

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 TINJAUAN UMUM

Pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang cukup tinggi menyebabkan mobilitas massa meningkat, sehingga kebutuhan pergerakannya pun meningkat bahkan melebihi kapasitas prasarana yang ada. Kurangnya ketelitian dalam memperhitungkan faktor-faktor yang menentukan baik teknis maupun ekonomis pada suatu sistem jaringan dalam jangka waktu yang cukup lama dapat menyebabkan sistem prasarana transportasi tersebut menjadi sangat rentan terhadap kelebihan kapasitas. Untuk menanggulangnya dapat dilakukan dengan peningkatan pelayanan pemberangkatan kereta api sesering mungkin, maka dengan membuat jalur ganda yang dapat meningkatkan pelayanan dengan cara pemberangkatan kereta api yang ditingkatkan akan berpengaruh terhadap frekuensi kereta api.

Dengan melihat kepadatan frekuensi lalu lintas kereta api koridor Solobalapan – Sragen saat ini telah terlampaui. Dengan rencana pembangunan jalur ganda antara Solobalapan – Sragen akan meningkatkan kinerja jaringan jalur kereta api lintas selatan pulau Jawa.

5.2 KONDISI JALAN EKSISTING

1. Lokasi

Lokasi wilayah studi berada diantara stasiun Solobalapan – Sragen yaitu pada Km 262+720 s.d Km 233+761. Koridor ini merupakan lintas utama yang menghubungkan lintas selatan pulau Jawa. Pada koridor ini terdapat 6 stasiun yaitu :

- a. Solobalapan Km 262+720
- b. Solojebres Km 260+634
- c. Palur Km 256+484
- d. Kemiri Km 251+670
- e. Masaran Km 242+740

f. Sragen Km 233+761

Lokasi dapat dilihat pada gambar 5.1 pada halaman 65 peta wilayah Daop 6 Yogyakarta.

2. Kelas Jalan

Beban lintas adalah jumlah angkutan anggapan yang melewati suatu lintas dalam jangka waktu satu tahun. Daya angkut lintas mencerminkan jenis serta jumlah beban total dan kecepatan kereta api yang lewat di lintas yang bersangkutan. Beban lintas terpasang pada koridor Stasiun Solobalapan – Stasiun Sragen saat ini adalah kelas I.

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Adapun beban gandar dari Stasiun Solobalapan – Stasiun Sragen adalah 18 ton.

3. Fungsi Jalan

Jalan rel lintas Stasiun Solobalapan – Stasiun Sragen merupakan lintas utama jalur selatan yang lalu lintasnya tinggi.



Gambar 5.1 Peta Lintas Daop 6 Yogyakarta
(Sumber : PT. Kereta Api Indonesia, 2015)

4. Struktur Jalan Rel

Pada Jalur kereta api dari Stasiun Solobalapan – Stasiun Sragen ini digunakan rel jenis R.54. Bantalan yang digunakan adalah bantalan beton.

Tabel 5.1 Kontruksi Sepur Stasiun Solobalapan – Stasun Sragen

No	KM	Antara Stasiun	Jenis Bantalan	Jenis Rel
1	262 + 720 / 260 + 634	Solobalapan-Solojebres	Beton	R.54
2	260 + 634 / 256 + 484	Solojebres-Palur	Beton	R.54
3	256 + 484 / 251 + 670	Palur-Kemiri	Beton	R.54
4	251 + 670 / 242 + 740	Kemiri-Masaran	Beton	R.54
5	242 + 740 / 233 + 761	Masaran-Sragen	Beton	R.54

Sumber : GAPEKA (2015)

5.3 ANALISIS

5.3.1 Analisis Potensi Penumpang Dan Barang

Untuk Mengetahui Kecenderungan potensi penumpang dan barang pada masa mendatang yang akan dilayani oleh jalur ganda, maka digunakan variabel jumlah penduduk, jumlah penumpang, dan volume angkutan barang. Data jumlah penduduk yang diambil dan di pakai pada analisa ini adalah data jumlah penduduk pulau Jawa karena jalan kereta api stasiun Solobalapan – Sragen beradaa di lintas selatan pulau Jawa. Berikut ini adalah jumlah penduduk pulau Jawa dari tahun 2010-2014 dan jumlah penumpang kereta api dari tahun 2010-2014:

Tabel 5.2 Jumlah Penduduk Pulau Jawa Tahun 2010-2014

Tahun	Jumlah (jiwa)		total	Pertumbuhan (%)
	pria	perempuan		
2010	16091555	16352331	32443886	-
2011	16231847	16493531	32725378	0.86%
2012	16367703	16630989	32998692	0.83%
2013	16499377	16764962	33264339	0.80%
2014	16627023	16895640	33522663	0.77%

Sumber : Badan Pusat Statistik (2015)

Tabel 5.3 Volume Penumpang Pada Tahun 2010-2014

Tahun	Jumlah (jiwa)
2010	1272298.814
2011	1301584.465
2012	1331544.209
2013	1362193.565
2014	1393548.404

Sumber : DAOP VI Yogyakarta (2015)

Tabel 5.4 Volume Angkutan Barang Pada Tahun 2010-2014

Volume Angkutan Barang	2010 (Ton)	2011 (Ton)	2012 (Ton)	2013 (Ton)	2014 (Ton)
BBM (Bahan Bakar Minyak)	55392,2	56236	58677,08	75734,4	69191,673
KBB (Kiriman Bayar Belakang)	22249,2	22588	46235	2062	34250
BHP (Barang Hantaran Potongan)	7266,35	7377	11170	12465	13040
Jumlah	84907,8	86201	116082,1	90261,4	116481,67

Sumber : DAOP VI Yogyakarta (2015)

1. Analisis Potensi Penumpang

Untuk mengetahui hubungan pertumbuhan penumpang kereta api dengan jumlah penduduk, maka harus terlebih dahulu dicari koefisien determinasinya dan dicari regresinya.

Tabel 5.5 Volume Jumlah Penduduk Dan Jumlah Penumpang

Tahun	Penumpang (jiwa)	Penduduk (jiwa)
2010	1272298,814	32443886
2011	1301584,465	32725378
2012	1331544,209	32998692
2013	1362193,565	33264339
2014	1393548,404	33522663

Sumber : Analisis data (2015)

Perhitungan pertumbuhan penduduk menggunakan analisis fungsi linear, seperti uraian berikut ini:

Tabel 5.6 Pertumbuhan Penduduk Selama 2010-2014

X (TAHUN)	u	Y (Penduduk)	u.y	u ²	y'
2010	-2	32443886	-64887772	4	32451689
2011	-1	32725378	-32725378	1	32721340
2012	0	32998692	0	0	32990992
2013	1	33264339	33264339	1	33260643
2014	2	33522663	67045326	4	33530295
Jumlah		164954958	2696515	10	

Sumber : Analisis data (2015)

$$a = \frac{\sum y}{n}$$

$$a = \frac{164954958}{5}$$

$$a = 32990992$$

$$b = \frac{\sum u.y}{\sum u^2}$$

$$b = \frac{2696515}{10}$$

$$b = 269651,5$$

$$y' = a + b.u$$

$$i = \left(\frac{Pn}{Po} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$i = \left(\frac{33530295}{32451689} \right)^{\frac{1}{4}} - 1$$

$$i = 0,82\%$$

Berikut Tabel pertumbuhan penduduk sampai dengan tahun 2034 dengan menggunakan tahun 2014 sebagai tahun ke-0.

Tabel 5.7 Pertumbuhan Penduduk Tahun 2014-2034

Tahun	n	Penduduk
2014	0	33522663
2015	1	33797807,53
2016	2	34075210,38
2017	3	34354890,06
2018	4	34636865,28
2019	5	34921154,87
2020	6	35207777,83
2021	7	35496753,31
2022	8	35788100,62
2023	9	36081839,22
2024	10	36377988,75
2025	11	36676568,99
2026	12	36977599,89
2027	13	37281101,57
2028	14	37587094,31
2029	15	37895598,54
2030	16	38206634,89
2031	17	38520224,14
2032	18	38836387,25
2033	19	39155145,33
2034	20	39476519,68

Perhitungan pertumbuhan angkutan penumpang dilihat dari hubungan di bawah ini :

Tabel 5.8 Analisis Regresi Linear Volume Angkutan Penumpang Terhadap Penduduk Tahun 2010-2014

Tahun	Penduduk	Penumpang	X ²	Y ²	XY
2010	32443886	1272298,814	1052605738781000	1618744272554	41278317685066
2011	32725378	1301584,465	1070950365242880	1694122118567	42594843603955
2012	32998692	1331544,209	1088913673710860	1773009981428	43939217248410
2013	33264339	1362193,565	1106516249106920	1855571307282	45312468514566
2014	33522663	1393548,404	1123768934611570	1941977153244	46715453508883
Jumlah	164954958	6661169	5442754961453230	8883424833074	219840300560879

Maka diperoleh

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(6661169)(5442754961453230) - (164954958)(219840300560879)}{5(5442754961453230) - (164954958)^2}$$

$$a = -2374291$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{5(219840300560879) - (164954958)(6661169)}{5(5442754961453230) - (164954958)^2}$$

$$b = 0,112349608$$

Jadi persamaan regresi linearnya adalah

$$Y = -2374291 + 0,112349608X$$

Dari analisis diatas maka dapat diperkirakan volume angkutan penumpang selama umur rencana. Dengan umur rencana jalur ganda 20 tahun yaitu dari tahun 2014 sampai dengan 2034, maka perhitungan volume angkutan selama umur rencana dengan metode regresi liner adalah sebagai berikut :

Tabel 5.9 Volume Angkutan Penumpang Selama Umur Rencana Dengan Metode Regresi Linier Terhadap Penduduk

Tahun	Penduduk	Penumpang
2014	33522663	1391967
2015	33797807,53	1422879,3
2016	34075210,38	1454045,4
2017	34354890,06	1485467,3
2018	34636865,28	1517147,2
2019	34921154,87	1549087
2020	35207777,83	1581289
2021	35496753,31	1613755,2
2022	35788100,62	1646488
2023	36081839,22	1679489,4
2024	36377988,75	1712761,7
2025	36676568,99	1746307,1
2026	36977599,89	1780127,8
2027	37281101,57	1814226,1
2028	37587094,31	1848604,2
2029	37895598,54	1883264,6
2030	38206634,89	1918209,4
2031	38520224,14	1953441
2032	38836387,25	1988961,8
2033	39155145,33	2024774,1
2034	39476519,68	2060880,4

2. Analisis Potensi Barang

Untuk mengetahui hubungan pertumbuhan penumpang kereta api dengan jumlah penduduk, maka harus terlebih dahulu dicari koefesien determinasinya dan dicari regresinya.

Tabel 5.10 Volume Jumlah Penumpang Dan Volume Angkutan Barang

Tahun	Barang (Ton)	Penumpang (Jiwa)
2010	84907,77	1272298,814
2011	86200,78	1301584,465
2012	116082,1	1331544,209
2013	90261,42	1362193,565

Tahun	Barang (Ton)	Penumpang (Jiwa)
2014	116481,7	1393548,404

Perhitungan pertumbuhan penduduk menggunakan analisa fungsi linear, seperti uraian berikut ini:

Tabel 5.11 Pertumbuhan Penduduk Selama 2010-2014

Tahun	u	Penumpang	u.y	u ²	y'
2010	-2	1272298,814	-2544597,628	4	1271612,236
2011	-1	1301584,465	-1301584,465	1	1301923,063
2012	0	1331544,209	0	0	1332233,891
2013	1	1362193,565	1362193,565	1	1362544,719
2014	2	1393548,404	2787096,807	4	1392855,547
Jumlah		6661169,456	303108,2788	10	

$$a = \frac{\sum y}{n}$$

$$a = \frac{6661169,456}{5}$$

$$a = 1332234$$

$$b = \frac{\sum u.y}{\sum u^2}$$

$$b = \frac{303108,2788}{10}$$

$$b = 30310,83$$

$$y' = a + bu$$

$$i = \left(\frac{P_n}{P_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$i = \left(\frac{1392855,547}{1271612,236} \right)^{\frac{1}{4}} - 1$$

$$i = 2,30\%$$

Berikut Tabel pertumbuhan penumpang sampai dengan tahun 2034 dengan menggunakan tahun 2014 sebagai tahun ke-0.

Tabel 5.12 Pertumbuhan Penduduk Tahun 2014-2034

Tahun	n	penumpang
2014	0	1393548,404
2015	1	1425640,102
2016	2	1458470,832
2017	3	1492057,614
2018	4	1526417,857
2019	5	1561569,375
2020	6	1597530,389
2021	7	1634319,54
2022	8	1671955,9
2023	9	1710458,979
2024	10	1749848,736
2025	11	1790145,591
2026	12	1831370,433
2027	13	1873544,631
2028	14	1916690,05
2029	15	1960829,054
2030	16	2005984,525
2031	17	2052179,87
2032	18	2099439,037
2033	19	2147786,525
2034	20	2197247,395

Perhitungan pertumbuhan angkutan penumpang dilihat dari hubungan di bawah ini :

Tabel 5.13 Analisis Regresi Linear Volume Angkutan Penumpang Terhadap Volume Barang Tahun 2010-2014

Tahun	Penumpang (Jiwa)	Barang (Ton)	X ²	Y ²	XY
2010	1272298,814	84907,76986	1618744272554	7209329382	108028054903
2011	1301584,465	86200,78158	1694122118567	7430574745	112197598144
2012	1331544,209	116082,0845	1773009981428	13475050340	154568427412
2013	1362193,565	90261,42166	1855571307282	8147124241	122953527717
2014	1393548,404	116481,6734	1941977153244	13567980229	162322849963
Jumlah	6661169	493934	8883424833074	49830058937	660070458141

Maka diperoleh

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(493934)(8883424833074) - (6661169)(660070458141)}{5(8883424833074) - (6661169)^2}$$

$$a = -196275$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{5(660070458141) - (6661169)(493934)}{5(8883424833074) - (6661169)^2}$$

$$b = 0,221479311$$

Jadi persamaan regresi linearnya adalah

$$Y = -196275 + 0,221479311 X$$

Dari analisis diatas maka dapat diperkirakan volume angkutan penumpang selama umur rencana. Dengan umur rencana jalur ganda 20 tahun yaitu dari tahun 2014 sampai dengan 2034, maka perhitungan volume angkutan selama umur rencana dengan metode regresi liner adalah sebagai berikut :

Tabel 5.14 Volume Penumpang Selama Umur Rencana dengan Metode Regresi Linier Terhadap Barang

Tahun	Penumpang (Jiwa)	Barang (Ton)
2014	1393548,404	112366,6422
2015	1425640,102	119474,2894
2016	1458470,832	126745,617
2017	1492057,614	134184,3942
2018	1526417,857	141794,4773
2019	1561569,375	149579,8112
2020	1597530,389	157544,4318

Tahun	Penumpang (Jiwa)	Barang (Ton)
-------	---------------------	-----------------

Lanjutan Tabel 5.14 Volume Penumpang Selama Umur Rencana dengan Metode Regresi Linier Terhadap Barang

2021	1634319,54	165692,4677
2022	1671955,9	174028,1428
2023	1710458,979	182555,7782
2024	1749848,736	191279,7945
2025	1790145,591	200204,7142
2026	1831370,433	209335,1637
2027	1873544,631	218675,8762
2028	1916690,05	228231,6937
2029	1960829,054	238007,57
2030	2005984,525	248008,5726
2031	2052179,87	258239,8859
2032	2099439,037	268706,8137
2033	2147786,525	279414,782
2034	2197247,395	290369,3415

Dari kedua analisis di atas dapat disimpulkan untuk angkutan penumpang sampai tahun 2034 diperkirakan akan mengalami kenaikan sebesar 16,4% atau sebanyak 5502890 jiwa. Sedangkan untuk angkutan barang sampai tahun 2034 diperkirakan akan mengalami kenaikan sebesar 46,06% atau sebesar 51753,29917 ton. Untuk itu diperlukan rangkaian kereta tambahan yang sebanding dengan kenaikan penumpang. Jika pada tahun 2014 telah beroperasi 46 kereta penumpang, maka pada tahun 2034 perlu tambahan rangkaian kereta sebanyak 8 kereta penumpang. Dan jika pada tahun 2014 telah beroperasi 4 rangkaian kereta api barang maka pada tahun 2034 diperkirakan perlu tambahan rangkaian kereta sebanyak 2 rangkaian sehingga total kereta penumpang dan barang yang dibutuhkan pada tahun 2034 sebanyak 62 rangkaian kereta api.

5.3.2 Analisis Pola Operasional Kereta Api

Kajian operasional diawali dengan evaluasi terhadap kepadatan lintas jalur tunggal eksisting yang dihadapkan dengan kapasitas lintasnya.

Sebelum melakukan evaluasi terhadap kepadatan lintas sekiranya perlu dipahami beberapa karakteristik dan sifat-sifat umum pada jalur tunggal dan jalur ganda.

A. Jalur Tunggal

- 1) Kecepatan rata-rata kereta api pada sistem jalur tunggal sangat rendah dan semakin banyak kereta api yang dioperasikan semakin rendah pula kecepatan rata-ratanya. Hal ini disebabkan pada sistem jalur tunggal persilangan selalu wajib dilaksanakan mengingat untuk keamanan operasional perjalanan kereta api dikenal adanya skala prioritas untuk memberikan kesempatan pada kereta api yang mempunyai kecepatan jelajah lebih tinggi, dan untuk kereta api yang mempunyai kecepatan jelajah lebih rendah wajib berhenti di stasiun untuk menunggu persilangan. Bagi kereta api yang berhenti dan menunggu distasiun untuk bersilangan akan mengalami kerugian waktu minimum ± 8 menit dan maksimum ditambah waktu perjalanan kereta api dari arah lawan pada petak di depannya, sehingga kerugian total waktu rata-rata ± 10 menit.
- 2) Penyusulan lebih sering dilaksanakan. Selama ada skala prioritas operasional perjalanan keretaapi, maka bagi kereta api yang memiliki prioritas lebih rendah akan lebih sering mengalami persilangan dan akan lebih sering disusul oleh kereta api yang mempunyai prioritas lebih tinggi. Pada umumnya dengan terjadinya persilangan bagi kereta api yang skala prioritas perjalanannya lebih rendah akan mengakibatkan penurunan kecepatan jelajahnya, sehingga terjadi penyusulan oleh keret api dibelakangnya yang memiliki prioritas perjalanan lebih tinggi. Kerugian waktu minimum bagi kereta api yang berhenti dan menunggu di stasiun untuk penyusulan ± 15 menit dan maksimum ditambah waktu perjalanan kereta api yang bersangkutan pada petak jalan mukanya, sehingga kerugian rata-rata menjadi 20 menit.

B. Jalur Ganda

- 1) Kecepatan rata-rata kereta api pada sistem jalur ganda lebih tinggi bila dibandingkan dengan jalur tunggal, bahkan di jalur ganda ini kecepatan rata-ratanya hampir mendekati kecepatan kereta api yang direncanakan Gapeka. Hal ini disebabkan karena pada sistem jalur ganda tidak ada persilangan sehingga kecepatan rata-rata pada setiap petak jalan yang dilalui pada lintas yang bersangkutan menjadi lebih tinggi atau lebih singkat (mendekati waktu perjalanan dalam Gapeka) bila dibandingkan dengan waktu perjalanan pada jalur tunggal.
- 2) Penyusulan jarang sekali dilaksanakan karena tergantung dari kecepatan rata-rata dan pola operasi di lintas yang bersangkutan sehingga kerugian operasi perjalanan rata-rata di jalur ganda relatif sangat kecil. Pengaturan penyusulan lebih mudah perencananya yaitu dengan mengatur pola operasi perjalanan kereta api pada saat menyusun Gapeka.
- 3) Untuk meningkatkan kapasitas lintas di jalur ganda cukup dengan memperpendek petak blok bukan dengan memperpendek jarak antar 2 stasiun secara fisik.

Jalur tunggal kereta api stasiun Solobalapan – Stasiun Sragen saat ini melayani 50 rangkaian kereta api.

Tabel 5.15 Rangkaian Kereta Api Yang Dilayani Oleh Solobalapan – Sragen

No	No. KA	NAMA KERETA	TRAYEK		JAM	
			Dari	Ke	Berangkat	Datang
1	5	ARGOWILIS	SGU	BD	7:00	19:06
2	6	ARGOWILIS	BD	SGU	8:30	20:19
3	41	GAJAYANA	ML	GWR	13:30	4:03
4	42	GAJAYANA	GWR	ML	17:45	9:20
5	43	BIMA	ML	GMR	14:25	5:29
6	44	BIMA	GMR	ML	16:45	8:10
7	49	TURANGGA	SGU	BD	16:30	5:21
8	50	TURANGGA	BD	SGU	19:30	8:12
9	131	MUITARA SELATAN	SGU	BD	7:00	8:00
10	132	MUITARA SELATAN	BD	SG4	7:00	8:00
11	55	BANGUNKARTA	SGU	GMR	16:00	4:46
12	56	BANGUNKARTA	GMR	SGU	15:00	3:46
13	83	SANCAKA	SGU	YK	7:30	12:55

No	No. KA	NAMA KERETA	TRAYEK		JAM	
			Dari	Ke	Berangkat	Datang
14	84	SANCAKA	YK	SGU	6:45	11:40
15	85	SANCAKA	SGU	YK	17:25	22:32
16	86	SANCAKA	YK	SGU	16:30	21:51
17	99	MALABAR	ML	BD	16:00	8:25
18	100	MALABAR	BD	ML	16:50	9:01
19	101	MALIOBORO EKSPRES	ML	YK	8:25	15:40
20	102	MALIOBORO EKSPRES	YK	ML	7:30	15:37
21	103	MALIOBORO EKSPRES	ML	YK	20:15	3:57
22	104	MALIOBOR O EKSPRES	YK	ML	20:45	4:00
23	149	MOJOPAHIT	ML	PSE	18:20	9:54
24	150	MOJOPAHIT	PSE	ML	18:30	9:55
25	165	KRAKATAU	KD	MER	7:45	2:07
26	166	KRAKATAU	MER	KD	9:15	2:35
27	167	KRAKATAU	MER	KD	9:15	2:35
28	168	KRAKATAU	KD	MER	7:45	2:07
29	171	MATARMAJA	ML	PSE	17:00	9:05
30	172	MATARMAJA	PSE	ML	15:15	7:50
31	173	GAYABARU MALAM	SGU	PSE	12:00	1:48
32	174	GAYABARU MALAM	PSE	SGU	10:30	1:25
33	175	BRANTAS	KD	PSE	13:00	2:14
34	176	BRANTAS	PSE	KD	16:00	6:36
35	179	PASUNDAN	SGU	KAC	8:15	23:19
36	180	PASUNDAN	KAC	SGU	5:20	21:36
37	181	KAHURIPAN	KD	KAC	13:40	3:32
38	182	KAHURIPAN	KAC	KD	20:00	9:43
39	193	SRI TANJUNG	BW	LPN	6:30	19:30
40	194	SRI TANJUNG	LPN	BW	7:15	21:15
41	195	SRI TANJUNG	LPN	BW	7:15	21:15
42	196	SRI TANJUNG	BW	LPN	6:30	19:30
43	253	MADIUN JAYA	MN	YK	5:50	9:45
44	254	MADIUN JAYA	YK	MN	16:35	20:40
45	255	MADIUN JAYA	YK	MN	5:50	9:45
46	256	MADIUN JAYA	MN	YK	16:35	20:40
47	2617	BBM (BARANG)	MN	RWL	22:45	3:55
48	2618	BBM (BARANG)	RWL	MN	11:10	16:24
49	2749	SEMEN (BARANG)	SR	KRL	12:40	19:07
50	2750	SEMEN (BARANG)	KRL	SR	21:49	5:05

Sumber : DAOP VI Yogyakarta (2015)

1. Kepadatan Lintas

Kepadatan lintas adalah jumlah kereta api yang benar-benar lewat atau yang dijalankan sesuai Gapeka pada lintas (petak jalan) tertentu dan dalam waktu tertentu. Keberadaan stasiun sebagai tempat penyusulan pada lintas jalur ganda diperlukan apabila ada perbedaan puncak kecepatan dari berbagai kereta api yang dioperasikan pada lintas tersebut. Sedangkan jarak antar 2 stasiun di jalur ganda tidak perlu sama dengan jarak antara 2 stasiun pada jalur tunggal, sehingga apabila semula jalur tunggal kemudian di tingkatkan menjadi jalur ganda, maka sebagian stasiun yang ada pada lintas tersebut dapat dipertimbangkan untuk dihapus dan difungsikan sebagai *intermediate blok*, sepanjang syarat-syarat lain terpenuhi.

Program dan realisasi frekuensi kereta api dilintas Solobalapan – Sragen dibagi menjadi 3 bagian waktu, yaitu :

- a. Pukul 00.00 – 08.00 (8 jam = 480 menit)
- b. Pukul 08.00 – 16.00 (8 jam = 480 menit)
- c. Pukul 16.00 – 24.00 (8 jam = 480 menit)

Maksud dari pembagian waktu untuk melihat rentang waktu longgar dan padat. Dari data yang ada memperlihatkan waktu longgar berada pada rentang waktu 00.00 – 08.00 dan 08.00 – 16.00, sedangkan waktu padat ada pada rentang waktu 16.00 – 24.00.

Tabel 5.17 Frekuensi KA Penumpang Dan Barang Pada Jam-Jam Sepi, Sedang Dan Sibuk Di DAOP VI Yogyakarta

Pukul				Pukul				Pukul			
00.00 - 08.00 (8 jam = 480 menit)				08.00 - 16.00 (8 jam = 480 menit)				16.00 - 24.00 (8 jam = 480 menit)			
pnp	brg	jml	Rata-rata	pnp	brg	jml	Rata-rata	pnp	brg	jml	Rata-rata
			32				34				25
13	2	15	1 KA tiap 32 menit	12	2	14	1 KA tiap 34 menit	19	0	19	1 KA tiap 25 menit

Sumber : GAPEKA (2015)

Kepadatan lintas yang terjadi pada jam 16.00 – 24.00 ini, dimana terdapat sebanyak 19 perjalanan kereta api mengakibatkan terjadinya 10 persilangan.

2. Kapasitas Lintas Eksisting

Kapasitas lintas adalah banyaknya (jumlah) kereta api yang dapat lewat atau dijalankan dengan tertib dan aman pada suatu lintas tertentu dan dalam waktu tertentu.

Dalam menghitung kapasitas lintas yang diambil adalah :

- 1) Daerah lintas adalah petak jalan yang terpanjang dalam lintas tersebut.
- 2) Waktu tempuh kereta api dengan kecepatan yang terendah pada lintas tersebut.

Kapasitas lintas dapat maksimum apabila :

- 1) Panjang setiap petak jalan pada lintas tersebut harus sama.
- 2) Semua kereta api mempunyai sifat sama mengenai kecepatan yang diijinkan, demikian pula untuk percepatan dan perlambatannya.
- 3) Perjalanan kereta api harus teratur dengan selang waktu untuk setiap jurusan tetap.
- 4) Kereta api yang berlawanan arah harus dapat masuk serempak di semua stasiun.
- 5) Pada petak jalan yang terpanjang diusahakan harus selalu terisi oleh kereta api.
- 6) Tenaga-tenaga yang berhubungan dengan operasional perjalanan kereta api harus melaksanakan tugas dengan profesional dan efisien.
- 7) Prasarana dan sarana yang dipergunakan untuk operasional perjalanan kereta api harus layak pakai dan pada kondisi baik.

Secara implisit kapasitas lintas suatu jalan kereta api dipengaruhi oleh jarak, waktu tempuh dan kecepatan ijin. Untuk Stasiun Solobalapan – Sragen ini dengan jarak stasiun terjauh adalah antara Masaran - Sragen 8,979 km, kecepatan ijin 100 km/jam, kapasitas lintasnya adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{24 * 60}{2 * \left(60 * \frac{D}{V} + 1,5 \right)}$$

$$C = \frac{24 * 60}{2 * \left(60 * \frac{17,909}{100} + 1,5 \right)}$$

$C = 58,79 / 59$ perjalanan KA/hari

Dengan membandingkan antara kepadatan lintas dan kapasitas lintas yang ada, pada koridor Solobalapan – Sragen tidak terjadinya kelebihan kapasitas karena kapasitas terpasang melayani 50 KA/hari sedangkan sesuai hitungan 59 KA/hari.

Sedangkan menurut JNR (*Japan National Railways*) jalur tunggal kereta api sudah saatnya ditingkatkan menjadi jalur ganda apabila :

$$\frac{\text{Jumlah Persilangan} \times 100}{\text{Jumlah KM} \times \text{KA}} > 1,6$$

Maka evaluasi kepadatan dan kapasitas lintas jalur tunggal Solobalapan – Sragen adalah sebagai berikut :

$$\frac{28 \times 100}{28,95 \times 50} = 1,9343 > 1,6$$

Dan evaluasi kepadatan dan kapasitas pada jam sibuk :

$$\frac{13 \times 100}{28,95 \times 25} = 1,796 > 1,6$$

Sehingga secara keseluruhan hasil evaluasi terhadap kepadatan dan kapasitas lintas tersebut memberikan indikasi agar jalur tunggal Solobalapan – Sragen sudah seharusnya untuk ditingkatkan menjadi jalur ganda, sehingga :

- 1) Tidak ada persilangan lagi, sehingga dampaknya akan mengurangi waktu perjalanan kereta api.
- 2) Dampak berikutnya akan meningkatkan kecepatan rata-ratanya mendekati Gapeka.
- 3) Kapasitas lintasnya akan meningkat lebih besar

3. Spesifikasi Dasar Kelas Jalan Rel

Penentuan klasifikasi dasar kelas jalan rel untuk perencanaan jalur ganda ini didasarkan pada data *passing tonnage* kereta api pada jalur kereta api Solobalapan – Sragen yang bersumber DAOP VI Yogyakarta.

Tabel 5.18 Beban Maksimum Lintas Perhari Tahun 2015 Koridor Solobalapan Sragen

No	No. KA	NAMA KERETA	TRAYEK		Jumlah			JENIS LOK	Berat (ton)		
			Dari	Ke	KA PNP	KA BRG	SF		Lok	Pnp	Brg
1	5	ARGOWILIS	SGU	BD	1	-	9	CC 203	172	600	0
2	6	ARGOWILIS	BD	SGU	1	-	9	CC 203	172	600	0
3	41	GAJAYANA	ML	GWR	1	-	11	CC 206	172	800	0
4	42	GAJAYANA	GWR	ML	1	-	11	CC 206	172	800	0
5	43	BIMA	ML	GMR	1	-	11	CC 206	172	800	0
6	44	BIMA	GMR	ML	1	-	11	CC 206	172	800	0
7	49	TURANGGA	SGU	BD	2	-	9	CC 206	172	1200	0
8	50	TURANGGA	BD	SGU	2	-	9	CC 206	172	1200	0
9	131	MUTIARA SELATAN	SGU	BD	1	-	8	CC 203	172	768	0
10	132	MUTIARA SELATAN	BD	SG4	1	-	8	CC 203	172	768	0
11	55	BANGUNKARTA	SGU	GMR	1	-	11	CC 206	172	800	0
12	56	BANGUNKARTA	GMR	SGU	1	-	11	CC 206	172	800	0
13	83	SANCAKA	SGU	YK	1	-	10	CC 203	172	884	0
14	84	SANCAKA	YK	SGU	1	-	10	CC 203	172	884	0
15	85	SANCAKA	SGU	YK	1	-	10	CC 203	172	884	0
16	86	SANCAKA	YK	SGU	1	-	10	CC 203	172	884	0
17	99	MALABAR	ML	BD	1	-	10	CC 206	172	980	0
18	100	MALABAR	BD	ML	1	-	10	CC 206	172	980	0
19	101	MALIOBORO EKSPRES	ML	YK	1	-	5	CC 203	172	940	0
20	102	MALIOBORO EKSPRES	YK	ML	1	-	5	CC 203	172	940	0
21	103	MALIOBORO EKSPRES	ML	YK	1	-	5	CC 203	172	940	0
22	104	MALIOBORO EKSPRES	YK	ML	1	-	5	CC 203	172	940	0
23	149	MOJOPAHIT	ML	PSE	1	-	10	CC 203	172	1216	0
24	150	MOJOPAHIT	PSE	ML	1	-	10	CC 203	172	1216	0
25	165	KRAKATAU	KD	MER	1	-	10	CC 201	172	1216	0
26	166	KRAKATAU	MER	KD	1	-	10	CC 201	172	1216	0
27	167	KRAKATAU	MER	KD	1	-	10	CC 201	172	1216	0
28	168	KRAKATAU	KD	MER	1	-	10	CC 201	172	1216	0
29	171	MATARMAJA	ML	PSE	1	-	10	CC 203	172	1216	0
30	172	MATARMAJA	PSE	ML	1	-	10	CC 203	172	1216	0
31	173	GAYABARU MALAM	SGU	PSE	1	-	10	CC 203	172	1792	0
32	174	GAYABARU MALAM	PSE	SGU	1	-	10	CC 203	172	1792	0
33	175	BRANTAS	KD	PSE	1	-	10	CC 203	172	1792	0
34	176	BRANTAS	PSE	KD	1	-	10	CC 203	172	1792	0
35	179	PASUNDAN	SGU	KAC	1	-	8	CC 201	172	1368	0
36	180	PASUNDAN	KAC	SGU	1	-	8	CC 201	172	1368	0

No	No. KA	NAMA KERETA	TRAYEK		Jumlah			JENIS LOK	Berat (ton)		
			Dari	Ke	KA PNP	KA BRG	SF		Lok	Pnp	Brg
37	181	KAHURIPAN	KD	KAC	1	-	8	CC 203	172	1368	0
38	182	KAHURIPAN	KAC	KD	1	-	8	CC 203	172	1368	0
39	193	SRI TANJUNG	BW	LPN	1	-	9	CC 201	172	684	0
40	194	SRI TANJUNG	LPN	BW	1	-	9	CC 201	172	684	0

Lanjutan Tabel 5.19 Beban Maksimum Lintas Perhari Tahun 2015 Koridor Solobalab Sragen

41	195	SRI TANJUNG	LPN	BW	1	-	9	CC 201	172	684	0
42	196	SRI TANJUNG	BW	LPN	1	-	9	CC 201	172	684	0
43	253	MADIUN JAYA	MN	YK	-	1	-	CC 204	172	600	0
44	254	MADIUN JAYA	YK	MN	-	1	-	CC 204	172	600	0
45	255	MADIUN JAYA	YK	MN	-	1	-	CC 204	172	600	0
46	256	MADIUN JAYA	MN	YK	-	1	-	CC 204	172	600	0
47	2617	BBM	MN	RWL	-	1	20	CC 206	172	0	600
48	2618	BBM	RWL	MN	-	1	20	CC 206	172	0	600
49	2749	SEMEN	SR	KRL	-	1	30	CC 206	172	0	1680
50	2750	SEMEN	KRL	SR	-	1	30	CC 206	172	0	1680
		Jumlah			44	8			8600	46696	4560

Sumber : DAOP VI Yogyakarta (2015)

Diketahui pertumbuhan penumpang dan barang rata-rata 1,56% pertahun sehingga dapat diperoleh perhitungan beban lintas pada tahun rencana.

Tabel 5.20 Perhitungan Daya Angkut Lintas

TAHUN	TONAGE KA (TON)			TE (TON/HARI) TE=Tp+(Kb*Tb)+(KI*TI)	T (TON/TAHUN) T=360*S*TE
	LOKOMOTIF	PENUMPANG	BARANG		
2015	8600	46696	4560	64664	25606944
2016	8734,16	47424,4576	4631,14	65672,7584	26006412,33
2017	8870,4129	48164,27914	4703,38	66697,25343	26412112,36
2018	9008,79134	48915,64189	4776,75	67737,73058	26824141,31
2019	9149,32848	49678,72591	4851,27	68794,43918	27242597,92
2020	9292,05801	50453,71403	4926,95	69867,63243	27667582,44
2021	9437,01411	51240,79197	5003,81	70957,5675	28099196,73
2022	9584,23153	52040,14832	5081,87	72064,50555	28537544,2
2023	9733,74554	52851,97464	5161,15	73188,71184	28982729,89
2024	9885,59197	53676,46544	5241,66	74330,45574	29434860,47
2025	10039,8072	54513,8183	5323,43	75490,01085	29894044,3
2026	10196,4282	55364,23387	5406,48	76667,65502	30360391,39

2027	10355,4925	56227,91592	5490,82	77863,67044	30834013,49
2028	10517,0382	57105,07141	5576,48	79078,3437	31315024,1
2029	10681,104	57995,91052	5663,47	80311,96586	31803538,48
2030	10847,7292	58900,64672	5751,82	81564,83253	32299673,68
2031	11016,9538	59819,49681	5841,55	82837,24392	32803548,59
2032	11188,8182	60752,68096	5932,68	84129,50492	33315283,95
2033	11363,3638	61700,42279	6025,23	85441,9252	33835002,38
2034	11540,6323	62662,94938	6119,22	86774,81923	34362828,42

Keterangan :

TE = daya angkut lintas harian (ton/hari)

T = daya angkut lintas (ton/tahun)

Tp = tonage harian KA penumpang

Tb = tonage harian KA barang

Tl = tonage harian KA lokomotif

Koefisien beban lintas dan kualitas :

Kb = 1,3

Kl = 1,4

S = 1,1

Berdasarkan PM No.60 tahun 2012 bab I koridor Solobalapan- Sragen termasuk kelas jalan I daya angkut lintas 25.606.944 Ton/tahun > 20.10⁶ ton/tahun.

5.3.2 Desain Jalur Ganda

1. Klasifikasi jalan rel

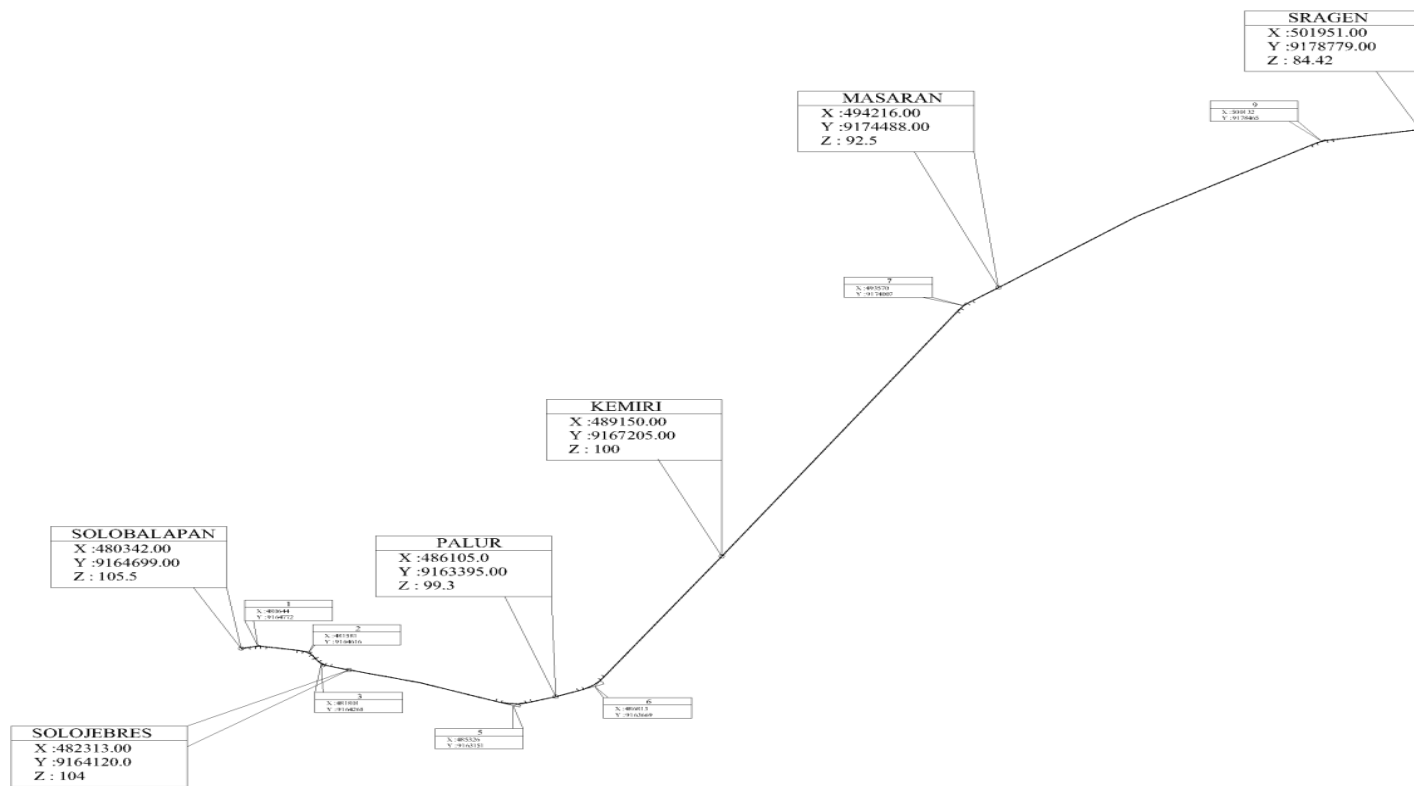
Dari hasil perhitungan Grafik Perjalanan Kereta Api, lalu lintas kereta api koridor Solobalapan – Sragen melayani 50 perjalanan kereta api perhari, dengan besarnya tonase penumpang dan kereta harian (Tp) sebesar 46696 ton, tonase barang dan gerbong harian (Tb) sebesar 4560 ton, tonase lokomotif harian (Ti) sebesar 8600 ton. Maka hasil perhitungan tonase per tahun nya adalah 25606944 ton, maka untuk perencanaan jalur ganda menggunakan perencanaan rel kelas I.

2. Trase

Dari data berupa foto udara yang diambil dari aplikasi komputer *google earth* dapat dilihat kondisi sekitar rel tunggal sebagai pertimbangan penentuan trase rel jalur ganda. Berdasarkan kondisi jalur tunggal, maka perencanaan jalur ganda berada di sebelah kanan dari jalur tunggal jika dari arah Solobalapan. Dengan mempertimbangkan ketersediaan lahan terbuka disebelah kanan lebih banyak, maka biaya pembebasan lahan akan lebih sedikit.

3. Geometrik

Trase baru di sebelah kanan jalur eksisting direncanakan mengikuti lengkung jalur eksisting.



Gambar 5.2 Trase Jalan Rel

a. Kordinat Titik Trase

Diketahui

Tabel 5.21 Koordinat Titik Trase Jalan Rel

Titik	Kordinat Titik	
	X	Y
SOLOBALAPAN (a)	480342	9164699
1	480644	9164772
2	481581	9164616
3	481801	9164265
SOLOJEBRES	482313	9164120
4	483615	9163773
5	485326	9163151
PALUR	486105	9163395
6	486813	9163669
KEMIRI	489150	9167205
7	493570	9174007
MASARAN	494216	9174488
8	496753	9176422
9	500132	9178465
SRAGEN	501951	9178779

b. Kontrol Jarak

Perhitungan kontrol jarak

$$\begin{aligned} D_1 &= \sqrt{(X_1 - X_a)^2 + (Y_1 - Y_a)^2} \\ &= \sqrt{(480644 - 480342)^2 + (9164772 - 9164699)^2} \\ &= 310,69760 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk kontrol jarak pada trase ini dapat dilihat pada Tabel 5.20

Tabel 5.22 Hasil kontrol Jarak

Titik	X	Y	Kontrol Jarak
SOLOBALAPAN	480342	9164699	-
1	480644	9164772	310,69760
2	481581	9164616	949,89736
3	481801	9164265	414,24751
SOLOJEBRES	482313	9164120	532,13626
4	483615	9163773	1347,44684
5	485326	9163151	1820,55074
PALUR	486105	9163395	816,31918
6	486813	9163669	759,17060
KEMIRI	489150	9167205	4238,49797
7	493570	9174007	8111,94206
MASARAN	494216	9174488	805,40487
8	496753	9176422	3190,09796
9	500132	9178465	3948,60608
SRAGEN	501951	9178779	1845,90276

c. Kecepatan

Penentuan kecepatan rencana berdasarkan perhitungan durasi waktu tempuh kereta api. Berikut perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.21, Tabel 5.22, dan Tabel 5.23

Tabel 5.23 Perhitungan Kecepatan Kereta Api Yang Melintasi Solobalapan-Sragen Pada Jam 00.00-08.00

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Stasiun	Jam datang	Durasi	JARAK			Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke				Stasiun		Stasiun		km
56	BANGUNKARTA	GMR	SGU	Solobalapan	23:56	0:00					
				Solojebres	23:59	0:03	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	41,720
				Palur	0:02	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	0:06	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	0:12	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	0:18	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
149	MOJOPAHIT	ML	PSE	Solobalapan	1:02	0:00					
				Solojebres	0:49	0:13	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	9,628
				Palur	0:45	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	0:41	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	0:35	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	0:29	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
172	MATARMAJA	PSE	ML	Solobalapan	0:48	0:00					
				Solojebres	1:00	0:12	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	10,430
				Palur	1:05	0:05	Solojebres	-	Palur	4,150	49,800
				Kemiri	1:09	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	1:15	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	1:22	0:07	Masaran	-	Sragen	8,979	76,963
2617	BBM	MN	RWL	Solobalapan	2:24	0:00					
				Solojebres	2:16	0:08	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	15,645
				Palur	2:02	0:14	Solojebres	-	Palur	4,150	17,786
				Kemiri	1:48	0:14	Palur	-	Kemiri	4,814	20,631

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Stasiun	Jam datang	Durasi	JARAK			Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke				Stasiun	-	Stasiun		km
				Masaran	1:36	0:12	Kemiri	-	Masaran	8,930	44,650
				Sragen	1:24	0:12	Masaran	-	Sragen	8,979	44,895
132	MUTIARA SELATAN	BD	SG4	Solobalapan	0:48	0:00					
				Solojebres	1:00	0:12	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	10,430
				Palur	1:05	0:05	Solojebres	-	Palur	4,150	49,800
				Kemiri	1:09	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	1:15	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	1:22	0:07	Masaran	-	Sragen	8,979	76,963
44	BIMA	GMR	ML	Solobalapan	2:00	0:00					
				Solojebres	2:04	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	2:08	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	2:12	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	2:18	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	2:24	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
103	MALIOBORO EKSPRES	ML	YK	Solobalapan	2:58	0:00					
				Solojebres	2:55	0:03	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	41,720
				Palur	2:51	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	2:48	0:03	Palur	-	Kemiri	4,814	96,280
				Masaran	2:41	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	2:35	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
176	BRANTAS	PSE	KD	Solobalapan	1:50	0:00					
				Solojebres	1:54	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	2:23	0:29	Solojebres	-	Palur	4,150	8,586

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Stasiun	Jam datang	Durasi	JARAK			Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke				Stasiun	-	Stasiun		km
				Kemiri	2:27	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	2:44	0:17	Kemiri	-	Masaran	8,930	31,518
				Sragen	2:53	0:09	Masaran	-	Sragen	8,979	59,860
100	MALABAR	BD	ML	Solobalapan	2:30	0:00					
				Solojebres	2:34	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	2:37	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	2:50	0:13	Palur	-	Kemiri	4,814	22,218
				Masaran	2:58	0:08	Kemiri	-	Masaran	8,930	66,975
				Sragen	3:04	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
42	GAJAYANA	GWR	ML	Solobalapan	3:00	0:00					
				Solojebres	3:04	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	3:07	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	3:11	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	3:17	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	3:23	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
150	MOJOPAHIT	PSE	ML	Solobalapan	3:21	0:00					
				Solojebres	3:36	0:15	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	8,344
				Palur	3:40	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	3:44	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	3:51	0:07	Kemiri	-	Masaran	8,930	76,543
				Sragen	3:58	0:07	Masaran	-	Sragen	8,979	76,963
50	TURANGGA	BD	SGU	Solobalapan	4:24	0:00					
				Solojebres	4:28	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Stasiun	Jam datang	Durasi	JARAK			Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke				Stasiun	-	Stasiun		km
				Palur	4:31	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	4:35	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	4:41	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	4:47	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
2750	SEMEN	KRL	SR	Solobalapan	4:35	0:00					
				Solojebres	4:39	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	4:43	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	4:48	0:05	Palur	-	Kemiri	4,814	57,768
				Masaran	4:56	0:08	Kemiri	-	Masaran	8,930	66,975
				Sragen	5:05	0:09	Masaran	-	Sragen	8,979	59,860
182	KAHURIPAN	KAC	KD	Solobalapan	5:49	0:00					
				Solojebres	5:52	0:03	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	41,720
				Palur	5:55	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	5:59	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	6:06	0:07	Kemiri	-	Masaran	8,930	76,543
				Sragen	6:14	0:08	Masaran	-	Sragen	8,979	67,343
253	MADIUN JAYA	MN	YK	Solobalapan	8:26	0:00					
				Solojebres	8:08	0:18	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	6,953
				Palur	8:03	0:05	Solojebres	-	Palur	4,150	49,800
				Kemiri	7:57	0:06	Palur	-	Kemiri	4,814	48,140
				Masaran	7:37	0:20	Kemiri	-	Masaran	8,930	26,790
				Sragen	7:28	0:09	Masaran	-	Sragen	8,979	59,860
84	SANCAKA	YK	SGU	Solobalapan	7:44	0:00					

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Stasiun	Jam datang	Durasi	JARAK			Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke				Stasiun	-	Stasiun		km
				Solojebres	7:48	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	7:51	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	7:54	0:03	Palur	-	Kemiri	4,814	96,280
				Masaran	8:01	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	8:08	0:07	Masaran	-	Sragen	8,979	76,963
									kecepatan max =		96,280

Sumber : GAPEKA

Tabel 5.24 Perhitungan kecepatan kereta Api yang melintasi Solobalapan-Sragen pada jam 08.00-16.00

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak			Kecepatan (km/jam)		
		Dari	Ke			Stasiun	-	Stasiun		km	
194	SRI TANJUNG	LPN	BW	Solobalapan	8:14	0:00					
				Solojebres	8:18	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	8:21	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	8:25	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	8:32	0:07	Kemiri	-	Masaran	8,930	76,543
				Sragen	8:40	0:08	Masaran	-	Sragen	8,979	67,343
102	MALIOBORO EKSPRES	YK	ML	Solobalapan	8:34	0:00					
				Solojebres	8:39	0:05	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	25,032
				Palur	8:43	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	8:47	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	8:54	0:07	Kemiri	-	Masaran	8,930	76,543

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak			km	Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke			Stasiun		Stasiun			
							-				
				Sragen	9:01	0:07	Masaran	-	Sragen	8,979	76,963
5	ARGOWILIS	SGU	BD	Solobalapan	10:26	0:00					
				Solojebres	10:17	0:08	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	15,645
				Palur	10:14	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	10:11	0:03	Palur	-	Kemiri	4,814	96,280
				Masaran	10:05	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	9:59	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
165	KRAKATAU	KD	MER	Solobalapan	11:32	0:00					
				Solojebres	11:29	0:03	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	41,720
				Palur	11:26	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	11:22	0:03	Palur	-	Kemiri	4,814	96,280
				Masaran	11:16	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	11:10	0:06	Masaran	-	Sragen	8,979	89,790
83	SANCAKA	SGU	YK	Solobalapan	11:55	0:00					
				Solojebres	11:51	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	11:48	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	11:44	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	11:37	0:07	Kemiri	-	Masaran	8,930	76,543
				Sragen	11:30	0:07	Masaran	-	Sragen	8,979	76,963
179	PASUNDAN	SGU	KAC	Solobalapan	12:50	0:00					
				Solojebres	12:42	0:08	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	15,645
				Palur	12:39	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	12:35	0:03	Palur	-	Kemiri	4,814	96,280

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak			km	Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke			Stasiun		Stasiun			
							-				
				Masaran	12:29	0:06	Kemiri	-	Masaran	8,930	89,300
				Sragen	12:21	0:08	Masaran	-	Sragen	8,979	67,343
2749	SEMEN	SR	KRL	Solobalapan	13:10	0:00					
				Solojebres	13:06	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	13:02	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	12:57	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	12:49	0:08	Kemiri	-	Masaran	8,930	66,975
				Sragen	12:40	0:09	Masaran	-	Sragen	8,979	59,860
2618	BBM	RWL	MN	Solobalapan	12:50	0:00					
				Solojebres	12:55	0:05	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	25,032
				Palur	13:06	0:11	Solojebres	-	Palur	4,150	22,636
				Kemiri	13:21	0:15	Palur	-	Kemiri	4,814	19,256
				Masaran	13:49	0:28	Kemiri	-	Masaran	8,930	19,136
				Sragen	14:02	0:13	Masaran	-	Sragen	8,979	41,442
101	MALIOBORO EKSPRES	ML	YK	Solobalapan	14:37	0:00					
				Solojebres	14:33	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	14:29	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250
				Kemiri	14:24	0:05	Palur	-	Kemiri	4,814	57,768
				Masaran	14:16	0:08	Kemiri	-	Masaran	8,930	66,975
				Sragen	14:08	0:08	Masaran	-	Sragen	8,979	67,343
173	GAYABARU MALAM	SGU	PSE	Solobalapan	15:57	0:00					
				Solojebres	15:53	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	15:50	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak			km	Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke			Stasiun	-	Stasiun			
180	PASUNDAN	KAC	SGU	Kemiri	15:46	0:04	Palur	-	Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	15:39	0:07	Kemiri	-	Masaran	8,930	76,543
				Sragen	15:31	0:08	Masaran	-	Sragen	8,979	67,343
				Solobalapan	15:27	0:00					
				Solojebres	15:31	0:04	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	31,290
				Palur	15:34	0:03	Solojebres	-	Palur	4,150	83,000
				Kemiri	15:48	0:14	Palur	-	Kemiri	4,814	20,631
				Masaran	15:56	0:08	Kemiri	-	Masaran	8,930	66,975
				Sragen	16:04	0:08	Masaran	-	Sragen	8,979	67,343
kecepatan max =										96,280	

Sumber : GAPEKA

Tabel 5.25 Perhitungan Kecepatan Kereta Api Yang Melintasi Solobalapan-Sragen Pada Jam 16.00-24.00

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak			km	Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke			Stasiun	-	Stasiun			
175	BRANTAS	KD	PSE	Solobalapan	17:02	0:00					
				Solojebres	16:48	0:14	Solobalapan	-	Solojebres	2,086	8,940
				Palur	16:44	0:04	Solojebres	-	Palur	4,150	62,250

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak		km	Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke			Stasiun	Stasiun			
				Kemiri	16:40	0:04	Palur	- Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	16:33	0:07	Kemiri	- Masaran	8,930	76,543
				Sragen	16:25	0:08	Masaran	- Sragen	8,979	67,343
6	ARGOWILIS	BD	SGU	Solobalapan	16:52	0:00				
				Solojebres	16:55	0:03	Solobalapan	- Solojebres	2,086	41,720
				Palur	16:58	0:03	Solojebres	- Palur	4,150	83,000
				Kemiri	17:02	0:04	Palur	- Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	17:08	0:06	Kemiri	- Masaran	8,930	89,300
				Sragen	17:14	0:06	Masaran	- Sragen	8,979	89,790
181	KAHURIPAN	KD	KAC	Solobalapan	17:51	0:00				
				Solojebres	17:47	0:04	Solobalapan	- Solojebres	2,086	31,290
				Palur	17:44	0:03	Solojebres	- Palur	4,150	83,000
				Kemiri	17:31	0:13	Palur	- Kemiri	4,814	22,218
				Masaran	17:22	0:08	Kemiri	- Masaran	8,930	66,975
				Sragen	17:16	0:06	Masaran	- Sragen	8,979	89,790
86	SANCAKA	YK	SGU	Solobalapan	17:25	0:00				
				Solojebres	17:29	0:04	Solobalapan	- Solojebres	2,086	31,290
				Palur	17:33	0:04	Solojebres	- Palur	4,150	62,250
				Kemiri	17:37	0:04	Palur	- Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	17:43	0:06	Kemiri	- Masaran	8,930	89,300
				Sragen	17:50	0:06	Masaran	- Sragen	8,979	89,790
193	SRI TANJUNG	BW	LPN	Solobalapan	18:30	0:00				
				Solojebres	18:26	0:04	Solobalapan	- Solojebres	2,086	31,290

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak		km	Kecepatan (km/jam)	
		Dari	Ke			Stasiun	Stasiun			
				Palur	18:23	0:03	Solojebres	- Palur	4,150	83,000
				Kemiri	18:19	0:03	Palur	- Kemiri	4,814	96,280
				Masaran	18:13	0:06	Kemiri	- Masaran	8,930	89,300
				Sragen	18:05	0:08	Masaran	- Sragen	8,979	67,343
254	MADIUN JAYA	YK	MN	Solobalapan	17:53	0:00				
				Solojebres	17:57	0:04	Solobalapan	- Solojebres	2,086	31,290
				Palur	18:05	0:08	Solojebres	- Palur	4,150	31,125
				Kemiri	18:11	0:06	Palur	- Kemiri	4,814	48,140
				Masaran	18:31	0:20	Kemiri	- Masaran	8,930	26,790
				Sragen	18:40	0:09	Masaran	- Sragen	8,979	59,860
41	GAJAYANA	ML	GWR	Solobalapan	19:25	0:00				
				Solojebres	19:18	0:07	Solobalapan	- Solojebres	2,086	17,880
				Palur	19:15	0:03	Solojebres	- Palur	4,150	83,000
				Kemiri	19:11	0:04	Palur	- Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	19:05	0:06	Kemiri	- Masaran	8,930	89,300
				Sragen	18:59	0:06	Masaran	- Sragen	8,979	89,790
55	BANGUNKARTA	SGU	GMR	Solobalapan	20:04	0:00				
				Solojebres	20:00	0:04	Solobalapan	- Solojebres	2,086	31,290
				Palur	19:57	0:03	Solojebres	- Palur	4,150	83,000
				Kemiri	19:53	0:04	Palur	- Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	19:47	0:06	Kemiri	- Masaran	8,930	89,300
				Sragen	19:41	0:06	Masaran	- Sragen	8,979	89,790
49	TURANGGA	SGU	BD	Solobalapan	20:29	0:00				

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak		km	Kecepatan (km/jam)
		Dari	Ke			Stasiun	Stasiun		
				Solojebres	20:25	0:04	Solobalapan - Solojebres	2,086	31,290
				Palur	20:22	0:03	Solojebres - Palur	4,150	83,000
				Kemiri	20:18	0:04	Palur - Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	20:12	0:06	Kemiri - Masaran	8,930	89,300
				Sragen	20:06	0:06	Masaran - Sragen	8,979	89,790
43	BIMA	ML	GMR	Solobalapan	20:52	0:00			
				Solojebres	20:47	0:04	Solobalapan - Solojebres	2,086	31,290
				Palur	20:44	0:03	Solojebres - Palur	4,150	83,000
				Kemiri	20:41	0:03	Palur - Kemiri	4,814	96,280
				Masaran	20:35	0:06	Kemiri - Masaran	8,930	89,300
Sragen	20:29	0:06	Masaran - Sragen	8,979	89,790				
174	GAYABARU MALAM	PSE	SGU	Solobalapan	20:32	0:00			
				Solojebres	20:36	0:04	Solobalapan - Solojebres	2,086	31,290
				Palur	20:40	0:04	Solojebres - Palur	4,150	62,250
				Kemiri	20:51	0:11	Palur - Kemiri	4,814	26,258
				Masaran	20:58	0:06	Kemiri - Masaran	8,930	89,300
Sragen	21:06	0:08	Masaran - Sragen	8,979	67,343				
85	SANCAKA	SGU	YK	Solobalapan	21:35	0:00			
				Solojebres	21:31	0:04	Solobalapan - Solojebres	2,086	31,290
				Palur	21:28	0:03	Solojebres - Palur	4,150	83,000
				Kemiri	21:24	0:04	Palur - Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	21:17	0:07	Kemiri - Masaran	8,930	76,543
Sragen	21:10	0:07	Masaran - Sragen	8,979	76,963				

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak		km	Kecepatan (km/jam)
		Dari	Ke			Stasiun	Stasiun		
99	MALABAR	ML	BD	Solobalapan	22:30	0:00			
				Solojebres	22:26	0:04	Solobalapan - Solojebres	2,086	31,290
				Palur	22:23	0:03	Solojebres - Palur	4,150	83,000
				Kemiri	22:19	0:03	Palur - Kemiri	4,814	96,280
				Masaran	22:05	0:14	Kemiri - Masaran	8,930	38,271
				Sragen	21:56	0:09	Masaran - Sragen	8,979	59,860
104	MALIOBORO EKSPRES	YK	ML	Solobalapan	21:52	0:00			
				Solojebres	21:56	0:04	Solobalapan - Solojebres	2,086	31,290
				Palur	21:59	0:03	Solojebres - Palur	4,150	83,000
				Kemiri	22:03	0:04	Palur - Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	22:10	0:07	Kemiri - Masaran	8,930	76,543
				Sragen	22:17	0:07	Masaran - Sragen	8,979	76,963
131	MUTIARA SELATAN	SGU	BD	Solobalapan	23:20	0:00			
				Solojebres	23:16	0:04	Solobalapan - Solojebres	2,086	31,290
				Palur	23:13	0:03	Solojebres - Palur	4,150	83,000
				Kemiri	23:09	0:04	Palur - Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	23:02	0:06	Kemiri - Masaran	8,930	89,300
				Sragen	22:56	0:06	Masaran - Sragen	8,979	89,790
171	MATARMAJA	ML	PSE	Solobalapan	0:06	0:00			
				Solojebres	23:45	0:21	Solobalapan - Solojebres	2,086	5,960
				Palur	23:40	0:05	Solojebres - Palur	4,150	49,800
				Kemiri	23:36	0:04	Palur - Kemiri	4,814	72,210
				Masaran	23:19	0:17	Kemiri - Masaran	8,930	31,518

NO	NAMA KERETA	TRAYEK		Jam datang	Durasi	jarak		km	Kecepatan
		Dari	Ke			Stasiun	Stasiun		(km/jam)
				Sragen	23:11	0:08	Masaran - Sragen	8,979	67,343
kecepatan max =									96,280

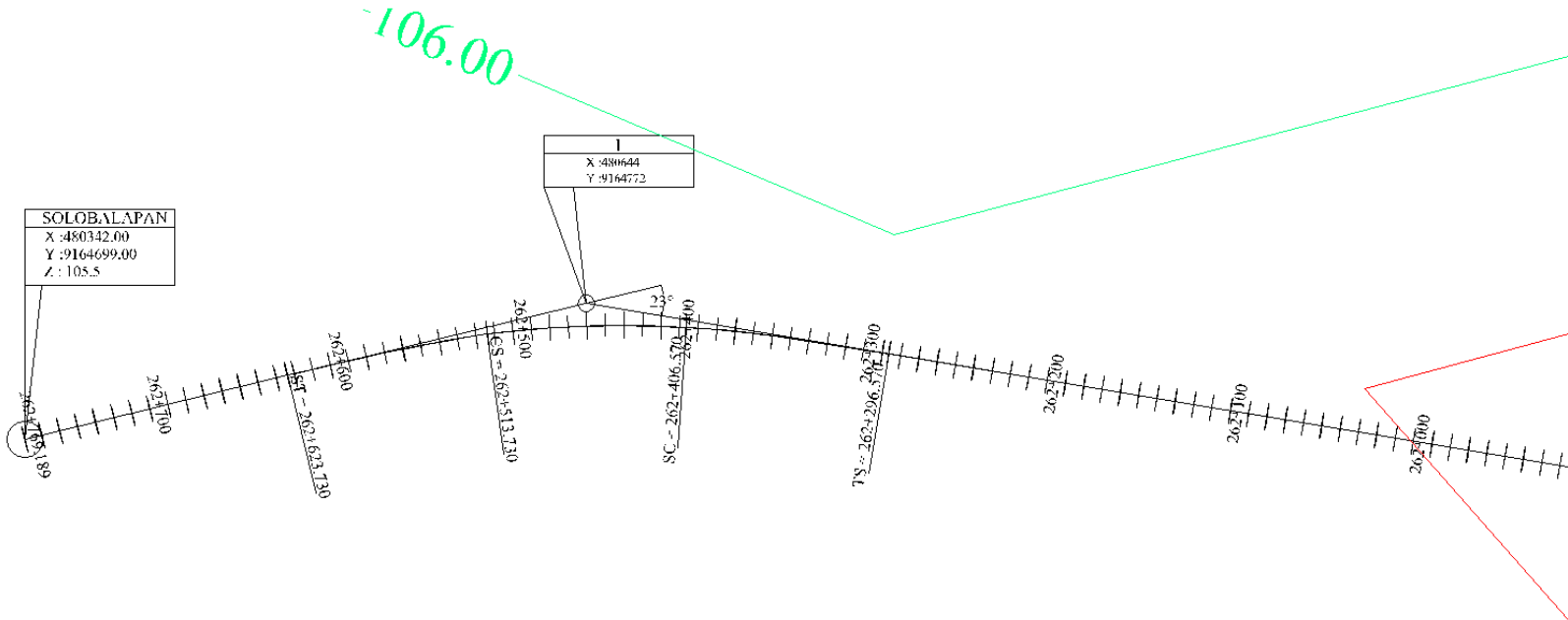
Sumber : GAPEKA

Di dalam Gapeka 2015 kecepatan maksimum dari Stasiun Solobalapan sampai Stasiun Solojebres adalah 80 km/jam. Sehingga peneliti menggunakan kecepatan maksimum yang di izinkan dari Stasiun Solobalapan sampai Solojebres menggunakan kecepatan maksimum 80 km/jam. Kecepatan maksimum dari Stasiun Solojebres sampai Stasiun Sragen adalah 100 km/jam. Sehingga peneliti menggunakan kecepatan maksimum yang di izinkan dari Stasiun Solojebres sampai Sragen adalah 100 km/jam.

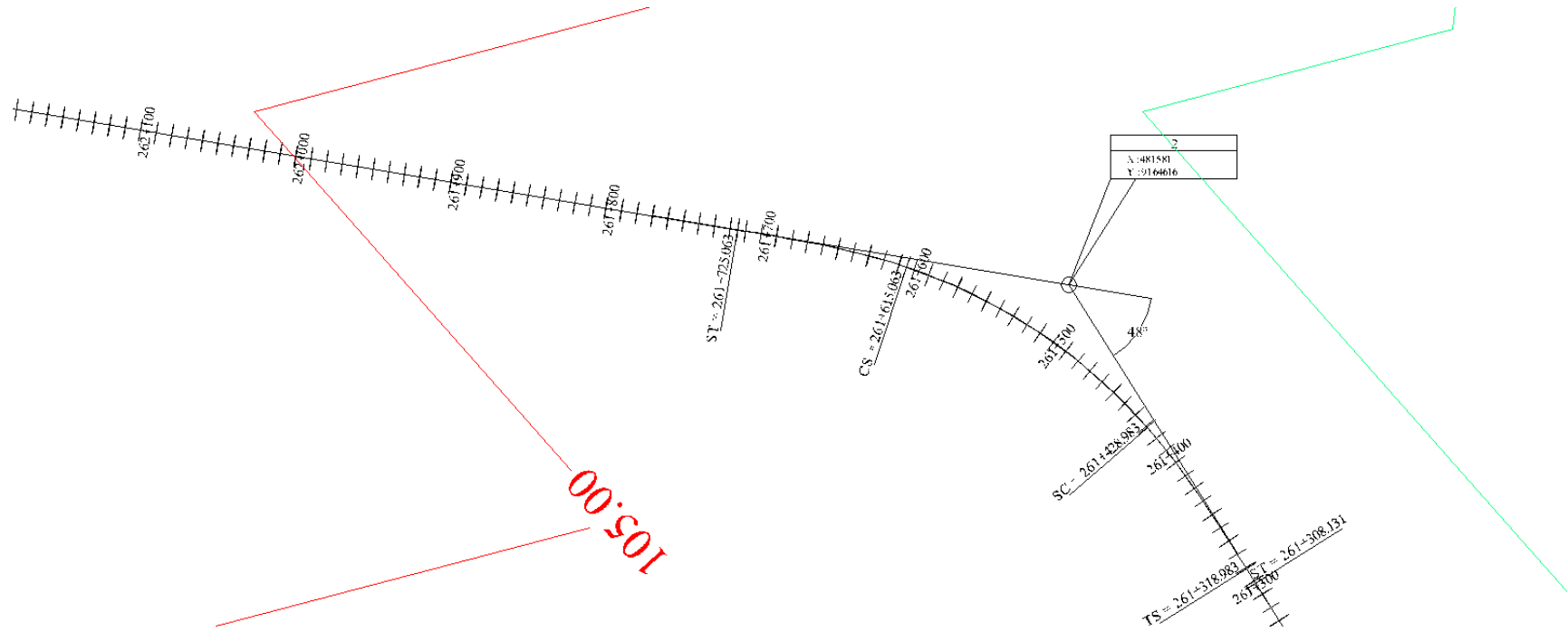
Sesuai perhitungan dari jam 00.00-08.00 kecepatan maksimum yang di dapat adalah 96,280 km/jam, dari jam 08.00-16.00 kecepatan maksimum 96.280 km/jam, dan dari jam 16.00-24.00 kecepatan 96.280 km/jam. Sehingga peneliti menggunakan kecepatan maksimum dalam perencanaan ini 100 km/jam.

A. Alinyemen Horisontal

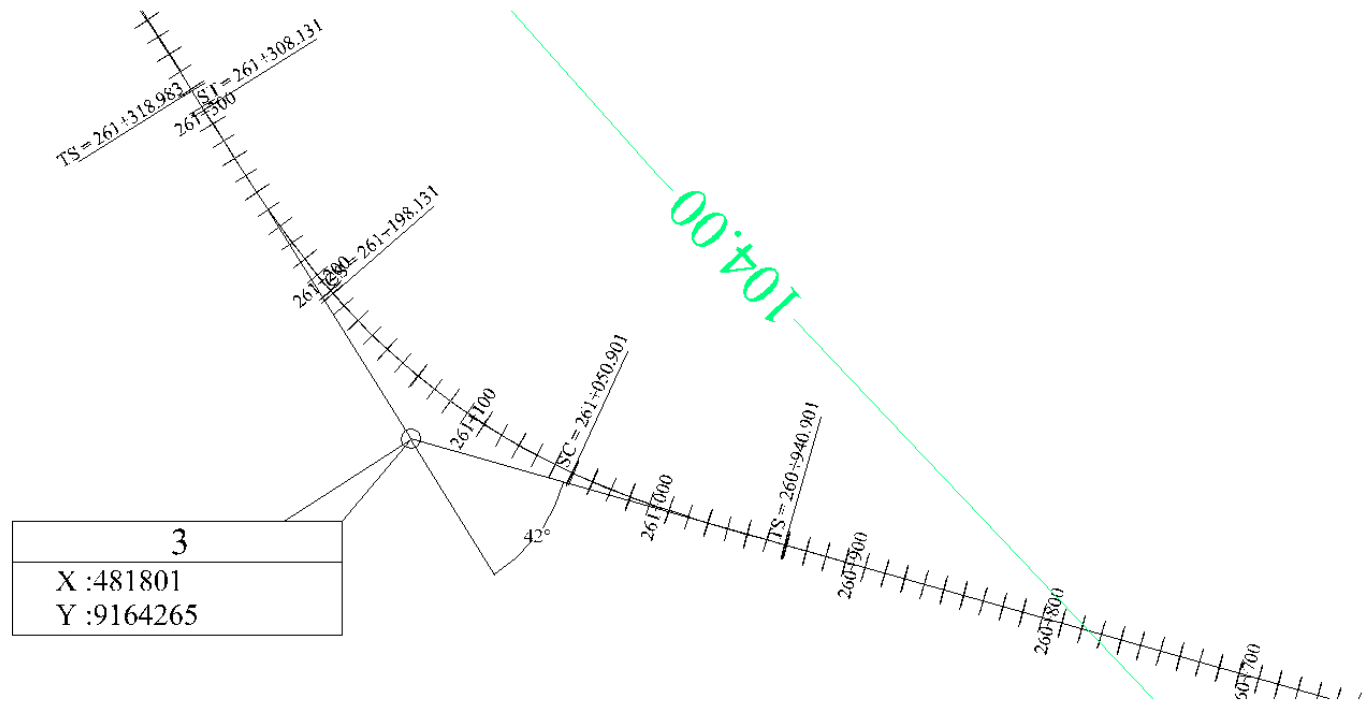
Berikut merupakan hasil proyeksi gambar lengkung horisontal koridor Solobalapan – Sragen yang ada pada Tabel 5.21



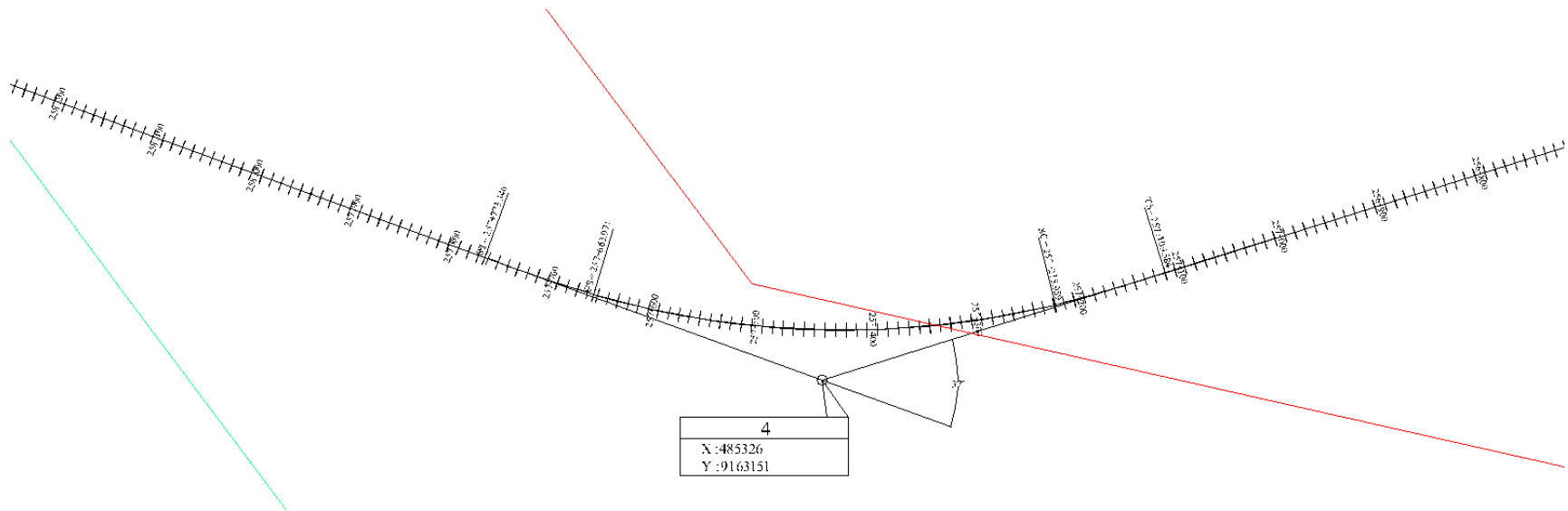
Gambar 5.3 Proyeksi Lengkung Horisontal 1



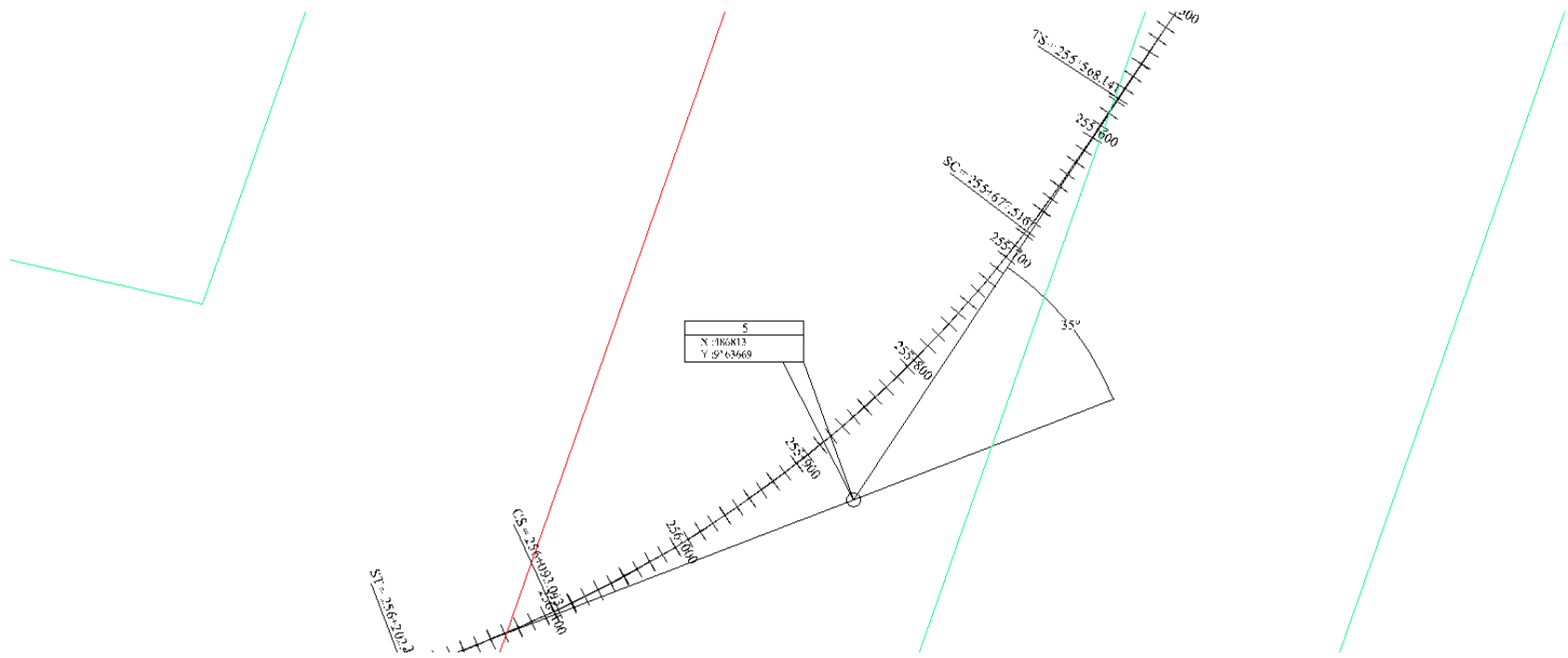
Gambar 5.4 Proyeksi Lengkung Horizontal 2



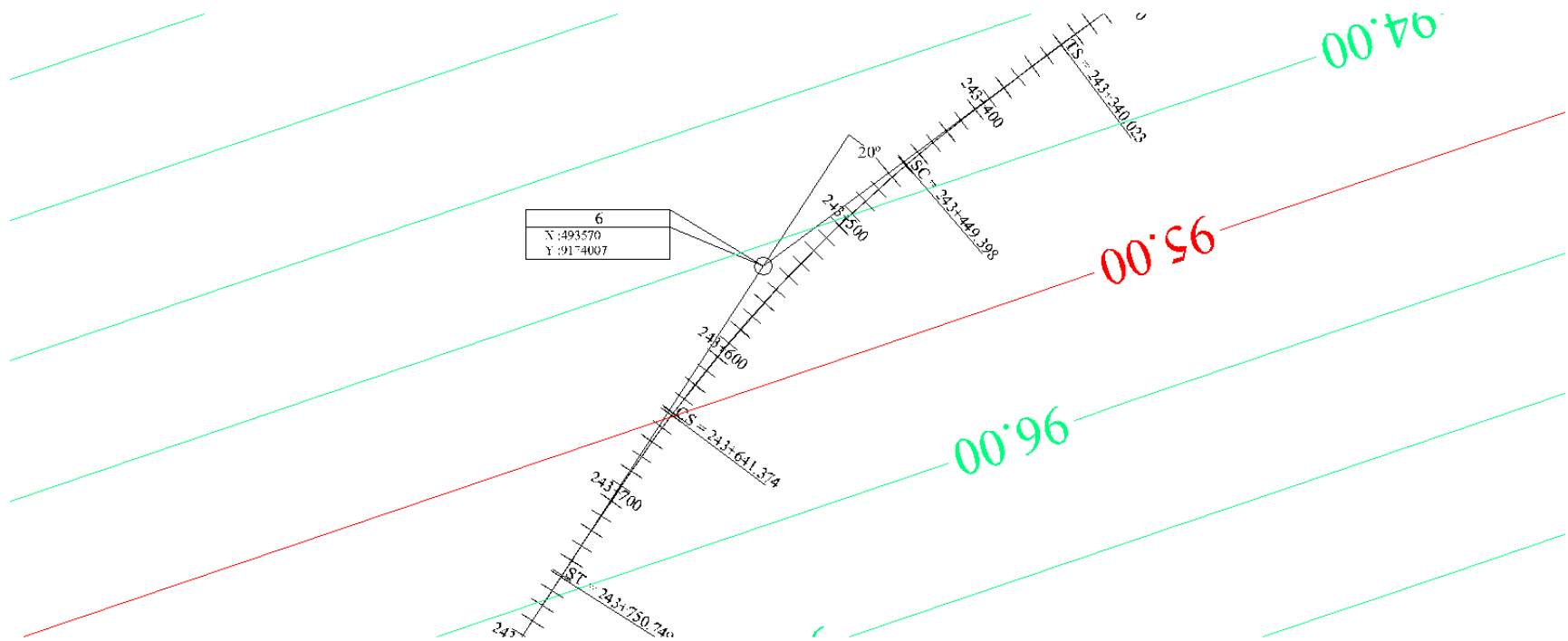
Gambar 5.5 Proyeksi Lengkung Horizontal 3



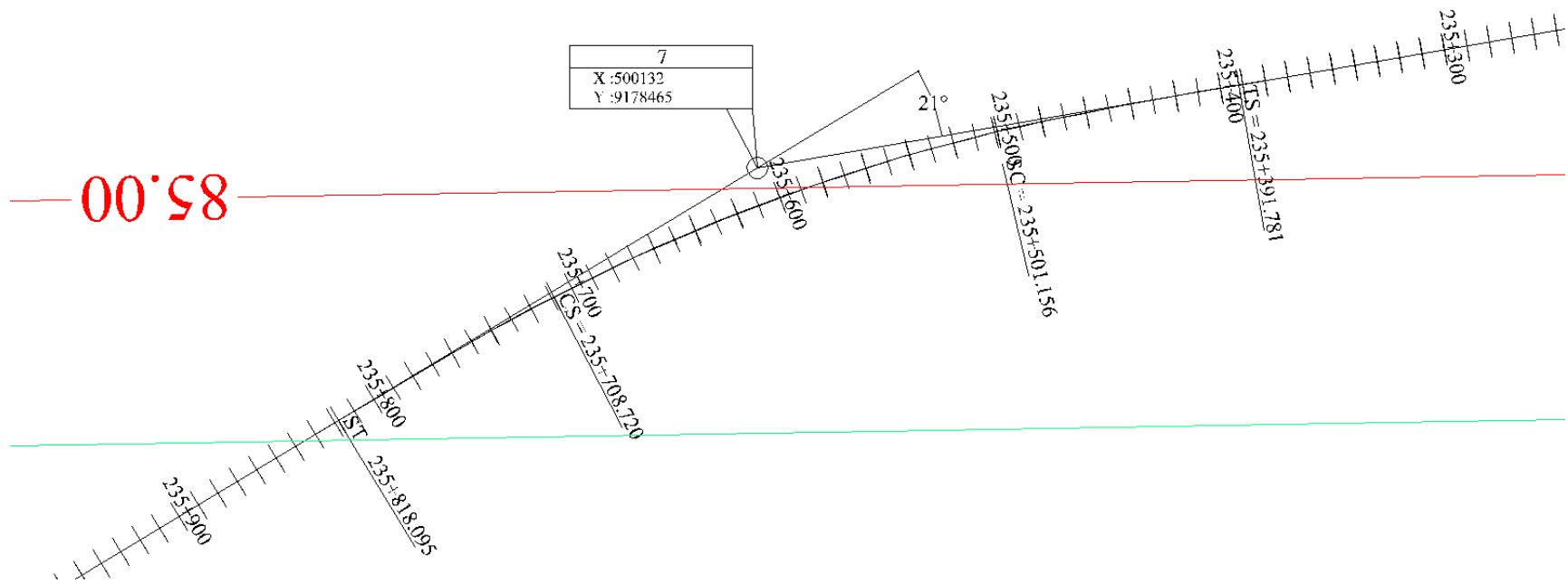
Gambar 5.6 Proyeksi Lengkung Horizontal 4



Gambar 5.7 Proyeksi Lengkung Horizontal 5



Gambar 5.8 Proyeksi Lengkung Horizontal 6



Gambar 5. 9 Proyeksi Lengkung Horizontal 7

Untuk perencanaan perhitungan , penulis menggunakan contoh lengkung horizontal 1

a. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel.

Untuk perencanaan struktur jalan rel

$$\begin{aligned}\text{Kelas jalan I } V_{\text{maks}} &= 80 \text{ km/jam} \\ &= 1,25 \times 80 \text{ km/jam} \\ &= 100 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

Untuk Perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan peralihan

$$V_{\text{rencana}} = V_{\text{maksimum}}$$

$$V_{\text{rencana}} = 80 \text{ km/jam}$$

b. Perencanaan jari-jari horisontal (R)

$$R_{\text{min}} = 0,054 \times V^2 = 0,054 \times 80^2 = 345,6 \text{ m}$$

R min pakai 350 m

c. Perencanaan peninggian rel (h)

$$h_{\text{normal}} = 5,95 \times \frac{V_r^2}{R_{\text{pakai}}} = 5,95 \times \frac{80^2}{350} = 108,8 \text{ mm}$$

$$h_{\text{min}} = 8,8 \times \frac{V_r^2}{R_{\text{pakai}}} - 53,5 = 8,8 \times \frac{80^2}{350} - 53,5 = 107,414 \text{ mm}$$

$$h_{\text{maks}} = 110 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pakai}} = 110 \text{ mm}$$

$$h_{\text{min}} < h_{\text{normal}} < h_{\text{maks}}$$

d. Perencanaan lengkung peralihan

$$L_s = L_h = 0,01 \times h \times V_{\text{maksimum}} = 0,01 \times 110 \times 100 = 110 \text{ m}$$

e. Perencanaan lengkung lingkaran

$$\theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R} = \frac{90 \times 110}{\pi \times 350} = 7,2$$

$$\theta_c = \Delta_s - 2\theta_s = 23 - 2 \times 7,2 = 8,6$$

$$L_c = \frac{\theta_c}{360^\circ} \times 2\pi R = L_c = \frac{8,6}{360^\circ} \times 2 \cdot \pi \cdot 350 = 52,5556 \text{ m}$$

$$L = 2L_s + L_c = L = 2 \cdot 110 + 52,5556 = 228,5600 \text{ m}$$

f. Perencanaan komponen lengkung lingkaran

$$X_c = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} = 110 - \frac{110^3}{40 \times 350^2} = 87,8609 \text{ m}$$

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R} = \frac{110^2}{6 \times 350} = 3,6876 \text{ m}$$

$$p = Y_c - R(1 - \cos \theta_s) = 3,6876 - 350(1 - \cos 8,6) = 0,9278 \text{ m}$$

$$k = X_c - R \cdot \sin \theta_s = 87,8609 - 350 \cdot \sin 7,2 = 43,994 \text{ m}$$

g. Perencanaan komponen lengkung lingkaran

$$T_s = (R + p) \operatorname{tg} \frac{\Delta_s}{2} + k = (350 + 0,9278) \operatorname{tg} \frac{23}{2} + 43,994 = 115,391 \text{ m}$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta_s}{2} - R = (350 + 0,9278) \sec \frac{23}{2} - 350 = 8,1171 \text{ m}$$

Tabel 5.26 Hasil perhitungan lengkung horisontal

Sta	V maks (Km/Jam)	V rencana	R min (m)	Radius (R) (m)	Δ	Peninggian Rel (h) (mm)	hmin	Peninggian Rel pakai (h) (mm)	Panjang Lengkung peralihan (Ls/Lh) (m)	θ_s	θ_c	Panjang Lengkung Lingkaran (Lc) (m)	L	XC	YC	P	K	Ts	Es	Ys
1	80	80	345,6	350	23	108,8	107,414	110	88	7,2	8,6	52,5556	228,5600	87,8609	3,6876	0,9278	43,994	115,391	8,1171	3,68762
2	80	80	345,6	350	48	108,8	107,414	110	88	7,2	33,6	205,3333	381,3333	87,8609	3,6876	0,9278	43,994	200,237	34,138	3,68762
3	80	80	345,6	350	42	108,8	107,414	110	88	7,2	27,6	168,6667	344,6667	87,8609	3,6876	0,9278	43,994	178,703	25,895	3,68762
4	100	100	540	850	42	70	50,0294	110	110	3,7059	34,588	513,3333	733,3333	109,9539	2,3725	0,5952	55,014	381,527	61,111	2,37255
5	100	100	540	850	37	70	50,0294	110	110	3,7059	29,588	439,1270	659,1270	109,9539	2,3725	0,5952	55,014	339,62	46,946	2,37255
6	100	100	540	850	35	70	50,0294	110	110	3,7059	27,588	409,4444	629,4444	109,9539	2,3725	0,5952	55,014	323,206	41,874	2,37255
7	100	100	540	850	20	70	50,0294	110	110	3,7059	12,588	186,8254	406,8254	109,9539	2,3725	0,5952	55,014	204,997	13,717	2,37255
8	100	100	540	850	6	70	50,0294	110	110	3,7059	-1,412	20,9524	240,9524	109,9539	2,3725	0,5952	55,014	99,5922	1,7625	2,37255
9	100	100	540	850	21	70	50,0294	110	110	3,7059	13,588	201,6667	421,6667	109,9539	2,3725	0,5952	55,014	212,663	15,081	2,37255

B. Alinyemen Vertikal

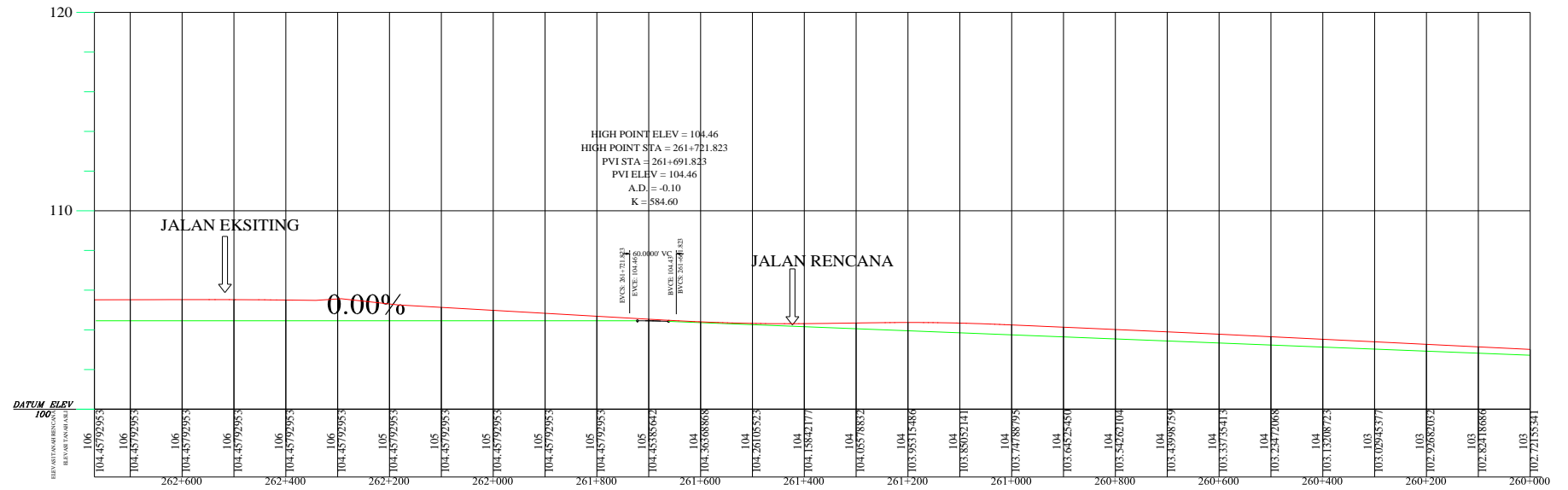
Berikut merupakan hasil perhitungan alinyemen vertikal pada stasiun Solobalapan

– Sragen :

Tabel 5.27 Hasil perhitungan alinyemen vertikal

Nama	G1	G2	ϕ	R (m)	Lv (m)	Ev (m)
PV1	0,00%	0,10%	0,10%	6000	6	0,00075
PV2	0,10%	0,00%	0,10%	6000	6	0,00075
PV3	0,00%	0,10%	0,10%	6000	6	0,00075
PV4	0,10%	0,00%	0,10%	6000	6	0,00075
PV5	0,00%	0,34%	0,34%	6000	20,4	0,00867
PV6	0,34%	0,00%	0,34%	6000	20,4	0,00867
PV7	0,00%	0,39%	0,39%	6000	23,4	0,011408
PV8	0,39%	0,00%	0,39%	6000	23,4	0,011408

Berikut merupakan alinyemen vertikal pada PPV1



Gambar 5.10 Alinyemen vertikal PPV1

Perhitungan Detail *Stasioning* alinyemen vertikal

a. PPV 1

Digunakan V rencana 100 km/jam.

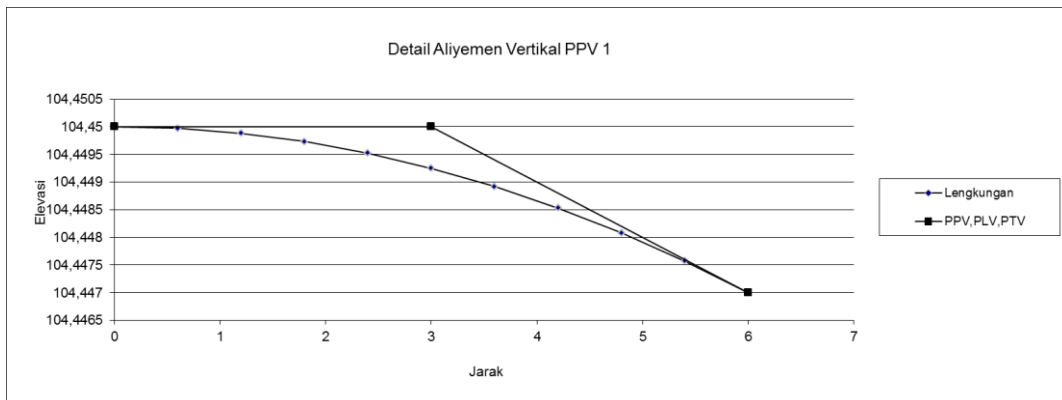
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

$$PV1 =$$

$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,10\%-0,00\% \\ &= 0,10\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_v &= l = \Phi \cdot R \\ &= 0,10\% \cdot 6000 = 6 \text{ m}\end{aligned}$$

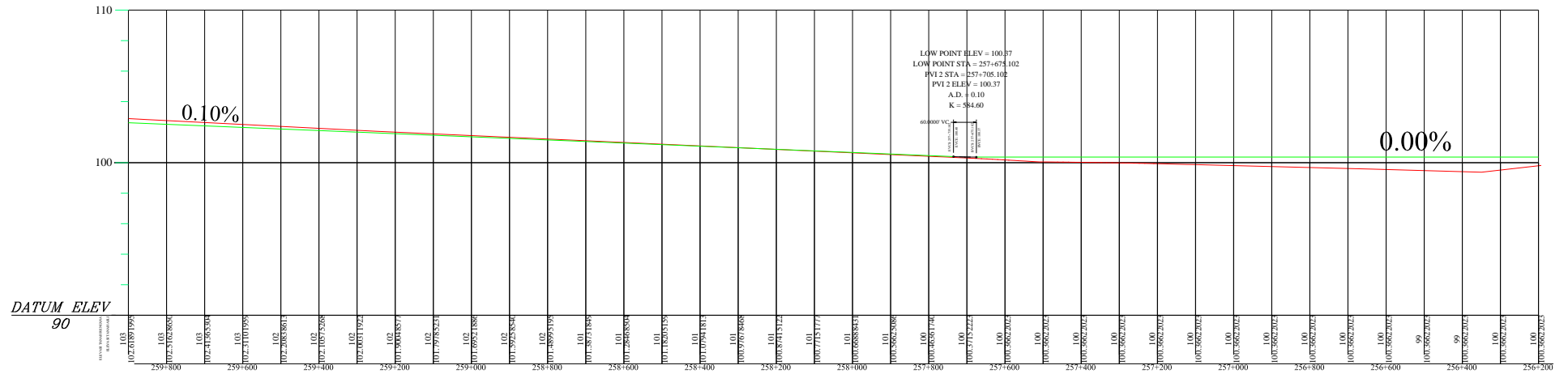
$$E_v = Y_m = R/8 \times \Phi^2 = 6000/8 \times 0,10\%^2 = 0,00075 \text{ m}$$



Gambar 5.11 Detail Alinyemen vertikal PPV 1

Tabel 5.28 Rekap Hasil PPV

		Lengkung 1	Lengkung 2	Lengkung 3	Lengkung 4	Lengkung 5	Lengkung 6	Lengkung 7	Lengkung 8
Elevasi	PPV (m)	104.4500	100.3715	100.3700	105.4000	105.4000	95.3700	95.3700	84.7500
Stasioning	PPV (m)	261691.82	257705.10	251477.44	246299.63	244715.12	241795.05	238326.74	235384.91
Panjang	LV (m)	6.0000	6.0000	6.0000	6.0000	20.4000	20.4000	23.4000	23.4000
	g1 (%)	0.0000	-0.1000	0.0000	0.1000	0.0000	-0.3400	0.0000	-0.3900
	g2 (%)	-0.1000	0.0000	0.1000	0.0007	-0.3400	0.0000	-0.3900	0.0000
	PLV	104.4500	100.3745	100.3700	105.3970	105.4000	95.4047	95.3700	84.7956
	PPV	104.4500	100.3715	100.3700	105.4000	105.4000	95.3700	95.3700	84.7500
	PTV	104.4470	100.3715	100.3730	105.4000	105.3653	95.3700	95.3244	84.7500



Gambar 5. 12 Alinyemen Vertikal PPV2

b. PPV 2

Digunakan V rencana 100 km/jam.

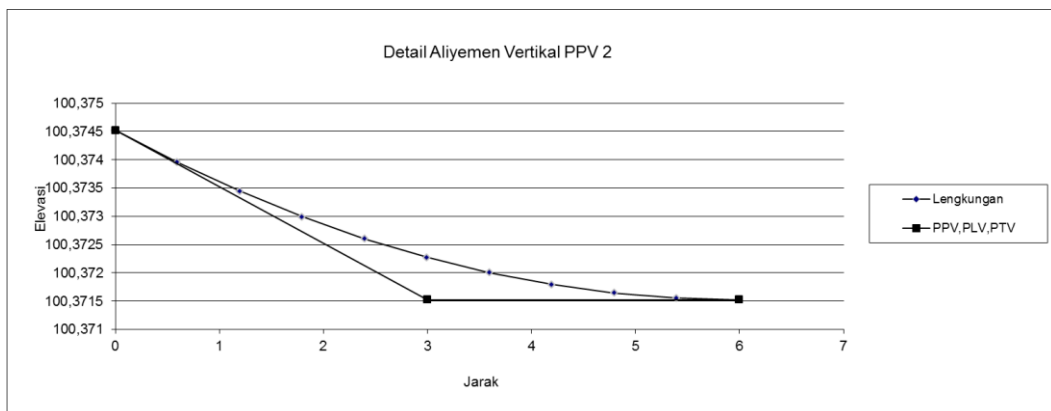
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

$$PV1 =$$

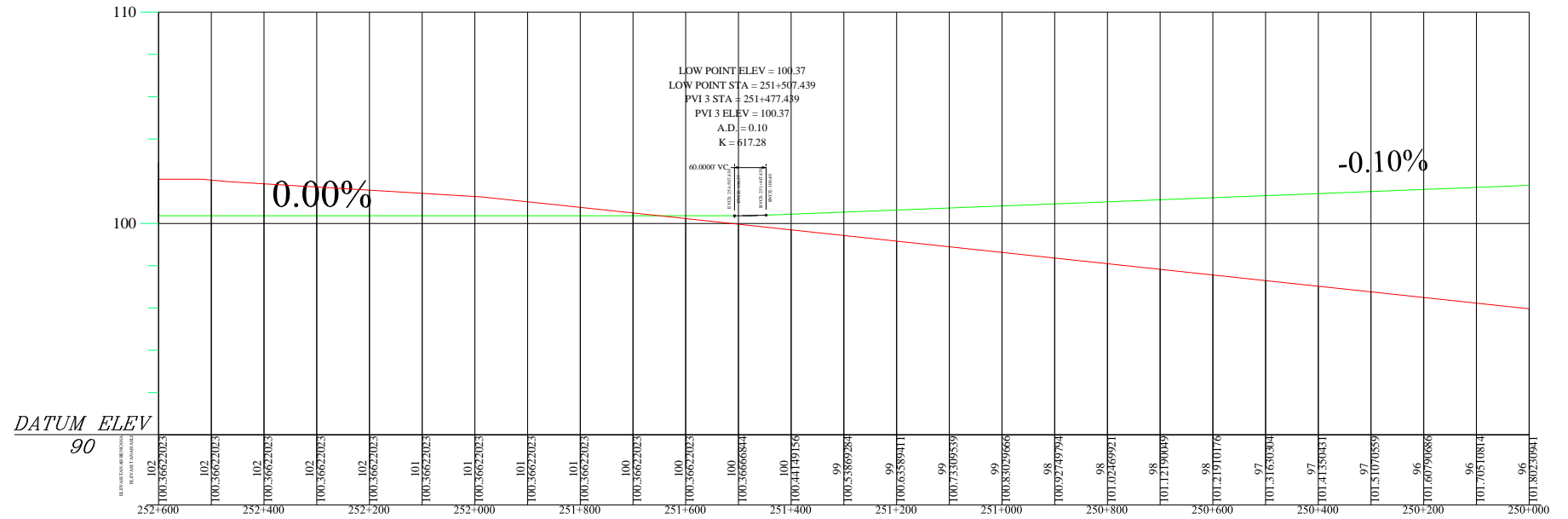
$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,10\% - 0,00\% \\ &= 0,10\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lv &= l = \Phi.R \\ &= 0,10\% * 6000 \\ &= 6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ev &= Ym = R/8x \Phi^2 \\ &= 6000/8x0,10\%^2 = 0,00075\text{m}\end{aligned}$$



Gambar 5.13 Detail Alinyemen Vertikal PPV 2



Gambar 5.14 Alinyemen Vertikal PPV3

c. PPV 3

Digunakan V rencana 100 km/jam.

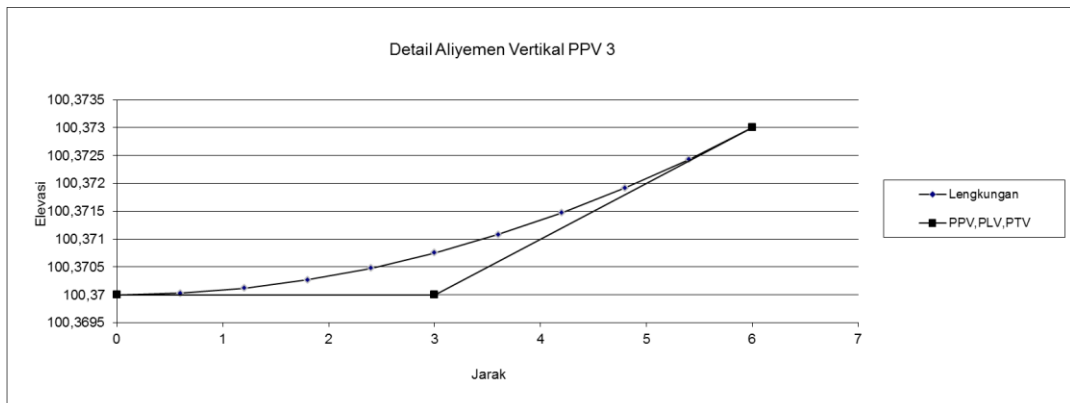
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

$$PV1 =$$

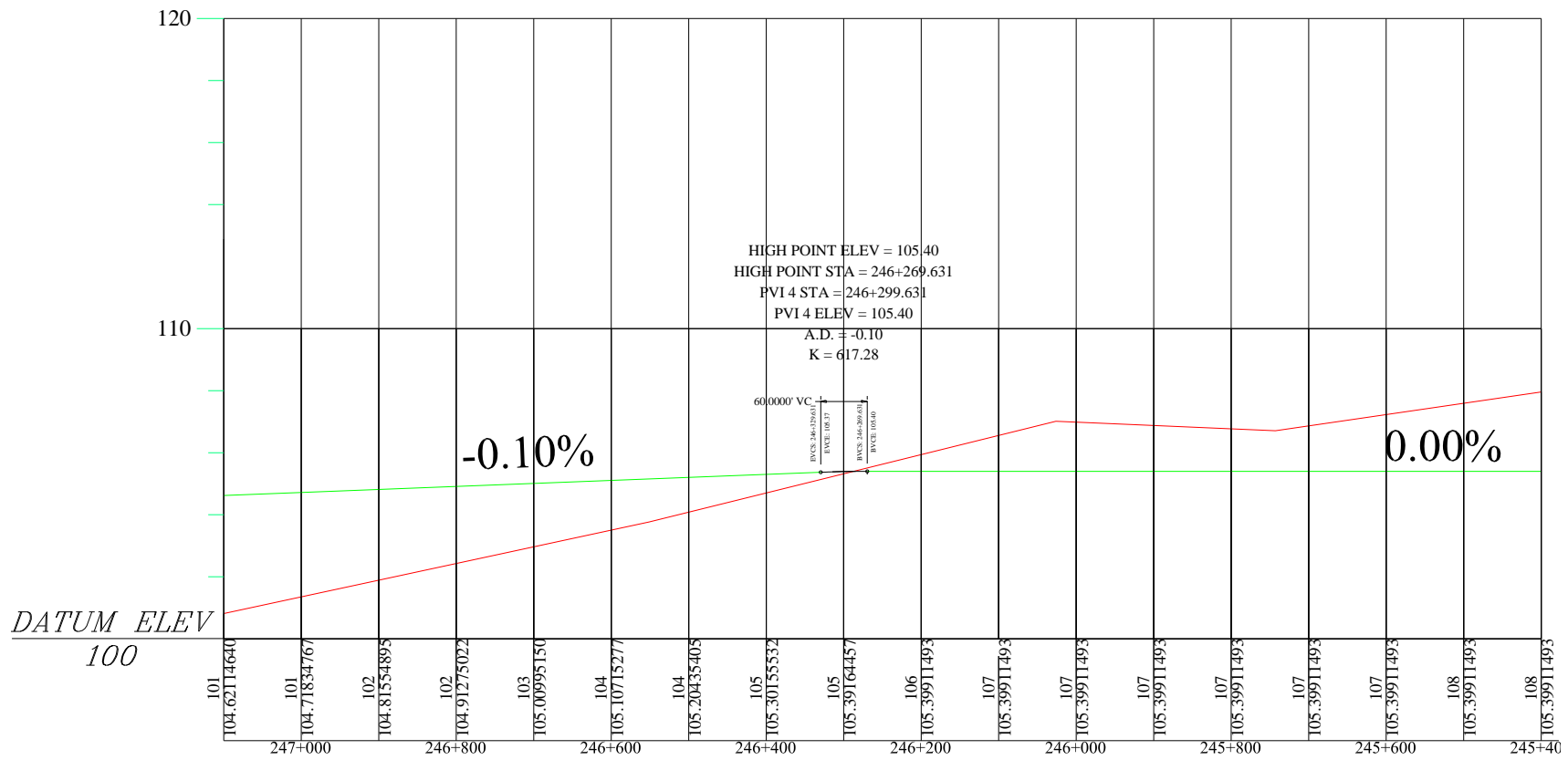
$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,10\% - 0,00\% \\ &= 0,10\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lv &= l = \Phi.R \\ &= 0,10\% * 6000 \\ &= 6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ev &= Ym = R/8x \Phi^2 \\ &= 6000/8x0,10\%^2 = 0,00075\text{m}\end{aligned}$$



Gambar 5.15 Detail Alinyemen Vertikal PPV 3



Gambar 5.16 Alinyemen Vertikal PPV4

d. PPV 4

Digunakan V rencana 100 km/jam.

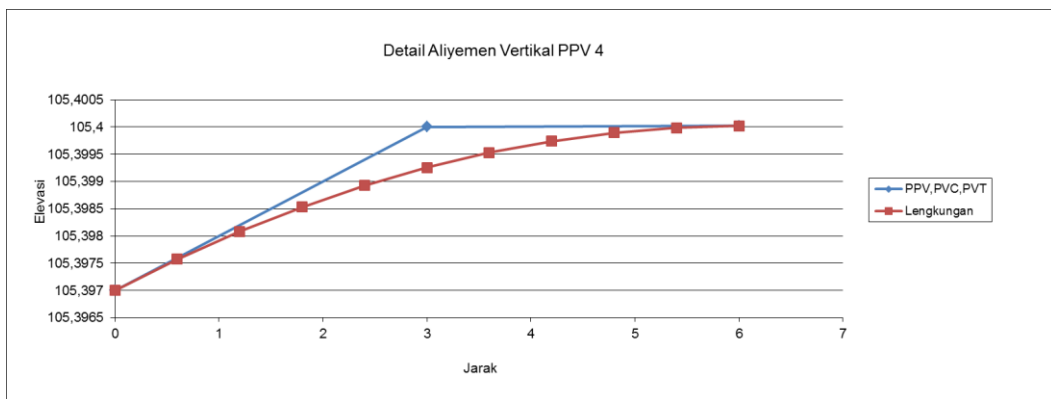
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

$$PV1 =$$

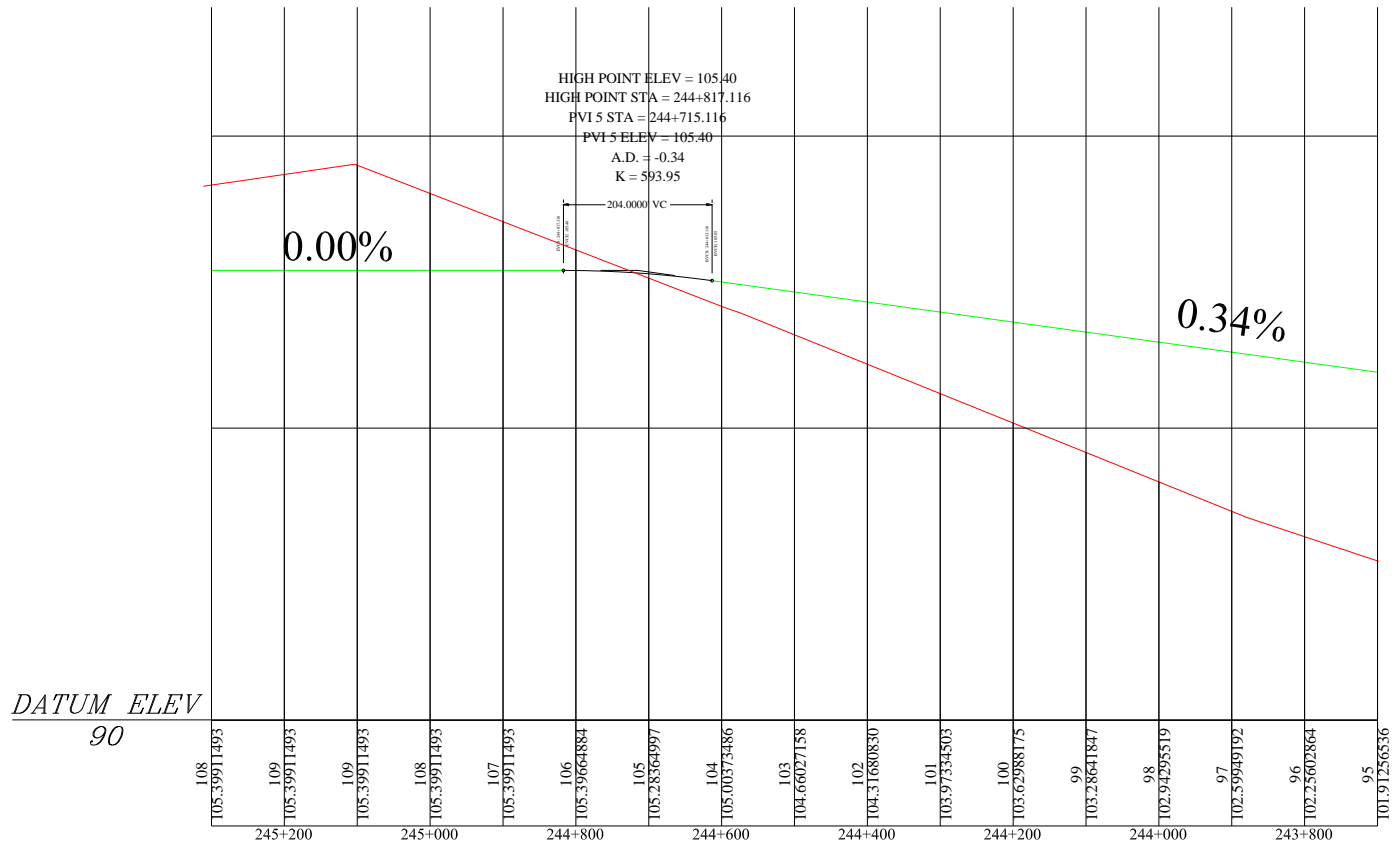
$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,10\% - 0,00\% \\ &= 0,10\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lv &= l = \Phi.R \\ &= 0,10\% * 6000 \\ &= 6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ev &= Ym = R/8x \Phi^2 \\ &= 6000/8x0,10\%^2 = 0,00075\text{m}\end{aligned}$$



Gambar 5.17 Detail Alinyemen Vertikal PPV 4



Gambar 5. 18 Alinyemen Vertikal PPV5

e. PPV 5

Digunakan V rencana 100 km/jam.

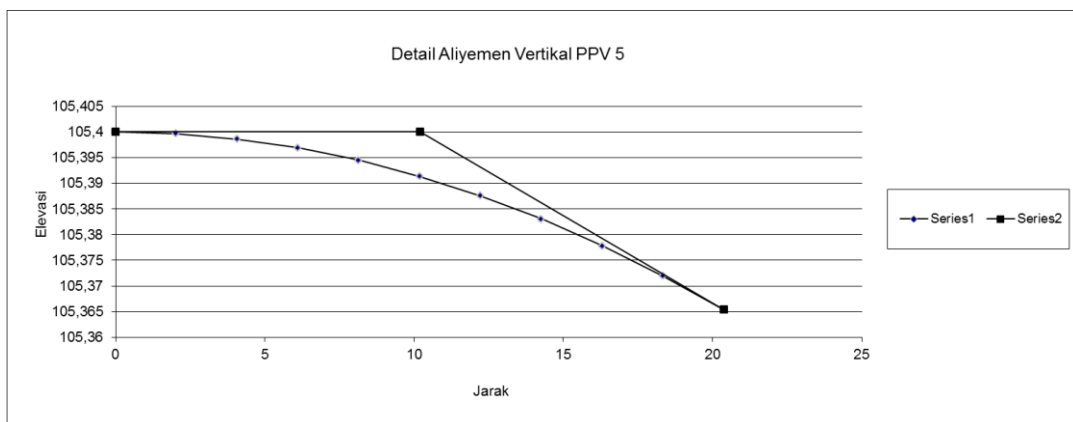
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

PV1 =

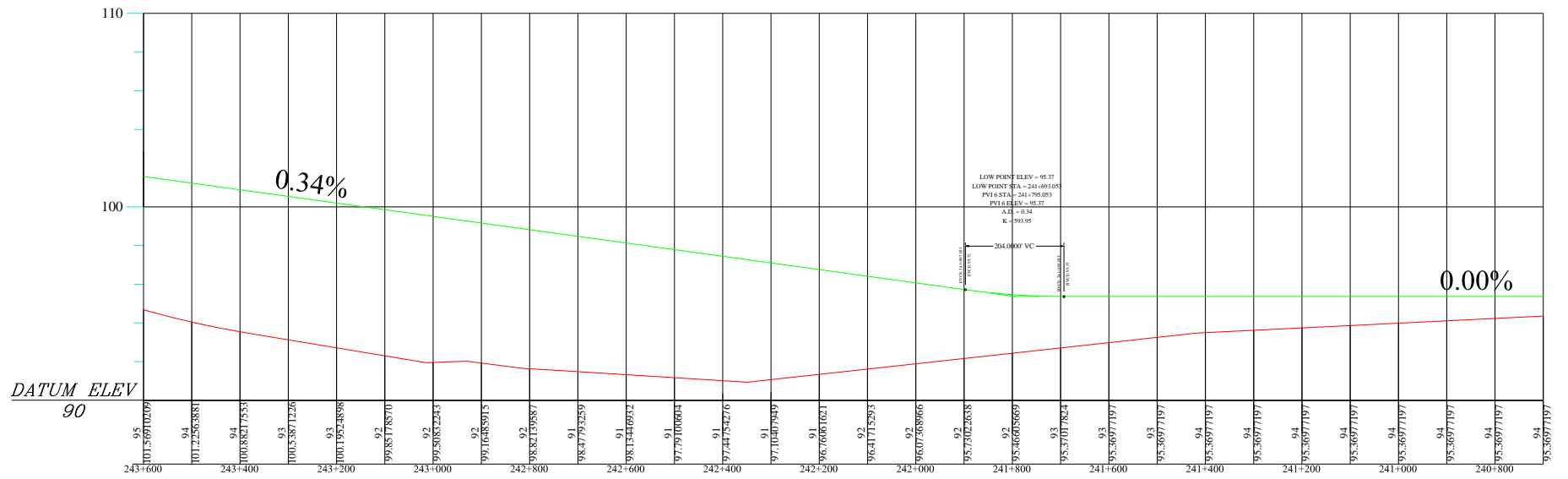
$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,34\% - 0,00\% \\ &= 0,34\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lv &= l = \Phi.R \\ &= 0,34\% * 6000 \\ &= 20,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ev &= Ym = R/8x \Phi^2 \\ &= 6000/8x0,34\%^2 = 0,00867 \text{ m}\end{aligned}$$



Gambar 5.19 Detail Alinyemen Vertikal PPV 5



Gambar 5. 20 Alinyemen vertikal PPV6

f. PPV 6

Digunakan V rencana 100 km/jam.

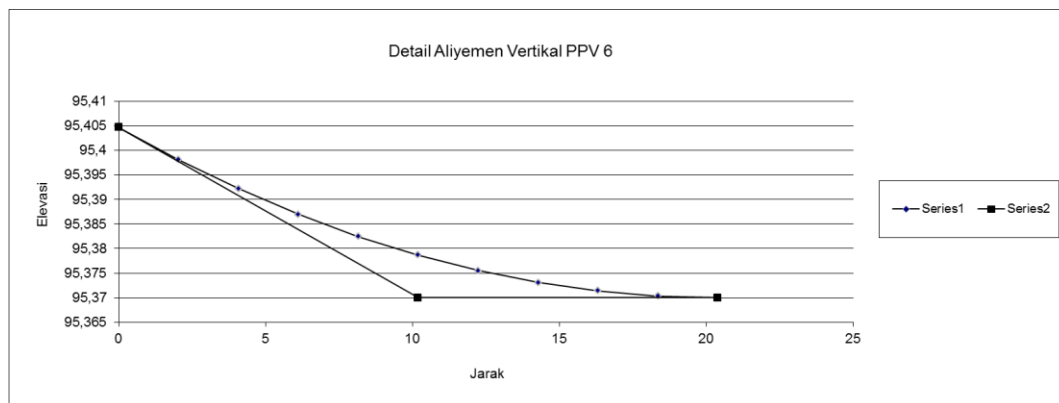
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

$$PV1 =$$

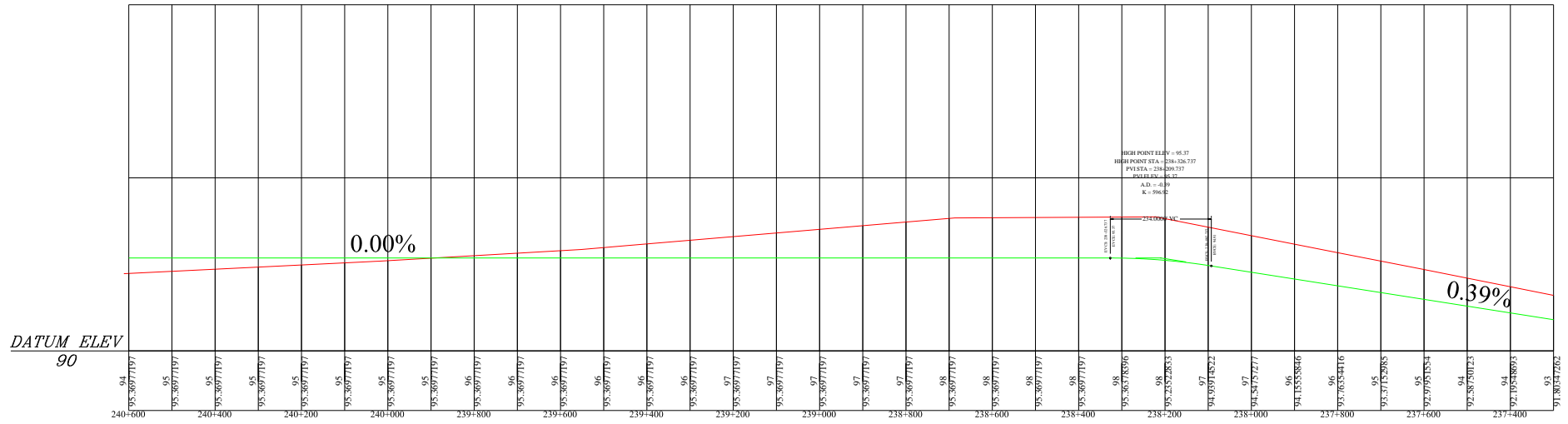
$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,0\% - 0,34\% \\ &= 0,34\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lv &= l = \Phi.R \\ &= 0,34\% * 6000 \\ &= 23,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ev &= Ym = R/8x \Phi^2 \\ &= 6000/8x0,34\%^2 = 0,00867 \text{ m}\end{aligned}$$



Gambar 5.21 Detail Alinyemen vertikal PPV 6



Gambar 5.22 Alinyemen vertikal PPV7

g. PPV 7

Digunakan V rencana 100 km/jam.

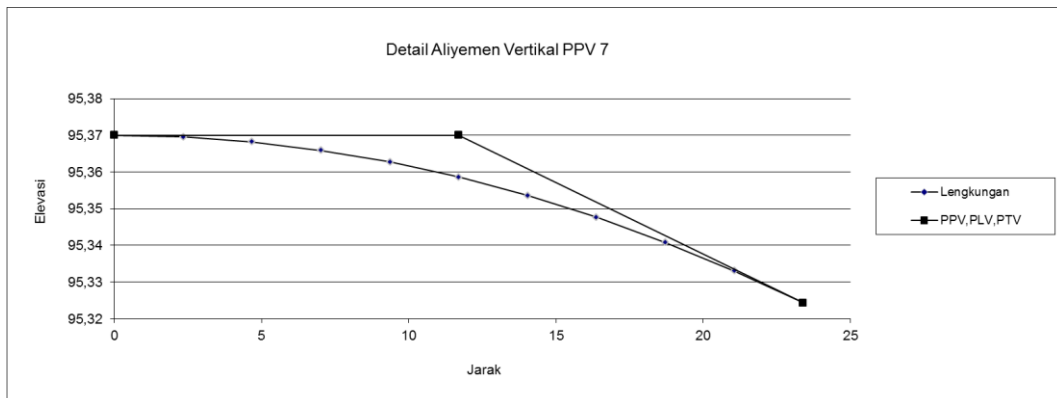
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

PV1 =

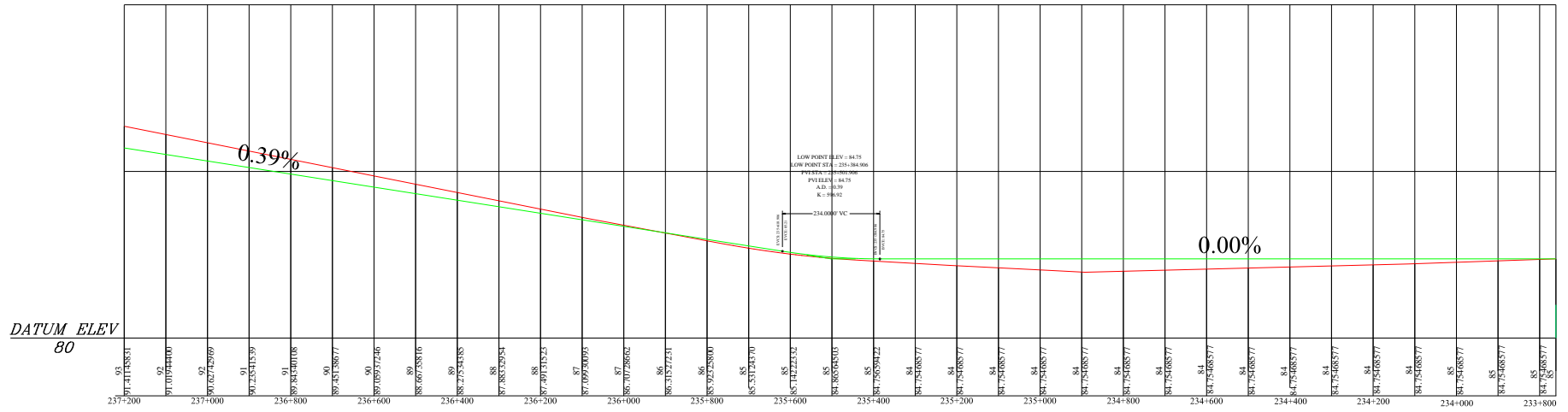
$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,39\% - 0,0\% \\ &= 0,39\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lv &= l = \Phi.R \\ &= 0,39\% * 6000 \\ &= 23,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ev &= Ym = R/8x \Phi^2 \\ &= 6000/8x0,39\%^2 = 0,011408 \text{ m}\end{aligned}$$



Gambar 5.23 Detail Alinyemen vertikal PPV 7



Gambar 5.24 Alinyemen vertikal PPV8

h. PPV 8

Digunakan V rencana 100 km/jam.

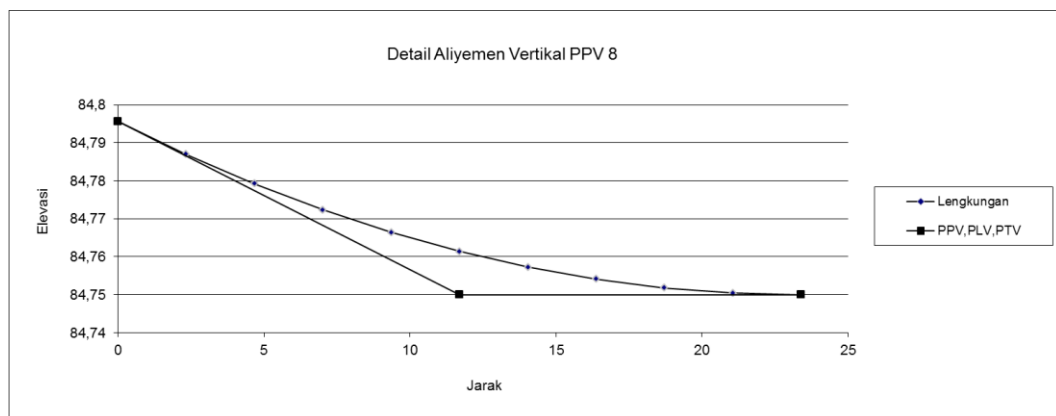
Menurut PM No.60 tahun 2012 R minimum 6000 m untuk V rencana < 100 km/jam.

PV1 =

$$\begin{aligned}\Phi &= G2-G1 \\ &= 0,0\% - 0,39\% \\ &= 0,39\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Lv &= l = \Phi.R \\ &= 0,39\% * 6000 \\ &= 23,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ev &= Ym = R/8x \Phi^2 \\ &= 6000/8x0,39\%^2 = 0,011408 \text{ m}\end{aligned}$$



Gambar 5.25 Detail Alinyemen vertikal PPV 8

4. Rel

Diketahui kelas jalan I dengan kecepatan maksimum 100 km/jam. Daya lintas lebih dari 20 juta ton pertahun. Tekanan gandar yang dibebankan oleh lokomotif CC sebesar 18 ton.

$$\begin{aligned}\text{Kelas jalan I Vrencana} &= 1,25 \times V_{\text{maks}} \\ &= 1,25 \times 100 \text{ km/jam} \\ &= 125 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

$$\text{Kekakuan jalan rel} = 180 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Momen inersia} = 2346 \text{ cm}^4 \text{ (Tabel 3.8)}$$

$$\text{Tahanan momen dasar} = 300 \text{ cm}^3$$

$$\text{Modulus Elastis (E)} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

a. Perhitungan momen

$$M_a = 0,82 \frac{P}{4\lambda} = \frac{9000 \left(1 + 0,01 \left[\frac{120}{1,609} - 5 \right] \right)}{4 \left(\frac{180}{4 \times 2,1 \times 10^6 \times 2346} \right)^{1/4}}$$

$$M_a = 325906 \text{ kgcm}$$

b. Tinjauan terhadap tegangan ijin kelas jalan

$$\sigma_x = \frac{M \times y}{I_x} = \frac{325906 \times 7,62}{2346}$$

$$\sigma_x = 1058,569078 \text{ kg/cm}^2 < 1325 \text{ kg/cm}^2 \text{ Ok (Tabel 3.9)}$$

c. Tinjauan terhadap tegangan yang terjadi di dasar rel

$$S_{\text{base}} = \frac{M_a}{W_b} = \frac{325906}{300}$$

$$S_{\text{base}} = 1086,353043 \text{ kg/cm}^2 < 1176,8 \text{ kg/cm}^2 \text{ OK (Tabel 3.9)}$$

Jadi dengan Rel 54 profil dapat digunakan untuk koridor Solobalapan – Sragen.

5. Penentuan panjang rel

Digunakan persamaan 3.30 untuk menentukan panjang rel

$$l = \frac{2,1 \times 10^6 \times 54,26 \times 1,2 \times 10^{-5} \times (50 - 60)}{450}$$

$$l = 91,1568$$

Panjang minimum rel R.54 yang disyaratkan adalah

$$L = 2xl$$

$$L = 2 \times 91,1568$$

$$L = 182,3136 \text{ atau dibulatkan per } 25\text{m menjadi } 200\text{m}$$

Celah rel sesuai tipe rel R.54 digunakan celah maksimum 16mm.

6. Penentuan penambat rel

Penambat rel adalah suatu komponen yang menambatkan rel pada bantalan sedemikian rupa sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser. Jenis penambat yang dipergunakan adalah penambat elastik dan penambat kaku. Sesuai PM No.60 tahun 2012 digunakan penambat elastik ganda, tipe pandrol dengan alas karet karena sangat sesuai dengan tipe rel R.54

7. Bantalan

Menurut PM No.60 tahun 2012 ukuran bantalan Bi-blok sesuai Tabel 3.4

Panjang = 70 cm

Lebar = 30 cm

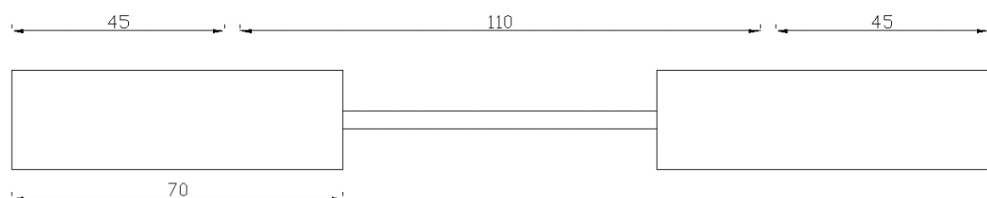
Tinggi sisi luar = 20 cm

Tinggi sisi dalam = 20 cm

Mutu campuran beton yang digunakan tidak kurang dari K-385, digunakan K-500

Perhitungan mutu beton Bi-Blok

a. Dimensi pakai



Gambar 5.26 Dimensi Bantalan Bi-blok

b. Tegangan dibawah bantalan

$$\text{Beban luar } Q = 60\% Pd$$

Dari perhitungan beban gandar kendaraan dinamik digunakan beban gandar maksimum 18 ton, maka $P_s = 9000$ kg. Untuk kelas jalan I, V rencana 120 km/jam

Beban dinamik

$$Pd = \left[1 + 0,01 \times \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right) P_s \right]$$

$$Pd = \left[1 + 0,01 \times \left(\frac{120}{1,609} - 5 \right) P_s \right] = 6263,244 \text{ kg}$$

Maka beban yang diterima bantalan dari kendaraan kereta api $Q = 60\% \times 6263,24363 \text{ kg} = 3757,946178 \text{ kg}$.

Beban Merata (q)

$$q = \frac{Q}{\text{luasbalok}} = \frac{3757,946}{70 \times 30} = 1,789498 \text{ kg/cm}^2$$

Momen dibawah rel

$$Mr = \frac{1}{2} \times ql^2 b = \frac{1}{2} \times 1,789498 \times 45^2 \times 30 = 54356,01 \text{ kg-cm.}$$

Tahanan momen

$$W = \frac{1}{6} b.h^2 = \frac{1}{6} \times 30 \times 20^2 = 2000 \text{ cm}^3$$

c. Kontrol tegangan normal dibawah bantalan terhadap mutu beton

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{2} ql^2 b}{\frac{1}{6} bh^2}$$

$$\sigma = \frac{54356,01}{2000} = 27,178 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan normal

$$\sigma = 0,33\sigma_{bk}$$

Untuk

$$\sigma = 27,178 \text{ kg/cm}^2, \text{ maka } \sigma_{bk} \geq 82,35759 \text{ kg/cm}^2$$

d. Kontrol tegangan geser dibawah bantalan terhadap mutu beton

$$\tau_{pons} = \frac{Q}{2(bh)} = \frac{3757,946}{2(20 \times 30)} = 3,131622 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan geser

$$\tau_{pons} \leq 0,65\sqrt{\sigma_{bk}}$$

$$\text{Untuk } \tau_{pons} = 3,131622 \text{ kg/cm}^2 \leq 0,65\sqrt{\sigma_{bk}},$$

$$\text{maka } \sigma_{bk} > 23,21196 \text{ kg/cm}^2$$

e. Jarak antar bantalan

Secara praktis di Indonesia digunakan jarak bantalan sebagai berikut :

- 1) Jarak bantalan pada lintas lurus ialah 60 cm, sehingga jumlah bantalan yang dipasang adalah 1667 buah untuk tiap km panjang
- 2) Pada tikungan/lengkung, jarak bantalan ialah sebesar 60 cm (diukur pada rel luar)

8. Balas

Lapisan balasa merupakan lapisan diatas tanah dasar yang berfungsi menahan kontruksi bantalan dan meneruskan beban dari bantalan menuju ke tanah dasar dengan pola distribusi beban yang merata.

a. Lapisan Balas

Bentuk dan ukuran lapisan balas yang digunakan di Indonesia, mengacu pada persyaratan yang telah di tetapkan oleh PM No. 60 tahun 2012, yaitu

- 1) Tebal lapisan balas yang digunakan mengacu pada klasifikasi Jalan Rel Indonesia, ditetapkan untuk lebar sepur sempit dan standar. Berikut Tabel tebal lapisan balas

Tabel 5.29 Spesifikasi Tebal Balas Dari Klasifikasi Jalan Rel

Kelas Jalan	V maks (km/jam)	Tebal Balas (cm)	Lebar Bahu Balas (cm)
I	120	30	60
II	110	30	50
III	100	30	40
IV	90	25	40

Sumber : PM. No 60 Tahun (2012)

Pada perencanaan ini digunakan kelas jalan rel I untuk kebutuhan koridor Solobalapan – Sragen, sehingga tebal balas yang dipakai adalah 30 cm dan lebar bahu balas pakai adalah 60 cm

2) Jarak dari sumbu jalan rel ke tepi atas lapisan balas

$$B > \frac{1}{2} L + X$$

Keterangan :

L = Panjang bantalan (cm)

X (1067 mm) = 50 cm untuk kelas I dan II

= 40 cm untuk kelas III dan IV

= 35 cm untuk kelas V

Pada perencanaan koridor Solobalapan-Sragen ini digunakan kelas I, sehingga

$$B > \frac{1}{2} 700 + 50$$

$$B > 400 \text{ cm}$$

3) Kemiringan lereng lapisan balas tidak boleh melebihi kecuraman 1:2. Kemiringan ini berlaku apabila material balas memenuhi persyaratan material balas.

b. Sub balas

Bentuk dan ukuran lapisan sub-balas yang digunakan di Indonesia mengacu pada persyaratan yang telah diatur pada PM. no 60 tahun 2012, yaitu :

1) Menghitung damping factor (λ)

Sesuai kelas jalan I dan perhitungan sebelumnya untuk dimenis yang digunakan adalah sebagai berikut

L = 70 cm

B = 30 cm

h = 20 cm

b = 20 cm

k = 180 kg/cm²

E = 1,43 x 10⁵

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{K}{4EI}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{180}{4 \times 1,43 \times 10^5 \times (\frac{1}{12} \times 30 \times 20^3)}} = 0,0112 \text{ cm}^{-1}$$

2) Beban roda akibat perilaku dinamis (P_d)

$$P_d = \left[1 + 0,01 \times \left(\frac{V}{1,609} - 5 \right) P_s \right]$$

$$P_d = \left[1 + 0,01 \times \left(\frac{120}{1,609} - 5 \right) 9000 \right] = 6263,24363 \text{ kg}$$

3) Perhitungan tekanan pada balas

Sebelumnya telah dihitung pada Tabel untuk perhitungan fungsi trigonometri pada rel agar mempermudah dalam menghitung tekanan pada balas.

$$a = 45 \text{ cm}$$

$$c = 55 \text{ cm}$$

$$\lambda = 0,0112 \text{ cm}^{-1}$$

Tabel 5.30 Perhitungan Fungsi Trigonometri

sin λL	0,706109255
sinh λL	0,866804494
cosh λa	1,129715468
cosh $2 \lambda c$	1,859865228
cosh λL	1,323385821
cos λa	0,875661432
sinh $2 \lambda a$	1,187560506
sin $2 \lambda c$	0,943149355
sinh $2 \lambda c$	0,943149355
sin $2 \lambda a$	0,845758501
cos $2 \lambda c$	0,332369212
cos λL	0,708102902
sinh λc	0,655692469
sin λc	0,577767595
sin $\lambda (L-c)$	0,167208401
sinh $\lambda (L-c)$	0,168788876

$\cosh \lambda c$	1,195797898
$\cos \lambda (L-c)$	0,985921574
$\cos \lambda c$	0,816201327
$\cosh \lambda (L-c)$	0,985921574

(Sumber : Analisis data, 2015)

$$\sigma_1 = \frac{P_d \cdot \lambda}{2b} \frac{1}{(\sin \lambda L + \sin \lambda L)} \left[\begin{array}{l} 2 \cosh^2 \lambda a (\cos 2\lambda c + \cos \lambda L) - \\ 2 \cos^2 \lambda a (\cosh 2\lambda c + \cos \lambda L) + \\ \sin 2\lambda a (\sin 2\lambda c - \sinh \lambda L) - \\ \sin 2\lambda a (\sin 2\lambda c - \sinh \lambda L) \end{array} \right]$$

$$\sigma_1 = 904,8753 \text{ kg-cm}$$

$$\sigma_t = \frac{P_d \cdot \lambda}{4b} \frac{1}{(\sin \lambda L + \sin \lambda L)} \left[\begin{array}{l} \text{Sinh} \lambda c (\text{Sin} \lambda c + \sin \lambda (L-c)) \\ + \text{Sin} \lambda c (\text{Sinh} \lambda c + \text{Sinh} (L-c)) \\ + \cosh \lambda c \cos \lambda (L-c) \\ - \cos \lambda c \cdot \cosh \lambda (L-c) \end{array} \right]$$

$$\sigma_t = 298,5964 \text{ kg-cm.}$$

4) Menghitung tebal lapisan balas

$$d = 1,35 \sqrt{\frac{58 \cdot \sigma_1}{\sigma_t} - 10}$$

$$d = 1,35 \sqrt{\frac{58 \cdot 904,8753}{298,5964} - 10} = 44,06244386 \text{ cm}$$

$$d_2 = d - d_1 > 15$$

$$44,06244386 - 30 > 15 \text{ cm}$$

$$d_2 \text{ pakai} = 30 \text{ cm}$$

5) Jarak dari sumbu rel ke tepi lapisan sub-balas

Pada sepur lurus

$$K_1 > B + 2d_1 + M$$

$$K_1 > 30 + 2 \cdot 30 + 90$$

$K_1 > 180 \text{ cm}$

K_1 pakai 300 cm

Pada sepur ditikungan

$K_{1d} = K_1$

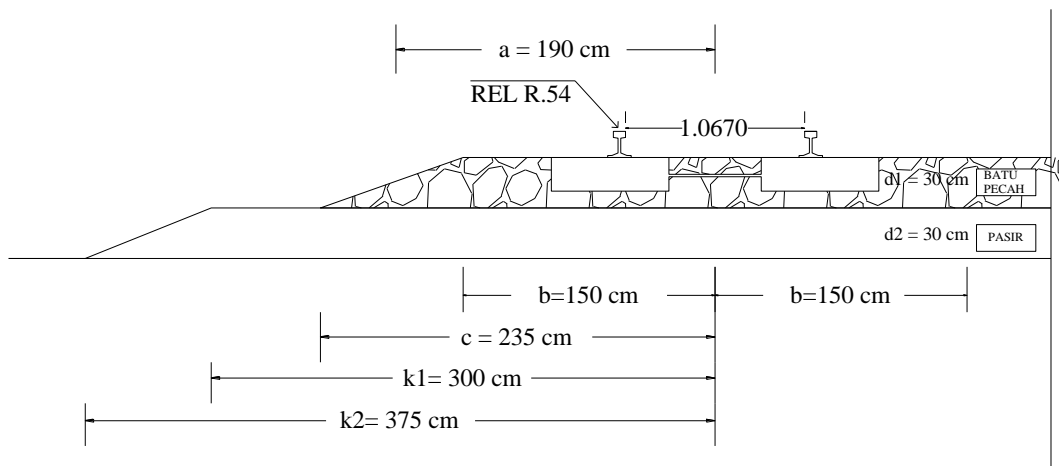
$E = (B + \frac{1}{2}) \times h/L + t$

$E = (30 + \frac{1}{2}) \times 20/70 + 20 = 28,7142 \text{ cm}$

$K_{11} = 30 + 2.30 + 90 + 2.28,7142 = 237,4285 \text{ cm}$

K_{11} pakai = 357,4285 cm ~ 358 cm

Sehingga untuk ukuran pakai balas yang digunakan, sesuai PM No. 60 tahun 2012 :



Gambar 5.27 Balas Jalan Rel

$d_1 = 30 \text{ cm}$

$b = 150 \text{ cm}$

$c = 235 \text{ cm}$

$k_1 = 300 \text{ cm}$

$k_{11} = 358 \text{ cm}$

$d_2 = 30 \text{ cm}$

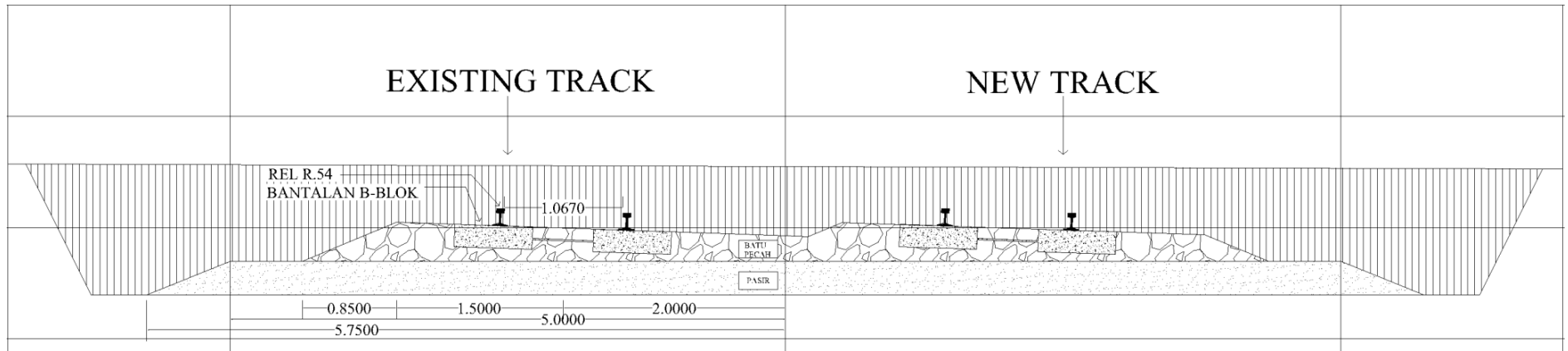
$e = 25 \text{ cm}$

$k_2 = 375 \text{ cm}$

$a = 190 \text{ cm}$

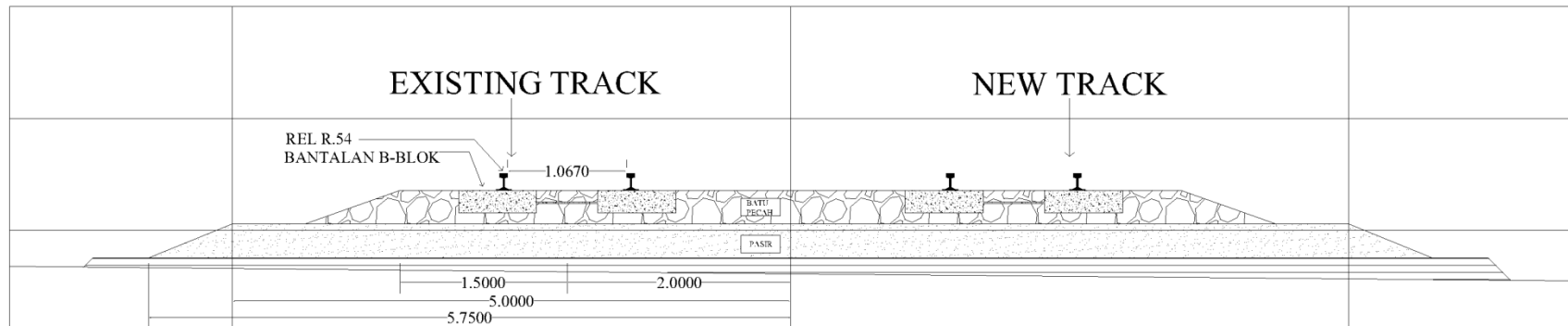
9. Penampang Melintang

A. Penampang melintang daerah galian



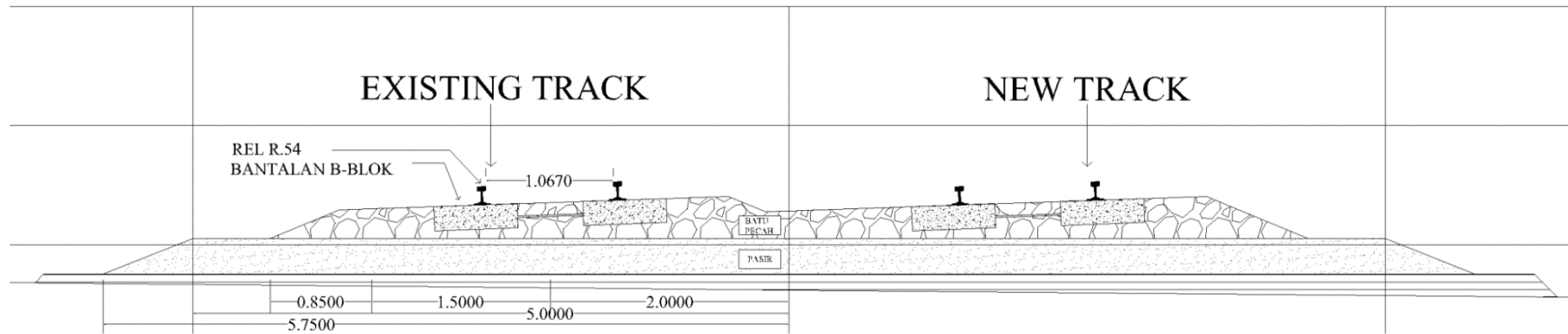
Gambar 5.28 Penampang Melintang Daerah Galian Jalan

B. Penampang melintang daerah timbunan



Gambar 5.29 Penampang Melintang Daerah Timbunan Jalan

C. Penampang melintang di tikungan



Gambar 5.30 Penampang Melintang Di Tikungan

