

ALTERNATIF PERENCANAAN GEOMETRIK JALUR LINTAS SELATAN LOT 6 RUAS NGLARAP-KLATHAK

Muhammad Rizqi Dwi Prasetya Muhyidin¹, Achendri Kurniawan², Udi Subagyo³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang^{2,3}

¹riskidpm@gmail.com, ²achendri_ts@polinema.ac.id, ³udi.subagyo@polinema.ac.id

ABSTRAK

Jalan memiliki aspek dan peranan penting sebagai akses penghubung antar daerah serta dapat meningkatkan perekonomian dan taraf hidup masyarakat. Salah satu upaya pemerintah Provinsi Jawa Timur dalam mengatasi hal tersebut adalah dengan membangun Jalan Lintas Selatan Lot. 6 yang berlokasi antara Kabupaten Trenggalek – Kabupaten Tulungagung. Perencanaan jalan yang ada didesain oleh PT. Perentjana Djaja, namun kondisi jalan eksisting yang kurang nyaman dan masih menggunakan peraturan geometrik yang lama. Maka karena itu, tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah merencanakan alternatif perencanaan geometrik jalan dengan peraturan terbaru yaitu Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) 2021. Sesudah melihat presentase data CBR tanah dasar yang rendah, maka direncanakan perkerasan kaku jalan dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDP 2017) untuk menghindari penurunan yang tidak seragam, dimana sebelumnya menggunakan perkerasan lentur. Untuk memperkirakan besaran biaya yang digunakan untuk mengetahui jumlah harga sebuah proyek yang dilaksanakan maka RAB juga perlu dilakukan perhitungan, sehingga dapat ditentukan alternatif jalan yang paling terjangkau dengan desain trase yang nyaman. Berdasarkan hasil alternatif perencanaan geometrik dan perkerasan kaku pada Jalan Lintas Selatan Lot 6 Ruas Nglarap-Klathak ditentukan dengan trase Alternatif 2 yang terdiri dari 15 tikungan terdiri dari 13 tikungan S-C-S, dan 2 tikungan F-C pada alinyemen horizontal, dan ada 7 lengkung vertikal yang terdiri dari 2 lengkung vertikal cembung, dan 5 lengkung vertikal cekung. Perencanaan perkerasan kaku dengan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (MDP 2017) diperoleh tebal plat beton 305 mm dengan mutu beton K-450 (fc' 40 Mpa), tebal lapisan pondasi bawah 300 mm dengan diameter dowel ø38mm dengan panjang 450mm dan jarak 300mm, dan panjang Tie Bar 700mm dengan diameter Tie Bar D16mm serta jarak antar Tie Bar 750mm. Serta didapatkan hasil total rencana anggaran biaya untuk seluruh pekerjaan adalah Rp92.066.418.782,53 (Sembilan puluh dua miliar enam puluh enam juta empat ratus delapan belas ribu tujuh ratus delapan puluh dua rupiah)

Kata kunci : alternatif perencanaan; geometrik jalan; perkerasan kaku; RAB

ABSTRACT

Roads have an important aspect and role as an access link between regions and can improve the economy and people's living standards. One of the East Java Provincial Government's efforts to overcome this is to build the South Lot Cross Road. 6 which is located between Trenggalek Regency – Tulungagung Regency. Road planning designed by PT. Perentjana Djaja, but the existing road conditions are not comfortable and still use the old geometric rules. Therefore, the purpose of the preparation of this thesis is to plan alternative geometric road plans with the latest regulations, namely the Road Geometric Design Guidelines (PDGJ) 2021. After seeing the presentation of low subgrade CBR data, a rigid road pavement is planned using the 2017 Road Pavement Design Manual (MDP 2017) to avoid non-uniform settlement, which previously used flexible pavement. To estimate the amount of costs used to determine the total price of a project to be implemented, the RAB also needs to be calculated, so that the most affordable alternative road with a convenient route design can be determined. Based on the geometric planning alternatives and rigid pavement on the South Cross Road Lot 6, the Nglarap-Klathak section is determined by the Alternative 2 route which consists of 15 curves consisting of 13 S-C-S curves, and 2 F-C curves in the horizontal alignment, and there are 7 vertical curves consisting of 2 convex vertical curves, and 5 concave vertical arches. Planning for rigid pavement using the 2017 Road Pavement Design Manual (MDP 2017) obtained a concrete slab thickness of 305 mm with a concrete quality of K-450 (fc' 40 Mpa), a sub-base layer of 300 mm with a dowel diameter of 38mm with a length of 450mm and a distance of 300mm, and a length of Tie Bar 700mm with Tie Bar diameter D16mm and distance between Tie Bars 750mm. And get the results of the total budget plan for all work is Rp. 92,066,418,782.53 (Ninety-two billion sixty-six million four hundred and eighteen thousand seven hundred and eighty-two rupiah)

Keywords : alternative design; road geometry; rigid pavement; RAB

1. PENDAHULUAN

Alternatif jalan ini dibuat karena kondisi eksisting jalan yang berada di perbukitan yang curam serta trase jalan eksisting menggunakan pedoman lama (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997) sehingga perlu adanya perhitungan alternatif geometrik menggunakan peraturan terbaru yang telah direvisi (Pedoman Desain Geometrik Jalan 13/P/BM/2021) dengan merencanakan trase baru, serta perkerasan sebelumnya menggunakan perkerasan lentur yang telah ditemukan berbagai kerusakan jalan sebelum umur rencana, sehingga perlu adanya perencanaan perkerasan jalan dengan peraturan terbaru (Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017) menggunakan perkerasan kaku, sehingga akan didapatkan tujuan dari penelitian yakni perencanaan alternatif geometrik dan perkerasan baru yang sesuai dengan kondisi lalu lintas daerah selatan.

2. METODE

Lokasi Studi

Lokasi pengambilan data terletak pada proyek Jalur Lintas Selatan merupakan proyek yang dikerjakan oleh PT.PP (Persero), pemilik proyek ini adalah Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Binamarga, BBPJJN Jawa Timur-Bali Satker Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah II Jawa Timur PPK 2.5 Provinsi Jawa Timur dengan nilai kontrak proyek sebesar Rp. 471.553.305.416.



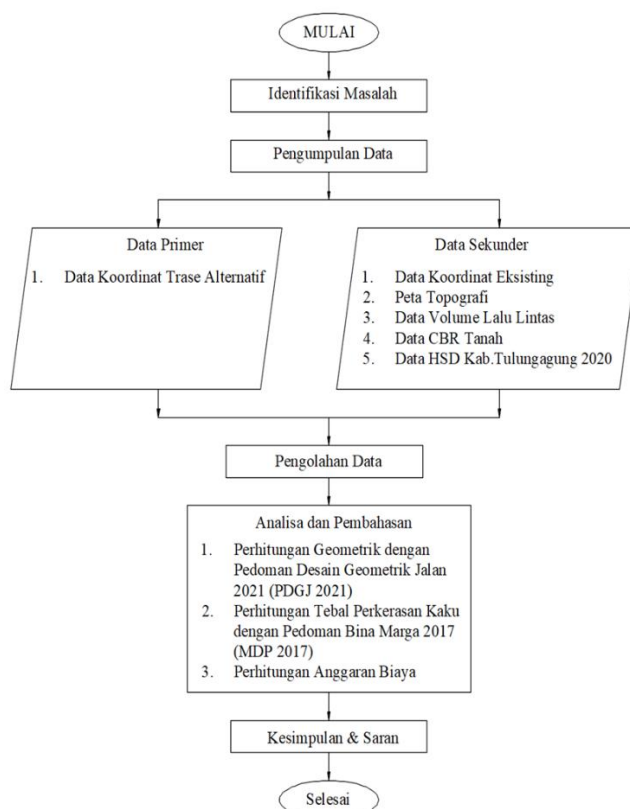
Gambar 2. 1 Lokasi Studi

Waktu Perencanaan

Waktu yang diperlukan dalam perencanaan ini yakni terhitung dari proposal diterima hingga selesainya proses perencanaan.

Bagan Alir

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. 2 Diagram Alir Penelitian

Prosedur Penelitian

Pengumpulan Data

A. Data Primer

1. Data koordinat trase alternatif

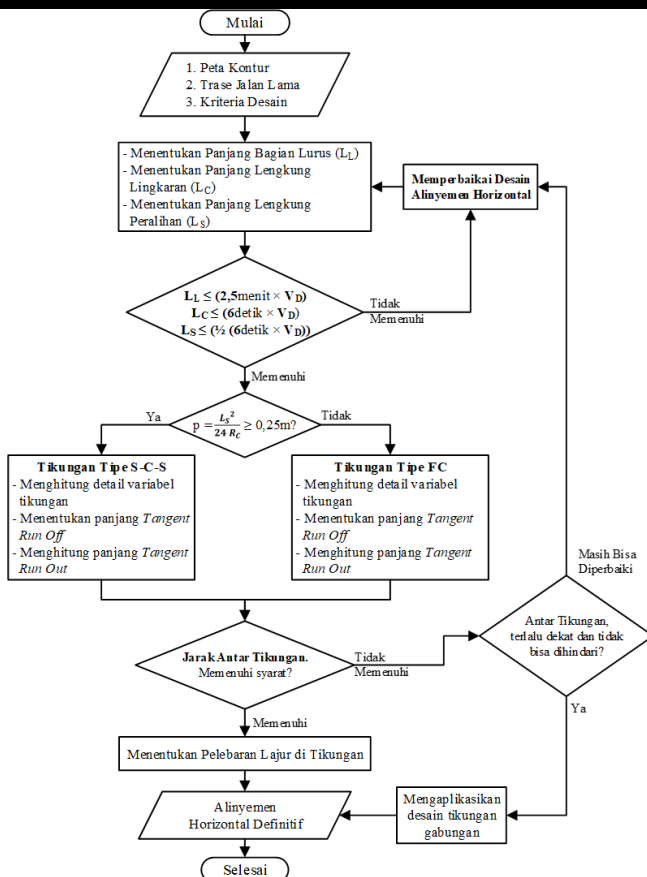
B. Data Sekunder

1. Data koordinat trase existing
2. Peta Topografi
3. Data volume lalu lintas
4. Data CBR tanah
5. Data HSD Kabupaten Tulungagung

Metode Analisa Data

Data yang diperoleh dari lokasi proyek akan diolah dengan melakukan perhitungan geometrik dengan dasar pedoman desain geometrik jalan (PDGJ 2021), untuk detail metode perhitungan alinyemen terbagi menjadi dua jenis yakni perhitungan alinyemen horizontal dan perhitungan alinyemen vertikal.

Bagan Alir Perhitungan Alinyemen Horizontal

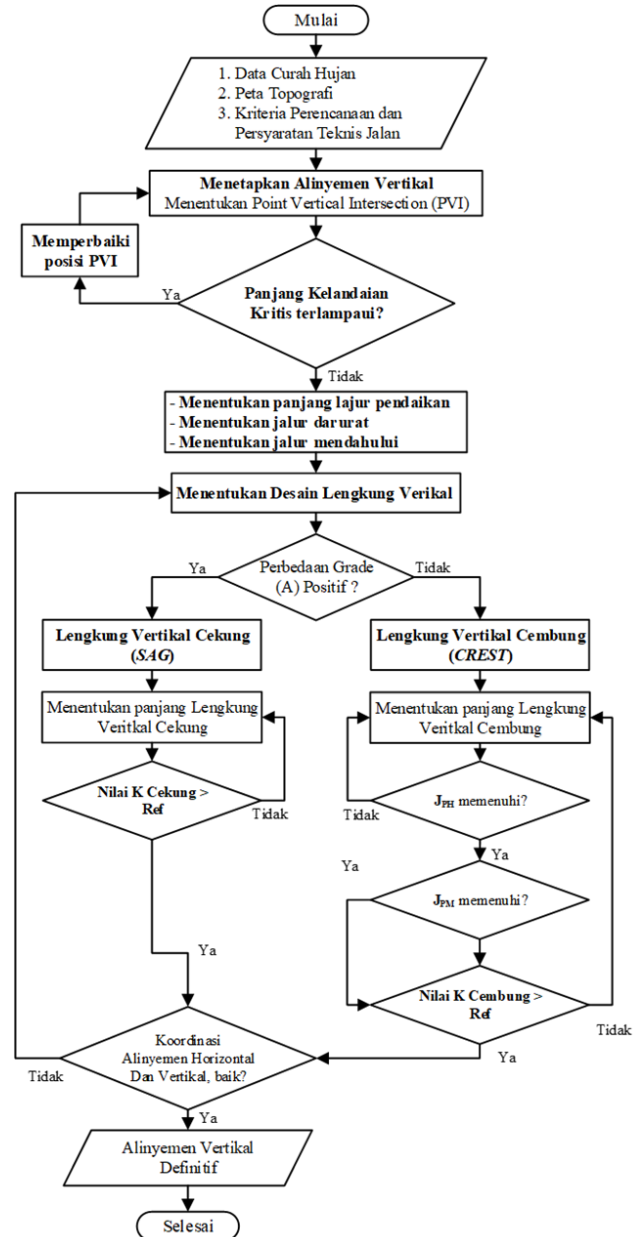


Gambar 2. 3 Diagram Perhitungan Alinyemen Horizontal

Metode Perhitungan Alinyemen Horizontal

1. Melakukan perhitungan LL, menentukan panjang L_C, dan panjang L_S sebagai tinjauan awal
2. Melakukan pemilihan jenis tipe tikungan dengan menghitung nilai p ($p \geq 0,25m$ = Tipe S-C-S, $p < 0,25m$ = Tipe F-C)
3. Setelah ditentukan jenis tikungan, dilakukan perhitungan variabel setiap tikungan
4. Mengecek jarak antar tikungan apakah sudah sesuai (jarak minimal = 20 m), apabila jarak tikungan sesuai lanjutkan perhitungan pelebaran lajur tikungan, apabila tidak memenuhi maka ada dua pilihan yakni melakukan desain ulang atau mengaplikasikan tikungan gabungan.
5. Setelah selesai perhitungan dan dapat ditentukan alinyemen horizontal definitif, maka dilanjutkan dengan perhitungan alinyemen vertikal

Bagan Alir Perhitungan Alinyemen Vertikal



Gambar 2. 4 Diagram Perhitungan Alinyemen Vertikal

Metode Perhitungan Alinyemen Vertikal

1. Membuat profil alinyemen dan menentukan titik PVI
2. Menentukan pemilihan desain lengkung berdasarkan nilai grade (A), apabila nilai grade (A) positif ditentukan lengkung cekung, namun jika sebaliknya maka ditentukan lengkung cembung
3. Menghitung variabel setiap jenis lengkung
4. Memeriksa koordinasi antar alinyemen
5. Didapatkan alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal yang telah sesuai pedoman PDGJ 2021

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria Desain Utama

Sesuai dengan Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ 2021), maka kriteria desain utama jalan JLS Lot.6 adalah sebagai berikut

No.	Elemen Kriteria Desain Utama	Nilai Kriteria Desain Utama
1	Peran Menghubungkan	Menghubungkan IKC ke IKC
2	Penggolongan Jalan (Atribut Jalan)	Jalan Umum
		SJJ : Primer
		Status : Jalan Provinsi
		Fungsi : Jalan Lokal Primer
		Kelas : II
		SPPJ : JSD
3	Rentang Vd, Km/Jam	40-80

Kriteria Desain Teknis

Setelah diketahui kriteria desain utama jalan, maka selanjutnya ditentukan kriteria desain teknis sesuai Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ 2021) sebagai berikut

No	Elemen Desain Teknis Geometrik		Nilai
1	Vd, Km/Jam		60
2	Grade max, %		6
3	Kekesatan melintang maks. (f max)		0,17
4	Superelevasi maks. (e max), %		8
5	R min lengkung horizontal, m		150
6	L min lengkung vertikal, m, atau nilai K		K Cembung>11 K Cekung>38
7	Panjang bagian lurus, m		350
8	Tipe jalan dan dimensi jalan	Tipe Jalan	2/2-TT
9		Lebar lajur,m	3,5
10		Lebar bahu,m	1,75
11		Lebar median,m	-
12		Lebar verge,m	-
13	Kelandaian melintang	Lajur jalan,%	2%
14		Bahu,%	5%
15	Jenis Perkerasan		Kaku
16	Ruang jalan	Rumaja, m	20
17		Rumija, m	15
18		Ruwasja, m	7
19	Jarak terdekat antar persimpangan sebidang, Km		0
20	Jarak terdekat antar akses persil, Km		0,5

Alternatif Perencanaan Alinyemen Horizontal

1. Menghitung Rmin

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

$$R_{min} = \frac{60^2}{127 (8\% + 0,17)} = 113,386 \text{ meter}$$

Hasil perhitungan $R_{min}=113 < R_c = 150$, maka dipakai nilai terbesar yakni $R_c=150$ m.

2. Menghitung panjang Ls

Perhitungan Ls diambil dari ketiga rumus berikut :

a. Panjang lengkung peralihan *superelevation runoff* minimal (Lr)

$$L_{r \min} = \frac{wn_1 e_{max}}{\Delta} (b_w)$$

$$L_{r \min} = \frac{3,5 \times 1 \times 8\%}{0,6\%} \times 1 = 46,667 \text{ m}$$

Maka panjang Ls dibulatkan menjadi 50 meter.

b. Panjang Ls berdasarkan kenyamanan

$$L_{s, \min} = \sqrt[2]{24(P_{\min})R}$$

$$L_{s, \min} = \sqrt[2]{24 \times 0,2 \times 150} = 26,832 \text{ m}$$

Maka panjang Ls dibulatkan menjadi 27 meter.

c. Panjang Ls berdasarkan rumus *Shortt*

$$L_{s, \min} = \frac{0,0214 V_D^3}{R_D \times C}$$

$$L_{s, \min} = \frac{0,0214 \times 60^3}{150 \times 1,2} = 25,68 \text{ m}$$

Maka panjang Ls dibulatkan menjadi 26 meter.

Dari ketiga rumus panjang Ls diatas kemudian diambil nilai terbesar, sehingga diambil nilai Ls berdasarkan rencana *Superelevation Runoff* sebesar 50 m

3. Menghitung panjang Lc

$$L_c \leq 6 \times V_D$$

$$L_c \leq 6 \times \left(\frac{60 \times 1000}{3600} \right) = 100 \text{ m}$$

Maka panjang lengkung lingkaran (L_c) yang diisyaratkan untuk setiap tikungan adalah maksimum **100 meter** untuk kecepatan **60 km/jam**.

4. Menghitung panjang bagian lurus (L_L)

$$L_L \leq 2,5 \times V_D$$

$$L_L \leq 2,5 \times \left(\frac{60 \times 1000}{60} \right) = 2500 \text{ m}$$

Maka panjang bagian lurus (L_L) yang diisyaratkan untuk setiap tikungan adalah maksimum 2500 m.

5. Menentukan tipe tikungan

$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} \geq 0,25 \text{ m atau } D \geq 10^\circ$$

Dengan syarat jika nilai $p \geq 0,25$ m atau $D \geq 10^\circ$ maka tikungan didesain dengan tipe S-C-S dan jika $p < 0,25$ m atau $D < 10^\circ$ maka tikungan didesain dengan tipe F-C. Sudut defleksi bisa dihitung secara

otomatis pada aplikasi civil3D atau dengan hitungan manual seperti contoh berikut.

- a. Menghitung azimuth (α)

$$\alpha_{10-11} = \arctan\left(\frac{X_{11} - X_{10}}{Y_{11} - Y_{10}}\right)$$

$$\alpha_{10-11} = \arctan\left(\frac{584596.919 - 584368.740}{9086074.340 - 9086016.060}\right)$$

$$\alpha_{10-11} = 17,984^\circ$$

- b. Menghitung sudut defleksi (Δ)

$$\Delta_{PI,11} = |\alpha_{9-10} - \alpha_{10-11}|$$

$$\Delta_{PI,11} = |75.705 - 17.984|$$

$$\Delta_{PI,11} = 57,721^\circ$$

- c. Menghitung jarak antar titik (d)

$$d_{10-11} = \sqrt{(X_{10} - X_{11})^2 + (Y_{10} - Y_{11})^2}$$

$$d_{10-11} = \sqrt{(584368.740 - 584596.919)^2 + (9086016.060 - 9086074.340)^2}$$

$$d_{10-11} = 235,420 \text{ m}$$

6. Menentukan variabel tikungan alinyemen horizontal

a. Tikungan S-C-S

Contoh perhitungan pada titik PI.4

Diketahui :

Sudut defleksi (Δ) = $41,374^\circ$
 Jari-jari tikungan (R_c) = 135 m
 Panjang lengkung peralihan (L_s) = 45 m
 Panjang superelevasi *runoff* (L_r) = 46,667 m

- Sudut lengkung peralihan (θ_s)

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c}$$

$$\theta_s = \frac{90 \times 45}{\pi \times 135} = 9,549^\circ$$

- Jarak tegak lurus dari titik TS/ST ke titik SC (X_s)

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

$$= 45 - \frac{45^3}{40 \times 135^2} = 44,875 \text{ m}$$

- Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung (Y_s)

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

$$= \frac{45^2}{6 \times 135} = 2,500 \text{ m}$$

- Nilai pergeseran tikungan (p)

$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c}$$

$$= \frac{45^2}{24 \times 135} = 0,625 \text{ m}$$

atau

$$p = Y_s - R_c(1 - \cos\theta_s)$$

$$= 2,500 - 135(1 - \cos(9,549)) = 0,629 \text{ m}$$

- Jarak titik TS ke titik pergeseran tikungan atau p (k)

$$k = X_s - R_c \sin\theta_s$$

$$= 44,875 - 135 \times \sin(9,549) = 22,479 \text{ m}$$

- Panjang tangent dari titik PI ke TS (T_s)

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k$$

$$= (135 + 0,625) \tan \left(\frac{41,374}{2} \right) + 22,479$$

$$= 73,692 \text{ m}$$

- Jarak dari PI ke busur lingkaran (E_s)

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c$$

$$= (135 + 0,625) \times \sec \left(\frac{41,374}{2} \right) - 135$$

$$= 9,972 \text{ m}$$

- Sudut tikungan lengkung lingkaran (q_c)

$$\theta_c = (\Delta - 2\theta_s)$$

$$= (41,374 - 2 \times 9,549) = 22,275^\circ$$

- Panjang busur lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{2\pi}{360} \times \theta_c \times R_c$$

$$= \frac{2\pi}{360} \times 22,275 \times 135 = 52,484 \text{ m}$$

- Panjang total lengkung (L_t)

$$L_{tot} = L_c + 2L_s$$

$$= 52,484 + 2 \times 45 = 142,484 \text{ m}$$

- Panjang superelevasi runout (L_t)

$$L_t = \frac{e_n}{e_{\max}} \times L_r$$

$$= \frac{2\%}{8\%} \times 46,667 = 11,667 \text{ m}$$

- Panjang pencapaian superelevasi (L_e)

$$L_e = L_r + L_t$$

$$= 46,667 + 11,667 = 58,333 \text{ m}$$

b. Tikungan F-C

Contoh perhitungan pada titik PI.3

Sudut defleksi (Δ/q_c) = $9,731^\circ$
 Jari-jari tikungan (R_c) = 500 m
 Panjang superelevasi *runoff* (L_r) = 46,667 m

- Panjang tangent lingkaran (T_c)

$$T_c = R_c \times \tan \left(\frac{1}{2} \Delta \right)$$

$$= 500 \times \tan\left(\frac{9,731}{2}\right) = 42,563 \text{ m}$$

- Jarak dari PI ke busur lingkaran (Ec)

$$Ec = \frac{Rc}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - Rc$$

$$= \frac{500}{\cos\left(\frac{9,731}{2}\right)} - 500 = 1,808 \text{ m}$$

- Panjang busur lingkaran (Lc)

$$Lc = \frac{2\pi}{360^\circ} \times Rc \times \Delta$$

$$= \frac{2\pi}{360^\circ} \times 500 \times 9,731 = 84,922 \text{ m}$$

c. Mengecek jarak antar tikungan

Diketahui:

Panjang *tangent* PI. 3 (T_{CP1.3}) = 42,563 m

Panjang *tangent* PI. 4 (T_{SP1.4}) = 73,692 m

Jarak PI. 3 dengan PI. 4 (d₃₋₄) = 149,489 m

- a. Jarak antar tikungan PI. 3 dengan PI. 4

$$L_L = d_{3-4} - T_{CP1.3} - T_{SP1.4}$$

$$= 149,489 - 42,563 - 73,692$$

$$= 33,234 \text{ m}$$

- b. Cek jarak antar tikungan PI.3 dengan PI. 4

Jarak antar tikungan (L_L) ≤ 2,5 menit × V_D

$$33,234 \leq 2,5 \times \left(\frac{50 \times 1000}{60}\right)$$

$$33,234 \leq 2083,333 \rightarrow \text{OK}$$

Jarak antar tikungan (L_L) ≥ 20 m

$$33,234 \geq 20 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

d. Menghitung pelebaran lajur tikungan (W)

Contoh perhitungan pada PI.2

Diketahui:

Jenis kendaraan besar = Truk Semi-

Trailer (Hino 6 Sumbu)

Panjang total kendaraan = 16,40 m

Lebar total kendaraan (m) = 2,5 m

Julur depan (*overhang*) (A) = 1,2 m

Julur belakang (*overhang*) = 1,4 m

Jarak roda depan belakang (L) = 13,8 m

Lebar jalur (W_n) = 7 m

Jumlah lajur per arah (N) = 2

Jari-jari tikungan (R) = 115 m

Kecepatan rencana (V) = 50 km/jam

Jarak bebas samping (C) = 0,8 m

- Lebar overhang depan (Fa)

$$F_a = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

$$= \sqrt{115^2 + 1,2(2 \times 13,8 + 1,2)} - 115$$

$$= 0,150 \text{ m}$$

- Lebar lintasan kendaraan (U)

$$U = \mu + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$= 2,5 + 150 - \sqrt{150^2 - 13,8^2} = 3,331 \text{ m}$$

- Lebar tambahan akibat kesulitan mengemudi (Z)

$$Z = 0,1 \times \frac{V}{\sqrt{R}}$$

$$= 0,1 \times \frac{50}{\sqrt{115}} = 0,560 \text{ m}$$

- Lebar perkerasan pada tikungan (W_c)

$$W_c = N(U + C) + (N - 1)F_a + Z$$

$$= 2(3,331 + 0,8) + (2 - 1)0,150$$

$$+ 0,560 = 8,872 \text{ m}$$

- Pelebaran perkerasan

$$W = W_c - W_n$$

$$= 8,872 - 7 = 1,972 \text{ m}$$

- Cek pelebaran perkerasan

$$W \leq 0,6 \text{ m}$$

$$1,972 \text{ m} \leq 0,6 \text{ m} \rightarrow \text{Ada Perkerasan}$$

Dari hasil perhitungan pelebaran lajur di tikungan didapat semua PI memakai pelebaran lajur. kecuali untuk PI. 1 dan PI.3 karena nilai pelebaran kurang dari 0,6 m (tipe tikungan F-C).

Alternatif Perencanaan Alinyemen Vertikal

1. Menetapkan Alinyemen Vertikal

a. Membuat profil memanjang tanah eksisting

Untuk membuat profil memanjang tanah dapat menggunakan aplikasi *AutoCAD Civil 3D 2018* dengan cara klik *Alignment* → *Menu Profile* → *Create Profile from Surface* → Pilih *Alignment* yang sesuai → Pilih *Surface* yang sesuai → Pilih *Add* → Pilih *Draw in profile view* → *Create Profile View*

b. Menentukan kelandaian maksimal setiap kecepatan Vd

Kecepatan rencana pada alinyemen vertikal harus menyesuaikan dari hasil dari perencanaan ulang alinyemen horizontal sebelumnya yakni ditentukan 60 km/jam.

c. Membuat garis alinyemen vertikal

Pada profil memanjang tanah *eksisting* kemudian dibuat garis-garis alinyemen vertikal dengan cara klik *Menu Profile* → *Create Profile by Layout* → Pilih profil memanjang tanah *eksisting* → Beri nama "Alinyemen Vertikal" → klik *Design Criteria* → centang *Use criteria-based design* → OK → pilih *draw tangent* (sebelah kiri). Pada pembuatan garis alinyemen vertikal, garis diletakkan dekat dengan profil eksisting dengan

mempertimbangkan volume galian dan timbunan agar seimbang.

d. Memeriksa panjang kelandaian kritis

Dari gambar profil alinyemen vertikal dihitung panjang kelandaian kritis dan dicek apakah terlampaui atau tidak sesuai dengan ketentuan. Contoh perhitungan :

- **Kelandaian memanjang PVI.1 dan PVI.2 (g₁)**

$$g_{PVI.1-PVI.2} = \frac{Elevasi_{PVI.2} - Elevasi_{PVI.1}}{STA_{PVI.2} - STA_{PVI.1}} \times 100\%$$

$$= \frac{72 - 90}{2050 - 1650} \times 100\% = -4,50\%$$

- **Beda tinggi PVI.1 dan PVI.2 (t)**

$$t = |Elevasi_{PVI.1} - Elevasi_{PVI.2}|$$

$$= |90 - 72| = 18 \text{ m}$$

- **Panjang horizontal PVI.1 dan PVI.2 (H)**

$$H = STA_{PVI.1} - STA_{PVI.2}$$

$$= 1650 - 2050 = 400 \text{ m}$$

- **Panjang kelandaian kritis PVI.1 dan PVI.2 (V)**

$$V = \sqrt{H^2 + t^2}$$

$$= \sqrt{400^2 + 18^2} = 400,405 \text{ m}$$

- **Cek Panjang kelandaian kritis**

Panjang kelandaian maksimal ditentukan sesuai peraturan PDGJ 2021.

$$P_j \text{ Kelandaian}_{Kritis} \leq P_j \text{ Kelandaian}_{Max}$$

$$400.405 \text{ m} \leq 450 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$$

2. Menentukan Tipe Lengkung Vertikal

Pada penentuan desain lengkung vertikal perlu menghitung nilai perbedaan grade antara g₁ dan g₂ (A). Jika nilainya positif maka lengkung vertikal cekung (*Sag*) atau jika negatif maka lengkung vertikal cembung (*Crest*). Contoh pada PVI.2 :

Diketahui:

$$g_1 = -4.50\%; g_2 = -3.56\%$$

A = g₂ - g₁ = -3.56% - (-4.50%); = 0,94% (Positif), maka pada titik PVI.2 menggunakan lengkung cekung.

3. Perencanaan Alinyemen Vertikal

Dari hasil penentuan lengkung vertikal selanjutnya dihitung panjang lengkung vertikal untuk setiap titik PVI sesuai dengan lengkung vertikal cekung/cembung

a. Desain lengkung vertikal cekung (*Sag*)

- **Menentukan jarak pandang henti minimum (J_{PH})**

Sesuai PDGJ 2021 untuk desain lengkung vertikal berdasarkan J_{PH}. Contoh penentuan pada PVI 1 :

Kecepatan rencana PVI 4 = 60 km/jam

V _D (km/jam)	J _{PH} (m)	K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38
100	185	45
110	220	55
120	250	63

Berdasarkan tabel diatas untuk kecepatan rencana 60 km/jam diperoleh jarak pandang henti (J_{PH}) sebesar 85 m dan nilai K_{min} sebesar 18.

- **Menghitung panjang lengkung vertikal cekung (L)**

Untuk menghitung panjang lengkung vertikal cekung perlu dihitung berdasarkan 4 syarat. Contoh perhitungan pada PVI. 4 :

- ❖ Berdasarkan jarak pandang henti (J_{PH})

$$K_{JPH} = 18 ; \text{ dan } A = 4,44 \%$$

$$L = K \times A$$

$$= 18 \times 4,44 = 79,920 \text{ m} = 80 \text{ m}$$

- ❖ Berdasarkan kenyamanan penumpang

$$V_D = 60 \text{ km/jam} ; \text{ dan } A = 4,44 \%$$

$$K = \frac{V_D^2}{1296 a} ; \text{ dengan } a = 0,05g \text{ dan } g$$

$$= 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$= \frac{60^2}{1296 \times (0,05 \times 9,81)} = 5,663$$

$$L = K \times A$$

$$= 5,663 \times 4,44 = 25,144 \text{ m} = 30 \text{ m}$$

- ❖ Berdasarkan faktor penampilan

$$A = 6,67 \%$$

$$L = 30 \times A$$

$$= 30 \times 4,44 = 133,200 \text{ m} = 135 \text{ m}$$

- ❖ Berdasarkan faktor drainase

$$L_{Drainase} = 51 \times A$$

$$= 51 \times 4,44 = 226,440 \text{ m} = 230 \text{ m}$$

Dari keempat persyaratan tersebut agar mendapatkan panjang lengkung vertikal cekung yang optimal maka untuk L PVI 4 digunakan 135 m berdasarkan faktor penampilan, dan memenuhi berdasarkan faktor drainase (L < L_{drainase} atau 135 m < 230 m).

- **Kontrol lengkung vertikal cekung (K)**

Dari hasil perhitungan empat syarat untuk menentukan panjang lengkung vertikal cekung didapat $L = 135$ m dengan nilai K :

$$K = L/A = 135/4.44 = 30,4$$

Selanjutnya nilai K di kontrol dengan $K_{cekung} > 18$. Sehingga didapat nilai $K_{desain} 30,4 > 18$ memenuhi syarat.

- **Menghitung nilai pergeseran lengkung (Ev)**

$L = 135$ m ; dan $A = 4,44$ %

$$\begin{aligned} Ev &= \frac{A \times L}{800} \\ &= \frac{4,44 \times 135}{800} = 0,749 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Menghitung stationing lengkung vertikal cekung**

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk stationing lengkung vertikal cekung PVI 4.

$$g_1 = -4,44\% \quad \text{STA PPV (PVI4)} = 2950$$

$$g_2 = 0\% \quad \text{m}$$

$$L = 135 \text{ m} \quad \text{Elv. PPV (PVI 4)} = 36 \text{ m}$$

- STA PLV

$$\begin{aligned} \text{STA PLV} &= \text{STA PVI4} - 1/2 \times L \\ &= 2950 - 1/2 \times 135 = 2882,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Elevasi PLV

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV} &= \text{Elevasi PVI3} - \left(\frac{g_1 \times L}{2} \right) \\ &= 36 - \left(\frac{-4,44\% \times 135}{2} \right) \\ &= 38,997 \text{ m} \end{aligned}$$

- STA PTV

$$\begin{aligned} \text{STA PTV} &= \text{STA PVI3} + 1/2 \times L \\ &= 2950 + 1/2 \times 135 = 3017,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Elevasi PTV

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PTV} &= \text{Elevasi PVI1} + \left(\frac{g_2 \times L}{2} \right) \\ &= 36 + \left(\frac{0\% \times 135}{2} \right) = 36 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Desain lengkung vertikal cembung (Crest)

- **Menentukan jarak pandang henti minimum (J_{PH}), jarak pandang mendahului (J_{PM})**

Kecepatan rencana (V_D) PVI 1 = 60 km/jam

VD (Km/Jam)	J _{PH} (m)	K
20	20	1
30	35	2
40	50	4
50	65	7
60	85	11

70	105	17
80	130	26
90	160	39
100	185	52
110	220	74
120	250	95

Berdasarkan tabel J_{PH} diatas untuk kecepatan rencana 60 km/jam diperoleh jarak pandang henti (J_{PH}) sebesar 85 m dan nilai K_{min} sebesar 11.

VD (Km/Jam)	J _{PM} (m)	K
30	120	17
40	140	23
50	160	30
60	180	38
70	210	52
80	245	70
90	280	91
100	320	119
110	355	146
120	395	181

Berdasarkan tabel J_{PM} diatas untuk kecepatan rencana 60 km/jam diperoleh jarak pandang mendahului (J_{PM}) sebesar 180 m dan nilai K_{min} sebesar 38.

- **Menghitung panjang lengkung vertikal cembung (L)**

Untuk menghitung panjang lengkung vertikal cembung perlu memperhatikan 2 syarat yaitu :

- Berdasarkan jarak pandang henti (J_{PH})

$$K_{JPH} = 11 ; \text{ dan } A = 4,50\%$$

$$L = K \times A$$

$$= 11 \times 4,50 = 49,5 \text{ m} = 50 \text{ m}$$

- Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_{PM})

$$K_{JPM} = 38 ; \text{ dan } A = 4,50 \%$$

$$L = K \times A$$

$$= 38 \times 4,50 = 171 \text{ m} = 175 \text{ m}$$

Dari kedua persyaratan tersebut agar mendapatkan panjang lengkung vertikal cembung yang optimal maka untuk L PVI 1 diambil terbesar yakni berdasarkan J_{PM} sebesar 175 m.

- **Kontrol nilai lengkung vertikal cembung (K)**

Dari hasil perhitungan dua syarat pada penentuan panjang lengkung vertikal cembung didapat $L = 190$ m dengan nilai K :

$$K = L/A = 175/4,5 = 38,89 = 39$$

Kemudian nilai K di kontrol dengan $K_{cembung} > 11$ untuk J_{PH} dan $K_{cembung} > 38$ untuk J_{PM} . Sehingga didapat nilai $K_{desain} 12 > 11$ untuk J_{PH} dan $K_{cembung} 39 > 38$ untuk J_{PM} memenuhi syarat.

- **Menghitung nilai pergeseran lengkung (Ev)**

$L = 175 \text{ m}$; dan $A = 4,50 \%$

$$E_v = \frac{A \times L}{800} \\ = \frac{4,50 \times 175}{800} = 0,984 \text{ m}$$

- **Menghitung stationing lengkung vertikal cembung**

Contoh stationing pada PVI.1

$g_1 = 0.00\%$ STA PPV (PVI 1) = 1650 m

$g_2 = -4.50\%$ Elv. PPV (PVI 1) = 90 m

$L = 175 \text{ m}$

- STA PLV

$$\begin{aligned} \text{STA PLV} &= \text{STA PVI 1} - 1/2 \times L \\ &= 1650 - 1/2 \times 175 = 1562,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Elevasi PLV

$$\begin{aligned} \text{Elevasi PLV} &= \text{Elevasi PVI 1} - \left(\frac{g_1 \times L}{2} \right) \\ &= 90 - \left(\frac{0.00\% \times 175}{2} \right) \\ &= 90,000 \text{ m} \end{aligned}$$

- STA PTV

$$\begin{aligned} \text{STA PTV} &= \text{STA PVI 1} + 1/2 \times L \\ &= 1650 + 1/2 \times 175 = 1737,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Elevasi PTV

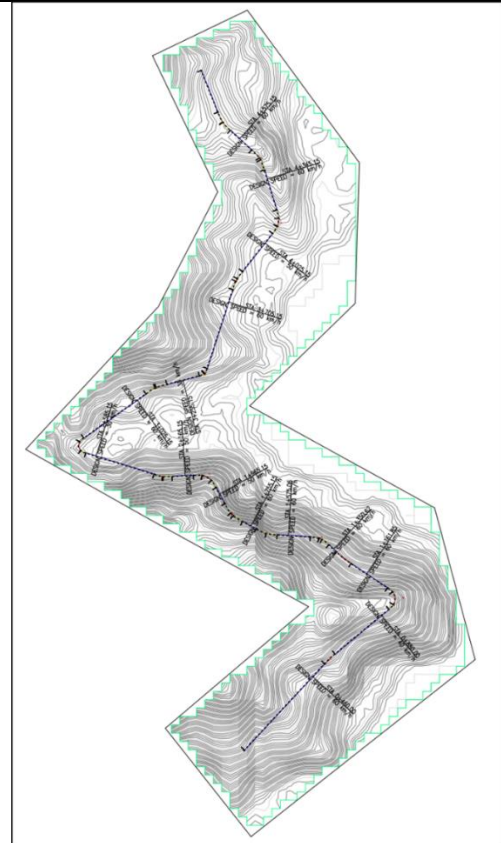
$$\begin{aligned} \text{Elevasi PTV} &= \text{Elevasi PVI 1} + \left(\frac{g_2 \times L}{2} \right) \\ &= 90 + \left(\frac{-4.50\% \times 175}{2} \right) \\ &= 86,063 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Koordinasi antar alinyemen

Untuk mewujudkan kenyamanan dan keselamatan dalam berkendara, alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal perlu dilakukan pengecekan koordinasi antar alinyemen. Syarat koordinasi antar alinyemen sebagai berikut :

- Usahakan alinyemen vertikal berada pada bagian lurus alinyemen horizontal
- Apabila letak alinyemen vertikal berada pada lengkung horizontal, panjang alinyemen horizontal diusahakan lebih panjang daripada panjang lengkung vertikal sehingga letak lengkung vertikal sepenuhnya berada pada lengkung horizontal

Untuk pengecekan koordinasi dapat dilihat pada gambar kerja. Berikut ini merupakan



Gambar 2. 5 Contoh Trase Alternatif Jalan 2

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan anggaran biaya yang dilakukan meliputi pekerjaan pembersihan lahan, galian, timbunan, dan lapisan perkerasan kaku lapis pondasi semen dan perkerasan beton). Perhitungan dilakukan untuk ketiga alternatif dan akan dilakukan perbandingan biaya sehingga diambil biaya yang paling terjangkau.

Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan anggaran biaya alternatif jalan 1 menggunakan HSPK tahun 2020 :

Diketahui :

Panjang trase	: 5199 m
Tebal lapis pondasi semen	: 0,3 m
Tebal perkerasan kaku	: 0,305 m
Pembersihan lahan	: 54589,5 m ²
Pekerjaan Galian	: 1088469 m ³
Pekerjaan Timbunan	: 1349924 m ³
Lapisan Pondasi Semen	: 10917,9 m ³
Perkerasan Kaku (K-450)	: 11099,865 m ³

Jumlah Harga Pekerjaan (Termasuk biaya umum dan keuntungan) dengan AHSP 2022 + Pajak Pertambahan Nilai (PPN) maka didapatkan nilai sebesar Rp 93.372.787.663

Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan anggaran biaya alternatif jalan 2 menggunakan HSPK tahun 2020 :

Diketahui :

Panjang trase : 4924,87 m
 Tebal lapis pondasi semen : 0,3 m
 Tebal perkerasan kaku : 0,305 m
 Pembersihan lahan : 51711,135 m²
 Pekerjaan Galian : 787802,48 m³
 Pekerjaan Timbunan : 996273,65 m³
 Lapisan Pondasi Semen : 10342,227 m³
 Perkerasan Kaku (K-450) : 10514,597 m³

Jumlah Harga Pekerjaan (Termasuk biaya umum dan keuntungan) dengan AHSP 2022 + Pajak Pertambahan Nilai (PPN) maka didapatkan nilai sebesar Rp 92.066.418.782
 Berikut ini merupakan rekapitulasi perhitungan anggaran biaya alternatif jalan 3 menggunakan HSPK tahun 2020 :
 Diketahui :

Panjang trase : 5105,32 m
 Tebal lapis pondasi semen : 0,3 m
 Tebal perkerasan kaku : 0,305 m
 Pembersihan lahan : 53605,86 m²
 Pekerjaan Galian : 1139287 m³
 Pekerjaan Timbunan : 1179631 m³
 Lapisan Pondasi Semen : 10342,227 m³
 Perkerasan Kaku (K-450) : 10514,597 m³
 Jumlah Harga Pekerjaan (Termasuk biaya umum dan keuntungan) dengan AHSP 2022 + Pajak Pertambahan Nilai (PPN) maka didapatkan nilai sebesar Rp 92.924.664.098

Dari ketiga perhitungan rencana anggaran biaya dari ketiga alternatif didapatkan anggaran biaya pada alternatif jalan dua paling terjangkau dengan nilai anggaran biaya sebesar Rp 92.066.418.782 (sembilan puluh dua miliar enam puluh enam juta empat ratus delapan belas ribu tujuh ratus delapan puluh dua rupiah), hal ini dapat dipengaruhi beberapa faktor yakni faktor utama pada panjang trase alternatif jalan dua lebih pendek serta volume galian dan timbunan yang lebih sedikit dibandingkan dengan alternatif jalan satu dan alternatif jalan tiga.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari Alternatif Perencanaan Geometrik dan Perkerasan Kaku Jalur Lintas Selatan LOT 6 Ruas Nglarap-Klathak menggunakan Metode Bina Marga Pada Ruas Proyek Jalur Lintas Selatan (JLS) Lot. 6 : Prigi - Bts. Tulungagung - Klatak - Brumbun (Sta. 12+000 - Sta. 17+780) sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan alternatif geometri jalan diperoleh perbandingan alternatif yang paling terjangkau menggunakan Alternatif Jalan 2. Pada alinyemen horizontal diperoleh 15 tikungan terdiri dari 13 tikungan

S-C-S dan 2 tikungan F-C serta pada alinyemen vertikal diperoleh 7 titik PVI yang terdiri dari 2 lengkung cembung dan 5 lengkung cekung.

2. Dari hasil perhitungan rekapitulasi rencana anggaran biaya perencanaan perkerasan kaku, didapatkan hasil total biaya untuk seluruh pekerjaan setiap alternatif jalan adalah Rp93.372.787.663 pada Alternatif Jalan 1, Rp92.066.418.782 pada Alternatif Jalan 2, Rp92.924.664.098 pada Alternatif Jalan 3, sehingga alternatif jalan yang akan digunakan adalah Alternatif Jalan 2 dengan total harga pekerjaan Rp92.066.418.782 (Sembilan puluh dua miliar enam puluh enam juta empat ratus delapan belas ribu tujuh ratus delapan puluh dua rupiah).

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. Pd T-14-2003 Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen
- 2) Haryanto, Imam & Suwardo. 2018. Perancangan Geometrik Jalan. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- 3) Kementerian PUPR, 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota dan Jalan Perkotaan (No. 038/TBM/1997). Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 4) Kementerian PUPR, 2021. Pedoman Desain Geometrik Jalan (No. 13/P/BM/2021). Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 5) Kementerian PUPR. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan (No. 02/M/BM/2017). Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 6) Nailil MN, G. (2018). Perencanaan Jalan alternatif Dengan Menggunakan Perkerasan Lentur pada Ruas Jalan Kabupaten Pamekasan-Sumenep STA 138+ 900- STA 143+ 900 Provinsi Jawa Timur (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- 7) Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Nomor 34 Tahun 2006. Tentang Jalan.
- 8) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 19/PRT/M/2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan
- 9) Sukirman, Silvia. 1999. Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Penerbit Nova. Bandung.
- 10) BPS Provinsi Jawa Timur : <https://jatim.bps.go.id/statictable/2021/09/07/2253/jumlah-kendaraan-bermotor-yang-didaftarkan-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-kendaraan-di-provinsi-jawa-timur-unit-2018-2020.htm>