

# PERENCANAAN JALUR KERETA KAMPUS (STUDI KASUS: KERETA KAMPUS UNIVERSITAS PADJADJARAN)

**Prayogo Afang Prayitno**

Mahasiswa Magister Sistem dan Teknik  
Transportasi  
Universitas Gadjah Mada  
Yogyakarta  
[prayogoafang@gmail.com](mailto:prayogoafang@gmail.com)

**Imam Muthohar**

Dosen Magister Sistem dan Teknik Transportasi  
Universitas Gadjah Mada  
Yogyakarta  
[i.muthohar76@gmail.com](mailto:i.muthohar76@gmail.com)

### Abstract

To reduce gas emissions on campus, internal transportation of the campus is one of the aspects that must be regulated. The large number of internal movements within the campus caused the need of mass transportation mode. In this paper, the regulation is proposed to implement a campus train as an internal transportation in Padjadjaran University. The purpose of this paper is to plan a campus train track using Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 155 which is commonly used in Light Railway Transit (LRT) planning. To accommodate the limits needed in horizontal dan vertical alignment planning, Avenio Siemens vehicle type is used in this paper. In conclusion, the campus train track produced in this paper is 5,216.47 m long and 1,435 mm width. Horizontal alignment consists of 12 spiral-circle-spiral (SCS) curve types. While, vertical alignment consists of 7 curves which are divided into 4 crest curves and 3 sag curves.

**Keywords:** light railway transit (LRT), campus train, TCRP report

### Abstrak

Untuk mengurangi penggunaan energi dan jejak karbon yang ada di dalam kampus, transportasi internal kampus adalah salah satu hal yang perlu diperhatikan. Besarnya pergerakan internal di dalam kampus menyebabkan diperlukannya suatu moda transportasi massal dalam kampus. Penelitian ini mengusulkan penggunaan kereta kampus sebagai moda transportasi massal di dalam kampus Universitas Padjadjaran (Unpad) Jatinangor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan jalur kereta kampus di Unpad dengan menggunakan ketentuan *Transit Cooperative Research Program* (TCRP) No. 155 yang biasa digunakan dalam perencanaan *Light Railway Transit* (LRT). Perencanaan kereta kampus menggunakan tipe kereta Avenio Siemens. Hasil perencanaan kereta kampus menghasilkan trase sepanjang 5.216,47 m dengan lebar sepur 1435 mm. Alinemen horizontal terdiri dari 12 lengkung bertipe *spiral-circle-spiral* (SCS). Alinemen vertikal terdiri dari 7 lengkung vertikal yang terbagi menjadi 4 lengkung cembung dan 3 lengkung cekung.

**Kata Kunci:** *light railway transit* (LRT), kereta kampus, laporan TCRP

## PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan isu lingkungan yang sering dibicarakan dalam beberapa dekade terakhir. Pemanasan global memberikan dampak yang semakin bisa seperti peningkatan suhu udara, naiknya tinggi permukaan air laut hingga perubahan iklim di seluruh dunia. Untuk menanggulangi hal tersebut, diperlukan usaha bersama untuk mencegah semakin parah kerugian yang diterima akibat pemanasan global. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah semakin parahnya dampak pemanasan global adalah dengan melakukan pembangunan kampus hijau. Kampus hijau adalah tempat dimana praktik dan pendidikan yang bertanggung jawab terhadap lingkungan berjalan beriringan dan dimana prinsip-prinsip hidup yang bertanggung jawab terhadap lingkungan diberikan contoh

(NEIWPC/NEIETC, 2015). Choi, dkk. (2017) menjelaskan terdapat dua aspek utama dalam membangun kampus hijau, yaitu aspek fisik yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi dan jejak karbon serta aspek sosial-budaya.

Untuk mengurangi penggunaan energi dan jejak karbon di dalam kampus, transportasi internal kampus adalah salah satu hal yang perlu diperhatikan. Besarnya pergerakan internal dalam kampus oleh civitas akademik menyebabkan diperlukannya suatu moda transportasi massal yang beroperasi di dalam kampus. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan kereta kampus untuk mendukung pergerakan internal civitas akademik di dalam kampus. Kereta mendorong masyarakat melakukan transit dalam perjalanan, dimana penggunaan transit dapat mengurangi kepadatan lalu lintas, mengurangi kadar polusi udara, mengurangi penggunaan bahan bakar dan meningkatkan keselamatan lalu lintas (Arndt, dkk., 2009). Kereta memiliki keunggulan berupa kapasitas angkut yang lebih besar dibanding angkutan umum lainnya, memiliki jalur khusus sehingga meningkatkan faktor keamanan lalu lintas dan memiliki waktu tempuh yang lebih cepat dibanding dengan angkutan umum lain (Wright dan Fjeellstrom, 2003).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan trase kereta kampus di Universitas Padjajaran (Unpad) kampus Jatinangor. Perencanaan trase kereta kampus di Unpad Jatinangor sejalan dengan rencana pengembangan kampus yang meliputi area asrama, tempat perbelanjaan, tempat ibadah, hotel, area olahraga serta fasilitas-fasilitas lain yang nantinya akan membuat Unpad Jatinangor menjadi kampus terpadu. Moda transportasi jalan rel diharapkan dapat menjadi moda transportasi internal kampus Unpad Jatinangor di masa depan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Febrianda dan Herijanto (2013) melakukan studi perencanaan rute *Light Rail Transit* (LRT) sebagai moda pengumpan (*feeder*) *Mass Rapid Transit* (MRT) Jakarta. Hasil penelitian menunjukkan lokasi stasiun dengan bangkitan dan tarikan perjalanan terbesar baik pada kondisi *existing* maupun tahun rencana. Selain itu, diketahui *headway* rencana hasil perhitungan adalah sebesar 720 detik dengan travel time sebesar 1 jam dan jumlah armada tiap jam sebanyak 5 kereta.

Nurtanto (2014) melakukan penelitian mengenai kajian pengoperasian trem atau *light rail transit* (LRT) sebagai angkutan massal internal di kawasan kampus UGM. Dari hasil penelitian diketahui alternatif rute trem terpilih dapat mengakomodasi pergerakan sisi barat dan sisi timur kampus UGM dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti kawasan pembangkit atau asal perjalanan seperti asrama mahasiswa yang berada di lingkungan kampus UGM. Selain hal tersebut, kemudahan integrasi dengan moda angkutan umum lain seperti Transjogja dapat dicapai mengingat jalur Transjogja melewati rute trem terpilih.

Ganning (2018) memiliki dua hipotesis mengenai dampak pembangunan moda transportasi komuter berbasis jalan rel pada kegiatan komuter dan dekonsentrasi penduduk di suatu daerah. Hipotesis pertama yaitu keberadaan kereta komuter mendorong kegiatan komuter keluar dan hipotesis kedua mengenai bagaimana para komuter berinteraksi dengan adanya migrasi di area stasiun. Hasil dari penelitian memberikan pemahaman yang signifikan tentang peran kereta api komuter dalam dinamika populasi subregional. Hasil dari penelitian

juga mendukung hipotesis pertama karena koefisien yang ada menunjukkan terjadinya dekonsentrasi populasi regional. Hipotesis kedua mungkin akurat di beberapa area, karena hasil penelitian menunjukkan bahwa area stasiun memiliki potensi untuk mengembangkan area komersial, pengembangan daerah berbasis simpul dan menurunkan kegiatan komuter.

Sitem manajemen jalur trem di Indonesia pernah diteliti oleh Damayanti (2014). Hasil peninjauan terhadap berbagai sistem manajemen operasional trem di berbagai negara menunjukkan Indonesia tidak dapat mengaplikasikan secara penuh sistem manajemen trem yang ada karena adanya perbedaan kondisi seperti kemampuan untuk membayar (*willingness to pay*) warga dan banyaknya jumlah motor yang berada di jalan. Permasalahan lain adalah pembiayaan operasi trem di Indonesia harus dapat dilakukan secara mandiri atau tidak tergantung pada subsidi dari pemerintah namun tarif yang dikenakan kepada pengguna harus cukup rendah untuk menarik pengguna kendaraan bermotor pribadi untuk pindah menggunakan trem.

TCRP No. 155 merupakan ketentuan perencanaan jalan rel dalam kota yang biasa digunakan dalam perencanaan jalur LRT. Perencanaan jalur LRT dengan ketentuan tersebut dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu bagian perencanaan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal. Terdapat lima pembatasan yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan alinyemen horizontal. Lima pembatasan tersebut terdiri dari panjang *tangent* minimum antar lengkung, kriteria kecepatan, lengkung lingkaran, superelevasi dan lengkung spiral peralihan. Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat tiga pembatasan yang terdiri dari panjang *tangent*, kelandaian vertikal dan lengkung vertikal.

## METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Universitas Padjadjaran kampus Jatinangor, dengan kereta kampus direncanakan untuk menghubungkan lokasi kampus *existing* dan area pengembangan kampus seperti yang dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Kawasan Kampus *Existing* dan Area Pengembangan

### Data penelitian

Data primer penelitian terdiri dari data topografi di sepanjang jalur trase kereta kampus yang diambil dengan menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Data sekunder penelitian terdiri dari profil Universitas Padjadjaran dan Rencana Strategis Universitas Padjadjaran yang didapat dari bagian terkait Universitas Padjadjaran.

### **Pengolahan data**

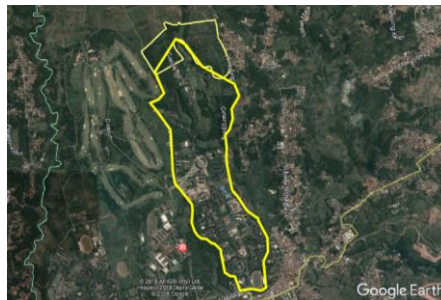
Tahapan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Data primer penelitian didapat dari survei topografi untuk mendapatkan data koordinat dan elevasi trase.
2. Data hasil survei topografi diinput kedalam *software* AutoCAD untuk mendapat gambar jalur trase hasil survei.
3. Pembuatan alinyemen horizontal dan vertikal berdasarkan hasil survei trase, kemudian perhitungan lengkung dilakukan dengan menggunakan TCRP No. 155.
4. Penggambaran alinemen horizontal dan vertikal.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Trase kereta kampus Universitas Padjadjaran**

Kereta kampus direncanakan beroperasi mengitari kampus Unpad untuk menghubungkan area tersebut dengan area pengembangan kampus yang terletak di sebelah utara kampus. Titik-titik koordinat rencana trase kereta Unpad didapat dengan melakukan survei di sepanjang jalur rencana kereta kampus. Jalur kereta kampus hasil survei yang telah diplot kedalam AutoCAD dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jalur Kereta Kampus Hasil Survei

Jalur kereta kampus hasil survei digunakan sebagai dasar untuk merencanakan alinyemen horizontal dan vertikal kereta kampus. Hasil perencanaan trase berdasar jalur kereta kampus hasil survei dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Trase Kereta Kampus

### **Tipe kendaraan kereta kampus**

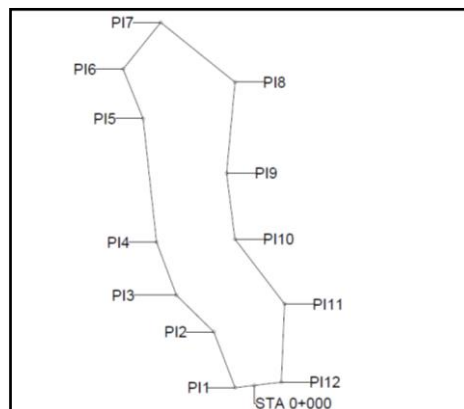
Spesifikasi kereta yang digunakan dalam perencanaan kereta kampus akan mempengaruhi batasan pada perencanaan alinyemen horizontal dan vertikal. Penelitian ini menggunakan jenis kereta yang diproduksi oleh perusahaan Siemens dengan spesifikasi teknis seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Kereta Kampus

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Tipe kereta	Avenio Siemens
2	Konfigurasi kereta	<i>Low floor, bi-directional operation</i>
3	Beban gandar maksimum	8,8 ton
4	Lebar jalur	1.435 mm
5	Panjang kendaraan	35.000 mm
6	Lebar kendaraan	2.550 mm
7	Tinggi kendaraan	3.650 mm
8	Jari-jari lengkung minimum (horizontal)	25 m
9	Kapasitas kereta	232 penumpang
10	Kecepatan maksimum	80 km/jam
11	Gradien maksimum (vertikal)	8%

#### Alinyemen horizontal kereta kampus

Perencanaan alinyemen horizontal kereta kampus dimulai dari penentuan titik *stationing* (STA) 0+000 dilanjutkan dengan penentuan titik perpotongan lengkung horizontal (PI). Posisi STA 0+000 dan titik PI pada trase kereta kampus dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Titik STA 0+000 dan Titik PI

Untuk melanjutkan perhitungan lengkung horizontal, perlu diketahui koordinat masing-masing titik PI. Koordinat masing-masing titik PI dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Koordinat UTM Titik PI

No	Titik	X (Easting)	Y (Northing)
1	STA 0+000	806745	9232920
2	PI1	806621	9232905
3	PI2	806484	9233265
4	PI3	806243	9233501

5	PI4	806115	9233844
6	PI5	806029	9234640
7	PI6	805900	9234960
8	PI7	806142	9235261
9	PI8	806621	9234875
10	PI9	806566	9234875
11	PI10	806620	9233863
13	PI11	806940	9233445
14	PI12	806919	9232940

### Perhitungan lengkung horizontal

Perhitungan atribut lengkung horizontal dilakukan dengan menggunakan TCRP No. 155. Langkah-langkah Perhitungan lengkung horizontal pada titik PI1 dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

1. Sudut belok  
Sudut belok ( $\Delta$ ) PI1 adalah  $75,92^\circ$ .
2. Jarak antar titik PI

$$L_{PI1-PI2} = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \quad (1)$$

$$L_{PI1-PI2} = 385 \text{ m}$$

3. Kecepatan kereta kampus  
Kecepatan maksimum ( $V_{maks}$ ) kereta kampus mengikuti kemampuan kereta yaitu sebesar 80 km/jam. Kecepatan rencana ( $V$ ) direncanakan sebesar 50 km/jam mengingat operasional kereta berada di lingkungan kampus dengan topografi berupa perbukitan.
4. Panjang *tangent*

$$L_T = 0,57V = 17 \text{ m} \quad (2)$$

5. Panjang jari-jari lengkung  
 $R_{min} = 25 \text{ m}$  (3)  
Jari-jari lengkung rencana titik PI1 ( $R$ ) ditentukan sebesar 100 m.

6. Superelevasi

$$E_q = \frac{12V^2}{R} = 108 \text{ mm} \quad (4)$$

$$E_a = 150 \text{ mm} \quad (5)$$

$$E_q = 115 \text{ mm} \quad (6)$$

7. Panjang lengkung spiral peralihan  
Panjang lengkung spiral berdasar superlevasi *unbalance* dan kecepatan adalah sebagai berikut.

$$L_s = 0,008VE_u = 28 \text{ m} \quad (7)$$

Panjang lengkung spiral berdasar superelevasi aktual adalah sebagai berikut.

$$L_s = 0,38E_a = 57 \text{ m} \quad (8)$$

Panjang lengkung spiral berdasar superelevasi aktual dan kecepatan adalah sebagai berikut.

$$L_s = 0,0046VE_a = 34,5 \text{ m} \quad (9)$$

panjang lengkung spiral ( $L_s$ ) yang digunakan dalam lengkung horizontal PI1 diambil dari hasil perhitungan terbesar yaitu 57 m.

8. Perhitungan komponen lengkung lingkaran

$$D_c = \frac{5729,578}{R} = 17,46 \text{ rad} \quad (10)$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \times R} = 16,33^\circ \quad (11)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 43,26^\circ = 0,76 \text{ rad} \quad (12)$$

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{\theta_s^2}{10} + \frac{\theta_s^4}{216} - \frac{\theta_s^6}{9360} \right) = 56,64 \text{ m} \quad (13)$$

$$Y_s = L_s \left( \frac{\theta_s}{3} - \frac{\theta_s^3}{42} + \frac{\theta_s^5}{1320} - \frac{\theta_s^7}{75600} \right) = 5,38 \text{ m} \quad (14)$$

$$k = L_s \left( \frac{1}{2} - \frac{\theta_s^2}{60} + \frac{\theta_s^4}{2160} - \frac{\theta_s^6}{131040} \right) = 28,42 \text{ m} \quad (15)$$

$$p = L_s \left( \frac{\theta_s}{12} - \frac{\theta_s^3}{336} + \frac{\theta_s^5}{15840} \right) = 1,35 \text{ m} \quad (16)$$

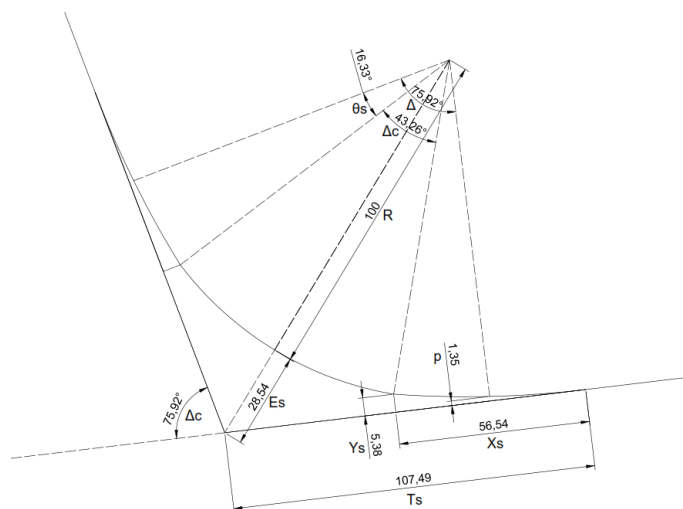
$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k = 107,49 \text{ m} \quad (17)$$

$$E_s = (R + p) \left( \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) + p = 28,54 \text{ m} \quad (18)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{D_c} \times 100 = 1,32 \text{ m} \quad (19)$$

9. Penggambaran lengkung horizontal PI1

Hasil penggambaran lengkung horizontal PI1 dengan menggunakan bantuan AutoCAD dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Lengkung Horizontal PI1

Hasil perhitungan seluruh lengkung horizontal dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah perhitungan seluruh lengkung horizontal selesai dilakukan, panjang lengkung antar lengkung horizontal perlu dipastikan tidak saling berpotongan dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L_{PI1} - (TS_{PI1} + TS_{PI2}) &> L_T && (20) \\ 216,50 \text{ m} &> 17 \text{ m} \end{aligned}$$

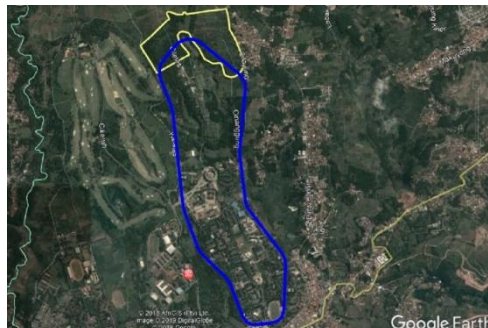


Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Komponen Lengkung Horizontal

Tahap	Kriteria desain	Simbol	Satuan	STA 0+000	PI1	PI2	PI3	PI4	PI5	PI6	PI7	PI8	PI9	PI10	PI11	PI12
1	Koordinat	X	-	806745	806621	806484	806243	806115	806029	805900	806142	806621	806566	806620	806940	806919
		Y	-	9232920	9232905	9233265	9233501	9233844	9234640	9234960	9235261	9234875	9234287	9233863	9233445	9232940
2	Sudut belok	$\Delta$	derajat	-	75.92	24.66	25.06	14.28	15.73	60.81	89.98	56.46	12.52	30.19	39.82	80.78
			rad	-	1.33	0.43	0.44	0.25	0.27	1.06	1.57	0.99	0.22	0.53	0.69	1.41
3	Jarak (PI1 ke PI2, dst)	L	m	125.08	385.44	336.71	366.13	801.09	344.83	386.31	614.56	590.69	427.42	526.75	504.69	174.50
4	Kecepatan															
	- Maksimum	Vmaks	km/jam	-	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	- Rencana	V	km/jam	-	30	50	50	50	50	50	30	50	50	50	50	30
5	Panjang <i>tangent</i>	$L_T$	m	-	17	29	29	29	29	29	17	29	29	29	29	17
6	Jari-jari lengkung															
	- Minimum	Rmin	m	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	- Rencana	R	m	-	100	150	150	350	350	150	150	150	350	150	150	100
			ft	-	328	492	492	1148	1148	492	492	492	1148	492	492	328
7	Superelevasi															
	- <i>Equilibrium</i>	Eq	mm	-	108	200	200	86	86	200	72	200	86	200	200	108
	- Aktual	Ea	mm	-	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	- <i>Unbalance</i>	Eu	mm	-	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
8	Lengkung spiral peralihan															
	- V dan Eu	Ls	m	-	28	46	46	46	46	46	28	46	46	46	46	28
	- Ea	Ls	m	-	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	- V dan Ea	Ls	m	-	21	35	35	35	35	35	21	35	35	35	35	21
	- Pakai	Ls	m	-	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
			ft	-	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187	187
9	Komponen lengkung lingkaran															
	- Derajat kelengkungan	Dc	rad	-	17.46	11.64	11.64	4.99	4.99	11.64	11.64	11.64	4.99	11.64	11.64	17.46
	- Sudut tengah lengkung spiral	$\theta_s$	rad	-	0.29	0.19	0.19	0.08	0.08	0.19	0.19	0.19	0.08	0.19	0.19	0.29
			derajat	-	16.33	10.89	10.89	4.67	4.67	10.89	10.89	10.89	4.67	10.89	10.89	16.33
	- Sudut tengah lengkung lingkaran	$\Delta_c$	rad	-	0.76	0.05	0.06	0.09	0.11	0.68	1.19	0.61	0.06	0.15	0.31	0.84
			derajat	-	43.26	2.89	3.29	4.95	6.40	39.04	68.21	34.69	3.19	8.42	18.05	48.12
	- Jarak <i>tangent</i> TS-SC	$X_s$	ft	-	185.49	186.33	186.33	186.88	186.88	186.33	186.33	186.33	186.88	186.33	186.33	185.49
			m	-	56.54	56.79	56.79	56.96	56.96	56.79	56.79	56.79	56.96	56.79	56.79	56.54
	- <i>Offset tangent</i> di SC	$Y_s$	ft	-	17.66	11.81	11.81	5.07	5.07	11.81	11.81	11.81	5.07	11.81	11.81	17.66
			m	-	5.38	3.60	3.60	1.55	1.55	3.60	3.60	3.60	1.55	3.60	3.60	5.38
	- Jarak lurus dari TS ke PC	k	ft	-	93.25	93.39	93.39	93.48	93.48	93.39	93.39	93.39	93.48	93.39	93.39	93.25
			m	-	28.42	28.47	28.47	28.49	28.49	28.47	28.47	28.47	28.49	28.47	28.47	28.42
	- Panjang total lengkung spiral	p	ft	-	4.43	2.96	2.96	1.27	1.27	2.96	2.96	2.96	1.27	2.96	2.96	4.43
		m	-	1.35	0.90	0.90	0.39	0.39	0.90	0.90	0.90	0.39	0.90	0.90	1.35	
- Total jarak lurus dari TS ke PI	$T_s$	m	-	107.49	61.45	62.00	72.39	76.90	117.02	179.31	109.48	66.93	69.17	83.12	114.65	
- Jarak total lengkung spiral - PI	Es	m	-	28.54	4.46	4.58	3.13	3.71	24.96	63.37	21.27	2.49	6.29	10.49	33.07	
- Panjang total lengkung	Lc	ft	-	4.32	0.43	0.49	1.73	2.24	5.85	10.23	5.20	1.12	1.26	2.71	4.81	
		m	-	1.32	0.13	0.15	0.53	0.68	1.78	3.12	1.58	0.34	0.38	0.82	1.47	
10	Cek Panjang $T_s$				Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman

### Stationing alinyemen horizontal

Penggambaran alinemen horizontal kereta kampus Unpad hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Alinyemen Horizontal Kereta Kampus

Hasil perhitungan *stationing* titik-titik alinemen horizontal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Stationing* Titik Penting Pada Alinemen Horizontal

No	Lengkung	Titik	STA	No	Lengkung	Titik	STA
1	Start	-	0+000	8	PI7	TS	2+518
2	PI1	TS	0+018	9	PI8	SC	2+575
		SC	0+074			CS	2+754
		CS	0+150			ST	2+811
		ST	0+207			TS	3+137
3	PI2	TS	0+423	10	PI9	SC	3+194
		SC	0+480			CS	3+284
		CS	0+488			ST	3+341
		ST	0+545			TS	3+756
4	PI3	TS	0+758	11	PI10	SC	3+813
		SC	0+815			CS	3+832
		CS	0+824			ST	3+889
		ST	0+880			TS	4+180
5	PI4	TS	1+112	12	PI11	SC	4+237
		SC	1+172			CS	4+259
		CS	1+196			ST	4+316
		ST	1+256			TS	4+691
6	PI5	TS	1+908	13	PI12	SC	4+748
		SC	1+965			CS	4+795
		CS	2+004			ST	4+852
		ST	2+061			TS	5+159
7	PI6	TS	2+212	14	Finish	SC	5+216
		SC	2+269			CS	5+300
		CS	2+371			ST	5+357
		ST	2+428			-	5+416

Berdasarkan hasil perhitungan *stationing*, diketahui panjang total alinemen horizontal kereta kampus Unpad Jatiningor adalah 5.416,47 meter.

### Perhitungan lengkung vertikal

Terdapat 7 lengkung vertikal pada perencanaan alinemen vertikal kereta kampus Unpad Jatiningor. Tahap-tahap perhitungan lengkung vertikal pada lengkung vertikal 1 (LVC1) dijelaskan sebagai berikut.

1. Elevasi, jenis lengkung dan *stasioning*

LVC1 (PVI) terletak pada elevasi 727 m, memiliki jenis lengkung vertikal cekung dan terletak pada STA 0+296. Untuk dapat melanjutkan perhitungan LVC1, kita perlu mengetahui elevasi dan sta titik awal trase (*start*) serta LVC2.

$$PVI_{start} = 727; STA_{start} = 0 + 000 \quad (20)$$

$$PVI1 = 727; STA1 = 0 + 296 \quad (21)$$

$$PVI2 = 746,19; STA2 = 0 + 647 \quad (22)$$

## 2. Kelandaian

Terdapat dua jenis kelandaian pada satu lengkung vertikal, yaitu kelandaian saat memasuki lengkung vertikal ( $g1$ ) dan kelandaian saat keluar dari lengkung vertikal ( $g2$ ).

$$g1 = \frac{PVI1 - PVI_{start}}{STA1 - STA_{start}} \times 100 = 0,00\% \quad (23)$$

$$g2 = \frac{PVI2 - PVI1}{STA2 - STA1} \times 100 = 5,47\% \quad (24)$$

Perbedaan kelandaian ( $A$ ) antara dua kelandaian diatas adalah sebagai berikut.

$$A = |g2 - g1| = 5,47\% \quad (25)$$

## 3. Kecepatan

Kecepatan maksimum dan kecepatan rencana yang digunakan pada perhitungan lengkung vertikal sama dengan yang digunakan pada lengkung horizontal.

## 4. Panjang *tangent*

$$L_T = 0,57V = 28,5 \text{ m} \quad (26)$$

## 5. Panjang lengkung vertikal

Panjang lengkung vertikal pada kondisi *desired* adalah sebagai berikut.

$$LVC_{desired} = 60A = 327,98 \text{ m} \quad (27)$$

Panjang lengkung vertikal pada kondisi *acceptable* adalah sebagai berikut.

$$LVC_{acceptable} = 30A = 163,99 \text{ m} \quad (28)$$

Panjang lengkung vertikal pada kondisi *absolut* adalah sebagai berikut.

$$LVC_{absolut} = \frac{AV^2}{387} = 35,31 \text{ m} \quad (29)$$

Panjang lengkung ideal yang digunakan adalah pada kondisi *desired*. Trase kereta kampus Unpad Jatiningor yang tidak panjang menyebabkan kondisi *desired* tidak dapat dipenuhi sehingga diambil panjang lengkung (LVC) sebesar 150 m.

## 6. Jari-jari lengkung vertikal

$$R_v = \frac{LVC}{0,01(G_2 - G_1)} = 2744,09 \text{ m} \quad (30)$$

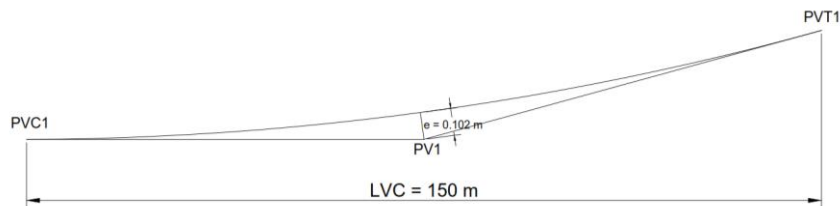
7. Komponen lengkung vertikal

$$e = \left(\frac{G2-G1}{8}\right) LVC = \frac{1}{8}A(LVC) = 0,102 \text{ m} \quad (31)$$

$$r = \left(\frac{G2-G1}{LVC}\right) = 0,036 \quad (32)$$

8. Penggambaran lengkung vertikal LVC1

Hasil penggambaran lengkung vertikal LVC1 dapat dilihat dalam Gambar 7.



Gambar 7. Lengkung Vertikal LVC1

Langkah-langkap perhitungan yang sama diterapkan pada seluruh lengkung vertikal, sehingga didapat hasil seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Komponen Lengkung Vertikal

Tahap	Kriteria desain	Simbol	Satuan	Start	LVC1	LVC2	LVC3	LVC4	LVC5	LVC6	LVC7	Finish
1	Elevasi	PVI	m	727	727	746.19	746.19	768.99	819.62	811.74	727	727
2	Jenis lengkung	-	-	-	Cekung	Cembung	Cekung	Cembung	Cembung	Cembung	Cekung	-
3	Stasioning	STA	m	0+000	0+296	0+647	1+000	1+700	2+897	3+835	5+308	5+416
<b>Kelandaian</b>												
4	- Kelandaian 1	g1	%	-	0.00	5.47	0.00	3.26	4.23	-0.84	-5.75	-
	- Kelandaian 2	g2	%	-	5.47	0.00	3.26	4.23	-0.84	-5.75	0.00	-
	- Perbedaan kelandaian	A	%	-	5.47	5.47	3.26	0.97	5.07	4.91	5.75	-
<b>Kecepatan</b>												
5	- Maksimum	Vmaks	km/jam	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	- Rencana	V	km/jam	30	50	50	50	50	50	50	50	30
6	Panjang <i>tangent</i>	L <sub>T</sub>	m	-	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	-
<b>Lengkung vertikal</b>												
7	- <i>Desired</i>	LVC	m	-	327.98	327.98	195.43	58.32	304.17	294.77	345.19	-
	- <i>Acceptable</i>	LVC	m	-	163.99	163.99	97.71	29.16	152.09	147.39	172.60	-
	- <i>Absolut</i>	LVC	m	-	35.31	63.56	21.04	11.30	58.95	57.13	37.17	-
	- Pakai	LVC	m	-	150	150	150	150	150	150	150	-
8	Jari-jari lengkung vertikal	R <sub>V</sub>	m	-	2744.09	2744.09	4605.26	15431.58	2958.86	3053.19	2607.23	-
<b>Komponen lengkung vertikal</b>												
9	- Jarak total lengkung ke titik PVI	e	m	-	0.102	0.102	0.061	0.018	0.095	0.092	0.108	-
	- Tingkat perubahan kemiringan	r	-	-	0.036	0.036	0.022	0.006	0.034	0.033	0.038	-

**Stationing alinyemen vertikal**

Hasil perhitungan titik *stationing* pada alinyemen vertikal dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. *Stationing* Titik Pening Alinyemen Vertikal

No	Lengkung	Titik	STA	No	Lengkung	Titik	STA
1	Start	-	0+000	6	LVC5	PVC5	2+822
2	LVC1	PVC1	0+221	7	LVC6	PV5	2+897
		PV1	0+296			PVT5	2+972
		PVT1	0+371			PVC6	3+760
3	LVC2	PVC2	0+572	8	LVC7	PV6	3+835
		PV2	0+647			PVT6	3+910
		PVT2	0+722			PVC7	5+233
4	LVC3	PVC3	0+925	9	Finish	PV7	5+308
		PV3	1+000			PVT7	5+383
		PVT3	1+075			-	5+416
5	LVC4	PVC4	1+625				
		PV4	1+700				
		PVT4	1+775				

## KESIMPULAN

Perencanaan kereta kampus Universitas Padjadjaran menggunakan ketentuan TCRP No. 155 yang biasa digunakan dalam perencanaan *light railway transit* (LRT). Jenis kereta yang digunakan dalam studi ini adalah tipe Avenio Siemens dengan spesifikasi untuk perencanaan trase kereta kampus diantaranya lebar jalur 1.435 mm, jari-jari lengkung minimum (horizontal) 25 m, kecepatan maksimum 80 km/jam, kecepatan rencana 50 km/jam dan gradien maksimum (vertikal) 8%. Perencanaan alinyemen horizontal kereta kampus menghasilkan jalur sepanjang 5.216,47 m, dengan 12 lengkung horizontal yang bertipe *spiral-circle-spiral* (SCS). Perencanaan alinyemen vertikal menghasilkan 7 lengkung vertikal yang terdiri dari 4 lengkung cembung dan 3 lengkung cekung. Kelandaian masing-masing lengkung vertikal adalah 5,47% pada LVC1, 5,47% pada LVC2, 3,26% pada LVC3, 0,97% pada LVC4, 5,07% pada LVC5, 4,91% pada LVC6 dan 5,75% pada LVC7. Ketentuan TCRP No. 155 dapat mengakomodasi perancangan jalur kereta kampus yang membutuhkan jari-jari lengkung lingkaran kecil (sesuai dengan kemampuan kereta yang digunakan), namun jarak antara dua lengkung horizontal tidak dapat diletakkan terlalu berdekatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- New England Interstate Water Pollution Control Commission and Environmental Training Center (NEIWPC/NEIETC). (2015). *Greening the Campus. Where Practice and Education Go Hand in Hand*. New York: NEIWPC/NEIETC.
- Choi, Y. J., Oh, M., Kang, J., & Lutzenhiser, L. (2017). Plans and Living Practices for the Green Campus of Portland State University. *Sustainability*, 9 (252), 1-16.
- Arndt, J. C., Morgan, C., Overman, J., Clower, T., Weinstein, B., & Seman, M. (2009). *Transportation, Social and Economic Impacts of Light and Commuter Rail*. Texas: Texas Transportation Institute.
- Wright, L., & Fjellstrom, K. (2003). *Module 3a: Mass Transit Options*. Eschborn: GTZ Transport and Mobility Group.
- Febrianda, M., & Herijanto, W. (2013). Studi Perencanaan Rute LRT (Light Rail Transit) sebagai Moda Pengumpan (Feeder) MRT Jakarta. *Jurnal Teknik Pomits*, 1 (1), 1-6.
- Nurtanto, E. R. (2014). *Kajian Pengoperasian Trem/LRT sebagai Angkutan Massal Internal di Kawasan Kampus UGM* (1 ed.). Yogyakarta: Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

- Ganning, J. (2018). The Effects of Commuter Rail Establishment on Commuting and Deconcentration. *Regional Studies* , 52 (12), 1636-1645.
- Damayanti, M., Malkhamah, S., & Walker, K. (2015). Tramway Management System in Indonesia. *Journal of Civil Engineering Forum* , 1 (1), 23-28.
- Transit Cooperative Research Program (TCRP). (2012). *Track Design Handbook for Light Rail Transit* (2nd ed.). Washington, D.C.: National Academy of Sciences.