

$$R = 20 \text{ m}$$

$$D = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 U_k &= \frac{U_o}{\cos \alpha} \\
 &= \frac{45}{\frac{20}{\sqrt{20^2 + 5^2}}}
 \end{aligned}$$

$$= 46,38 \text{ km/jam}$$

Hasil perhitungan kecepatan terkoreksi digunakan untuk menentukan nilai V_{80} sebagai kecepatan setempat pada tikungan 1. Tahap – tahap menentukan nilai V_{80} sebagai berikut :

1. Membuat distribusi frekuensi kecepatan

Menentukan jumlah kelas

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

$$K = 1 + 3,3 \log (100)$$

$$= 7,6 \text{ diambil } 8$$

2. Mencari nilai lebar kelas

$$\text{Lebar kelas} = \frac{\text{selang}}{k}$$

$$\begin{aligned} \text{Selang} &= \text{nilai max} - \text{nilai min} \\ &= 62,88 - 25,77 \\ &= 37,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Kelas} &= \frac{37,11}{8} \\ &= 4,63 \text{ diambil } 5 \end{aligned}$$

3. Menghitung frekuensi

Menghitung frekuensi, frekuensi relative, frekuensi kumulatif dan frekuensi kumulatif relatif. Masing – masing nilai tersebut kemudian dimasukkan dalam tabel yang dapat di lihat pada Tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5.15 Distribusi Frekuensi Kecepatan

No	Kecepatan (km/jam)	Frekuensi	Frekuensi relatif	frekuensi kumulatif	Frekuensi kumulatif relatif
1	25 - 30	11	0,11	11	0,11
2	30 - 35	8	0,08	19	0,19
3	35 - 40	16	0,16	35	0,35
4	40 - 45	24	0,24	59	0,59
5	45 - 50	27	0,27	86	0,86
6	50 - 55	10	0,1	96	0,96
7	55 - 60	2	0,02	98	0,98
8	60 - 65	2	0,02	100	1

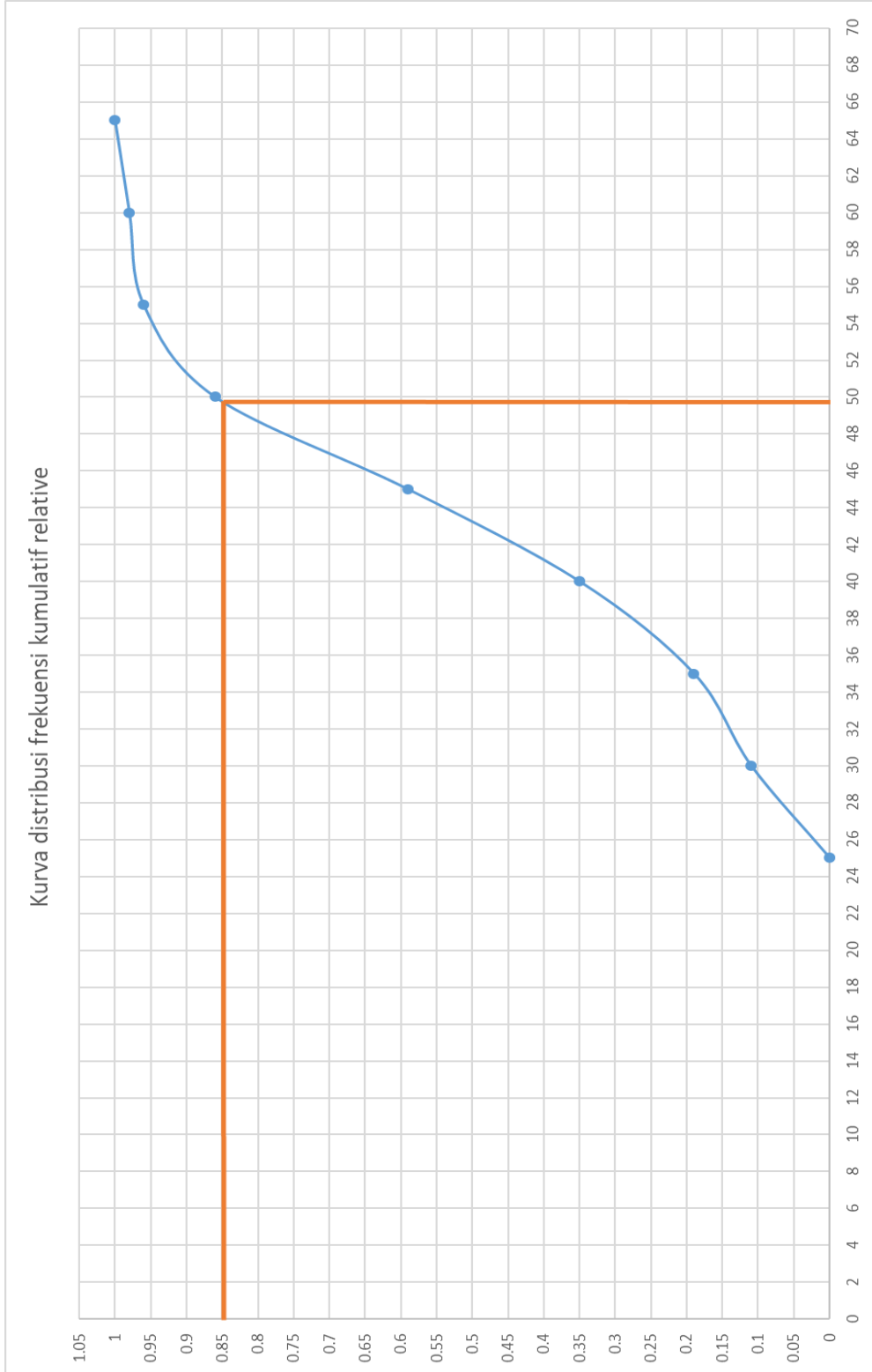
4. Menentukan nilai V_{85} dari kurva distribusi frekuensi

Menentukan nilai V_{85} menggunakan tabel distribusi frekuensi kumulatif “lebih kecil dari”. Dari tabel distribusi frekuensi kumulatif “lebih kecil dari” dibuat kurva distribusi frekuensi. Nilai V_{85} diplotkan dalam kurva sehingga mendapatkan nilai kecepatan. Kurva distribusi frekuensi dapat dilihat pada Gambar 5.4 pada halaman selanjutnya.

Rekapitulasi nilai kecepatan pada Tikungan 1, tikungan 2, dan tikungan 3 dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Nilai Kecepatan

No	Tikungan	Kecepatan
1	Tikungan 1	50 Km/jam
2	Tikungan 2	40 Km/jam
3	Tikungan 3	43 Km/jam



Gambar 5.4 Kurva Distribusi kFrekuensi Kumulatif Relatif Kecepatan Rencana

Pengambilan data kecepatan diambil menggunakan alat *speed gun*. Terdapat 3 jenis kendaraan dalam pengambilan sampel yaitu sepeda motor, mobil dan truck. Dalam analisis dilakukan terhadap kecepatan yang terbaca pada *speed gun* untuk mendapatkan kecepatan terkoreksi. Selanjutnya dari kecepatan terkoreksi dihitung distribusi frekuensi kecepatan untuk mendapatkan nilai V_{80} untuk dijadikan sebagai kecepatan rencana. Diambil nilai V_{85} dikarenakan kecepatan pada V_{85} merupakan kecepatan maksimum yang paling aman. Dalam peraturan menteri Pekerjaan Umum no 19 tahun 2011 tentang kecepatan rencana, bahwa kecepatan rencana pada jenis jalan kolektor kelas III bermedan bukit untuk kecepatan rencana sebesar 50 sampai 80 km/jam. Dari hasil analisis kecepatan lapangan didapat pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – 23,2 kecepatan lapangan sebesar 50 km/jam, Km 24,3 – Km 24,6 kecepatan lapangan sebesar 40 km/jam dan pada km 26,4 – Km 26,6 kecepatan lapangan sebesar 43 km/jam. Kecepatan di lapangan masih di bawah dari kecepatan rencana, sehingga kecepatan di lapangan masih sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

5.2.3 Analisis dan Pembahasan Jarak Pandang

1. Jarak Pandang Henti

Hasil analisis kecepatan di lapangan didapatkan hasil kecepatan lapangan untuk tikungan 1 sebesar 50 Km/jam, tikungan 2 sebesar 40 Km/jam, dan tikungan 3 sebesar 43 Km/jam, maka dapat dihitung nilai JPH yang sesuai dengan kecepatan dilapangan menggunakan Persamaan 3.3.

Tikungan 1

$$\begin{aligned} \text{JPH} &= \frac{Vr}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{Vr}{3,6}\right)^2}{2 \times g \times f} \\ &= \frac{50}{3,6} \times 2,5 + \frac{\left(\frac{50}{3,6}\right)^2}{2 \times 9,81 \times 0,4} \\ &= 59,30 \text{ meter} \end{aligned}$$

Tikungan 2

$$\text{JPH} = \frac{Vr}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{Vr}{3,6}\right)^2}{2 \times g \times f}$$

$$= \frac{40}{3,6} \times 2,5 + \frac{\left(\frac{40}{3,6}\right)^2}{2 \times 9,81 \times 0,4}$$

$$= 43,51 \text{ meter}$$

Tikungan 3

$$\text{JPH} = \frac{43}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{43}{3,6}\right)^2}{2 \times g \times f}$$

$$= \frac{50}{3,6} \times 2,5 + \frac{\left(\frac{43}{3,6}\right)^2}{2 \times 9,81 \times 0,4}$$

$$= 48,04 \text{ meter}$$

Dari perhitungan diatas nilai jarak pandang pada tikungan 1 dan tikungan 3 tidak memenuhi syarat jarak pandang henti di lapangan karena nilai jarak pandang henti di lapangan lebih kecil dari persyaratan tersebut. Perbandingan nilai jarak pandang henti di lapangan dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.17 di bawah ini.

Tabel 5.17 Perbandingan JPH di Lapangan dan Hasil Perhitungan

No	Tikungan	JPH persyaratan (m)	JPH lapangan (m)	Keterangan
1	Tikungan 1	59,30	58,48	Tidak Memenuhi
2	Tikungan 2	43,51	60,65	Memenuhi
3	Tikungan 3	48,04	39,78	Tidak Memenuhi

Hasil analisis jarak pandang henti diatas dapat disimpulkan bahwa jarak pandang henti berdasarkan pengukuran dilapangan pada tikungan 1 dan tikungan 3 tidak memenuhi syarat jarak pandang henti sesuai kecepatan dilapangan karena lebih kecil dari persyaratan tersebut. Hasil perbandingan nilai JPH yang ada di lapangan dengan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.17.

5.2.4 Analisis dan Pembahasan Ruang Manfaat Jalan

Berdasarkan peraturan pemerintah nomer 34 tahun 2006, yang dimaksudkan ruang manfaat jalan meliputi badan jalan, saluran tepi dan ambang batas pengaman. Analisis dan pembahasan ruang manfaat sebagai berikut.

1. Lebar Jalur Jalan

Berdasarkan peraturan menteri pekerjaan umum no. 19 tahun 2011 untuk fungsi jalan kolektor kelas III ditetapkan syarat minimal lebar lajur minimal 3,5 meter. Data lebar lajur didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan kemudian dibandingkan dengan peraturan menteri Pekerjaan Umum no 19 tahun 2011 tersebut. Hasil pengamatan kelayakan kebutuhan lebar lajur jalan dapat dilihat pada Tabel 5.18, Tabel 5.19, dan Tabel 5.19 di bawah ini.

Tabel 5.18 Kelayakan Lebar Lajur pada Ruas Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2

Stasiun	Lebar Lajur (m)				
	Standar PU	Arah Wonosari	Keterangan	Arah Yogyakarta	Keterangan
13	3,5	3,3	Tidak	3,3	Tidak
13+020	3,5	3,4	Tidak	3	Tidak
13+040	3,5	3,5	Memenuhi	3,3	Tidak
13+060	3,5	4	Memenuhi	3,4	Tidak
13+080	3,5	3,5	Memenuhi	3,5	Memenuhi
13+100	3,5	3,5	Memenuhi	3,6	Memenuhi
13+120	3,5	3,2	Tidak	3,1	Tidak
13+140	3,5	3,3	Tidak	3	Tidak
13+160	3,5	3,3	Tidak	3	Tidak
13+200	3,5	3,1	Tidak	3,4	Tidak

Tabel 5.19 Kelayakan Lebar Lajur pada Ruas Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,6

Stasiun	Lebar Lajur (m)				
	Standar PU	Arah Wonosari	Keterangan	Arah Yogyakarta	Keterangan
14+300	3,5	3,3	Tidak	3,3	Tidak
14+320	3,5	3,2	Tidak	3,4	Tidak
14+340	3,5	3,4	Tidak	3,4	Tidak
14+360	3,5	3,3	Tidak	3,5	Memenuhi
14+380	3,5	3,2	Tidak	3,4	Tidak
14+400	3,5	3,2	Tidak	3,4	Tidak
14+420	3,5	3	Tidak	3,2	Tidak
14+440	3,5	3,2	Tidak	3,3	Tidak
14+460	3,5	3,4	Tidak	3,2	Tidak
14+480	3,5	4	Memenuhi	4,1	Memenuhi
14+500	3,5	4	Memenuhi	4	Memenuhi
14+520	3,5	3,4	Tidak	3,3	Tidak
14+540	3,5	3,2	Tidak	3,1	Tidak
14+580	3,5	3,1	Tidak	3,2	Tidak

Tabel 5.20 Kelayakan Lebar Lajur pada Ruas Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6

Stasiun	Lebar Lajur (m)				
	Standar PU	Arah Wonosari	Keterangan	Arah Yogyakarta	Keterangan
16+440	3,5	3,2	Tidak	3,5	Memenuhi
16+480	3,5	3,4	Tidak	3,3	Tidak
16+520	3,5	3,5	Memenuhi	3,3	Tidak
16+540	3,5	3,4	Tidak	3,4	Tidak
16+560	3,5	3,3	Tidak	3,3	Tidak
16+620	3,5	3,3	Tidak	3,4	Tidak
16+640	3,5	3,4	Tidak	3,2	Tidak

2. Lebar Bahu Jalan

Berdasarkan peraturan menteri pekerjaan umum no. 19 tahun 2011 untuk fungsi jalan kolektor kelas III ditetapkan syarat minimal lebar bahu minimal 1,5 meter. Data lebar bahu didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan kemudian dibandingkan dengan peraturan menteri pekerjaan umum no 19 tahun 2011 tersebut. Hasil pengamatan kelayakan kebutuhan lebar bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 5.19, Tabel 5.20, dan Tabel 5.21 di bawah ini.

Tabel 5.21 Kelayakan Lebar Bahu pada Ruas Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2

Stasiun	Lebar Bahu Jalan (m)				
	Standar PU	Arah Wonosari	Keterangan	Arah Yogyakarta	Keterangan
13+000	1,5	1,2	Tidak	1,3	Tidak
13+020	1,5	1,3	Tidak	1,3	Tidak
13+040	1,5	1,7	Memenuhi	1,4	Tidak
13+060	1,5	1,5	Memenuhi	1,6	Memenuhi
13+080	1,5	1,7	Memenuhi	1,5	Memenuhi
13+100	1,5	1,6	Memenuhi	1,5	Memenuhi
13+120	1,5	1,6	Memenuhi	1,7	Memenuhi
13+140	1,5	1	Tidak	1,5	Memenuhi
13+160	1,5	0,6	Tidak	1,6	Memenuhi
13+200	1,5	0,6	Tidak	1,2	Tidak

Tabel 5.20 Kelayakan Lebar Bahu pada Ruas Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,6

Stasiun	Lebar Bahu jalan (m)				
	Standar PU	Arah Wonosari	Keterangan	Arah Yogyakarta	Keterangan
14+300	1,5	1,4	Tidak	1,5	Memenuhi
14+320	1,5	1,3	Tidak	1,5	Memenuhi
14+340	1,5	1,4	Tidak	1,6	Memenuhi

**Lanjutan Tabel 5.20 Kelayakan Lebar Bahu pada Ruas Jalan
Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,6**

Stasiun	Lebar Bahu jalan (m)				
	Standar PU	Arah Wonosari	Keterangan	Arah Yogyakarta	Keterangan
14+360	1,5	1,3	Tidak	1,2	Tidak
14+380	1,5	1,8	Memenuhi	1,3	Tidak
14+400	1,5	1	Tidak	1,2	Tidak
14+420	1,5	1,7	Memenuhi	1,2	Tidak
14+440	1,5	1	Tidak	1,3	Tidak
14+460	1,5	1	Tidak	1,5	Memenuhi
14+480	1,5	1,8	Memenuhi	2	Memenuhi
14+500	1,5	1,5	Memenuhi	2	Memenuhi
14+520	1,5	1,2	Tidak	1,3	Tidak
14+540	1,5	0,8	Tidak	1,2	Tidak
14+580	1,5	0,9	Tidak	0,9	Tidak

**Tabel 5.23 Kelayakan Lebar Bahu pada Ruas Jalan Yogyakarta –
Wonosari Km 26,4 – Km 26,6**

Stasiun	Lebar Bahu jalan (m)				
	Standar PU	Arah Wonosari	Keterangan	Arah Yogyakarta	Keterangan
16+440	1,5	1,2	Tidak	1,4	Tidak
16+480	1,5	1	Tidak	1	Tidak
16+520	1,5	1,5	Memenuhi	1,2	Tidak
16+540	1,5	2,1	Memenuhi	2	Memenuhi
16+560	1,5	2	Memenuhi	1,5	Memenuhi
16+580	1,5	1,5	Memenuhi	1,3	Tidak
16+620	1,5	1,3	Tidak	1,4	Tidak
16+640	1,5	1	Tidak	1,2	Tidak

3. Analisis Daerah Bebas Samping

Daerah bebas samping dihitung menggunakan Persamaan 3.3 untuk $JPH < Lt$ dan Persamaan 3.4 untuk $JPH > Lt$. Berikut adalah perhitungan daerah bebas samping sesuai dengan kecepatan di lapangan.

a. Tikungan 1

$$R_c = 40 \text{ meter}$$

$$L_s = 20 \text{ meter}$$

$$JPH = 59,3 \text{ meter}$$

$$L_{total} = 114 \text{ meter}$$

$JPH < L_{tot}$, maka menggunakan Persamaan 3.4 berikut

$$\begin{aligned} E &= R \times \left(1 - \cos \frac{90 \times Jh}{\pi \times R} \right) \\ &= 40 \times \left(1 - \cos \frac{90 \times 59,3}{\pi \times 40} \right) \\ &= 12,9 \text{ meter} \end{aligned}$$

b. Tikungan 2

$$R_c = 35 \text{ meter}$$

$$L_s = 20 \text{ meter}$$

$$JPH = 43,5 \text{ meter}$$

$$L_{total} = 73,1 \text{ meter}$$

$JPH < L_{tot}$, maka menggunakan Persamaan 3.4 berikut

$$\begin{aligned} E &= R \times \left(1 - \cos \frac{90 \times Jh}{\pi \times R} \right) \\ &= 35 \times \left(1 - \cos \frac{90 \times 43,5}{\pi \times 35} \right) \\ &= 6,54 \text{ meter} \end{aligned}$$

c. Tikungan 3

$$R_c = 48 \text{ meter}$$

$$L_s = 20 \text{ meter}$$

$$JPH = 48 \text{ meter}$$

$$L_{total} = 97,1 \text{ meter}$$

$JPH < L_{tot}$, maka menggunakan Persamaan 3.4 berikut

$$E = R \times \left(1 - \cos \frac{90 \times Jh}{\pi \times R} \right)$$

$$= 48 \times \left(1 - \cos \frac{90 \times 48}{\pi \times 48} \right)$$

$$= 5,88 \text{ meter}$$

Perbandingan daerah bebas samping berdasarkan kecepatan di lapangan dengan berdasarkan kondisi *existing* dapat dilihat pada Tabel 5.22 di bawah ini.

Tabel 5.24 Perbandingan Daerah Bebas Samping

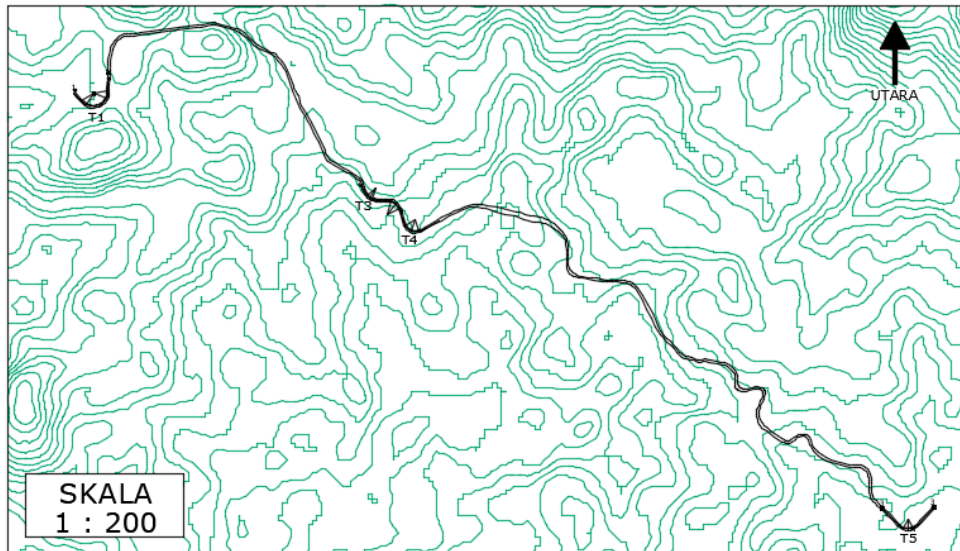
Tikungan	Daerah Bebas Samping		Keterangan
	Berdasarkan kecepatan di lapangan	Berdasarkan kondisi lapangan	
Tikungan 1	12,9	6,99	Tidak
Tikungan 2	6,54	12,9	Memenuhi
Tikungan 3	5,88	3,19	Tidak

Dari hasil analisis lebar lajur lebar bahu jalan diatas, lebar lajur jalan dan lebar bahu jalan berdasarkan peraturan menteri no 19 tahun 2011 bahwa lebar lajur minimum sebesar 3,5 meter dan lebar bahu minimum sebesar 1,5 meter. Sedangkan masih banyak lebar lajur dan lebar bahu jalan pada trase eksisting yang kurang dari persyaratan minimum, sehingga lebar lajur jalan pada ruas jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2 ; Km 24,3 – Km 24,6 dan Km 26,4 – 26,6 tidak memenuhi persyaratan untuk lebar jalan minimum. Sedangkan untuk daerah bebas samping pada trase existing pada tikungan 1 dan tikungan 3 masih lebih kecil dari persyaratan. Sehingga masih belum memenuhi persyaratan untuk daerah bebas samping minimum.

5.2.5 Analisis dan Pembahasan Alinemen Horisontal Trase Eksisting

1. Gambar Alinemen Horisontal

Lokasi penelitian berada di Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 26,6, terbagi menjadi 5 tikungan yang dievaluasi, meliputi tikungan 1 dari Km 23 – Km 23,2 sepanjang 200 m, tikungan 2 dari Km 24,28 – Km 24,58 sepanjang 300 meter, dan tikungan 3 dari Km 26,44 – Km 26,64 sepanjang 200 meter. Gambar alinemen horisontal trase eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.5 di bawah ini.



Gambar 5.5 Alinemen Horizontal Trase Eksisting

2. Analisis Tikungan Horizontal

Pengukuran dilapangan menggunakan alat theodolite, kemudian bentuk tikungan diasumsikan sebagai tikungan dengan tipe *spiral-circle-spiral* dan digambar menggunakan *software autocad 2015*, untuk lengkung horizontal trase *existing* di dapatkan dengan cara *trial*. Perhitungan alinemen horizontal trase *existing* sebagai berikut.

a. Tikungan 1

Data Lapangan :

$$R_c = 40 \text{ meter}$$

$$L_s = 20 \text{ meter}$$

$$\Delta = 134^\circ$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{Vr^2}{127 \times (e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{40^2}{127 \times (0,10 + 0,19)} \\ &= 67,87 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_s &= \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R_c} \\ &= \frac{90}{\pi} \times \frac{20}{40} \\ &= 14,32^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta c &= \Delta - 2 \times \emptyset s \\ &= 134 - 2 \times 14,32 \\ &= 105,35^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\Delta c}{360} \times 2 \times Rc \\ &= \frac{105,35}{360} \times 2 \times 40 \\ &= 73,54 \text{ meter}\end{aligned}$$

$Lc > 20$ meter, maka lengkung *circle* dipakai tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

$$\begin{aligned}L_{tot} &= Lc + 2 \times Ls \\ &= 73,54 + 2 \times 20 \\ &= 113,54 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Xc &= Ls \times \left(1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2}\right) \\ &= 20 \times \left(1 - \frac{20^2}{40 \times 40^2}\right) \\ &= 19,87 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Yc &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\ &= \frac{20^2}{6 \times 40} \\ &= 1,67 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K &= Ls - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2} - Rc \times \sin \emptyset s \\ &= 20 - \frac{20^2}{40 \times 40^2} - 40 \times \sin 14,32 \\ &= 9,97 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \emptyset s) \\ &= \frac{20^2}{6 \times 40} - 40 \times (1 - \cos 14,32) \\ &= 0,423\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ts &= (Rc + p) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) + k \\ &= (40 + 0,423) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times 134\right) + 9,97 \\ &= 105,21 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Es &= (Rc + p) \times \sec\left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) - Rc \\
 &= (40 + 0,423) \times \sec\left(\frac{1}{2} \times 134\right) - 40 \\
 &= 63,45
 \end{aligned}$$

b. Tikungan 2

Data Lapangan :

$$Rc = 35 \text{ meter}$$

$$Ls = 20 \text{ meter}$$

$$\Delta = 66^\circ$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 R_{min} &= \frac{Vr^2}{127 \times (e_{maks} + f_{mak})} \\
 &= \frac{40^2}{127 \times (0,10 + 0,16)} \\
 &= 48,455 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset_s &= \frac{90}{\pi} \times \frac{Ls}{Rc} \\
 &= \frac{90}{\pi} \times \frac{20}{35} \\
 &= 16,37^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_c &= \Delta - 2 \times \emptyset_s \\
 &= 66 - 2 \times 16,37 \\
 &= 33,25^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Lc &= \frac{\Delta_c}{360} \times 2 \times Rc \\
 &= \frac{33,25}{360} \times 2 \times 35 \\
 &= 20,3 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$Lc > 20$ meter, maka lengkung *circle* dipakai tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

$$\begin{aligned}
 Lt_{tot} &= Lc + 2 \times Ls \\
 &= 20,3 + 2 \times 20 \\
 &= 60,3 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$Xc = Ls \times \left(1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2}\right)$$

$$\begin{aligned}
&= 20 \times \left(1 - \frac{20^2}{40 \times 35^2}\right) \\
&= 19,84 \text{ meter} \\
Y_c &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\
&= \frac{20^2}{6 \times 35} \\
&= 1,91 \text{ meter} \\
K &= Ls - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2} - Rc \times \sin \phi \\
&= 20 - \frac{20^2}{35 \times 35^2} - 35 \times \sin 16,370 \\
&= 9,97 \text{ meter} \\
P &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \phi) \\
&= \frac{20^2}{6 \times 35} - 35 \times (1 - \cos 16,370) \\
&= 0,486 \\
Ts &= (Rc + p) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) + k \\
&= (35 + 0,486) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times 66\right) + 9,97 \\
&= 33,01 \text{ meter} \\
Es &= (Rc + p) \times \sec \left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) - Rc \\
&= (35 + 0,486) \times \sec \left(\frac{1}{2} \times 66\right) - 40 \\
&= 7,31 \text{ meter}
\end{aligned}$$

Perhitungan untuk tikungan 3, tikungan 4, dan tikungan 5 menggunakan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.25 Rekapitulasi di bawah ini.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Perhitungan Alinemen Horizontal

	T1	T2	T3	T4	T5	Satuan
Rc	40	35	40	35	30	Meter
Ls	20	20	20	20	20	Meter
Δ	134	66	76	106	92	°
Rmin	78	48,45	48,45	97,75	97,75	Meter
ϕ	14,32	16,37	14,32	16,37	19,10	°

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Perhitungan Alinemen Horisontal

Δc	105,352	33,25	47,35	73,26	53,80	°
Lc	73,54	20,3	33,06	44,75	28,17	Meter
Ltotal	113,54	60,3	73,06	84,75	68,17	Meter
Xc	19,87	19,84	19,88	19,84	19,78	Meter
Yc	1,6	1,90	1,67	1,90	2,22	Meter
K	9,97	9,97	9,98	9,97	9,96	Meter
P	0,42	0,48	0,42	0,49	0,57	Meter
Ts	105,209	33,01	41,56	57,06	41,62	Meter
Es	63,455	7,31	11,30	23,96	14,01	Meter

Dari rekapitulasi analisis tikungan eksisting dapat dilihat bahwa untuk tikungan 1, tikungan 2, tikungan 3, tikungan 4, dan tikungan 5 belum memenuhi standar jari-jari minimum untuk kecepatan dilapangan dikarenakan jari-jari dilapangan lebih kecil dari jari-jari minimum. Rekapitulasi perbandingan jari-jari tikungan eksisting dengan jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel 5.24 di bawah ini.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Perbandingan Jari-Jari Tikungan

No	Tikungan	Rmin	Rtersedia	Keterangan
1	Tikungan 1	67,87	40	Tidak Memenuhi
2	Tikungan 2	48,455	35	Tidak Memenuhi
3	Tikungan 3	48,46	40	Tidak Memenuhi
4	Tikungan 4	43,44	35	Tidak Memenuhi
5	Tikungan 5	50,20	30	Tidak Memenuhi

Dalam perencanaan geometri jalan, tikungan gabungan berbalik secara tiba-tiba harus dihindari, dalam kondisi ini pengemudi sangat sulit mempertahankan kendaraan pada lajunya. Oleh karena itu panjang jalan lurus antar tikungan sebesar 20 meter. Panjang jalan lurus antar tikungan didapat dari hasil penggambaran menggunakan aplikasi *autocad 2015*. Rekapitulasi panjang bagian jalan lurus antar tikungan pada trase eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5.27 Jalan Lurus Antar Tikungan

No	Tikungan	Jarak (m)	Persyaratan	keterangan
1	2-3	14,48	>20 meter	Tidak Memenuhi
2	3-4	15,56	>20 meter	Tidak Memenuhi

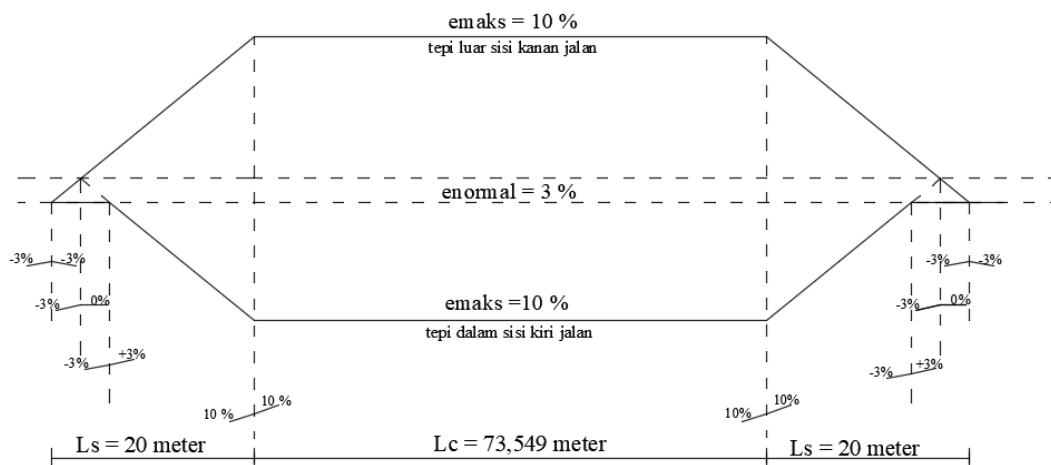
Trase eksisting didapat melalui perhitungan menggunakan *trial & error* untuk menentukan jari-jari tikungan dan lengkung peralihan pada setiap tikungan. Titik – titik koordinat yang dihasilkan dari perhitungan disesuaikan dengan penggambaran menggunakan *Autocad 2015*, sehingga di dapatkan trase *existing* jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 26,6.

Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 26,6 terdapat 5 tikungan yang dievaluasi dalam penelitian ini. Lima tikungan tersebut menggunakan tipe tikungan *spiral-circle-spiral*. Tikungan 1 memiliki jari-jari tikungan sebesar 40 meter dan lengkung peralihan sebesar 20 meter dengan sudut Δ sebesar 134° . Analisis tikungan 1 didapatkan untuk kecepatan rencana 50 Km/jam seharusnya jari-jari tikungan sebesar 67,87 meter. Hasil analisis jari-jari minimum untuk kecepatan 50 km/jam yaitu 67,87 km/jam. Sehingga untuk jari-jari tikungan pada tikungan 1 tidak sesuai karena nilainya lebih kecil dari jari-jari minimum. Tikungan 2 memiliki jari-jari tikungan sebesar 35 meter dan lengkung spiral sebesar 20 meter dengan sudut Δ sebesar 66° . Tikungan 3 memiliki jari-jari tikungan sebesar 40 meter dan lengkung peralihan sebesar 20 meter dengan sudut Δ sebesar 76° . Tikungan 4 memiliki jari-jari tikungan sebesar 35 meter dan lengkung peralihan sebesar 20 meter dengan jari-jari lengkung peralihan sebesar 106° . Tikungan 2, tikungan 3, dan tikungan 4 menggunakan kecepatan rencana 40 km/jam. Dari analisis jari-jari minimum untuk kecepatan rencana 40 km/jam didapatkan jari-jari minimum sebesar 43,44 meter. Sehingga jari-jari tikungan untuk tikungan 2, tikungan 3, dan tikungan 4 tidak sesuai karena lebih kecil dari jari-jari minimum. Tikungan 5 memiliki jari-jari tikungan sebesar 30 meter dan lengkung peralihan sebesar 20 meter dengan sudut Δ sebesar 92° . Dari analisis jari-jari minimum untuk kecepatan

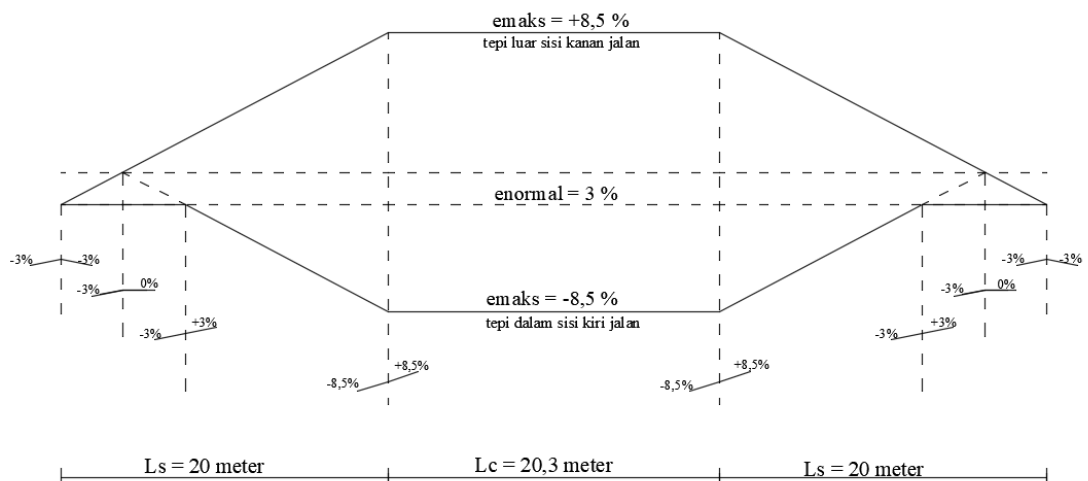
43 km/jam sebesar 50.20 meter. Sehingga jari-jari tikungan untuk tikungan 5 tidak sesuai karena jari-jari tikungan lebih kecil dari jari-jari minimum.

5.2.6 Analisis dan Pembahasan Superelevasi

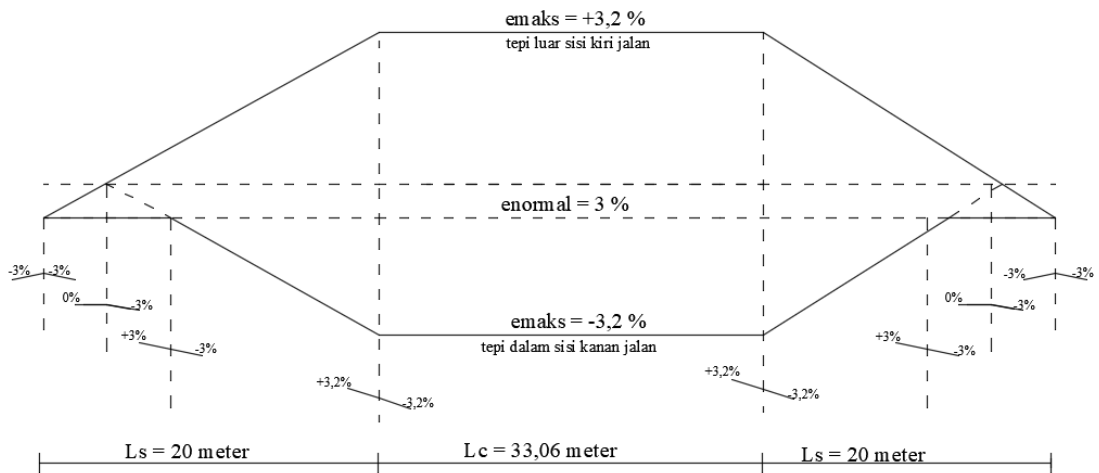
Gambar superelevasi pada trase eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.6 – Gambar 5.10 di bawah ini.



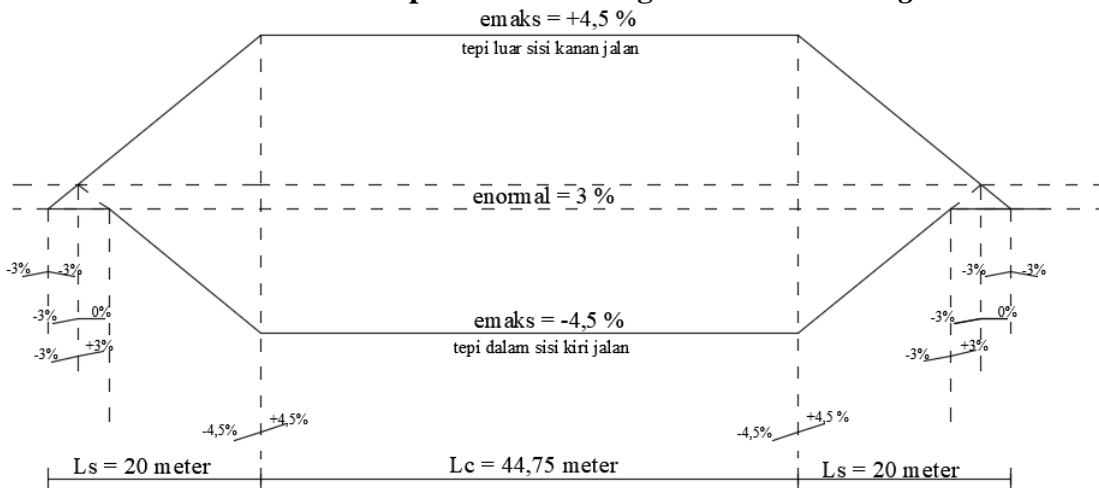
Gambar 5.6 Superelevasi Tikungan 1 Trase Existing



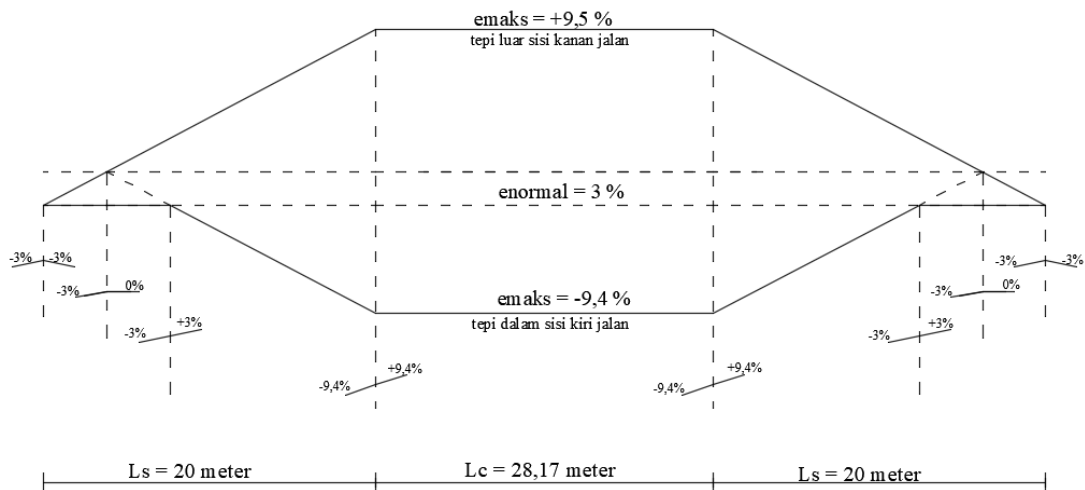
Gambar 5.7 Superelevasi Tikungan 2 Trase Existing



Gambar 5.8 Superelevasi Tikungan 3 Trase Existing



Gambar 5.9 Superelevasi Tikungan 4 Trase Existing



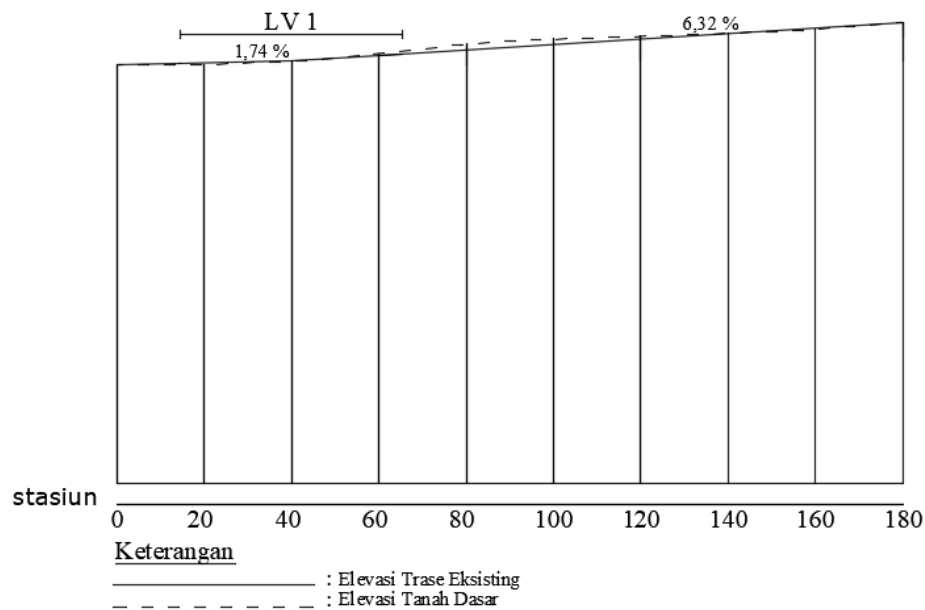
Gambar 5.10 Superelevasi Tikungan 5 Trase *Existing*

5.2.16 Analisis dan Pembahasan Alinemen Vertikal

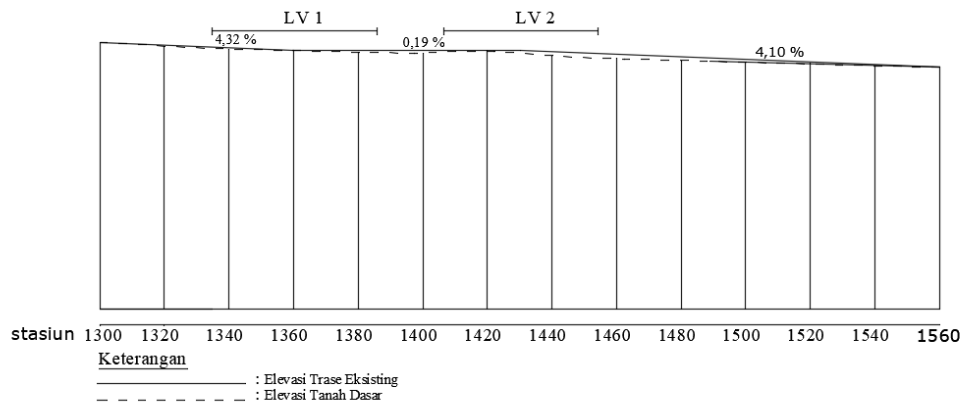
Setelah melakukan analisis alinemen horisontal, maka selanjutnya dilakukan analisis terhadap alinemen vertikal trase *existing*.

1. Gambar Alinemen Vertikal

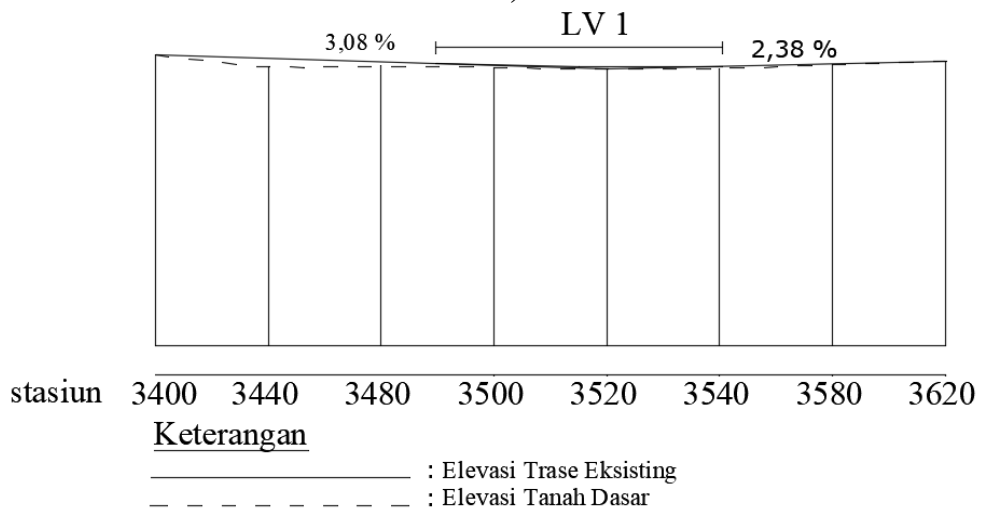
Gambar alinemen vertikal dapat dilihat pada Gambar 5.11 – gambar 5.13 di bawah ini.



Gambar 5.11 Alinemen Vertikal Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2



Gambar 5.12 Alinemen Vertikal Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,5



Gambar 5.13 Alinemen Vertikal Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6

2. Analisis Alinemen Vertikal

Data yang digunakan dalam analisis alinemen vertikal didapat dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat *theodolite*. Nilai kelandaian yang diambil dalam analisis alinemen vertikal yang mendekati kondisi alinemen vertikal eksisting. Perhitungan alinemen vertikal sebagai berikut.

a. Tikungan 1

Data Lapangan :

$$V_r = 50 \%$$

$$\text{Elevasi A} = 193,2447 \text{ meter}$$

$$\text{Stasiun A} = 0$$

$$\text{Elevasi VPI 1} = 193,942 \text{ meter}$$

$$\text{Stasiun VPI 1} = 40 \text{ meter}$$

$$\text{Elevasi B} = 202,8011 \text{ meter}$$

$$\text{Stasiun B} = 180 \text{ meter}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{\text{elevasi VPI1} - \text{elevasi titik A}}{\text{Panjang VPI1} - \text{panjang titik A}} \times 100 \\ &= \frac{193,942 - 193,244}{40 - 0} \times 100 \\ &= 1,74 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g_2 &= \frac{\text{elevasi titik B} - \text{elevasi titik VPI1}}{\text{Panjang titik B} - \text{panjang titik VPI1}} \times 100 \\ &= \frac{201,801 - 193,942}{180 - 40} \times 100 \\ &= 6,33 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= g_2 - g_1 \\ &= 6,33 - 1,74 \\ &= 4,58 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \frac{Vr}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{Vr}{3,6}\right)^2}{2 \times g \times f} \\ &= \frac{50}{3,6} \times 0,31 + \frac{\left(\frac{50}{3,6}\right)^2}{2 \times 9,81 \times 0,31} \\ &= 66,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lv &= \frac{d^2 \times A}{398} \\ &= \frac{66,43^2 \times 4,58}{398} \\ &= 50,84 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ev &= \frac{A}{800} \times Lv \\ &= \frac{4,58}{800} \times 50,84 \\ &= 0,29 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta e_1 &= (\text{elevasi VPI1} - \text{elevasi A}) \\ &= 193,942 - 193,244 \end{aligned}$$

$$= 0,697 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \sqrt{(stasiun\ VPI1 - stasiun\ A)^2 + (elevasi\ VPI1 - elevasi\ A)^2} \\ &= \sqrt{(40 - 0)^2 + (193,94 - 193,24)^2} \\ &= 39,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak VPI} &= \sqrt{x^2 + (kelandaian \times X_1)^2} \\ &= \sqrt{39,99^2 + (1,744 \times 39,99)^2} \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi VPI} &= \text{elevasi A} + (\text{kelandaian VPI} \times X_1) \\ &= 193,247 + (1,74 \times 39,99) \\ &= 193,94 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun VPI} &= \text{stasiun A} + (\text{jarak VPI}) \\ &= 0 + 40 \\ &= 40 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi VPC} &= \text{elevasi VPI} - (0,5 \times Lv \times \text{kelandaian}) \\ &= 193,942 - (0,5 \times 50,84 \times 1,74) \\ &= 193,49 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun VPC} &= \text{stasiun VPI} - (0,5 \times Lv) \\ &= 40 - (0,5 \times 50,84) \\ &= 14,57 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi VPT} &= \text{elevasi VPI} + (0,5 \times Lv \times \text{kelandaian}) \\ &= 193,942 + (0,5 \times 50,84 \times 1,74) \\ &= 195,55 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun VPT} &= \text{stasiun VPI} + (0,5 \times Lv) \\ &= \text{stasiun } 40 + (0,5 \times 1,74) \\ &= 65,42 \text{ meter} \end{aligned}$$

Elevasi dan stasiun tiap pias

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{Lv}{5} \\ &= \frac{50,84}{5} \\ &= 10,16 \end{aligned}$$

$$x_2 = 20,33$$

$$x3 = 30,51$$

$$x4 = 40,67$$

$$x5 = 50,84$$

Elevasi dan stasiun titik pias

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Pias 1} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X1 + \frac{\Delta \times X1}{Lv} \\ &= 193,49 + 1,74 \times 10,16 + \frac{4,58 \times 10,16}{50,58} \\ &= 193,72 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun Pias 1} &= \text{stasiun VPC} + X1 \\ &= 14,57 + 10,16 \\ &= 24,73 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Pias 2} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X2 + \frac{\Delta \times X2}{Lv} \\ &= 193,49 + 1,74 \times 20,33 + \frac{4,58 \times 20,33}{50,58} \\ &= 194,039 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun Pias 2} &= \text{stasiun VPC} + X1 \\ &= 14,57 + 20,33 \\ &= 34,91 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Pias 3} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X3 + \frac{\Delta \times X3}{Lv} \\ &= 193,49 + 1,74 \times 30,50 + \frac{4,58 \times 30,50}{50,58} \\ &= 193,72 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun Pias 3} &= \text{stasiun VPC} + X3 \\ &= 14,57 + 10,16 \\ &= 45,08 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Pias 4} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X4 + \frac{\Delta \times X4}{Lv} \\ &= 193,49 + 1,74 \times 40,68 + \frac{4,58 \times 40,68}{50,58} \\ &= 194,55 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun Pias 4} &= \text{stasiun VPC} + X4 \\ &= 14,57 + 40,68 \\ &= 55,25 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi Pias 5} &= \text{elevasi VPC} + g_1 \times X_5 + \frac{4 \times X_5}{L_v} \\
 &= 193,49 + 1,74 \times 50,58 + \frac{4,58 \times 50,58}{50,58} \\
 &= 193,72 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Stasiun Pias 5} &= \text{stasiun VPC} + X_5 \\
 &= 14,57 + 50,58 \\
 &= 65,42 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan tikungan selanjutnya dapat dilihat pada rekapitulasi titik-titik penting pada Tabel 5.28, Tabel 5.29 dan Tabel 5.30 di bawah ini.

**Tabel 5.28 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Jalan Yogyakarta – Wonosari
Km 23 – Km 23,2**

No	Titik	Elevasi	Stasiun
1	A	193,2447	0
2	VPI	193,942	40
3	B	202,801	180
4	VPC	193,498	14,576
5	VPT	195,550	65,423
6	1	193,723	24,746
7	2	194,040	39,915
8	3	194,450	45,085
9	4	194,954	55,254
10	5	195,551	65,423

**Tabel 5.29 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Jalan Yogyakarta – Wonosari
Km 24,3 – Km 24,6**

NO	Titik	Elevasi	Stasiun
1	A	165,320	0
2	VPI 1	162,724	60
3	VPI 2	162,862	130
4	B	157,539	260

Lanjutan Tabel 5.29 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,6

No	Titik	Elevasi	Stasiun
5	VPC 1	163,812	34,912
6	VPT 2	162,775	85,088
7	1	163,423	44,947
8	2	163,125	54,982
9	3	162,918	65,017
10	4	162,801	75,053
11	5	162,775	85,088
12	VPC 2	162,815	106,480
13	VPT 2	161,882	154,200
14	1	162,792	116,024
15	2	162,688	125,568
16	3	162,501	135,111
17	4	162,233	144,655
18	5	161,882	154,199

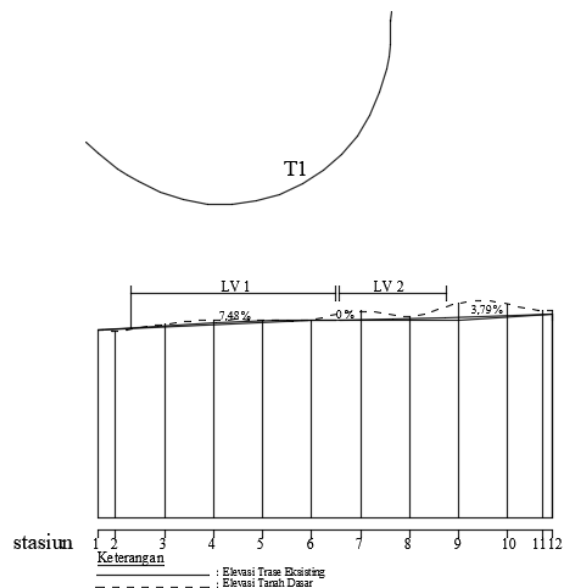
Tabel 5.30 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6

No	Titik	Elevasi	Stasiun
1	A	140,611	0
2	VPI	138,192	80
3	B	139,625	140
4	VPC	139,130	49,644
5	VPT	138,918	110,355
6	1	138,822	61,787
7	2	138,689	69,983
8	3	138,608	80,152
9	4	138,621	90,322
10	5	138,727	100,491

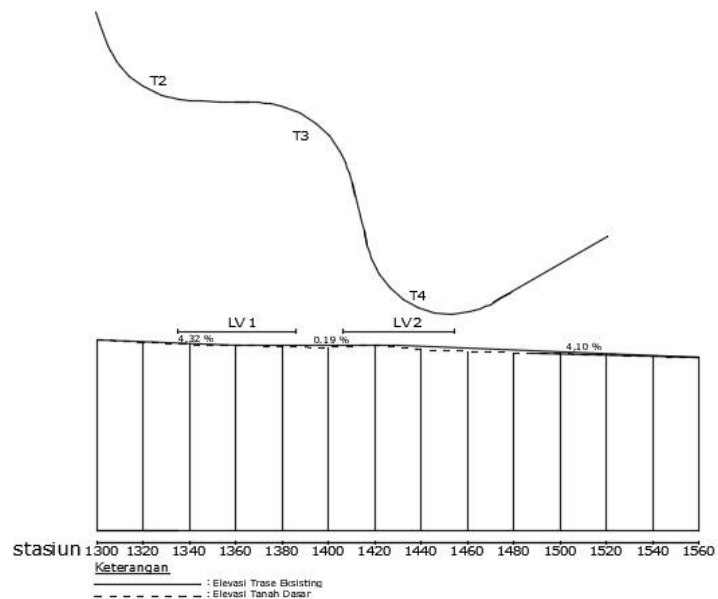
Lengkung vertikal dilapangan didapat dengan penggambaran di *Autocad 2015* sesuai dengan kondisi lapangan yang ada. Dari keseluruhan trase existing terdapat 4 lengkung vertikal. Terdapat 1 lengkung cekung dan 3 lengkung cembung.

5.2.8 Analisis dan Pembahasan Koordinasi Alinemen Horisontal dan Vertikal

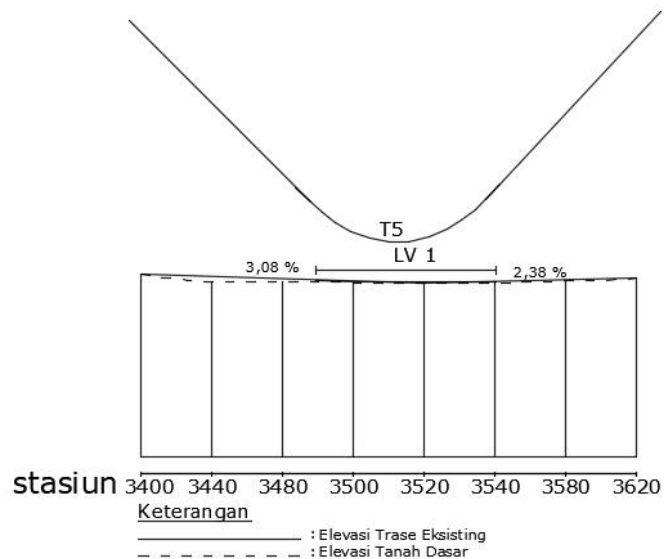
Koordinasi alinemen horisontal dan vertikal sangat perlu diperhatikan untuk memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengemudi kendaraan yang melalui jalan tersebut. Berikut ini adalah gambar koordinasi alinemen horisontal dan alinemen vertikal trase eksisting yang dapat dilihat pada Gambar 5.14, Gambar 5.15 dan Gambar 5.16 di bawah ini.



Gambar 5.14 Koordinasi Alinemen Horisontal dan Vertikal Tikungan 1 Trase Existing



**Gambar 5.15 Koordinasi Alinemen Horisontal dan Vertikal Tikungan 2
Trase Existing**

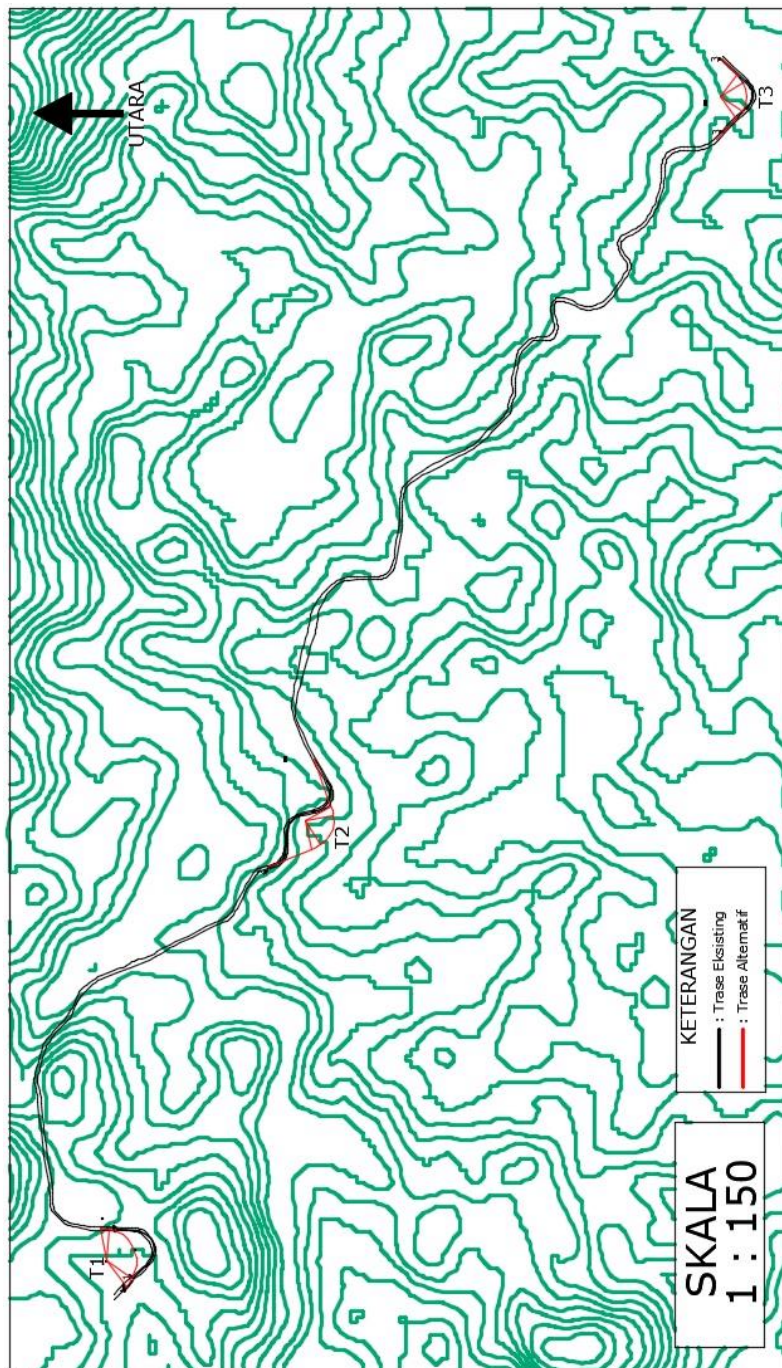


**Gambar 5.16 Koordinasi Alinemen Horisontal dan Vertikal Tikungan 3
Trase Existing**

Koordinasi alinemen horisontal dan vertikal pada trase existing dilakukan dengan menggambar alinemen vertikal menggunakan *autocad 2015* pada alinemen horisontal. Tikungan pada alinemen horisontal dan vertikal di cocokkan dengan lengkung vertikal Koordinasi alinemen yang sesuai dengan Bina Marga 1997 kedua alinemen horisontal harus berimpitan

5.3 Geometri Jalan Alternatif

Setelah analisis data primer dan data sekunder, maka dilakukan analisis terhadap alinemen horisontal trase alternatif. Dalam perencanaan trase alternatif memperhatikan aspek kontur tanah disekitar lokasi dan jari-jari tikungan. Gambar alinemen dapat dilihat pada Gambar 5.17 di bawah ini.



Gambar 5.17 Trase Horizontal Alternatif

5.3.1 Analisis Daerah Bebas Samping

Daerah bebas samping dihitung berdasarkan Persamaan 3.4a untuk $JPH < L_t$ dan Persamaan 3.4b untuk $JPH > L_t$. Berikut ini adalah daerah perhitungan daerah bebas samping sesuai dengan kecepatan di lapangan pada tikungan untuk trase alternatif.

1. Tikungan 1

$$R_c = 68 \text{ meter}$$

$$L_s = 20 \text{ meter}$$

$$JPH = 59,30 \text{ meter}$$

$$L_{total} = 169,94 \text{ meter}$$

$JPH > L_{total}$, maka menggunakan Persamaan 3.4a di bawah ini.

$$\begin{aligned} E &= R \times \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times Jh}{\pi \times R}\right) \\ &= 68 \times \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times 59,30}{\pi \times 60}\right) \\ &= 7,178 \text{ meter} \end{aligned}$$

2. Tikungan 2

$$R_c = 60 \text{ meter}$$

$$L_s = 20 \text{ meter}$$

$$JPH = 43,51 \text{ meter}$$

$$L_{total} = 110,41 \text{ meter}$$

$JPH > L_{total}$, maka menggunakan Persamaan 3.4b di bawah ini.

$$\begin{aligned} E &= R \times \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times Jh}{\pi \times R}\right) \\ &= 60 \times \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times 43,51}{\pi \times 60}\right) \\ &= 3,900 \text{ meter} \end{aligned}$$

3. Tikungan 3

$$R_c = 56 \text{ meter}$$

$$L_s = 20 \text{ meter}$$

$$JPH = 48,04 \text{ meter}$$

$$L_{total} = 104,20 \text{ meter}$$

$JPH > L_{total}$, maka menggunakan Persamaan 3.4b di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 E &= R \times \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times Jh}{\pi \times R}\right) \\
 &= 56 \times \left(1 - \cos \frac{90^\circ \times 48,04}{\pi \times 56}\right) \\
 &= 5,435 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan daerah bebas samping pada tikungan alternative dapat dilihat pada Tabel 5.31 di bawah ini.

Tabel 5.31 Rekapitulasi Perhitungan Daerah Bebas Samping Tikungan Alternatif

Data	Tikungan		
	1	2	3
Rc (m)	60	60	56
Ls (m)	42	34	36
Ltotal (m)	191,943	56,823	120,153
JPH >> Ltotal	JPH < Ltotal	JPH < Ltotal	JPH < Ltotal
E (m)	7,178	3,900	5,435

5.3.2 Analisis dan Pembahasan Tikungan Horisontal Alternatif

Tikungan 1

Data Lapangan :

$$Rc = 68 \text{ meter}$$

$$Ls = 20 \text{ meter}$$

$$\Delta = 126^\circ$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 R_{min} &= \frac{68^2}{127 \times (0,038 + 0,19)} \\
 &= \frac{58^2}{127 \times (0,038 + 0,19)} \\
 &= 67,87 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset_s &= \frac{90}{\pi} \times \frac{Ls}{Rc} \\
 &= \frac{90}{\pi} \times \frac{20}{68} \\
 &= 8,426^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta c &= \Delta - 2 \times \emptyset s \\ &= 126 - 2 \times 8,426^\circ \\ &= 109,488^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\Delta c}{360} \times 2 \times Rc \\ &= \frac{109,488}{360} \times 2 \times 68 \\ &= 129,943 \text{ meter}\end{aligned}$$

$Lc > 20$ meter, maka lengkung *circle* dipakai tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

$$\begin{aligned}L_{tot} &= Lc + 2 \times Ls \\ &= 129,943 + 2 \times 20 \\ &= 169,943 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Xc &= Ls \times \left(1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2}\right) \\ &= 20 \times \left(1 - \frac{20^2}{40 \times 68^2}\right) \\ &= 19,95 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Yc &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\ &= \frac{20^2}{6 \times 68} \\ &= 0,98 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K &= Ls - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2} - Rc \times \sin \emptyset s \\ &= 20 - \frac{20^2}{40 \times 68^2} - 68 \times \sin 8,46 \\ &= 9,99 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \emptyset s) \\ &= \frac{20^2}{6 \times 68} - 68 \times (1 - \cos 8,426) \\ &= 0,246\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ts &= (Rc + p) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) + k \\ &= (68 + 0,246) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times 126,34\right) + 9,99 \\ &= 133,92 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Es &= (Rc + p) \times \sec\left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) - Rc \\
 &= (68 + 0,246) \times \sec\left(\frac{1}{2} \times 126,34\right) - 68 \\
 &= 83,21 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Tikungan 2

Data Lapangan :

$$Rc = 60 \text{ meter}$$

$$Ls = 34 \text{ meter}$$

$$\Delta = 86,73^\circ$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 R_{min} &= \frac{60^2}{127 \times (0,045 + 0,19)} \\
 &= \frac{60^2}{127 \times (0,038 + 0,19)} \\
 &= 53,44 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset_s &= \frac{90}{\pi} \times \frac{34}{60} \\
 &= \frac{90}{\pi} \times \frac{20}{60} \\
 &= 16,234^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_c &= \Delta - 2 \times \emptyset_s \\
 &= 86,73 - 2 \times 16,234^\circ \\
 &= 54,262^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{\Delta_c}{360} \times 2 \times Rc \\
 &= \frac{67,631}{360} \times 2 \times 60 \\
 &= 56,823 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$L_c > 20$ meter, maka lengkung *circle* dipakai tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

$$\begin{aligned}
 L_{tot} &= L_c + 2 \times L_s \\
 &= 70,823 + 2 \times 20 \\
 &= 124,823 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$X_c = L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times Rc^2}\right)$$

$$= 34 \times \left(1 - \frac{34^2}{40 \times 60^2}\right)$$

$$= 19,944 \text{ meter}$$

$$Y_c = \frac{Ls^2}{6 \times Rc}$$

$$= \frac{34^2}{6 \times 60}$$

$$= 1,111 \text{ meter}$$

$$K = Ls - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2} - Rc \times \sin \theta$$

$$= 20 - \frac{34^2}{40 \times 60^2} - 60 \times \sin 16,234$$

$$= 16,954 \text{ meter}$$

$$P = \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \theta)$$

$$= \frac{34^2}{6 \times 60} - 60 \times (1 - \cos 16,234)$$

$$= 0,819$$

$$Ts = (Rc + p) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) + k$$

$$= (60 + 0,819) \times \tan \left(\frac{1}{2} \times 86,73\right) + 16,954$$

$$= 74,396 \text{ meter}$$

$$Es = (Rc + p) \times \sec \left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) - Rc$$

$$= (60 + 0,819) \times \sec \left(\frac{1}{2} \times 86,73\right) - 60$$

$$= 23,657 \text{ meter}$$

Tikungan 3

Data Lapangan :

$$Rc = 56 \text{ meter}$$

$$Ls = 36 \text{ meter}$$

$$\Delta = 86,100^\circ$$

Perhitungan :

$$R_{min} = \frac{vr^2}{127 \times (0,045 + 0,16)}$$

$$= \frac{43^2}{127 \times (0,045 + 0,16)}$$

$$= 55,99 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned}\emptyset s &= \frac{90}{\pi} \times \frac{Ls}{Rc} \\ &= \frac{90}{\pi} \times \frac{36}{56} \\ &= 18,417^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta c &= \Delta - 2 \times \emptyset s \\ &= 86,73 - 2 \times 18,417^\circ \\ &= 49,267^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lc &= \frac{\Delta c}{360} \times 2 \times Rc \\ &= \frac{49,267}{360} \times 2 \times 56 \\ &= 64,153 \text{ meter}\end{aligned}$$

$Lc > 20$ meter, maka lengkung *circle* dipakai tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

$$\begin{aligned}L_{tot} &= Lc + 2 \times Ls \\ &= 64,153 + 2 \times 36 \\ &= 120,153 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Xc &= Ls \times \left(1 - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2}\right) \\ &= 36 \times \left(1 - \frac{36^2}{40 \times 56^2}\right) \\ &= 35,629 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Yc &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} \\ &= \frac{36^2}{6 \times 56} \\ &= 3,857 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K &= Ls - \frac{Ls^2}{40 \times Rc^2} - Rc \times \sin \emptyset s \\ &= 36 - \frac{36^2}{40 \times 56^2} - 56 \times \sin 18,417 \\ &= 17,936 \text{ meter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= \frac{Ls^2}{6 \times Rc} - Rc \times (1 - \cos \emptyset s) \\ &= \frac{36^2}{6 \times 56} - 56 \times (1 - \cos 18,417) \\ &= 0,989\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_c + p) \times \tan\left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) + k \\
 &= (56 + 0,989) \times \tan\left(\frac{1}{2} \times 86,100\right) + 9,989 \\
 &= 71,172 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= (R_c + p) \times \sec\left(\frac{1}{2} \times \Delta\right) - R_c \\
 &= (56 + 0,989) \times \sec\left(\frac{1}{2} \times 86,100\right) - 56 \\
 &= 21,986 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat dilihat untuk rekapitulasi hasil perhitungan alinemen horisontal pada Tabel 5.30 di bawah ini.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Perhitungan Alinemen Horisontal Trase Alternatif

	T1	T2	T3	Satuan
Rc	68	60	56	meter
Ls	20	20	36	Meter
Δ	126,34	86,73	86,100	°
Rmin	67,87	43,44	55,996	Meter
$\emptyset s$	8,426	9,549	18,417	°
Δ_c	126,34	67,631	49,267	°
Lc	129,943	70,823	48,153	Meter
L _{total}	169,943	110,823	120,153	Meter
Xc	19,956	19,944	35,628	Meter
Yc	0,980	1,111	3,857	Meter
k	9,992	9,991	17,936	Meter
P	0,246	0,280	0,989	Meter
Ts	144,922	66,924	71,172	Meter
Es	83,206	22,916	21,986	Meter

Dari perhitungan pada analisis alinemen horisontal trase alternatif didapat untuk jari-jari tikungan yang dipakai lebih besar dari jari-jari minimum, sehingga sudah memenuhi persyaratan. Perbandingan jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel 5.31 di bawah ini.

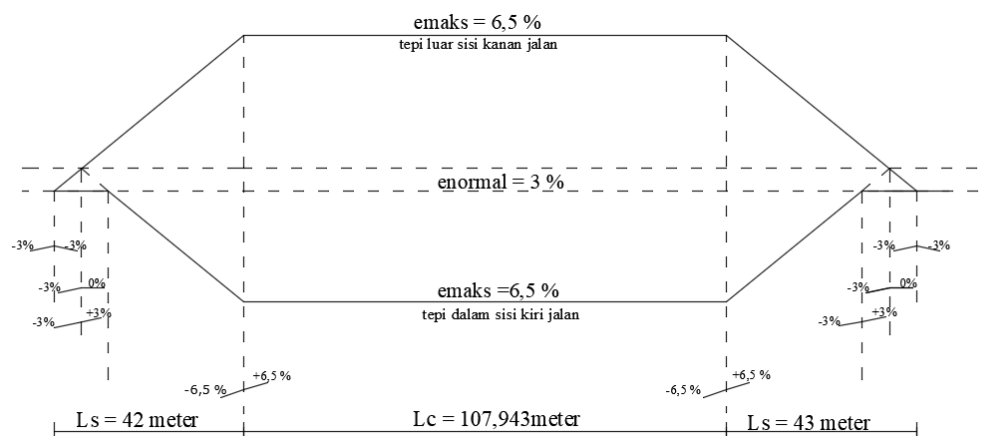
Tabel 5.33 Perbandingan Jari-Jari Minimum dan Jari-jari Tikungan Alternatif

No	Tikungan	Rmin (m)	R tersedia (m)	Keterangan
1	1	67,87	68	Memenuhi
2	2	43,44	60	Memenuhi
3	3	55,99	56	Memenuhi

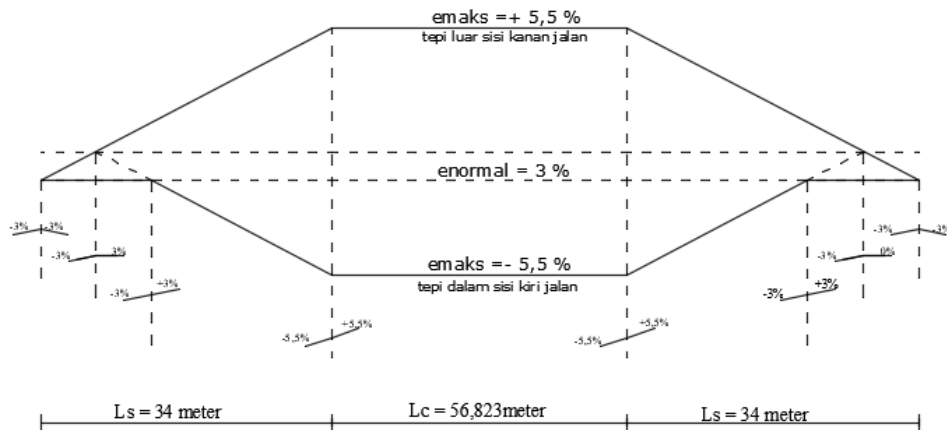
Lengkung horisontal didapatkan menggunakan software *Autocad 2015*, hasil analisis trase existing maka perlu dilakukan perencanaan trase alternatif untuk memberikan perencanaan geometri yang baik. Perencanaan trase alternatif. Pada perencanaan trase alternatif terdapat 3 tikungan jenis *circle – spiral – circle*. Tikungan 1 menggunakan jari-jari sebesar 68 meter, tikungan 2 sebesar 60 meter dan tikungan 3 sebesar 56 meter. Jari-jari tikungan pada setiap tikungan sudah memenuhi persyaratan Direktorat Jenderal Bina Marga 1997.

5.3.4 Superelevasi

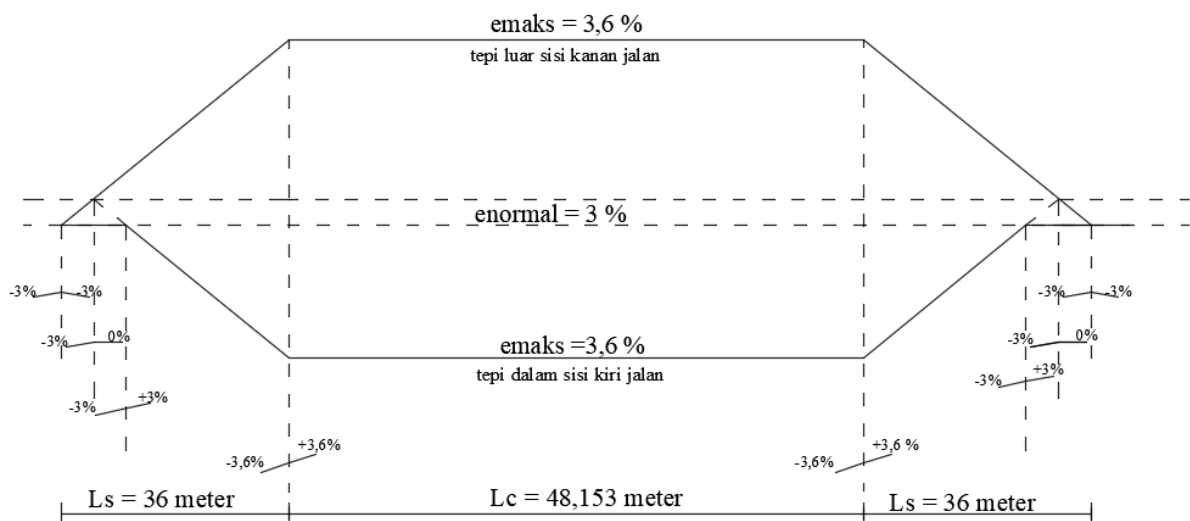
Gambar superelevasi pada trase alternatif dapat dilihat pada Gambar 5.18 – Gambar 5.20 di bawah ini.



Gambar 5.18 Superelevasi Tikungan 1 Alternatif



Gambar 5.19 Superelevasi Tikungan 2 Alternatif



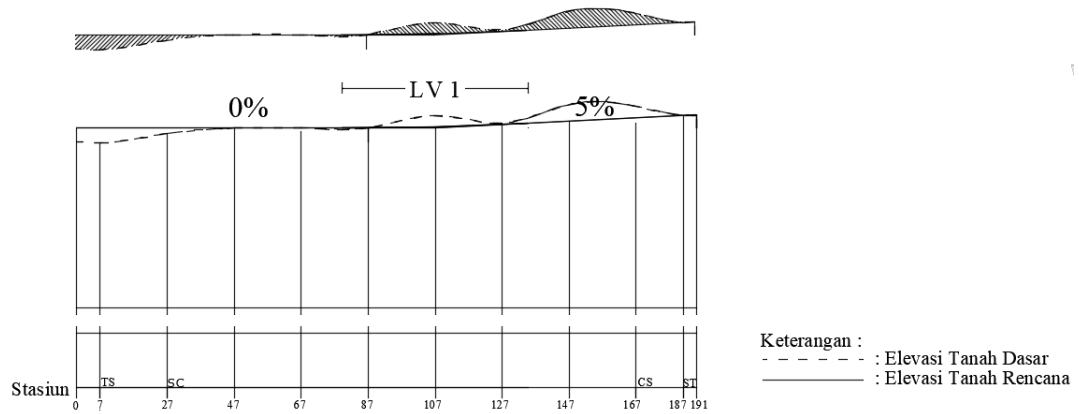
Gambar 5.20 Superelevasi Tikungan 3 Alternatif

5.3.4 Analisis dan Pembahasan Alinemen Vertikal

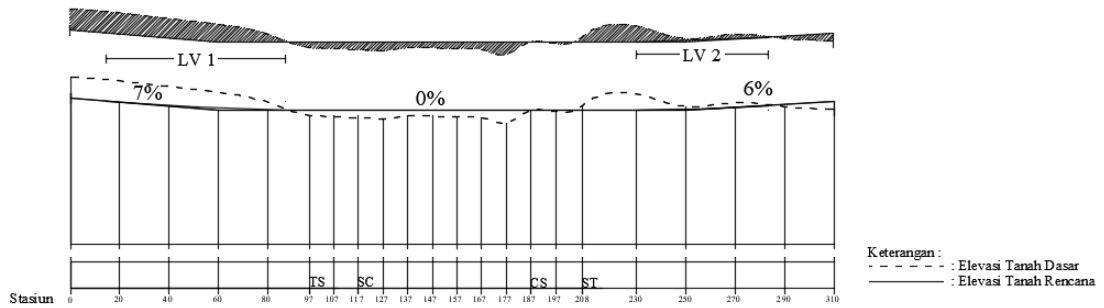
Setelah melakukan analisis alinemen horisontal, maka selanjutnya dilakukan analisis terhadap alinemen vertikal trase *existing*.

1. Gambar Alinemen Vertikal

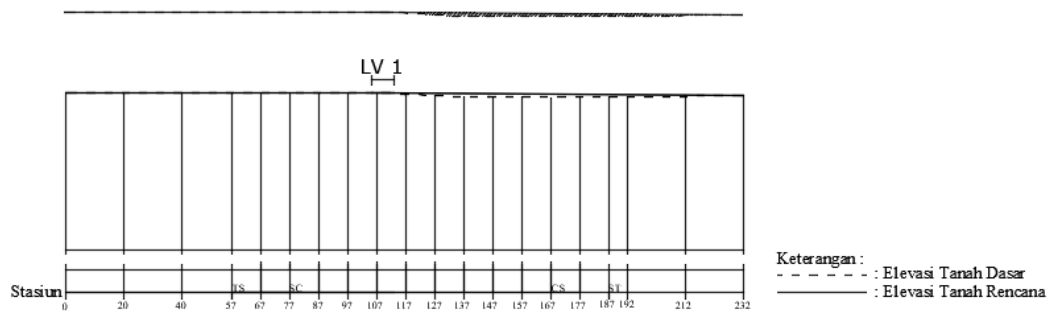
Gambar alinemen vertikal dapat dilihat pada Gambar 5.20 – Gambar 5.21 di bawah ini.



Gambar 5.21 Alinemen Vertikal Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2 Trase Alternatif



Gambar 5.22 Alinemen Vertikal Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 24,5 Trase Alternatif



Gambar 5.23 Alinemen Vertikal Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6 Trase Alternatif

2. Analisis Alinemen Vertikal

Data yang digunakan dalam analisis alinemen vertikal didapat dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat *theodolite*. Nilai kelandaian yang diambil dalam analisis alinemen vertikal yang mendekati kondisi alinemen vertikal eksisting. Perhitungan alinemen vertikal sebagai berikut.

a. Tikungan 1

Data Lapangan :

$$V_r = 50$$

$$\text{Elevasi A} = 205,880$$

$$\text{Stasiun A} = 0$$

$$\text{Elevasi VPI 1} = 205,880$$

$$\text{Stasiun VPI 1} = 107$$

$$\text{Elevasi B} = 213,9$$

$$\text{Stasiun B} = 185,000$$

Perhitungan VPI 1 :

$$g_1 = \frac{\text{elevasi VPI1} - \text{elevasi titik A}}{\text{Panjang VPI1} - \text{panjang titik A}} \times 100$$

$$= \frac{210 - 210}{107 - 0} \times 100$$

$$= 0 \%$$

$$g_2 = \frac{\text{elevasi titik VPI 2} - \text{elevasi titik VPI1}}{\text{Panjang titik VPI 2} - \text{panjang titik VPI1}} \times 100$$

$$= \frac{213,90 - 210}{185 - 107} \times 100$$

$$= 5 \%$$

$$\Delta = g_2 - g_1$$

$$= 5 - 0$$

$$= 5 \%$$

$$d = \frac{V_r}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{V_r}{3,6}\right)^2}{2 \times g \times f}$$

$$= \frac{50}{3,6} \times 0,31 + \frac{\left(\frac{50}{3,6}\right)^2}{2 \times 9,81 \times 0,31}$$

$$= 66,43$$

$$\begin{aligned}
 Lv &= \frac{d^2 \times A}{398} \\
 &= \frac{66,43^2 \times 5}{398} \\
 &= 55,452 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ev &= \frac{A}{800} \times Lv \\
 &= \frac{5}{800} \times 55,452 \\
 &= 0,776 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta el &= (\text{elevasi A} - \text{elevasi VPI 1}) \\
 &= 210 - 210 \\
 &= 0 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \sqrt{(\text{stasiun VPI1} - \text{stasiun A})^2 + (\text{elevasi VPI1} - \text{elevasi A})^2} \\
 &= \sqrt{(107 - 0)^2 + (210 - 210)^2} \\
 &= 107
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak VPI} &= \sqrt{x^2 + (\text{kelandaian} \times X_1)^2} \\
 &= \sqrt{107^2 + (5 \times 107)^2} \\
 &= 107
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi VPI} &= \text{elevasi A} + (\text{kelandaian VPI} \times X_1) \\
 &= 210 + (5 \times 107) \\
 &= 210 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Stasiun VPI} &= \text{stasiun A} + (\text{jarak VPI}) \\
 &= 0 + 107 \\
 &= 107 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi VPC} &= \text{elevasi VPI} - (0,5 \times Lv \times \text{kelandaian}) \\
 &= 210 - (0,5 \times 55,45 \times 5) \\
 &= 210 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Stasiun VPC} &= \text{stasiun VPI} - (0,5 \times Lv) \\
 &= 107 - (0,5 \times 55,45) \\
 &= 79,27 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi VPT} &= \text{elevasi VPI} + (0,5 \times Lv \times \text{kelandaian}) \\
 &= 210 + (0,5 \times 55,45 \times 5)
 \end{aligned}$$

$$= 211,38 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun VPT} &= \text{stasiun VPI} + (0,5 \times Lv) \\ &= \text{stasiun } 107 + (0,5 \times 55,45) \\ &= 79,27 \text{ meter} \end{aligned}$$

Elevasi dan stasiun tiap pias

$$\begin{aligned} x1 &= \frac{Lv}{5} \\ &= \frac{55,45}{5} \\ &= 11,09 \\ x2 &= 22,18 \\ x3 &= 33,27 \\ x4 &= 44,36 \\ x5 &= 55,45 \end{aligned}$$

Elevasi dan stasiun titik pias

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Pias 1} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X1 + \frac{\Delta x X1}{Lv} \\ &= 210 + 0 \times 11,09 + \frac{0 \times 11,09}{55,45} \\ &= 210,055 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun Pias 1} &= \text{stasiun VPC} + X1 \\ &= 79,27 + 11,09 \\ &= 90,364 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Pias 2} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X2 + \frac{\Delta x X2}{Lv} \\ &= 210 + 0 \times 22,18 + \frac{0 \times 22,19}{55,45} \\ &= 210,222 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stasiun Pias 2} &= \text{stasiun VPC} + X2 \\ &= 79,27 + 22,19 \\ &= 101,455 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi Pias 3} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X3 + \frac{\Delta x X3}{Lv} \\ &= 210 + 0 \times 33,27 + \frac{0 \times 33,27}{55,45} \\ &= 210,499 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Stasiun Pias 3} &= \text{stasiun VPC} + X3 \\
 &= 79,27 + 33,27 \\
 &= 112,545 \text{ meter} \\
 \\
 \text{Elevasi Pias 4} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X4 + \frac{\Delta x X4}{Lv} \\
 &= 210 + 0 \times 44,36 + \frac{0 \times 55,45}{55,45} \\
 &= 210,88 \text{ meter} \\
 \\
 \text{Stasiun Pias 4} &= \text{stasiun VPC} + X4 \\
 &= 79,27 + 44,36 \\
 &= 123,636 \text{ meter} \\
 \\
 \text{Elevasi Pias 5} &= \text{elevasi VPC} + g1 \times X5 + \frac{\Delta x X5}{Lv} \\
 &= 210 + 0 \times 55,45 + \frac{0 \times 55,45}{55,45} \\
 &= 211,38 \text{ meter} \\
 \\
 \text{Stasiun Pias 5} &= \text{stasiun VPC} + X5 \\
 &= 79,27 + 55,45 \\
 &= 134,726 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan tikungan selanjutnya dapat dilihat pada rekapitulasi titik-titik penting pada Tabel 5.34, Tabel 5.35 dan Tabel 5.36 di bawah ini.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Elinemen Vertikal Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2

No	Titik	Elevasi	Stasiun
1	A	205,880	0
2	VPI 1	210	55,05
3	B	212,494	185
5	VPC 1	206,882	13,548
6	VPT 1	209,988	96,550
7	1	208,001	30,149
8	2	208,870	46,749
9	3	209,491	63,349

**Lanjutan Tabel 5.34 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Elinemen Vertikal
Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – Km 23,2**

No	Titik	Elevasi	Stasiun
10	4	209,864	79,950
11	5	209,988	96,550

**Tabel 5.35 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Jalan Yogyakarta – Wonosari
Km 24,3 – Km 24,6**

NO	Titik	Elevasi	Stasiun
1	A	163,750	0,00
2	VPI 1	158,85	60,00
3	VPI 2	158,85	250,00
4	B	162,450	310,0000
5	VPC 1	162,565	14,713
6	VPT 2	158,86	105,28
7	1	161,23	32,827
8	2	160,19	50,941
9	3	159,45	69,056
10	4	159,01	87,170
11	5	158,86	105,28
12	VPC 2	158,85	216,729
13	VPT 2	160,84	283,27
14	1	158,930	230,037
15	2	159,169	243,346
16	3	159,569	256,654
17	4	160,128	269,963
18	5	160,846	283,271

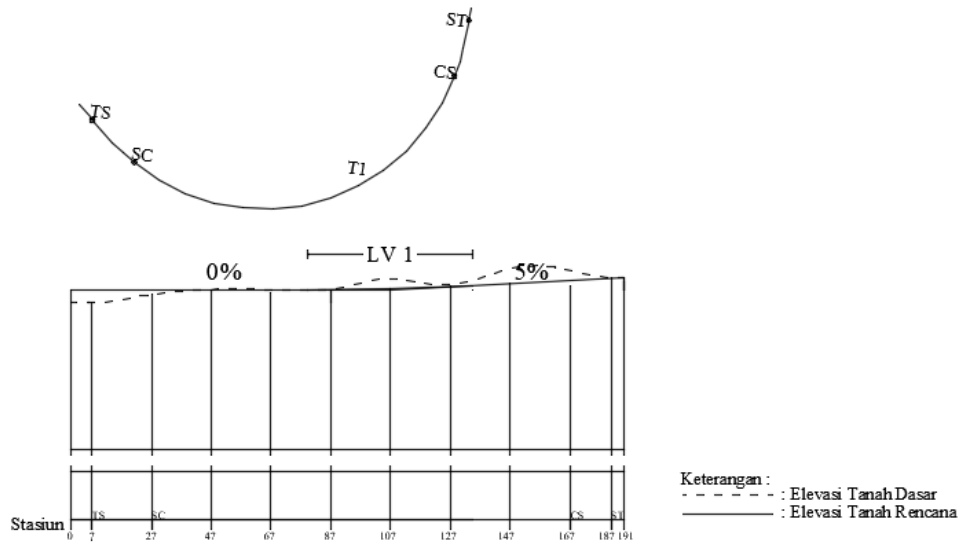
**Tabel 5.36 Rekapitulasi Titik-Titik Penting Jalan Yogyakarta – Wonosari
Km 26,4 – Km 26,6**

No	Titik	Elevasi	Stasiun
1	A	158	0
2	VPI	158	109
3	B	156,98	233
4	VPC	158	104,46
5	VPT	157,96	113,53
6	1	157,999	106,282
7	2	157,996	107,559
8	3	157,990	109,103
9	4	157,983	110,647
10	5	157,97	112,192

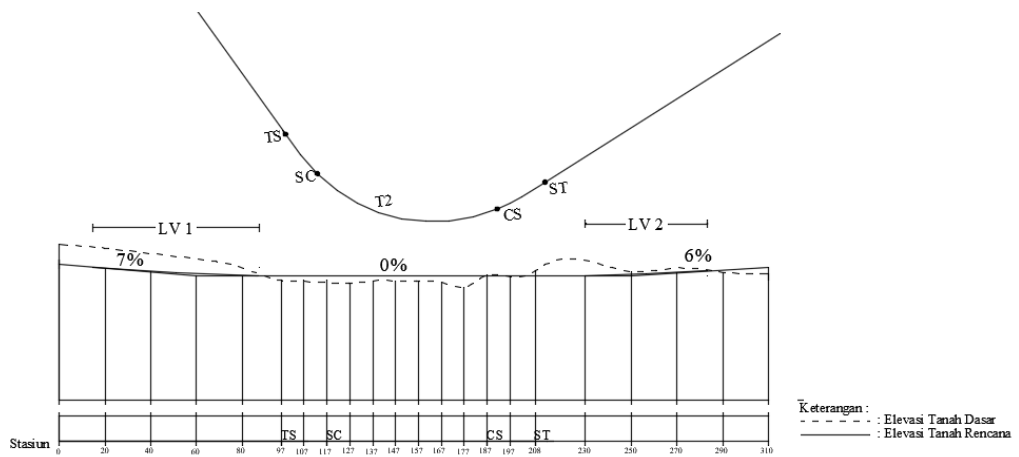
Lengkung vertikal dilapangan didapat dengan penggambaran di *Autocad 2015* sesuai dengan kondisi lapangan yang ada. Dari keseluruhan trase existing terdapat 5 lengkung vertikal. Terdapat 2 lengkung cekung dan 3 lengkung cembung. Kelandaian pada lengkung vertikal secara keseluruhan sudah memenuhi persyaratan kelandaian dari peraturan menteri Pekerjaan Umum no 19 tahun 2011.

5.3.5 Koordinasi Alinemen Horisontal

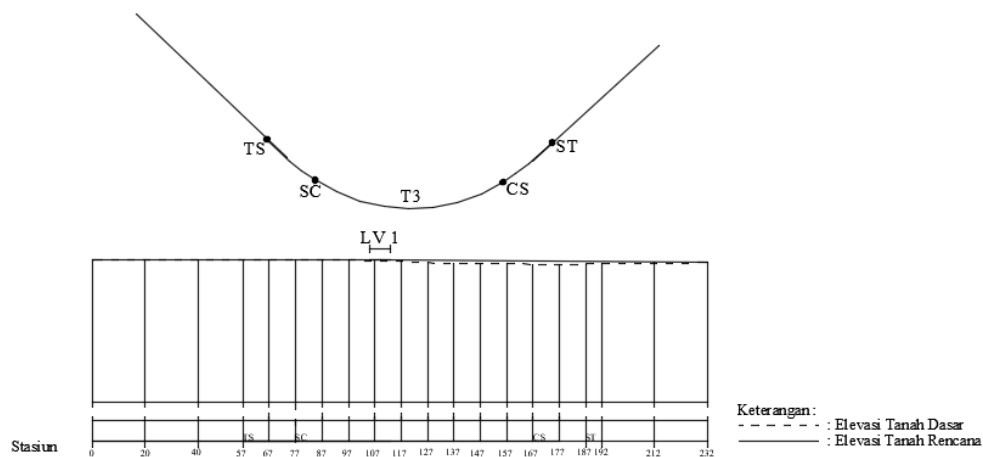
Berikut ini adalah gambar koordinasi alinemen horisontal dan alinemen vertikal trase eksisting yang dapat dilihat pada Gambar 5.22, Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 di bawah ini.



Gambar 5.24 Koordinasi Alinemen Horizontal dan Vertikal Tikungan 1 Alternatif



Gambar 5.25 Koordinasi Alinemen Horizontal dan Vertikal Tikungan 1 Alternatif



Gambar 5.26 Koordinasi Alinemen Horizontal dan Vertikal Tikungan 1 Alternatif

Koordinasi alinemen horizontal dan vertikal pada trase alternatif dilakukan dengan menggambar alinemen vertikal menggunakan *autocad* 2015 pada alinemen horizontal. Tikungan pada alinemen horizontal dan vertikal di cocokkan dengan lengkung vertikal Koordinasi alinemen yang sesuai dengan Bina Marga 1997 kedua alinemen horizontal harus berimpitan. Pada Jalan Yogyakarta – Wonosari Km 23 – 23,2 pada bagian tikungan terjadi kenaikan kelandaian sebesar 5% dari 0%. Kenaikan tersebut tidak mengganggu penglihatan pengemudi dikarenakan kelandaian jalan masih dibawah batas maksimum. Pada jalan Yogyakarta – Wonosari Km 24,3 – Km 26,6 pada tikungan kelandaian jalan sebesar 0%. Pada jalan Yogyakarta – Wonosari Km 26,4 – Km 26,6 bagian tikungan terjadi penurunan, penurunan yang terjadi relative kecil dikarenakan elevasi tanah dasar yang relatif datar, sehingga sudah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.