



Analisa Geometrik Dan Perkerasan Lentur Ruas Jalan Perwari Sebagai Jalan Alternatif Di Kota Palembang Sumatera Selatan

Feryadi. A.^a, Mardiana.^b dan Septiana.T.^c

^aProdi Program Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

^bJurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima : 18 Februari 2024

Direvisi : 10 April 2024

Diterbitkan : 2 Juni 2024

Kata kunci:

Jalan Alternatif

Geometrik

CBR

Perkerasan Lentur

Pada ruas jalan AKBP. Cek Agus sering mengalami kemacetan terutama pada jam-jam pagi dan jam-jam sore menjelang malam. Untuk mengurai kemacetan tersebut maka, Pemerintah Kota Palembang melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Palembang berupaya membangun ruas jalan alternatif yang baru yaitu Jalan Perwari. Untuk membangun ruas jalan baru tentunya diperlukan metode yang efektif dan perencanaan yang baik guna memenuhi unsur keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Adapun hasil penelitian rencana jalan Perwari termasuk kriteria jalan perkotaan yang memiliki superelevasi maksimum 8% dan jalan tersebut termasuk kategori jalan arteri sekunder kelas II yang memiliki kecepatan rencana 30-60km/jam. Panjang rencana jalan tersebut 1,595 m' dengan lebar ideal badan jalan 7 meter serta bahu kiri dan kanan masing-masing 2 meter. Hasil analisis dari perhitungan alinemen menunjukkan bahwa rencana trace jalan mempunyai 6 tikungan dimana tipe spiral-circle-spiral (SCS) 5 tikungan dan full circle (FC) 1 tikungan serta memiliki kelandaian yang relatif datar yaitu 0,0164%. Perkerasan jalan menggunakan perkerasan lentur dengan ketebalan lapis perkerasan AC-WC tebal 40mm, AC-BC tebal 60mm, AC Base tebal 145mm dan lapis pondasi agregat A tebal 300mm.

1. Pendahuluan

Jaringan jalan Raya yang merupakan sarana transportasi darat memegang peranan yang sangat penting dalam sektor perhubungan terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa. Jalan dimulai bersamaan dengan sejarah umat manusia itu sendiri dalam usaha memenuhi kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama (Iskandar,A.S., 2016). Kemajuan jumlah kendaraan yang begitu signifikan terutama di kota-kota besar seperti di kota Palembang dan terbatasnya sumber dana untuk pembangunan jalan baru serta belum optimumnya pengoprasian sarana prasarana lalu lintas yang ada, merupakan persoalan utama bagi Negara kita dan banyak negara lainnya, terutama di Negara yang sedang berkembang.

Akibat meningkatnya pertumbuhan lalu lintas dan kurangnya kapasitas jalan, arus lalu lintas pada ruas jalan-jalan yang ada mengalami penghambatan dan menyebabkan kemacetan (Aryanto dan Ahmad,A.N.,2020). Dari hasil pengamatan visual pada ruas jalan AKBP. Cek Agus sering mengalami kemacetan terutama pada jam-jam pagi dan jam-jam sore menjelang malam. Untuk mengurai kemacetan tersebut maka, Pihak terkait yaitu Pemerintah Kota Palembang melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Palembang Bidang Bina Marga berupaya

untuk membangun ruas-ruas jalan alternatif baru yang salah satunya adalah Jalan Perwari. Sebagaimana diamanatkan di dalam undang-undang no. 38 tahun 2004, jalan sebagai salah satu sarana transportasi yang mempunyai peranan penting dalam hal distribusi ekonomi mulai dari yang berskala lokal, regional maupun Nasional, berbangsa dan bernegara, yang ditujukan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat, serta untuk menghubungkan dan mengikat seluruh wilayah Republik Indonesia.

Untuk membangun ruas jalan baru maupun peningkatan yang diperlukan sehubungan dengan penambahan kapasitas jalan raya tentunya akan memerlukan metode efektif dalam perancangan maupun perencanaan agar diperoleh hasil yang terbaik dan ekonomis, tetapi memenuhi unsur keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan dan tidak mengganggu ekosistem.

Oleh sebab itu Analisis Geometrik dan Perkerasan Lentur Ruas Jalan Perwari sebagai jalan alternatif bertujuan untuk mengetahui tata cara perencanaan geometrik dan Analisis perkerasan jalan tersebut berdasarkan referensi perencanaan dan pedoman yang berlaku. Gambar 1.1 di bawah ini merupakan trace rencana jalan alternatif.



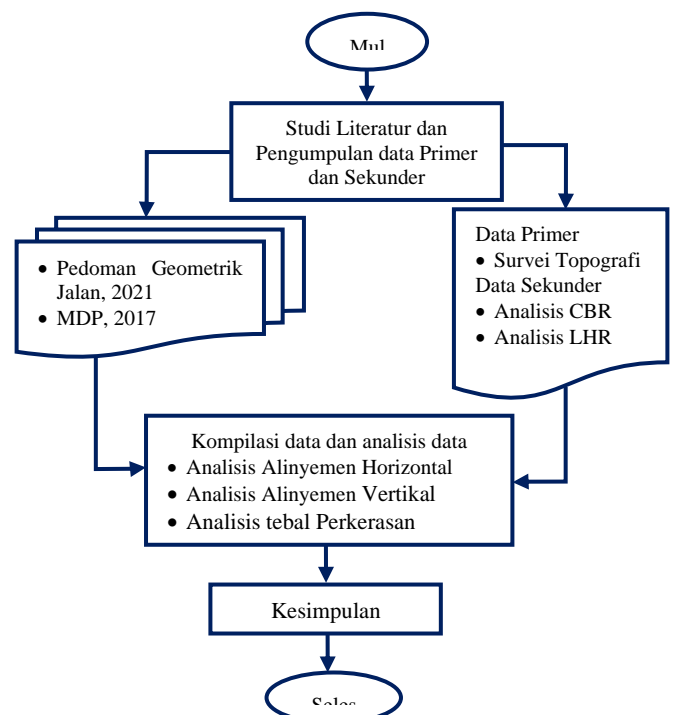
Gambar 1.1. Trace rencana ruas jalan alternatif (jalan Perwari)

2. Metodologi

Untuk menjamin agar penelitian ini dapat di selesaikan dengan baik maka, metode Penelitian ini dilakukan dengan cara beberapa tahapan. Prosedur Penelitian mencakup pengambilan data primer maupun sekunder, pengolahan data serta analisis (Maklas, F. dan Erizal, 2019). Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.2.

2.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data primer dengan cara peninjauan langsung dan menningvestigasi lapangan termasuk survei topografi geometrik jalan, potongan memanjang dan potongan melintang jalan serta survei ketinggian muka air pada saat banjir. Pengumpulan data sekunder berupa Dinamic Cone Penetrometer (DCP) yang gunanya untuk mengetahui California Bearing Rasio (CBR) pada pondasi jalan dan analisa lalu lintas harian rata-rata berdasarkan Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang diperlukan untuk analisis. Dalam tahap ini ditentukan lokasi penelitian dimana konstruksi jalan dipilih sesuai tujuan penelitian yaitu rencana pembangunan ruas jalan alternatif (jalan Perwari) yang berlokasi di kelurahan 9 ilir kecamatan Ilir Timur II Kota Palembang.



Gambar 1.2. Diagram Alir Penelitian

2.2 Studi Literatur

Secara umum penetapan rencana geometrik jalan parameter yang di perhatikan yaitu pada bagian-bagian jalan seperti lebar badan dan bahu jalan, tikungan, jarak pandang, drainase, kelandaian kebebasan samping, lengkung horizontal, lengkung vertikal, jalur lalu lintas, galian dan timbunan serta kombinasi antara bagian-bagian tersebut yang bertujuan untuk menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan serta biaya secara ekonomis dan praktis.

• Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal jalan berupa serangkaian bagian-bagian jalan yang lurus dan melengkung berbentuk busur lingkaran, dan yang dihubungkan oleh lengkung peralihan atau tanpa lengkung peralihan. Kecepatan kendaraan yang digunakan. Tikungan terbagi menjadi dua tipe yaitu tikungan *Full Circle (FC)* dan tikungan *Spiral-Circle-Spiral (S-C-S)* ([Pedoman Desain Geometrik Jalan. 2021](#)).

Persamaan yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$T_c = R_c \tan 1/2 \Delta \dots\dots\dots (2.1)$$

$$E_c = T_c \tan 1/4 \Delta \dots\dots\dots (2.2)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R_c \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

Δ = sudut tangen

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = jari-jari lingkaran

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

L_c = panjang busur lingkaran

Sedangkan persamaan yang digunakan pada tikungan Spiral-Circle-Spiral yaitu :

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R_c} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$k = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2} \right) - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.8)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.9)$$

$$E_s = \frac{(R_c + p)}{\cos \frac{1}{2} (\Delta)} - R_c \dots\dots\dots (2.10)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi R_c \dots\dots\dots (2.11)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots (2.12)$$

Kontrol : $L_{tot} < 2.T_s$

Dimana :

L_s = panjang lengkung peralihan

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

L_c = panjang busur lingkaran

T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST

E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran

θ_s = sudut lengkung spiral

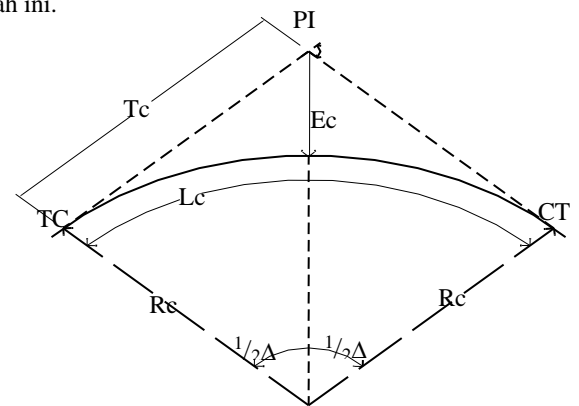
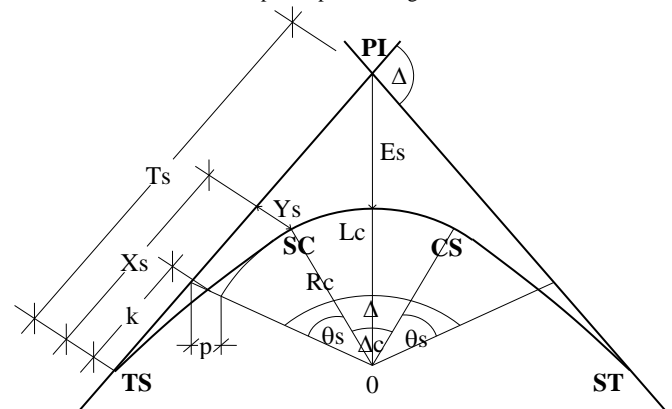
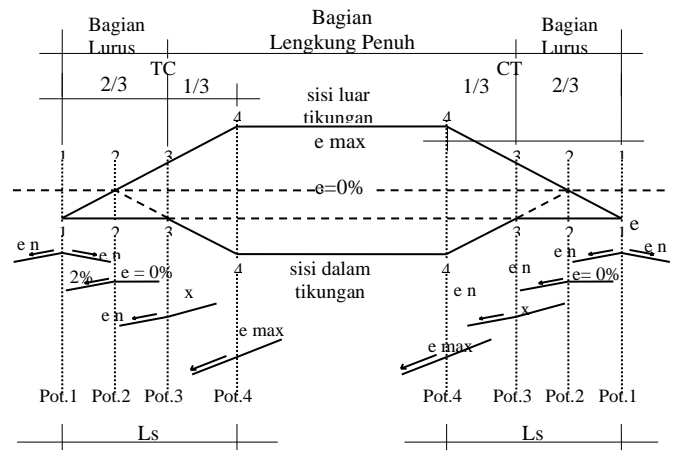
Δ = sudut tangen

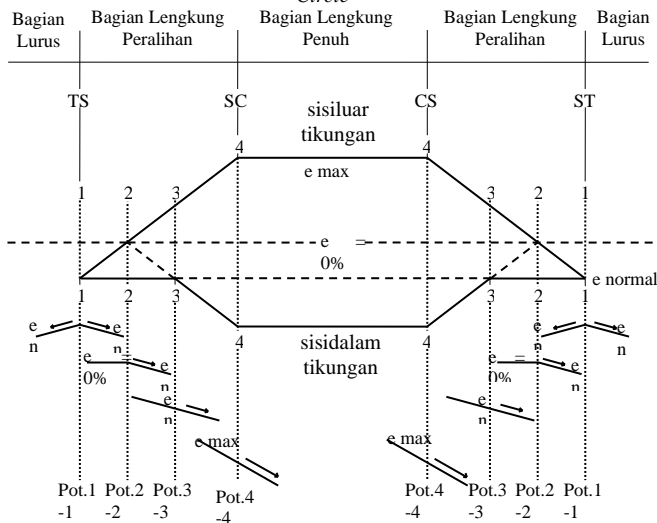
R_c = jari-jari lingkaran

p = pergeseran tangen terhadap spiral

k = absis dari p pada garis tangen spiral

Adapun komponen-komponen pada lengkung horizontal dan ketentuan metode diagram pencapaian superelevasi peneliti sajikan pada gambar 1.3, gambar 1.4, gambar 1.5 dan gambar 1.6 di bawah ini.

**Gambar 1.3.** Komponen pada tikungan *Full Circle***Gambar 1.4.** Komponen pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Gambar 1.5. Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Full Circle***Gambar 1.6.** Metode Pencapaian Superelevasi pada Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

• Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal merupakan garis potongan memanjang pada *center line* jalan yang dibentuk oleh sudut vertikal melalui masing-masing elevasi perkerasan jalan yang bersangkutan. Pada pemilihan alinemen ini juga berkorelasi dengan pekerjaan galian dan timbunan tanah. Adanya alinemen vertikal dikarenakan ada pertemuan kelandaian positif yaitu tanjakan dengan kelandaian negatif yaitu turunan, sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan ataupun lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian 0% (datar).

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cekung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

Adapun persamaan yang digunakan pada lengkung vertikal dinyatakan pada persamaan di bawah ini dan tipikal lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 1. 7.

$$x = \frac{1}{4} L_v \quad \text{.....(2.13)}$$

$$y = \frac{A}{200L_v} x^2 \quad \text{.....(2.14)}$$

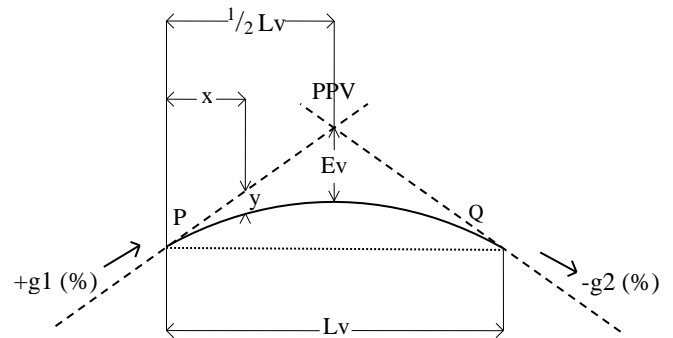
$$A = (g_1 \pm g_2) \quad \text{.....(2.15)}$$

$$EV = \frac{A \cdot L_v}{800} \quad \text{.....(2.16)}$$

Dimana :

- x = jarak dari titik P ke titik yang ditinjau dari Sta, (m)
- y = perbedaan elevasi antara titik P dan titik yang ditinjau pada Sta, (m)
- L_v = panjang lengkung vertikal parabola, yang merupakan jarak proyeksi dari titik P dan titik Q, (m)
- g_1 = kelandaian tangen dari titik P, (%)
- g_2 = kelandaian tangen dari titik Q, (%)
- A = perbedaan aljabar untuk kelandaian, (%)

EV = penyimpangan dari titik potong kedua tangen kelengkungan vertikal, (m)

**Gambar 1.7.** Tipikal Lengkung Vertikal Bentuk Parabola

• Tebal Perkerasan

Dalam menentukan tebal perkerasan, data lalu lintas adalah parameter yang sangat penting untuk menentukan analisis struktur perkerasan yang dipikul oleh perkerasan tersebut selama umur rencana. Untuk perencanaan jalan baru maka, harus di survei dilakukan pada jalan terdekat atau jalan yang secara fungsi sama dengan jalan yang akan dibangun. Faktor laju pertumbuhan lalu lintas pertahun pada wilayah sumatra adalah 4,83%. Formula yang digunakan pada perhitungan laju pertumbuhan lalu lintas di gunakan persamaan seperti dibawah ini :

$$R = \frac{(1 + 0,01.i)^{UR} - 1}{0,01.i} \quad \text{..... (2.17)}$$

Dengan :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

Untuk perhitungan perkerasan, beban lalu lintas diubah menjadi beban standar (ESA) dengan menggunakan *Vehicle Damage Factor (VDF)* dan Analisis struktur perkerasan jalan dikonvesikan berdasarkan jumlah kumulatif ESA sepanjang umur perencanaan pada lajur rencana. Analisis yang akurat membutuhkan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang didesain dan dilaksanakan dengan benar adalah dasar untuk perhitungan ESA. Bila memungkinkan untuk survei beban gandar kendaraan harus dilakukan pada jembatan timbang statis atau WIM secara langsung ataupun data WIM regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga.

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas rencana pada lajur rencana selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Dengan Menggunakan nilai VDF pada masing-masing kendaraan

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \cdot VDF_{JK}) \cdot 365 \cdot DD \cdot DL \cdot R \quad \text{.....(2.18)}$$

Dengan :

ESA_{TH-1} : kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama.

LHR_{JK} : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

- VDF_{JK} : faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga.
 DD : faktor distribusi arah.
 DL : faktor distribusi lajur.
 CESAL : kumulatif beban sumbu standar ekuivalen selama umur rencana.
 R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas umulatif.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Kondisi Topografi

Dari hasil kegiatan survei invetigasi dan pengukuran topografi dan analisis data diperoleh gambaran sebagai berikut:

- Panjang *trace* rencana jalan 1.595 m' dan elevasi kondisi tanah yang ada relatif datar,
- pada saat air pasang dan intensitas curah hujan yang tinggi maka, pada sta.1+140 - sta.1+270 dan sta.1+335-sta.1+360 mengalami genangan yang cukup lama dan elevasi muka air berada pada elevasi +4,198,
- *Trace* rencana jalan tersebut melewati daerah pemukiman warga yang cukup padat.

3.2 Analisis Alinemen Horizontal

Dari hasil data primer dan data sekunder yang di peroleh maka, merujuk pada tabel perencanaan geometrik Bina marga diperoleh berdasarkan fungsi jalan tersebut adalah Arteri Sekunder kelas II dengan kecepatan 30-60 km/jam. Untuk kriteria jalan perkotaan dan dengan superelevasi maksimum 8% dan di tinjau dari klasifikasi medan jalan kemiringan medan termasuk kategori datar yaitu kurang dari 10%. Untuk penentuan lebar jalan dan bahu jalan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata idealnya lebar jalur lalu lintas adalah 7 meter dan lebar bahu yaitu 2 meter kiri dan 2 meter kanan, yang selanjutnya perhitungan horizontal di tampilkan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.1 Perhitungan Lengkung Hozontal

PI	1 (S-C-S)	2 (S-C-S)	3 (S-C-S)	satuan
Sta	0+199.513	0+472.805	0+725.648	m
X	473638.650	473684.276	473601.213	m
Y	9672394.81	9672666.58	9672908.65	m
d	200.765	275.567	255.932	m
V	50	60	60	km/jam
Δ	30.934	28.468	34.946	derajat
Rc	175	175	200	m
Ls	34.00	44.00	41.00	m
Ts	65.501	66.508	83.567	m
Es	6.863	6.022	10.043	m
Lc	60.483	42.952	80.983	m
L tot	128.483	130.952	162.983	m
e	6.200	7.400	7.000	%
Xs	33.968	43.930	40.957	m
Ys	1.101	1.844	1.401	m
qs	5.564	7.200	5.870	m
p	0.277	0.464	0.352	m
k	17.001	21.997	20.501	m

Tabel 3.2 Perhitungan Lengkung Hozontal

PI	4 (S-C-S)	5 (FC)	6 (S-C-S)	satuan
Sta	0+968.169	1+145.644	1+371.495	m
X	473668.810	473650.132	473697.774	m
Y	9673144.28	9673321.71	9673543.82	m
d	245.129	178.416	400.592	m
V	60	60	60	km/jam
Δ	22.017	18.116	26.432	derajat
R	200	300.000	200	m
Ls	41.00	33.000	41.00	m
Ts/Tc	59.476	47.827	67.553	m
Es/Ec	4.108	3.788	5.803	m
Lc	35.853	94.855	51.267	m
L tot	117.853	-	133.267	m
e	7.000	5.600	7.000	%
Xs	40.957	-	40.957	m
Ys	1.401	-	1.401	m
qs	5.870	-	5.870	m
p	0.352	-	0.352	m
k	20.501	-	20.501	m

3.3 Analisis Alinemen Vertikal

Setelah mempelajari dan mengamati data profil memanjang (*long section*), elevasi awal pada sta.0+000 berada di elevasi +4,856 dan elevasi akhir yaitu sta.1+595 berada di elevasi +5,117 mempunyai beda tinggi +0,261. Dari hasil perhitungan berdasarkan kelandaian jalan didapat 0.0164% maka, termasuk pada kelandaian minimum dan alinemen vertikal pada jalan tersebut tidak perlu di hitung. Untuk analisis bebas banjir mengacu pada pedoman manual perkerasan jalan tahun 2017 elevasi bebas banjir minimal 60cm dari muka air banjir yang artinya pada elevasi tersebut aman untuk elevasi rencana.

3.4 Analisis Tebal Perkerasan

Dari hasil analisis faktor pertumbuhan lalu lintas di pulau sumatera 4.83%. Untuk R-3 = 3.15% dan untuk R-20 = 32,48%. Untuk menentukan kumulatif nilai beban ESA5 pada umur 20 tahun di tampilkan pada tabel 3.3 dan tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.3 kumulatif beban ESA5

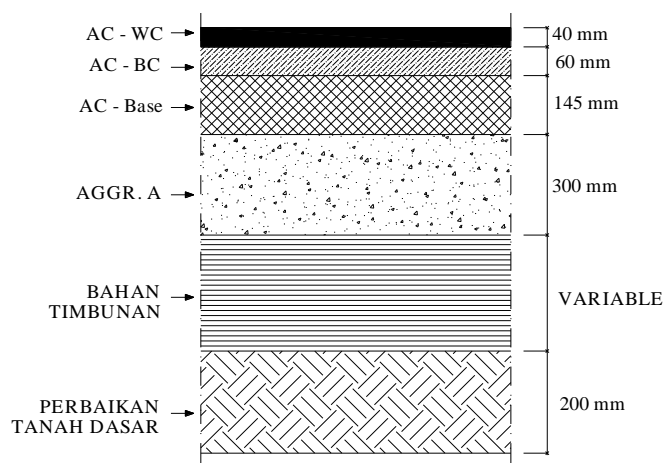
TIPE	LHR	VDF 5		LHR
		Faktual	Normal	3tahun
1	2	3	4	5
2,3,4	8142	-	-	-
5A	15	-	-	-
5B	0	1	1	0.0
6A	144	0.5	0.5	182.3
6B	118	7.4	4.6	149.4
7A1	21	18.4	7.4	26.6
7A2	0	20	5.6	0
7B1	0	0	0	0
7B2	0	0	0	0

7C1	0	29.5	9.6	0
7C2A	0	39	8.1	0
7C2B	0	42.8	8	0
7C3	0	51.7	8	0

Tabel 3.4 kumulatif beban ESA5

LHR	ESA 5	ESA 5	TOTAL
20tahun	3tahun	20tahun	
6	7	8	9
-	-	-	-
-	-	-	-
0.0	0.0	0.0	0.0
369.9	52354.3	859358.9	911713.2
303.1	634941.1	6478611.3	7113552.3
53.9	280968.0	1854783.0	2135750.9
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
CESA5			10,161,016.4

Merujuk dari data sekunder nilai CBR didapat 4,628% maka, lalu lintas lajur desain untuk umur rencana 40 tahun (juta CESA5) memerlukan perbaikan tanah dasar berupa timbunan pilihan setinggi 20cm (Manual Desain Perkerasan, 2017). Sedangkan untuk menentukan tebal perkerasan mengacu pada bagan desain 3B untuk rencana pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana struktur perkerasan berada di FF5 dengan ketebalan lapis perkerasan ACWC tebal 40mm, ACBC tebal 60mm, AC Base tebal 145mm dan lapis pondasi agregat A tebal 300mm. Dari hasil analisis tersebut diatas dapat digambarkan susunan tebal perkerasan seperti pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Tipikal Perkerasan Jalan

4. Kesimpulan

Dari hasil Investigasi di lapangan dan hasil analisis data ruas jalan perwari termasuk kriteria jalan perkotaan yang memiliki superelevasi maksimum 8% dan jalan tersebut termasuk kategori jalan arteri sekunder kelas II yang memiliki kecepatan rencana 30-60km/jam. Untuk panjang rencana adalah 1,595 m' dengan lebar ideal badan jalan 7 meter serta bahu kiri dan kanan masing-masing 2 meter. Hasil analisis dari perhitungan alinemen menunjukkan bahwa rencana trace jalan mempunyai 6 tikungan yang mana didominasi oleh tikungan *spiral-circle-spiral* (SCS) dengan 5 tikungan dan *full circle* (FC) dengan 1 tikungan serta memiliki kelandaian yang relatif datar yaitu hanya 0,0164%. Perkerasan jalan menggunakan perkerasan lentur dengan ketebalan lapis perkerasan AC-WC tebal 40mm, AC-BC tebal 60mm, AC Base tebal 145mm dan lapis pondasi agregat A tebal 300mm.

Ucapan terima kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang kota Palembang dan Konsultan CV. Mekanika Rekayasa yang telah memberikan sumbangsih berupa data-data yang diperlukan dalam penulisan artikel ini. Semoga artikel ini bisa bermanfaat untuk dunia pendidikan dan Profesi Insinyur khususnya.

Daftar pustaka

- Aryanto dan Ahmad,A.N. (2020). Studi Analisis Perencanaan Peningkatan Ruas Jalan Mantingan-Ngabul / Jalan Sultan Hadlirin. *Jurnal Disprotek Vol.11 No.2, ISSN. 2088-6500*
- Iskandar,A.S. (2016). Perencanaan Geometrik Dan Perkerasan Ruas Jalan Batukaras–Madasari. *Jurnal STT Garut Vo l. 14 No. 1, ISSN : 2302-7312*
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga No.20/SE/Db/2021 (2021) *Tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan*. Jakarta (ID) : Bina teknik jalan dan Jembatan
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga Revisi Juni 2017 No.04/SE/Db/2017 (2017) *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta (ID) : Bina teknik jalan dan Jembatan.
- Maklas, F. dan Erizal. (2019). Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor- Ciawi, Sukabumi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol.04 No.02*.