

## PERENCANAAN GEOMETRIK RAMP PADA JUNCTION DAN INTERCHANGE JALAN TOL MEDAN – KUALANAMU – TEBING TINGGI (SEKSI 3 DAN 4B)

Sri Asfiati<sup>1</sup>, Redha Ayu Cressha Ningrum<sup>1,2</sup>, Rhini Wulan Dary<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan

<sup>2</sup>Email: [Redhacressha@gmail.com](mailto:Redhacressha@gmail.com)

Article info	<b>Abstrak.</b>
Article history:	Jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi sepanjang 61,8 km merupakan salah satu program Sumatera Utara sebagai bagian dari rencana pembangunan Trans Sumatra. Jalan tol ini memiliki 7 <i>interchange</i> yaitu: Tanjung Morawa, Kualanamu, Parbarakan, Lubuk Pakam, Perbaungan, Teluk Mengkudu, dan Sei Rampah serta memiliki makna strategis untuk mengembangkan pembangunan jaringan infrastruktur jalan. Dalam penulisan tugas akhir ini dipilih lokasi pada wilayah 1 yaitu seksi 3 dan 4B. Pada seksi 3 terdapat <i>junction</i> Parbarakan, sedangkan pada seksi 4B terdapat <i>interchange</i> Perbaungan dengan bentuk <i>interchange</i> trompet dengan kombinasi <i>direct ramp</i> , <i>semi direct ramp</i> dan <i>loop ramp</i> . Dari perencanaan geometrik ini dipilih 1 <i>ramp</i> untuk mewakili 4 <i>ramp</i> yang terdapat pada 1 <i>junction</i> dan 1 <i>interchange</i> tersebut. Perencanaan geometrik ini meliputi perencanaan trase jalan, alinyemen horizontal dan vertikal. Untuk alinyemen horizontal, jenis tikungan yang dipakai dalam desain <i>interchange</i> ini yaitu tikungan FC, SS, SCS dan untuk alinyemen vertikal adalah vertikal cembung dan cekung.
Received :	
Accepted :	
Published :	
Keywords :	
<i>Geometric, highway, ramp, junction, interchange.</i>	
JEL Classification:	
133,C61,C67	
DOI:	

Kata kunci: Geometrik, jalan tol, *ramp*, *junction*, *interchange*.

**Abstract.** Medan toll road-Kualanamu-Tebing Tinggi along the 61.8 km is one of the programs of North Sumatra as part of a plan to build the Trans Sumatra. The highway has 7 interchange are: Tanjung Morawa, Kualanamu, Parbarakan, Lubuk Pakam, Perbaungan, Teluk Mengkudu, and Sei Rampah and have strategic significance to develop road infrastructure network development. In the writing of this final project selected the location on the region 1 i.e. section 3 and 4B. There are 3 sections on the junction Parbarakan, whereas in section 4B there is interchange with the form a trumpet interchange Parbaungan with a combination of direct ramp, semi-direct ramp and loop ramp. From the geometric planning have been one ramp to represent 4 ramp located at junction 1 and 1 the interchange. This geometric planning involves planning the road alignment, horizontal and vertical alignment. For horizontal alignment, type of curve used in desain interchange is that twists FC, SS, SCS and vertical alignment is vertical convex and concave.

Keywords: Geometric, highway, ramp, junction, interchange.

### 1. PENDAHULUAN

Sektor perhubungan, khususnya darat merupakan salah satu sektor yang sangat penting dalam pembangunan, mengingat sektor ini akan terus berkembang sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan perjalanan dan aktifitas masyarakat yang menyebabkan meningkatnya arus lalu lintas sehingga kebutuhan akan jalan raya sebagai sarana perhubungan darat akan semakin meningkat.

Dalam perkembangannya jalan yang merupakan sarana perhubungan tidak mampu berfungsi karena arus lalu lintas yang makin padat sehingga terjadi berbagai permasalahan seperti terjadi kemacetan, biaya perjalanan mahal, waktu tempuh yang lama serta kenyamanan lalu lintas tidak terjamin[1].

Dari permasalahan ini, dapat ditempuh beberapa alternatif pemecahannya, misalnya dengan pelebaran jalan, penambahan lapisan perkerasan jalan (*overlay*) atau pembukaan jalan baru. Untuk pembukaan jalan baru dapat dipilih alternatif jalan bebas hambatan. Pembangunan persimpangan tidak sebidang adalah salah satu upaya penanganan masalah lalu lintas pada jalan tol dan pemilihan tipe *ramp* pada *interchange* yang sesuai dengan kondisi lahan jalan tol merupakan solusi dari masalah lalu lintas tersebut tanpa mengurangi kenyamanan dan keamanan pemakai jalan.

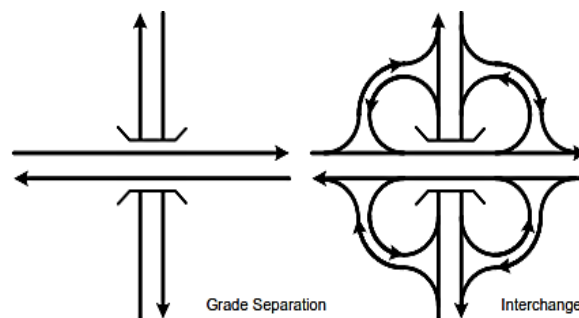
Adapun alasan pemilihan judul dan lokasi penelitian ini karena jalan tol ini memiliki 7 *interchange* yaitu: Tanjung Morawa, Kualanamu, Perbarakan, Lubuk Pakam, Perbaungan, Teluk Mengkudu, dan Sei Rampah serta memiliki makna strategis untuk mengembangkan pembangunan jaringan infrastruktur jalan yang terhubung antara suatu daerah dengan daerah lainnya, sehingga diharapkan aktifitas pergerakan baik barang, jasa maupun manusia lebih mudah dan lebih efisien dalam segi waktu dan jarak tempuh.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Studi pustaka digunakan untuk memecahkan masalah yang ada, baik untuk menganalisa faktor-faktor dan data pendukung maupun untuk merencanakan suatu konstruksi dalam hal ini perencanaan geometrik *ramp* pada *interchange* jalan tol. Dalam bab ini secara garis besar dibagi menjadi tiga yaitu landasan teori, standar perencanaan dan ketentuan teknis *ramp* pada *junction* dan *interchange*.

### 2.1 Landasan Teori

*Interchange* adalah persimpangan dimana dua ruas jalan atau lebih saling bertemu tidak dalam satu bidang tetapi salah satu ruas berada di atas atau di bawah ruas jalan yang lain. Perencanaan *interchange* dilakukan bila volume lalu lintas yang melalui suatu pertemuan sudah mendekati kapasitas jalan-jalannya, maka arus lalu lintas tersebut harus bisa melewati pertemuan tanpa terganggu atau tanpa berhenti, baik itu merupakan arus menerus atau merupakan arus yang membelok sehingga perlu diadakan *grade separation* umumnya berupa *overpass* maupun *underpass*[2]. sedangkan yang dilengkapi dengan *ramp* disebut *interchange* pada *interchange* ini ada kemungkinan untuk membelok dari jalan yang satu ke jalan yang lain dengan melalui jalur-jalur *ramp* sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1: *Grade separation* dan *interchange* (Setiawan, 2005).

Terdapat beberapa karakteristik kunci keenam tipe utama *interchange*. Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, (2004), telah membahas karakteristik kapasitas relatif, ROW, dan biaya terhadap tipe *diamond interchange*, *SPUI*, *partial cloverleaf*, *Full cloverleaf*, *trumpet* dan *directional*, seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Ringkasan karakteristik persimpangan tak sebidang (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

Tipe Simpang	Keperluan <i>Right of Way</i>	Kapasitas	Biaya	Keterangan
<i>Diamond</i>	Rendah	Rendah	Rendah	Simpang paling sederhana
<i>SPUI</i>	Rendah	Sedang	Rendah-Sedang	Didesain untuk kota, masalah -masalah akomodasi pejalan kaki
<i>SPUI</i>	Rendah	Sedang	Rendah-Sedang	Didesain untuk kota, masalah -masalah akomodasi pejalan kaki
<i>Partial Cloverleaf</i>	Sedang	Sedang	Sedang	Loop harus diatur untuk melayani pergerakan belok kanan terbesar
<i>Full Cloverleaf</i>	Tinggi	Sedang	Tinggi	Area jalinan aman dan kapasitas harus cukup
<i>Trumphet</i>	Sedang-Tinggi	Sedang	Sedang-Tinggi	Digunakan pada simpang dengan tiga kaki
<i>Directional</i>	Sangat Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi	Simpang dianjurkan untuk menghubungkan sesama jalan bebas hambatan

## 2.2 Standar Perencanaan

Acuan utama standar perencanaan *ramp* pada *interchange* jalan tol ini yaitu Standar Perencanaan Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol (SPGJBHUIT) No. 007/BM/2009, Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK) No. 038/TBM/1997, dan Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya (PPGJR) Direktorat Jendral Bina Marga No No.13/1970. Dalam standar perencanaan ini, secara garis besar dibedakan menjadi dua yaitu dari aspek teknis dan aspek kelayakan ekonomi.

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberi pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas[3]. Perencanaan geometrik secara umum menyangkut aspek-aspek perencanaan bagian jalan:

1. Penampang melintang jalan/ trase jalan
2. Alinyemen horisontal, merupakan perhitungan perencanaan horizontal jalan yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan bentuk tikungan.
3. Alinyemen vertikal, merupakan perhitungan vertikal jalan yang digunakan untuk menentukan jenis turunan dan panjang lintasan turunan.

## 2.3 Ketentuan Teknis *Ramp*

*Ramp* adalah suatu segmen jalan yang menghubungkan antara ruas jalan tol dengan jalan lain sehingga memungkinkan kendaraan untuk dapat masuk atau keluar dari jalan tol. Lebar jalur ini minimal 3,5 m dan untuk *ramp* dengan lalu lintas dua arah harus menggunakan median[4].

Jalan penghubung jalan tol harus memenuhi standar sebagai berikut:

- a) Merupakan jalan dengan fungsi minimal kolektor
- b) Mempunyai kelas jalan yang mampu menahan kendaraan rencana jalan tol
- c) Mempunyai kelas jalan dengan spesifikasi minimal jalan raya
- d) Ruang milik jalannya harus dipagar

Ketentuan pengendalian jalan masuk dan/ atau jalan keluar adalah sebagai berikut:

- a) Jalan masuk dan jalan keluar (*ramp*) ke jalan tol dan dari jalan tol harus dibuat dengan menggunakan lajur percepatan untuk masuk jalur utama dan lajur perlambatan untuk keluar dari jalur utama.
- b) Jarak antara nose *ramp* jalan masuk dan *nose ramp* jalan keluar untuk jurusan yang sama minimal 2 (dua) km untuk jalan tol di daerah perkotaan dan 5 (lima) km untuk jalan tol di daerah antar kota.

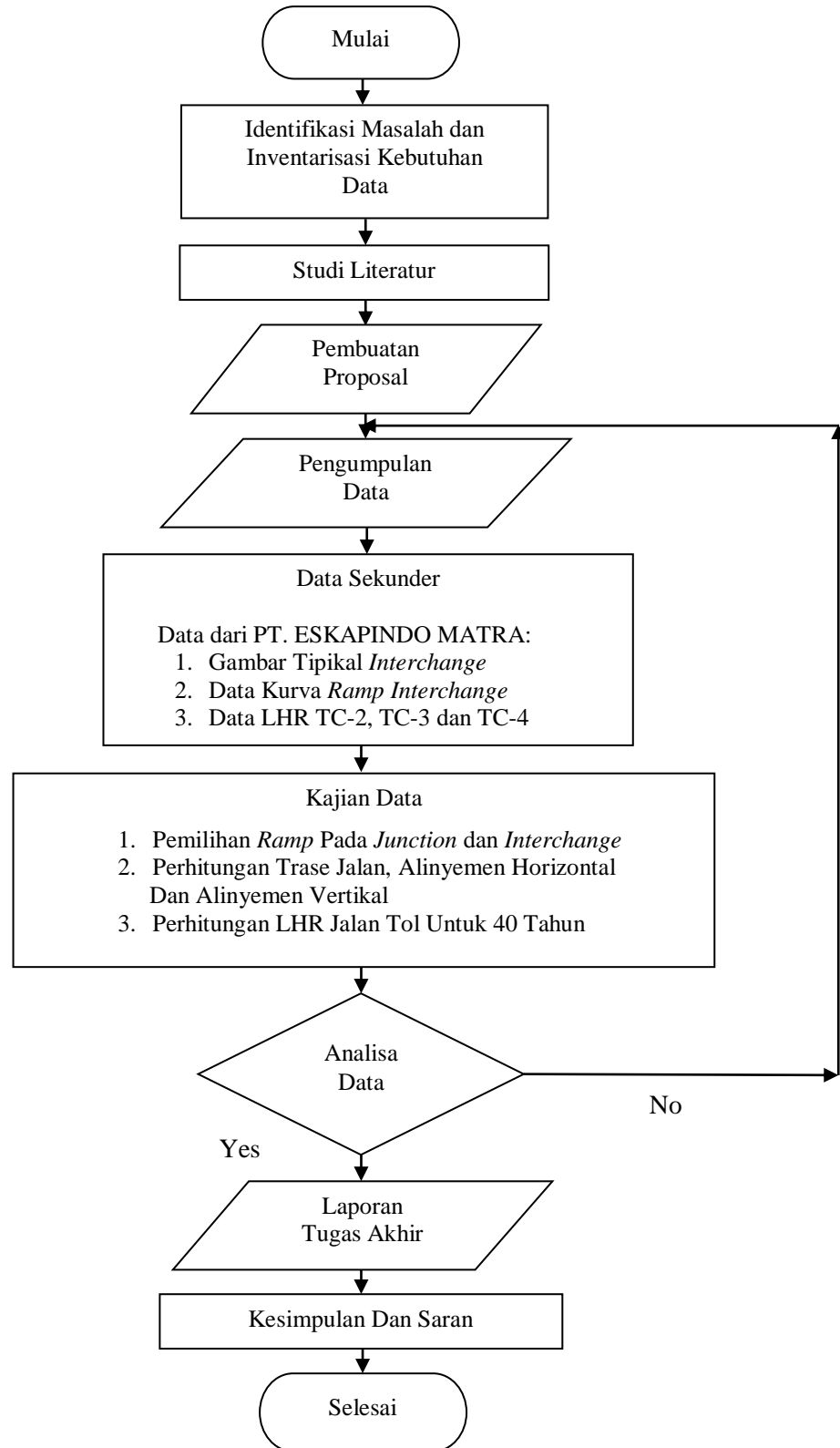
### 3. METODE PENELITIAN

Proses rancangan jalan yang terstruktur dan sistematis sangat diperlukan untuk menghasilkan rancangan konstruksi jalan yang efektif dan efisien. Urutan rangkaian proses rancangan akan menjadi suatu pedoman bagi seorang perencana dalam mengumpulkan, mengolah, menganalisis dan mengevaluasi data yang ada hingga menjadi suatu gambar desain/ gambar kerja yang siap dilaksanakan di lapangan.

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- a) Mempelajari literatur-literatur (studi pustaka) yang berhubungan dengan perencanaan geometrik.
- b) Menentukan kebutuhan data.
- c) Pengadaan persyaratan administrasi untuk pencarian data.
- d) Menentukan instansi yang dapat dijadikan narasumber.
- e) Riset data untuk mendapatkan data-data *junction* dan *interchange* yang diperlukan untuk tugas akhir.

Persiapan-persiapan di atas dilakukan dengan cermat dan untuk menghindari pekerjaan yang berulang-ulang maka dibuatlah bagan alir urutan pekerjaan untuk perencanaan geometrik *ramp* pada *junction* dan *interchange* jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi seperti yang terlihat pada Gambar 2, sehingga tahap pengumpulan data menjadi lebih optimal dan efisien.



Gambar 2: Bagan alir penelitian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Geometrik Jalan

Data geometrik jalan adalah data yang berisi kondisi geometrik dari segmen jalan yang diteliti. Data ini merupakan data primer dan sekunder yang didapatkan dari hasil wawancara narasumber dan dari instansi proyek jalan tol Medan- Kualanamu-Tebing Tinggi. Data geometrik yang diambil adalah pada *ramp* 3 di *junction* Parbarakan seksi 3 dan *ramp* 4 di *interchange* Perbaungan seksi 4B dengan data sebagai berikut:

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| a) Fungsi jalan                        | : Jalan tol              |
| b) Klasifikasi jalan                   | : Kelas I                |
| c) Kelas medan                         | : Pegunungan             |
| d) Jenis jalan                         | : Arteri                 |
| e) Kecepatan rencana                   |                          |
| 1. <i>Ramp</i> 3 Parbarakan (Seksi 3)  | : 60 km/jam              |
| 2. <i>Ramp</i> 4 Perbaungan (Seksi 4B) | : 40 km/jam              |
| f) Lebar perkerasan                    | : $1 \times 4 \text{ m}$ |
| g) Lebar bahu luar                     | : 3 m                    |
| h) Lebar bahu dalam                    | : 1 m                    |

### 4.2 Perhitungan Trase Jalan

Perhitungan trase jalan ini dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 1, Pers. 2 dan Pers. 3.

$$a = \text{Arctg} \frac{x}{y} \quad (1)$$

$$\Delta a = \text{azimuth } Z - \text{azimuth } A \quad (2)$$

$$d_{A-Z} = \sqrt{(xZ - xA)^2 + (yZ - yA)^2} \quad (3)$$

Titik lintasan yang dilewati pada trase jalan untuk *Ramp* 3 Pada *junction* Parbarakan (Seksi 3) dan *Ramp* 4 Pada *interchange* Perbaungan (Seksi 4B) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Titik lintasan trase jalan *ramp* 3 pada *interchange* dan *ramp* 4 pada *junction*.

No.	Nama Titik	Koordinat X,Y Pada <i>Ramp</i> 3 <i>junction</i>		Koordinat X,Y Pada <i>Ramp</i> 4 <i>interchange</i>	
1	Titik Awal	x = 483905,638	y = 391268,639	x = 500653,428	y = 390977,021
2	Titik PI <sub>1</sub>	x = 483910,749	y = 391226,025	x = 500640,987	y = 390988,562
3	Titik PI <sub>2</sub>	x = 483930,910	y = 390941,563	x = 500595,192	y = 391099,859
4	Titik PI <sub>3</sub>	x = 484464,737	y = 390831,315	x = 500394,904	y = 391154,954
5	Titik Akhir	x = 484608,857	y = 390792,844	x = 500343,434	y = 391166,235

#### Data tikungan *ramp* 3 pada *junction* Parbarakan (Seksi 3)

Data tikungan PI <sub>1</sub> (FC)	Data tikungan PI <sub>2</sub> (SCS)	Data tikungan PI <sub>3</sub> (FC)
------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

$V_R = 60$ Km/jam	$V_R = 60$ Km/jam	$V_R = 60$ Km/jam
$\Delta PI_1 = 02^\circ 47' 06''$	$\Delta PI_2 = 74^\circ 16' 37''$	$\Delta PI_3 = 03^\circ 16' 37''$
$R = 1765,150$ m	$R = 180$ m	$R = 5241,300$ m
$L_s = 0$ m	$L_s = 98$ m	$L_s = 0$ m
$e_{maks} = NC$ (asumsi 2 %)	$e_{maks} = 7$ %	$e_{maks} = NC$ (asumsi 2 %)
$e_n = 2$ %	$e_n = 2$ %	$e_n = 2$ %

### 4.3 Perencanaan Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan proyeksi sumbu jalan tegak lurus bidang peta/ bidang horizontal yang terdiri dari perhitungan jarak pandang henti dan menyiap, desain bentuk tikungan, perhitungan landai relatif, pelebaran perkerasan ditikungan, perhitungan kebebasan samping dan pandangan ditikungan. Data tikungan pada masing-masing *ramp* dapat dilihat pada Tabel 3 dan perencanaan alinyemen horizontal yang telah diperhitungkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3: Data tikungan *ramp* 3 pada *junction* dan *ramp* 4 pada *interchange*.

Tabel 3: *Lanjutan*.

Data tikungan <i>ramp</i> 4 pada <i>interchange</i> Perbaungan (Seksi 4B)		
Data tikungan $PI_1$ (SS)	Data tikungan $PI_2$ (SCS)	Data tikungan $PI_3$ (FC)
$V_R = 40$ Km/jam	$V_R = 40$ Km/jam	$V_R = 40$ Km/jam
$\Delta PI_1 = 24^\circ 46' 59''$	$\Delta PI_2 = 52^\circ 15' 14''$	$\Delta PI_3 = 03^\circ 01' 05''$
$R = 57,8$ m	$R = 125$ m	$R = 2000$ m
$L_s = 50$ m	$L_s = 50$ m	$L_s = 0$ m
$e_{maks} = 7$ %	$e_{maks} = NC$ (asumsi 2 %)	$e_{maks} = NC$ (asumsi 2 %)
$e_n = 2$ %	$e_n = 2$ %	$e_n = 2$ %

Tabel 4: Hasil perhitungan bentuk tikungan alinyemen horizontal pada *ramp* 3 dan *ramp* 4.

Data tikungan <i>ramp</i> 3 pada <i>junction</i> Parbarakan (Seksi 3)				
Komponen tikungan $PI_1$ <i>Full Circle (FC)</i>		Komponen tikungan $PI_2$ <i>Spiral Circle Spiral (SCS)</i>		Komponen tikungan $PI_3$ <i>Full Circle (FC)</i>
$T_c = 42,923$ m		$\theta_s = 15^\circ 36' 18''$	$p = 2,258$ m	$T_c = 149,200$ m
$E_c = 0,521$ m		$\Delta c = 74^\circ 16' 37''$	$k = 48,853$ m	$E_c = 2,133$ m
$L_c = 85,762$ m		$L_c = 135,230$ m	$T_s = 186,886$ m	$L_c = 298,078$ m
		$X_s = 97,274$ m	$E_s = 48,628$ m	
		$Y_s = 8,893$ m	$L_t = 331,230$ m	
Data tikungan <i>ramp</i> 4 pada <i>interchange</i> Perbaungan (Seksi 4B)				
Komponen tikungan $PI_1$ <i>Spiral Spiral (SS)</i>		Komponen tikungan $PI_2$ <i>Spiral Circle Spiral (SCS)</i>		Komponen tikungan $PI_3$ <i>Full Circle (FC)</i>
$\theta_s = 12^\circ 23' 30''$	$Y_s = 1,802$ m	$\theta_s = 11^\circ 27' 53,89''$	$p = 0,839$ m	$T_c = 52,687$ m
$L_c = 0$ m	$p = 0,455$ m	$\Delta c = 29^\circ 19' 26,22''$	$k = 24,954$ m	$E_c = 0,694$ m
$L_s = 25$ m	$k = 12,479$ m	$L_c = 63,943$ m	$T_s = 86,675$ m	$L_c = 105,296$ m
$L_t = 50$ m	$T_s = 25,278$ m	$X_s = 49,800$ m	$E_s = 15,160$ m	
$X_s = 24,883$ m	$E_s = 1,844$ m	$Y_s = 3,334$ m	$L_t = 163,943$ m	

### 4.4 Perencanaan Alinyemen Vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Jenis lengkung vertikal dilihat dari letak titik perpotongan kedua bagian lurus (*tangent*) adalah lengkung vertikal cekung dan lengkung vertikal cembung[5]. Untuk menghitung lengkung vertikal diperlukan elevasi tanah yang telah disurvei sebelumnya, kemudian menghitung kelandaian memanjang menggunakan Pers. 4.

$$gn = \frac{Elev_{n+1} - Elev_n}{STA_{PVI_{n+1}} - STA_{PVI_n}} \times 100 \quad (4)$$

Perhitungan elevasi vertikal dan stationing vertikal pada *ramp 3 junction* Parbarakan dan *ramp 4 interchange* Perbaungan dapat dilihat Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5: Perhitungan kelandaian memanjang *ramp 3* Parbarakan.

Nama titik	STA (meter)	Elevasi Tanah (meter)	Beda Tinggi (m)	Jarak Datar (m)	Kelandaian Memanjang (%)
Titik A	0,000	18,976			
			0,688	125,000	- 1,928
Titik PVI <sub>1</sub>	125,000	18,288			
			1,859	075,000	2,386
Titik PVI <sub>2</sub>	200,000	16,429			
			0,323	350,000	- 0,016
Titik PVI <sub>3</sub>	550,000	16,106			
			0,190	175,000	0,359
Titik PVI <sub>4</sub>	725,000	15,916			
			- 0,745	297,354	- 0,251
Titik B	1022,354	16,661			

Tabel 6: Perhitungan kelandaian memanjang *ramp 4* Perbaungan.

Nama titik	STA (meter)	Elevasi Tanah (meter)	Beda Tinggi (m)	Jarak Datar (m)	Kelandaian Memanjang (%)
Titik A	4+0,000	19,479			
			1,570	50,000	-3,140
Titik PVI <sub>1</sub>	4+50,000	17,909			
			0,119	125,000	-0,095
Titik PVI <sub>2</sub>	4+175,000	17,790			
			1,790	232,739	-0,769
Titik B	4+407,739	16,000			

Perhitungan lengkung vertikal selanjutnya dapat dihitung menggunakan Pers. 5, Pers. 6 dan Pers. 7 sehingga didapat hasil perhitungan lengkung vertikal, elevasi vertikal, dan *stationing* vertikal (lihat Tabel 7 dan Tabel 8).

$$A = g_1 - g_2 \quad (5)$$

$$Ev = \frac{A \times Lv}{800} \quad (6)$$

$$Y = \frac{A \times X^2}{200 \times Lv} \quad (7)$$

Tabel 7: Perhitungan lengkung vertikal cembung dan cekung *ramp 3* Parbarakan.



No.	1. Perhitungan Lv		2. Perhitungan Elevasi Vertikal (m)		3. Perhitungan Sta. Vertikal (m)	
Lengkung Vertikal Cembung						
PVI <sub>1</sub>	g <sub>1</sub> (%)	- 0,550	Elv. PLV <sub>1</sub>	18,500	Sta. PLV <sub>1</sub>	3+86,425
Sta.	g <sub>2</sub> (%)	- 2,479	Elv. Y <sub>1</sub>	18,348	Sta. Y <sub>1</sub>	3+105,713
3	A (%)	+ 1,928	Elv. PPV <sub>1</sub>	18,102	Sta. PPV <sub>1</sub>	3+125
+	Ev (m)	- 0,186	Elv. Y <sub>1</sub> '	17,763	Sta. Y <sub>1</sub> '	3+144,288
125	Y (m)	- 0,046	Elv. PTV <sub>1</sub>	17,332	Sta. PTV <sub>1</sub>	3+163,575
Lengkung Vertikal Cekung						
PVI <sub>2</sub>	g <sub>2</sub> (%)	- 2,479	Elv. PLV <sub>2</sub>	17,049	Sta. PLV <sub>2</sub>	3+175
Sta.	g <sub>3</sub> (%)	- 0,092	Elv. Y <sub>2</sub>	16,776	Sta. Y <sub>2</sub>	3+187,5
3	A (%)	- 2,386	Elv. PPV <sub>2</sub>	16,578	Sta. PPV <sub>2</sub>	3+200
+	Ev (m)	+ 0,149	Elv. Y <sub>2</sub> '	16,455	Sta. Y <sub>2</sub> '	3+212,5
200	Y (m)	+ 0,037	Elv. PTV <sub>2</sub>	16,406	Sta. PTV <sub>2</sub>	3+225
Lengkung Vertikal Cekung						
PVI <sub>3</sub>	g <sub>3</sub> (%)	- 0,092	Elv. PLV <sub>3</sub>	16,129	Sta. PLV <sub>3</sub>	3+525
Sta.	g <sub>4</sub> (%)	- 0,109	Elv. Y <sub>3</sub>	16,117	Sta. Y <sub>3</sub>	3+187,5
3	A (%)	+ 0,016	Elv. PPV <sub>3</sub>	16,105	Sta. PPV <sub>3</sub>	3+550
+	Ev (m)	- 0,001	Elv. Y <sub>3</sub> '	16,092	Sta. Y <sub>3</sub> '	3+562,5
550	Y (m)	- 0,003	Elv. PTV <sub>3</sub>	16,079	Sta. PTV <sub>3</sub>	3+575
Lengkung Vertikal Cekung						
PVI <sub>4</sub>	g <sub>4</sub> (%)	- 0,109	Elv. PLV <sub>4</sub>	15,943	Sta. PLV <sub>4</sub>	3+700
Sta.	g <sub>5</sub> (%)	+ 1,681	Elv. Y <sub>4</sub>	15,958	Sta. Y <sub>4</sub>	3+712,5
3	A (%)	- 0,359	Elv. PPV <sub>4</sub>	16,028	Sta. PPV <sub>4</sub>	3+725
+	Ev (m)	+ 0,112	Elv. Y <sub>4</sub> '	16,154	Sta. Y <sub>4</sub> '	3+737,5
725	Y (m)	+ 0,028	Elv. PTV <sub>4</sub>	16,336	Sta. PTV <sub>4</sub>	3+750

Tabel 8: Perhitungan lengkung vertikal cembung dan cekung *ramp* 4 Perbaungan.

No.	1. Perhitungan Lv		2. Perhitungan Elevasi Vertikal (m)		3. Perhitungan Sta. Vertikal (m)	
Lengkung Vertikal Cekung						
PVI <sub>1</sub>	g <sub>1</sub> (%)	- 3,140	Elv. PLV <sub>1</sub>	18,443	Sta. PLV <sub>1</sub>	4+033
Sta.	g <sub>2</sub> (%)	- 0,095	Elv. Y <sub>1</sub>	18,208	Sta. Y <sub>1</sub>	4+41,5

Tabel 8: *Lanjutan*.

No.	1. Perhitungan Lv		2. Perhitungan Elevasi Vertikal (m)		3. Perhitungan Sta. Vertikal (m)	
2	A (%)	- 3,045	Elv. PPV <sub>1</sub>	18,038	Sta. PPV <sub>1</sub>	4+050
+	Ev (m)	+ 0,129	Elv. Y <sub>1</sub> '	17,933	Sta. Y <sub>1</sub> '	4+58,5
50	Y (m)	- 0,032	Elv. PTV <sub>1</sub>	17,893	Sta. PTV <sub>1</sub>	4+670
Lengkung Vertikal Cembung						
PVI <sub>2</sub>	g <sub>2</sub> (%)	- 0,095	Elv. PLV <sub>2</sub>	17,806	Sta. PLV <sub>2</sub>	4+158
Sta.	g <sub>3</sub> (%)	- 0,019	Elv. Y <sub>2</sub>	17,797	Sta. Y <sub>2</sub>	4+166,5
2	A (%)	- 0,076	Elv. PPV <sub>2</sub>	17,787	Sta. PPV <sub>2</sub>	4+175
+	Ev (m)	- 0,003	Elv. Y <sub>2</sub> '	17,788	Sta. Y <sub>2</sub> '	4+183,5
175	Y (m)	+ 0,0008	Elv. PTV <sub>2</sub>	17,787	Sta. PTV <sub>2</sub>	4+192

#### 4.5 Koordinasi Stationing Alinyemen Horizontal Dan Vertikal

Koordinasi *stationing* alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal dapat untuk *ramp* 3 *junction* Parbarakan (Seksi 3), dan *ramp* 4 pada *interchange* Perbaungan (Seksi 4B) dapat dilihat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9: Koordinasi *stationing* alinyemen horizontal dan vertikal pada *ramp*.

Ramp 3 pada <i>junction</i> Parbarakan (Seksi 3)		Ramp pada <i>interchange</i> Perbaungan (Seksi 4B)	
No. Jalan ( <i>Stationing</i> )	Panjang Horizontal Jalan (m)	No. Jalan ( <i>Stationing</i> )	Panjang Horizontal Jalan (m)
STA. A	3 + 0,000	STA. A	4 + 0,000
STA. TC <sub>1</sub>	3 + 0,000	STA. TS1	4 + 1,691
STA. PI <sub>1</sub>	3 + 42,923	STA. PI1	4 + 26,970
STA. CT <sub>1</sub>	3 + 85,846	STA. PLV1	4 + 33,000
STA. PLV <sub>1</sub>	3 + 86,425	STA. PPV1	4 + 50,000
STA. PPV <sub>1</sub>	3 + 125,000	STA. SS1	4 + 50,279
STA. TS <sub>2</sub>	3 + 141,213	STA. ST1	4 + 52,249
STA. PTV <sub>1</sub>	3 + 163,575	STA. TS2	4 + 60,825
STA. PLV <sub>2</sub>	3 + 175,000	STA. PTV1	4 + 67,000
STA. PPV <sub>2</sub>	3 + 200,000	STA. SC2	4 + 136,675
STA. PTV <sub>2</sub>	3 + 225,000	STA. PI2	4 + 147,500
STA. SC <sub>2</sub>	3 + 284,886	STA. CS2	4 + 157,205
STA. PI <sub>2</sub>	3 + 328,099	STA. PLV2	4 + 158,000
STA. CS <sub>2</sub>	3 + 374,062	STA. PPV2	4 + 175,000
STA. ST <sub>2</sub>	3 + 472,062	STA. PTV2	4 + 192,000
STA. PLV <sub>3</sub>	3 + 525,000	STA. TS2	4 + 207,205
STA. PPV <sub>3</sub>	3 + 550,000	STA. TC3	4 + 302,360
STA. PTV <sub>3</sub>	3 + 575,000	STA. PI3	4 + 355,228
STA. PLV <sub>4</sub>	3 + 700,000	STA. CT3	4 + 408,096
STA. TC <sub>3</sub>	3 + 723,992	STA. B	4 + 408,096
STA. PPV <sub>4</sub>	3 + 725,000		
STA. PTV <sub>4</sub>	3 + 750,000		
STA. PI <sub>3</sub>	3 + 873,192		
STA. CT <sub>3</sub>	3 + 1022,358		
STA. B	3 + 1022,358		

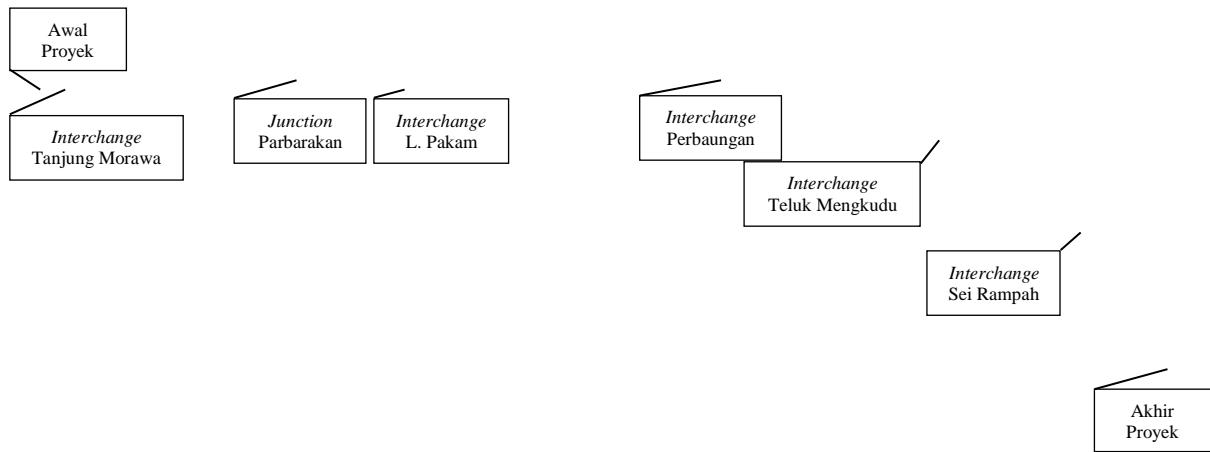
#### 4.6 Hasil Survei Penghitungan Lalu lintas

Survei penghitungan lalu lintas dilakukan di 3 (tiga) lokasi yaitu:

- 1) TC-2 (Ruas Kayu Besar/ Tanjung Morawa – Bandara Kualanamu). Masjid Nurul Huda, Dusun V, Desa Telaga Sari, Batang Kuis (KM 20)
- 2) TC-3 (Ruas Kayu Besar/ Tanjung Morawa – Lubuk Pakam). Mall Suzuya (KM 15)
- 3) TC-4 (Ruas Lubuk Pakam – Perbaungan). SPBU Galangan (KM 28)

Lokasi survei perhitungan lalu lintas TC-2, TC-3 dan TC-4 dapat dilihat pada Gambar 3.





Gambar 3: Lokasi survei penghitungan lalu lintas (TC) (PT. Eskapindo Matra).

Perhitungan LHR di lokasi TC-2, TC-3 dan TC-4 untuk masa konsesi jalan tol selama 40 tahun dapat diperhitungkan dengan menggunakan Pers. 8 dengan data sekunder yang diperoleh dari PT. Eskapindo Matra (lihat Tabel 10).

$$LHR = x \times (1 + i)^n \quad (8)$$

Tabel 10: Perhitungan LHR untuk masa konsesi jalan tol di lokasi TC-2, TC-3 dan TC-4.

Pertumbuhan Lalulintas (i)	Data awal TC-2 (27,71 %)	Untuk 40 Tahun	Data awal TC-3 (8,86 %)	Untuk 40 Tahun	Data awal TC-4 (7,89 %)	Untuk 40 Tahun
Mobil penumpang (kend/ hari)	22.489	398.993.977	26.093	398.993	22.652	472.448
Bus (kend/ hari)	508	9.012.803	3.913	116.746	3.603	75.147
Truk ¾ As (kend/ hari)	658	11.674.064	3.116	92.967	1.785	37.229
Truk 2 As (kend/ hari)	201	3.566.089	2.953	88.104	2.033	42.402
Truk 3 As (kend/ hari)	122	2.164.492	2.557	76.289	1.067	22.254
Truk 4 As (kend/ hari)	8	141.934	1.596	47.617	1.115	23.255
Truk 5 As/ lebih (kend/ hari)	13	230.643	1.236	36.877	1.172	24.444
Total LHR (kend/ hari)	23.999	425.784.004	41.464	1.237.098	33.427	697.180

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil studi yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Acuan utama standar perencanaan *ramp* pada *interchange* jalan tol ini yaitu Standar Perencanaan Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol (SPGJBHUIT) No. 007/BM/2009, Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK) No. 038/TBM/1997, dan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) Direktorat Jendral Bina Marga No. 13/1970.
2. Dari ke tujuh lokasi *interchange* yang terdapat pada proyek jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi ini, dipilih 2 lokasi dalam tugas akhir ini yaitu *junction* Parbarakan di seksi 3 dan *interchange* Perbaungan di seksi 4B, dimana perencanaan *ramp* diperhitungkan pada salah satu *ramp* yang terdapat pada *junction* dan *interchange*. *Ramp* yang diperhitungkan adalah *ramp* 3 pada *junction* Parbarakan dan *ramp* 4 pada *interchange* Perbaungan.
3. Bentuk *interchange* yang diterapkan dalam perencanaan ini yaitu jenis *interchange* tiga kaki dengan tipe *interchange triumphet* yang memiliki bentuk *ramp* yang beragam seperti *direct ramp*, *semi direct ramp* dan *indirect ramp* atau *loop*, yang menghubungkan antara jalan utama tol dengan jalan akses untuk tetap mendukung aksesibilitas transportasi pada wilayah persimpangan tersebut.
4. Perhitungan trase jalan dari titik awal ke titik akhir dengan koordinat yang telah diketahui pada setiap *ramp* di *junction* dan *interchange*:
  - a) *Ramp* 3 pada *junction* Perbarakan (Seksi 3)
    1. Jarak titik awal ke titik  $PI_1$  = 42,923 m
    2. Jarak titik  $PI_1$  ke titik  $PI_2$  = 285,176 m
    3. Jarak titik  $PI_2$  ke titik  $PI_3$  = 545,093 m
    4. Jarak titik  $PI_3$  ke titik akhir = 149,166 m
 Total jarak titik awal ke titik akhir = 1022,358 m
  - b) *Ramp* 4 pada *interchange* Perbaungan (Seksi 4B)
    1. Jarak titik awal ke titik  $PI_1$  = 26,970 m
    2. Jarak titik  $PI_1$  ke titik  $PI_2$  = 120,350 m
    3. Jarak titik  $PI_2$  ke titik  $PI_3$  = 207,728 m
    4. Jarak titik  $PI_3$  ke titik akhir = 52,692 m
 Total jarak titik awal ke titik akhir = 407,739 m
5. Total lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) untuk masa konsesi jalan tol selama 40 tahun pada masing-masing TC adalah:
  - a) TC-2 = 23.999 kend/hari, menjadi 425.784.004 kend/ hari dengan  $i = 27,71$  %
  - b) TC-3 = 41.464 kend/ hari, menjadi 1.237.098 kend/ hari dengan  $i = 8,86$  %
  - c) TC-4 = 33.427 kend/ hari, menjadi 697.180 kend/ hari dengan  $i = 7,89$  %

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Zhan, Y. Zheng, X. Yi, and S. V. Ukkusuri, "Citywide Traffic Volume Estimation Using Trajectory Data," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 2017.
- [2] D. J. Torbic, D. W. Harwood, D. K. Gilmore, K. R. Richard, and J. G. Bared, "Safety Analysis of Interchanges," *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, 2009.
- [3] X. Jiang, Z.-Q. Luo, and T. T. Georgiou, "Geometric Methods for Spectral Analysis," *IEEE Trans. Signal Process.*, 2012.
- [4] A. D. Spiliopoulou, D. Manolis, I. Papamichail, and M. Papageorgiou, "Queue Management Techniques for Metered Freeway On-Ramps," *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, 2011.
- [5] A. T. Moreno, C. Llorca, and A. Garcia, "Operational Impact of Horizontal and Vertical Alignment of Two-Lane Highways," in *Transportation Research Procedia*, 2016.
- [6] Direktorat Jendral Bina Marga, "Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota," *Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta*, 1997. [Online]. Available: <http://www.pu.go.id/uploads/services/infopublik20120703162920.pdf%0A> [Accessed: 27-Jan-2017].

- [7] Direktorat Jendral Bina Marga, “Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya (PPGJR),” *PU. Jakarta*, 1970. [Online]. Available: [http://pustaka.ustjogja.ac.id/index.php?p=show\\_detail&id=5503.pdf](http://pustaka.ustjogja.ac.id/index.php?p=show_detail&id=5503.pdf) . [Accessed: 20-Jan-2017].
- [8] Direktorat Jendral Bina Marga, “Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol,” *Direktorat Jendral Bina Marga*, 2009. .
- [9] J. Haryanto, “Perencanaan Persimpangan Tidak Sebidang Pada Jalan Raya,” *J. Univ. Sumatera Utara*, pp. 1–14, 2004.
- [10] W. Munajat, “Tugas Resume Perencanaan Geometri Jalan,” *J. Univ. Mercu Buana*, pp. 1–41, 2015.
- [11] Y. Mowemba, “Tugas Besar Perancangan Geometrik Jalan,” *J. Univ. Tadulako*, pp. 1–109, 2014.
- [12] R. Setiawan, “Desain Geometri Loop Ramp dengan Metode Compound Curve Radii,” *J. Univ. Kristen Petra*, pp. 1–8, 2005.
- [13] S. Sukirman, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Penerbit Nova, 1999.
- [14] Sunarto, “Perencanaan Jalan Raya Cemoro Sewu-Desa Pacalan Dan Rencana Anggaran Biaya,” *J. Univ. Sebel. Maret*, pp. 1–161, 2009.