

BAB II

PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN DAN PERKERASAN

2.1. Klasifikasi Jalan

Menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan yang digunakan untuk lalu lintas, baik yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan juga jalan kabel.

2.1.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Menurut Bina Marga (1997), fungsi jalan terdiri dari:

- a. jalan arteri : jalan yang biasanya untuk perjalanan jarak jauh, laju kendaraan pada jalan arteri umumnya tinggi, jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, dan juga biasanya dapat menghubungkan berbagai kota.
- b. jalan kolektor : jalan yang biasanya untuk perjalanan jarak sedang, laju kendaraan pada jalan kolektor umumnya sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. jalan lokal : jalan yang biasanya untuk perjalanan jarak dekat, laju kendaraan pada jalan lokal umumnya rendah dan jumlah jalan masuk tidak di batasi.

2.1.2. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Menurut Bina Marga (2021) medan jalan dikelompokkan berdasarkan kondisi kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 1 Klasifikasi Medan Jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
Datar	D	<10
Perbukitan	B	10-25
Pegunungan	C	>25

2.1.3. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Menurut Bina Marga (2021) kelompok jalan menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu berat (MST) dalam satuan ton, seperti pada tabel :

Tabel 2. 2 Klasifikasi menurut kelas jalan

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan, m			Muatan Sumbu Terberat (MST) ton
		Lebar	Panjang	Tinggi	
Kelas 1	Arteri, Kolektor	$\leq 2,55$	$\leq 18,0$	$\leq 4,2$	10
Kelas 2	Arteri, Kolektor,	$\leq 2,55$	$\leq 12,0$	$\leq 4,2$	8
Kelas 3	Lokal, dan Lingkungan	$\leq 2,2$	$\leq 9,0$	$\leq 3,5$	8
Kelas Khusus	Arteri	$> 2,55$	$> 18,0$	$\leq 4,2$	> 10

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (2021)

2.1.4. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP No.26/1985 adalah Jalan Nasional, Jalan Provinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

1) Jalan Nasional

Jalan nasional dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu:

- Jalan arteri primer
- Jalan kolektor primer
- Jalan yang memiliki nilai strategis baik secara langsung atau tidak terhadap kepentingan nasional yakni jalan yang tidak dominan dalam pembangunan ekonomi tetapi berperan menjamin persatuan dan kesatuan negara dan melayani daerah tertinggal

2) Jalan Provinsi

Menurut PP Nomor 34 Pasal 26 (b) Tahun 2006, jalan provinsi adalah jalan kolektor yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota dalam satu provinsi tersebut. Selain itu, jalan provinsi juga bisa berupa jalan kolektor primer yang menghubungkan

antar ibu kota kabupaten/kota. Jalan provinsi lainnya yaitu jalan strategis provinsi. Khusus untuk wilayah DKI Jakarta, seluruh ruas jalan, kecuali jalan nasional.

3) Jalan Kabupaten/kotamadya

Jalan Kabupaten merupakan kewenangan Pemerintah Kabupaten yang terdiri dari :

- a. Jalan kolektor primer yang tidak termasuk jalan nasional dan jalan provinsi.
- b. Jalan lokal primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat desa, antar ibukota kecamatan, ibukota kecamatan dengan desa, dan antar desa.
- c. Jalan sekunder yang tidak termasuk jalan provinsi dan jalan sekunder dalam kota.
- d. Jalan strategis kabupaten.

4) Jalan Desa

Jalan Desa adalah jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa. Jalan desa juga merupakan jalan lokal primer yang tidak termasuk jalan kabupaten di dalam kawasan perdesaan.

5) Jalan Khusus

Jalan Khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

2.2. Bagian-bagian Jalan

Menurut PP No. 34 Tahun 2006 tentang jalan, jalan dibedakan menjadi ruang manfaat jalan (rumaja), ruang milik jalan (rumija), dan ruang pengawasan jalan (ruwasja).

2.2.1. Ruang manfaat jalan

Ruang manfaat jalan atau rumaja adalah suatu ruang di sepanjang jalan yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan yang terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Badan jalan meliputi jalur lalu lintas, median, dan bahu jalan. Ambang pengaman jalan terletak di bagian paling luar, dari ruang manfaat jalan yang berfungsi untuk mengamankan bangunan jalan.

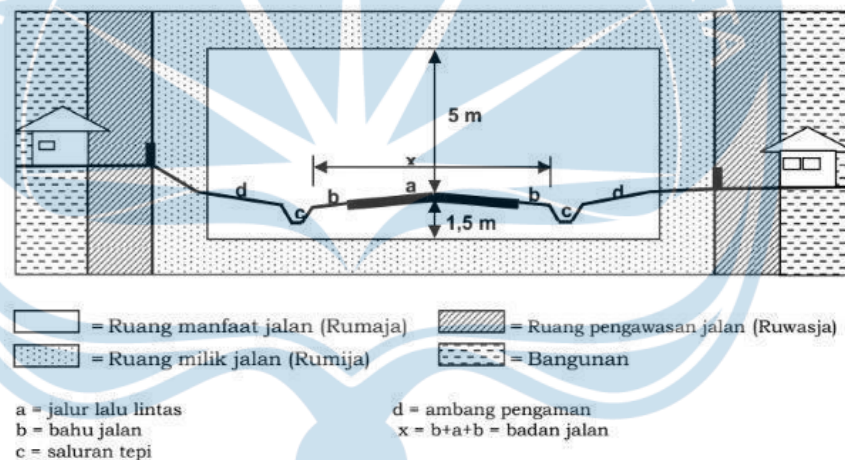
2.2.2. Ruang milik jalan

Ruang milik jalan adalah sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan yang masih tetap menjadi bagian dari ruang milik jalan yang dibatasi oleh tanda batas ruang milik jalan yang berfungsi untuk memenuhi persyaratan keluasan keamanan penggunaan jalan pada suatu masa yang akan datang.

2.2.3. Ruang pengawasan jalan

Ruang pengawasan jalan adalah ruang tertentu yang ada di luar ruang milik jalan yang pemanfaatannya diawasi oleh penyelenggara jalan agar tidak menghambat dan mengganggu pandangan pengemudi, konstruksi bangunan jalan apabila ruang milik jalan tidak cukup luas, dan tidak mengganggu fungsi jalan. Terganggunya fungsi jalan disebabkan oleh pemanfaatan ruang pengawasan jalan yang tidak sesuai dengan kegunaannya.

Bagian-bagian jalan dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Bagian – bagian jalan

2.3. Parameter Perancangan Geometrik

Dalam perancangan geometrik jalan terdapat beberapa faktor perencanaan yang harus dimengerti guna menentukan tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan seperti, kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut.

2.3.1. Kendaraan Rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang terpilih berdasarkan dimensi unsur teknis kendaraannya serta karakteristik operasi kendaraan tersebut dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Acuan tersebut diatur dalam tabel berikut:

Tabel 2. 3 Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

2.3.2. Kecepatan Rencana

Menurut Bina Marga (2004), kecepatan rencana (V_r) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah

Untuk perencanaan jalan antar kota, nilai V_r ditetapkan berdasarkan klasifikasi dan medan jalan sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Kecepatan Rencana

Fungsi Jalan	Kecepatan Desain ($V_d = \text{km/jam}$)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	80-120	70-110	60-100
Kolektor	40-80	30-70	20-60
Lokal	40-80	30-70	20-60

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga 2021)

2.3.3. Volume Lalu Lintas

Volume lalu-lintas harian rata-rata (LHR), adalah perkiraan volume lalu-lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per hari, adapun lalu-lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu-lintas dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam.

- a. Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam aliran lalu lintas yang dikategorikan berdasarkan jenis kendaraan, dimensi kendaraan, dan kemampuan olah gerak.

Tabel 2. 5 Volume Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	Nilai Satuan Mobil Penumpang
Sepeda	0,5
Mobil penumpang/Sepeda Motor	1,0
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (>5 ton)	2,5
Truk Berat (>10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga 1997)

b. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

Volume lalu lintas terdiri dari berbagai macam kendaraan, maka dari itu diperlukan faktor konversi dari berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan sebuah kendaraan ringan. (Ekuivalen mobil penumpang = 1,0)

Tabel 2. 6 Ekuivalen Mobil Penumpang

No	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep station Wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, bus kecil, truck kecil	1,2-2,4	1,9-3,5
3.	Bus dan truck besar	1,2-5,0	2,2-6,0

Satuan Volume lalu lintas yang umum digunakan untuk jumlah dan lebar jalur adalah :

- a) Lalu Lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

$$\text{LHRT} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}}$$

- b) Lalu Lintas Harian Rata – Rata (LHR) adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

$$\text{LHR} = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya pengamatan}}$$

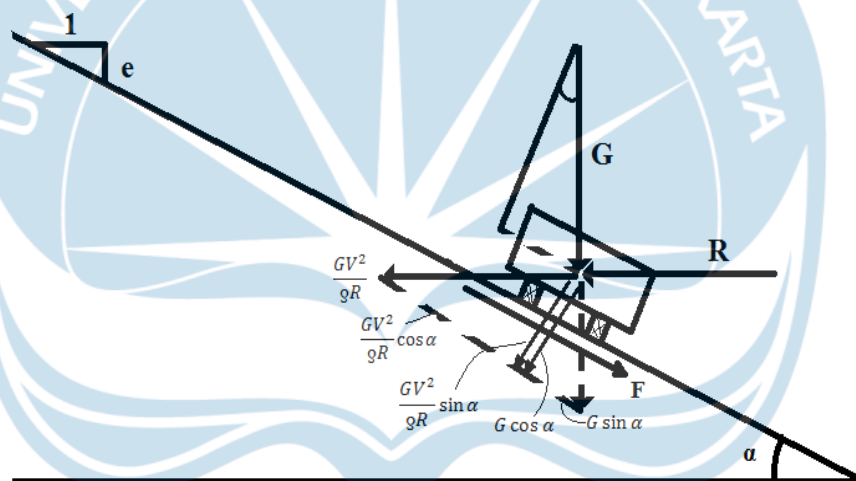
2.4. Alinemen Horizontal

2.4.1. Pengertian

Alinemen horizontal atau trase suatu area jalan adalah proyeksi sumbu jalan tegak lurus pada bidang horizontal yang terdiri dari garis lurus dan garis lengkung. Didalam perencanaan garis lengkung perlu diketahui hubungan antara *design speed* dengan lengkung dan hubungan keduanya dengan superelevasi.

2.4.2. Rumus dan Faktor

Bila kendaraan melintasi suatu lengkung dengan bentuk lingkaran kendaraan tersebut didorong secara radial keluar oleh gaya sentrifugal yang diimbangi oleh komponen berat kendaraan yang diakibatkan oleh superelevasi dari jalan dan gesekan samping antara ban dan permukaan jalan maka rumus-rumus dasar dari kendaraan yang melintasi lingkaran adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 2 Gaya sentrifugal

$$\frac{GV^2}{gR} = \text{gaya sentrifugal } k$$

V = kecepatanm/det

R = radius tikungan.....m

g = percepatan gravitasi. ..m/det

F = gaya gesek melintang

F_{mt} = koefisien gesek melintang

α = sudut superelevasi

Gaya-gaya yang bekerja pada kendaraan terlihat pada gb.1. Gaya-gaya tersebut dalam kondisi keseimbangan

$$\begin{aligned}\frac{GV^2}{gR} \cos \alpha &= G \sin \alpha + F \\ &= G \sin \alpha + f m t \left(G \cos \alpha + \frac{GV^2}{gR} \sin \alpha \right)\end{aligned}$$

Nilai α kecil $\rightarrow \cos \alpha = 1$ Sangat kecil sehingga dapat diabaikan

$\sin \alpha = \tan \alpha$, jadi

$$\frac{V^2}{gR} = \tan \alpha + f m t + \frac{f m t \cdot V^2}{gR} \tan \alpha$$

Tan α dinyatakan dengan landai melintang superelevasi e , maka :

$$\begin{aligned}\frac{V^2}{gR} &= e + f m t \quad g = 32 \text{ ft/sec}^2 \\ \frac{V^2}{15 R} &= e + f m t\end{aligned}$$

Kalau kecepatan dinyatakan dengan satuan km/jam dan $g = 9,81 \text{ m/det}^2$:

$$\frac{V^2}{127 R} = e + f m t$$

2.4.3. Derajat Lengkung D

Untuk menyatakan suatu lengkung horizontal dapat dinyatakan dengan radius dan derajat lengkung. Derajat lengkung adalah sudut pusat yang terjadi dengan busur 100ft, sedangkan untuk satuan metrik adalah sudut pusat yang terjadi dengan busur 25m.

2.4.4. Faktor Gesekan Samping

Koefisien gesek samping bergantung pada beberapa faktor, yaitu:

1. Kecepatan kendaraan.
2. Tipe dan kondisi ban.
3. Permukaan perkerasan.
4. Cuaca.

Lengkung tidak bisa direncanakan berdasarkan koefisien gesek maksimum karena alasan keamanan. Parameter yang menentukan koefisien gesekan melintang maksimum dalam perencanaan, yaitu :

1. Gaya sentrifugal mengakibatkan perasaan tidak nyaman dan mengambil sikap untuk memperlambat laju kendaraan.
2. Kecepatan terasa tidak nyaman yang diakibatkan gaya sentrifugal dapat ditentukan dengan jelas, dapat diterima sebagai kendali dalam menentukan koefisien gesekan melintang.

Menurut beberapa studi yang ada mengatakan sebagai berikut:

1. Faktor gesekan melintang untuk kecepatan tinggi harus lebih kecil daripada untuk kecepatan lebih rendah.
2. Nilai yang lebih rendah pada kecepatan yang rendah diinginkan karena sering melewati *design speed* yang rendah.
3. Koefisien gesek melintang yang digunakan dalam perencanaan tikungan yaitu 0,16 pada 30 mph – 0,11 pada 80 mph.

2.4.5. Superelevasi Maksimum

Untuk kecepatan tertentu, superelevasi maksimum dan asumsi dari faktor gesekan maksimum perlu menentukan jari-jari minimum. Superelevasi maksimum pada tikungan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- a. Kondisi cuaca
- b. Kondisi lapangan (datar atau pegunungan)
- c. Tipe daerah (pedalaman atau kota)
- d. Sering terhadap kendaraan-kendaraan yang berjalan lambat yang mengakibatkan operasi yang tidak tertentu.

Dengan mempertimbangkan beberapa parameter tersebut, superelevasi dapat ditentukan superelevasi maksimal untuk JR yang terbuka/lapangan = 0,12 (angka maks).

Untuk penggunaan superelevasi sampai 0,13, sebagai berikut:

1. Menguntungkan pengendara-pengendara cepat
2. Menyulitkan dalam pelaksanaan pembuatan jalan, pemeliharaan & untuk pengendara pelan

Superelevasi yang lebih kecil digunakan pada :

1. Daerah yang banyak kendaraan seperti dekat kota
2. Persimpangan-persimpangan penting dimana kendaraan biasanya berjalan pelan-pelan karena akan membelok atau memotong
3. Adanya tanda-tanda lalu lintas
4. Umumnya digunakan nilai 0,06

Seperti yang diusulkan oleh AASHTO harus ada beberapa superelevasi yaitu:

1. 0,06 ; 0,08 ; 0,10 ; dan 0,12
2. Untuk masing-masing golongan jari-jari minimum & superelevasi untuk jari – jari lebih besar dapat dihitung.

2.4.6. Derajat Lengkung Maksimum/Maximum Degree of Curvature

Derajat lengkung maksimum atau jari-jari minimum adalah suatu harga batas untuk suatu *design speed* yang ditentukan dari superelevasi maksimum dan faktor geser maksimum.

Menggunakan jari-jari yang lebih kecil untuk *design speed* tadi akan mengakibatkan superelevasi yang lebih besar dari batas yang telah ditentukan juga penting untuk mendapatkan superelevasi pada jari-jari yang lebih besar.

2.4.7. Superelevasi

Untuk perencanaan tikungan perlu menentukan superelevasi yang dapat dipakai pada daerah lingkungan untuk masing-masing *design speed*. Nilai ekstrim dari daerah ini adalah superelevasi yang ditentukan oleh sifat-sifat praktis & dipergunakan untuk menentukan jari-jari minimum.

Superelevasi maksimum berbeda tergantung kondisi jalan. Kondisi ekstrim yang lain adalah superelevasi 0 tidak diperlukan superelevasi pada jalan lurus. Superelevasi sebaiknya ditentukan dengan logis antara faktor gesek melintang dan superelevasi untuk jari-jari diantara ekstrim dan untuk *design speed* tertentu.

Distribusi dari e dan f untuk daerah lengkung dengan *design speed* tertentu ada 4 macam metode yang mendistribusikan daerah lengkung. Metode ini diperlihatkan oleh gb.3 :

- a. Superelevasi berbanding lurus dengan derajat lengkung jadi suatu hubungan garis lurus antara $D=0$ dan $D = \text{maksimum}$.
- b. Superelevasi dibuat sedemikian rupa sehingga kendaraan yang berjalan pada *design speed* dapat mengimbangi seluruh gaya sentrifugal oleh superelevasi pada tikungan sampai E maksimum. E maksimum sendiri digunakan pada lingkaran-lingkaran yang lebih tajam.
- c. Sama dengan metode 2, kecepatan didasarkan pada *average running speed*.
- d. Superelevasi dengan harga antara metode 1 dan 3, yang diperlihatkan garis lengkung.

2.4.8. Lengkung Tajam Tanpa Superelevasi

Kemiringan potongan melintang minimum ditentukan oleh persyaratan drainase. Sehubungan dengan tipe jalan dan jumlah curah hujan, yang biasanya dapat diterima, yaitu:

- a. $\pm 0,008$ untuk tipe kelas tinggi perkerasan beton kaku, sampai
- b. 0,02 untuk tipe kelas rendah perkerasan lentur

Pada lengkung yang lebih tajam diperlukan superelevasi $> 0,02$, suatu kemiringan garis lurus seluruh *pavement* juga perlu dilakukan. Suatu batasan 0,02 memberikan lengkung dari daerah yang dimulai 2,5% untuk 30mph *design speed* sampai 80 mph *design speed*.

2.4.9. Pengaruh Dari Kelandaian

Untuk jalan pedalaman yang mempunyai landai yang agak curam atau panjang, pengemudi cenderung menjalankan lebih cepat menurun dibandingkan jika mendaki. Dalam perencanaan yang lebih teliti harus diperhatikan dan harus ada perbaikan superelevasi.

2.4.10. Lengkung Spiral

Setiap kendaraan akan mengikuti jejak transisi apakah mau masuk atau meninggalkan lengkung lingkaran horizontal, bertambah atau berkurangnya gaya sentrifugal tidak dapat dilakukan tiba-tiba. Lintasannya juga tergantung dari kecepatan, jari-jari superelevasi dan aksi pengendara. Pada kecepatan rendah dan jari-jari yang besar rata-rata pengendara dapat melakukan perpindahan didalam batas-batas lebar jalur normal.

Pada kecepatan tinggi dan tikungan yang tajam, mempertahankan tetap pada suatu lebar jalur normal tidak dapat dilakukan, maka dari itu diperlukan adanya lengkung transisi antara garis lurus dan lengkung lingkaran.

Keuntungan dari lengkung transisi pada alinemen horizontal, yaitu:

- a. Lengkung transisi yang baik dapat memberikan jejak yang mudah diikuti, sehingga gaya sentrifugal dapat bertambah dan berkurang secara teratur saat kendaraan memasuki dan meninggalkan lengkung lingkaran. Hal ini dapat memperkecil kemungkinan mengambil jalur yang berada disebelahnya.
- b. Panjang lengkung perpindahan memberikan kemungkinan untuk mengatur pencapaian kemiringan. Perpindahan dari lereng normal (*normal crossslope*) ke superelevasi pencapaian kemiringan dilakukan tanpa transisi, biasanya sebagian dilakukan pada lengkung dan sebagian lagi pada bagian yang lurus.

- c. Suatu jalan akan tambah baik dengan menggunakan spiral-spiral untuk menghindari terjadi patah permukaan dan akhir dari lengkung lingkaran.

Spiral penting untuk membuat *alines* yang bagus suatu jalan.

Menurut definisi, derajat lengkung pada tiap titik pada spiral berbanding lurus dengan panjang jarak yang diukur sepanjang spiral.

2.5. Alinemen Vertikal

2.5.1. Sifat-Sifat Operasi Kendaraan Pada Landai

Secara umum, semua kendaraan mobil penumpang dapat berjalan dengan kelandaian sekitar 7% atau 8% tanpa ada perbedaan yang signifikan dibandingkan pada bagian datar. Berdasarkan pengamatan, diperlihatkan bahwa pada 3% kelandaian hanya memiliki sedikit pengaruh dibandingkan dengan jalan datar untuk mobil penumpang. Untuk kelandaian yang sama, efek kelandaian akan lebih berpengaruh bagi kendaraan truk dibandingkan dengan mobil penumpang.

2.5.2. Batas kelandaian Untuk Perencanaan

Dengan mempertimbangkan beberapa data seperti hubungan kecepatan dan jarak tempuh bagi suatu kendaraan tertentu sampai pada ketetapan seperti landai maksimum 3% untuk kecepatan rencana (*design speed*) 80 mph. Untuk kecepatan rencana 30 mph landai maksimum di antara 5% sampai 12% tergantung dari topografinya.

Tabel 2. 7 Kecepatan Rencana (mph)

Kecepatan rencana (mph)								
Tipe Topografi	30	40	50	60	65	70	75	80
Datar	6	5	4	3	3	3	3	3
Bukit	7	6	5	4	4	4	4	4
Pegunungan	9	8	7	6	6	6	-	-

2.5.3. Panjang kritis suatu kelandaian untuk desain

Perlu diperhatikan panjangnya dari suatu kelandaian tertentu. Sebagai pedoman biasanya digunakan panjang jarak pengurangan 15 mph dari kecepatan.

2.5.4. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal digunakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian. Lengkung vertikal harus sederhana dalam penggunaannya

dan menghasilkan suatu desain yang aman.

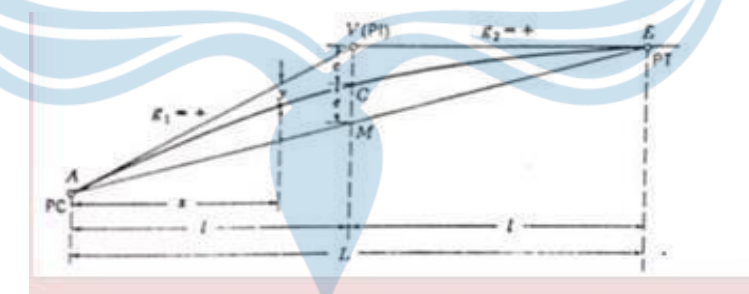
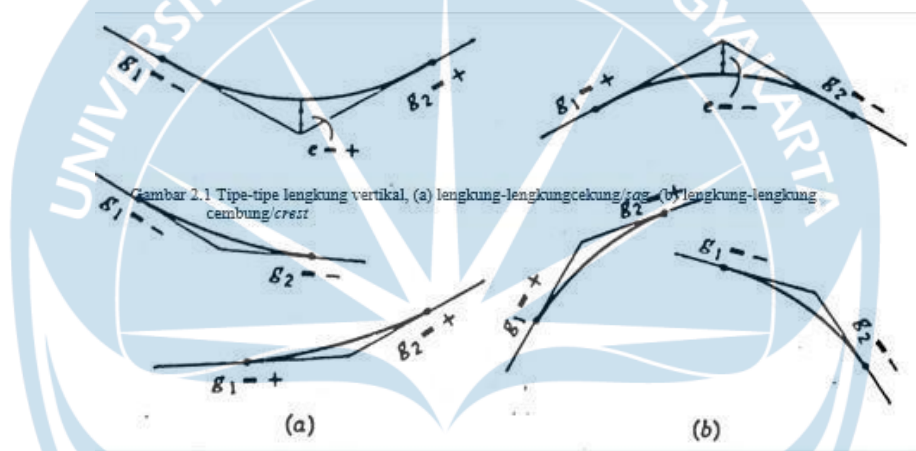
2.5.5. Sifat-sifat lengkung vertikal

Panjang suatu jalan diukur secara horizontal dan kelandaian secara relatif melalui ratio sumbu vertikal dan mendatar dan lebih sederhana dengan menggunakan sumbu vertikal berpusat di VPI (*Vertical Point Intersection*). Perubahan kelandaian konstan yang memberikan jarak dari VPI sebesar $\Delta L/800$, dimana:

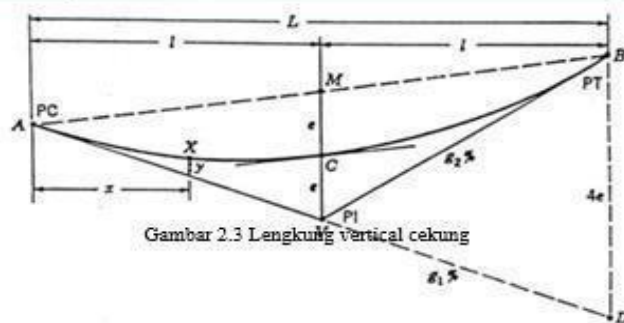
Δ = Perubahan aljabar kelandaian dalam persen

L = Panjang horizontal lengkung vertikal

2.5.6. Tipe-tipe dari lengkung vertikal



Gambar 2.2 Lengkung vertikal cembung



Gambar 2.3 Lengkung vertikal cekung

Gambar 2. 3 Tipe – tipe Lengkung Vertikal

2.5.7. Lengkung Vertikal Cembung

Panjang minimum lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan yang biasanya memenuhi syarat keamanan, kenyamanan, dan kenampakan menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$S < L \dots\dots L = \Delta S^2 / [100((\sqrt{2}h_1 + \sqrt{2}h_2)^2)]$$

$$S > L \dots\dots L = 2S - [200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2] / \Delta$$

di mana:

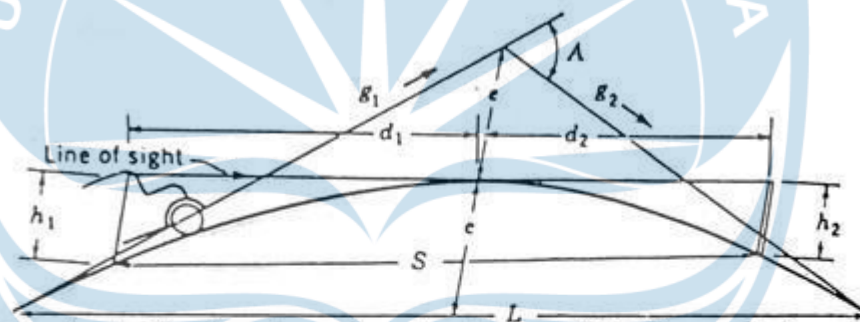
L = panjang horizontal lengkung vertikal,

S = jarak pandangan,

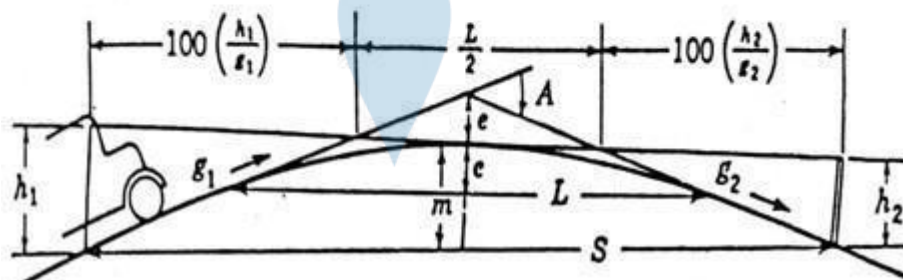
Δ = perbedaan aljabar kelandaian dalam persen,

h_1 = tinggi mata pengemudi,

h_2 = tinggi benda



Gambar 2.4 Jarak pandang di atas lengkung vertikal, di mana $S < L$

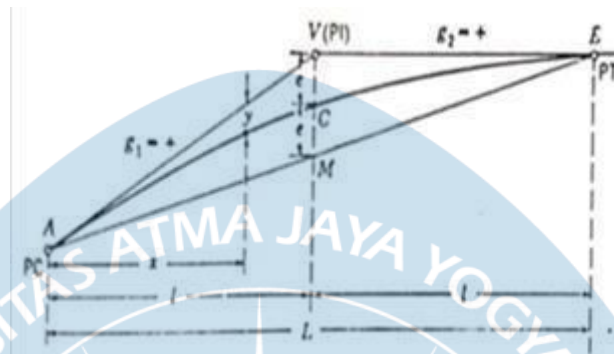


Gambar 2.5 Jarak pandangan di bawah lengkung vertikal, di mana $S > L$

Gambar 2. 4 Lengkung Vertikal Cembung

2.5.8. Persamaan Lengkung Parabolik

Persamaan lengkung parabolik adalah persamaan yang ditujukan untuk mencari kelengkungan pada area alinemen vertikal untuk membentuk suatu parabola atau lengkungan yang sesuai dalam kebutuhan maupun kondisi lapangan yang ada.



Gambar 2. 5 Persamaan Lengkung Parabolik

$$y = (g_2 - g_1) x^2 / (2L)$$

2.6. Pekerjaan Tanah

Jaringan Jalan terdiri dari jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten/kota, jalan desa dan jalan khusus dan jaringan jalan-jalan tersebut saling berhubungan satu sama lain. Fungsi masing-masing ruas telah ditetapkan yaitu jalan arteri, kolektor dan lokal.

Dalam perkembangan sampai saat ini jumlah kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut semakin meningkat pesat sehingga kapasitas jalan perlu ditingkatkan, untuk itu perlu dilakukan peningkatan daya dukung jalan terhadap aspek perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan di lapangan.

2.6.1. Spesifikasi Pekerjaan Tanah

1. Pekerjaan Galian

Pekerjaan ini mencakup penggalian, penanganan, pembuangan atau penumpukan tanah atau batu atau bahan lain dari jalan yang mana diperlukan untuk penyelesaian dari pekerjaan dalam kontrak.

Pekerjaan galian dapat berupa:

- Galian biasa: meliputi seluruh galian yang tidak dikelompokkan sebagai galian batu, galian struktur, galian sumber bahan dan galian perkerasan beraspal.

- Galian Batu: meliputi galian bongkahan batu dengan volume 1 m³ atau lebih. Galian ini tidak termasuk galian yang dapat dibongkar dengan *ripper* tunggal yang ditarik oleh traktor dengan berat maksimum 15 ton dan tenaga kuda neto maksimum sebesar 180 PK.
- Galian struktur: meliputi galian pada segala jenis tanah dalam batas pekerjaan yang disebut. Setiap galian yang disebut sebagai galian biasa atau galian batu tidak dapat dimasukkan dalam Galian Struktur.
- Galian Perkerasan beraspal: meliputi galian pada perkerasan lama dan pembuangan bahan perkerasan beraspal.

Adapun langkah-langkah penggalian sebagai berikut:

1. Penggalian harus dilaksanakan menurut kelandaian, garis, dan elevasi yang ditentukan
2. Pekerjaan galian harus dilaksanakan dengan gangguan yang sedikit mungkin terhadap bahan dibawah dan di luar batas galian.
3. Apabila bahan pada tanah dasar atau pondasi dalam keadaan lepas, lunak, kotor, tidak memenuhi syarat, maka bahan tersebut harus seluruhnya dibuang dan diganti dengan timbunan yang memenuhi syarat.
4. Apabila batu, lapisan keras atau bahan yang sukar dibongkar ditemukan pada tanah dasar untuk perkerasan maupun bahu jalan, atau pada dasar galian pipa atau pondasi struktur, maka bahan tersebut harus digali 15 cm lebih dalam sampai permukaan yang merata. Tonjolan-tonjolan batu yang runcing pada permukaan yang terlihat tidak boleh tertinggal dan semua pecahan batu yang diameternya lebih besar dari 15 cm harus dibuang. Profil galian yang disyaratkan harus diperoleh dengan cara menimbun kembali dengan bahan yang memenuhi syarat dan dipadatkan.
5. Peledakan untuk pembongkaran batu hanya boleh digunakan jika tidak praktis menggunakan alat bertekanan udara atau suatu pengaruh (*ripper*) hidrolis berkuku tunggal.
6. Kontraktor harus menyediakan anyaman pelindung ledakan untuk melindungi orang, bangunan dan pekerjaan selama penggalian.
7. Penggalian batu harus dilakukan dengan baik sehingga tepi-tepi

potongan harus dibiarkan pada kondisi yang aman dan serata mungkin. Batu yang lepas atau bergantung dapat menimbulkan bahaya terhadap pekerjaan atau orang, maka dari itu perlu dibuang.

2.6.2. Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan ini meliputi pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir. Adapun yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan timbunan yaitu:

- a. Bahan untuk timbunan pilihan
 - Timbunan yang dikelompokkan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi ketentuan sesuai dengan SNI 03-1744-1989, timbunan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10 % setelah 4 hari perendaman
 - Bahan timbunan pilihan dapat berupa pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Indeks Plastisitas maksimum 6 %.
 - Bahan timbunan pilihan yang digunakan pada lereng atau padasituasi lainnya memerlukan kuat geser yang cukup. Apabila dilaksanakan dengan pemadatan kering normal, maka timbunan pilihan dapat berupa timbunan batu atau kerikil lempunganbergradasi baik. Jenis bahan yang dipilih tergantung pada kecuramandari lereng yang akan dibangun atau ditimbun, atau pada tekanan yang akan dipikul.
- b. Bahan untuk timbunan biasa
 - Bahan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi. Bila penggunaan tanah yang berplastisitas tinggi tidak dapat dihindarkan, bahan tersebut harus digunakan hanya pada bagian dasar dari timbunan atau pada penimbunan kembali yang tidak memerlukan daya dukung atau kekuatan geser yang tinggi. Tanah plastis seperti itu sama sekali tidak boleh digunakan pada 30 cm lapisan langsung di bawah bagian dasar perkerasan atau bahu jalan atau tanah dasar bahu jalan.
 - Bahan timbunan bila diuji dengan SNI 03-1744-1989, harus memiliki CBR tidak kurang dari 6 % setelah perendaman 4 hari.
- c. Bahan untuk timbunan pilihan diatas tanah rawa

Bahan timbunan pilihan di atas tanah rawa harus berupa pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Index Plastisitas

maksimum 6 %.

d. Pemadatan timbunan

- Setelah penempatan dan penghamparan timbunan, setiap lapis harus dipadatkan dengan peralatan pemadat yang baik.
- Pemadatan timbunan tanah harus dilaksanakan hanya apabila kadar air berada dalam rentang 3 % di bawah kadar air optimum sampai 1 % di atas kadar air optimum
- Seluruh timbunan batu harus ditutup dengan satu lapisan atau lebih setebal 20 cm dari bahan bergradasi menerus dan tidak mengandung batu yang lebih besar dari 5 cm serta mampu mengisi rongga-rongga batu pada bagian atas timbunan batu tersebut.
- Setiap lapisan timbunan yang dihampar harus diuji kepadatannya sebelum lapisan berikutnya dihampar.
- Timbunan harus dipadatkan mulai dari tepi luar dan bergerak menuju ke arah sumbu jalan
- Apabila bahan timbunan dihampar pada kedua sisi pipa atau drainase beton atau struktur, maka pelaksanaan harus dilakukan sebaik mungkin agar timbunan pada kedua sisi selalu mempunyai elevasi yang hampir sama.
- Apabila bahan timbunan dapat ditempatkan hanya pada satu sisi abutment, tembok sayap, pilar, tembok penahan atau tembok kepala gorong-gorong, maka tempat-tempat yang bersebelahan dengan struktur tidak boleh dipadatkan secara berlebihan karena dapat menyebabkan bergesernya struktur atau tekanan yang berlebihan pada struktur.
- Timbunan yang bersebelahan dengan ujung jembatan tidak boleh ditempatkan lebih tinggi dari dasar dinding belakang abutment sampai struktur bangunan atas telah terpasang.
- Timbunan pada lokasi yang tidak dapat dicapai dengan peralatan pemadat mesin gilang, harus dihampar dalam lapisan horizontal dengan tebal gembur tidak lebih dari 15 cm dan dipadatkan dengan penumbuk loncat mekanis atau timbris (tamper) manual dengan berat minimum 10 kg.
- Timbunan pilihan di atas tanah rawa mulai dipadatkan pada batas

permukaan air dimana timbunan terendam, dengan peralatan yang baik.

e. Penghamparan timbunan

- Timbunan harus ditempatkan ke permukaan yang telah disiapkan dan disebar dalam lapisan yang merata yang bila dipadatkan akan memenuhi toleransi tebal lapisan yang ditentukan.
- Tanah timbunan biasanya diangkat langsung dari lokasi sumber bahan ke permukaan yang telah disiapkan pada saat cuaca cerah dan disebarkan.
- Penimbunan kembali di atas pipa dan di belakang struktur harus dilaksanakan dengan cepat dan teratur setelah pemasangan pipa atau struktur.. Sebelum penimbunan kembali di sekitar struktur penahan tanah dari beton, pasangan batu atau pasangan batu dengan mortar dibutuhkan waktu perawatan tidak kurang dari 14hari.
- Apabila timbunan badan jalan akan diperlebar, lereng timbunan lama harus disiapkan dengan membuang seluruh tumbuhan yang terdapat pada permukaan lereng. Selanjutnya timbunan yang diperlebar harus dihampar horizontal lapis demi lapis sampai dengan elevasi tanah dasar, yang kemudian harus ditutup cepat sehingga bagian yang diperlebar dapat dimanfaatkan.

2.7. Kriteria Perencanaan

2.7.1. Ketentuan Perancangan Jalan

Perancangan jalan dari titik A sampai titik B. Titik A pada STA. 0 + 000 Peta topografi terlampir dengan skala 1 : 1000

1. Kelas Jalan
 - a. Kelas I
2. Koordinat (dalam meter)
 - b. A (4507.489 ; 5956.655) ; B (11077.996 ; 4325.004)
3. Elevasi rencana permukaan jalan di titik A pada
 - c. Timbunan setinggi 0,5 meter

2.7.2. Tugas Yang Dilakukan

1. Merancang trase jalan dari titik A sampai titik B secara efisien pada peta topografi yang tersedia
2. Menggambar profil memanjang dan diagram superelevasi yang sumbu

putarnya AS jalan

3. Menggambar profil melintang setiap jarak 50 meter pada bagian lurus dan 25meter pada bagian lengkung
4. Menghitung elevasi pada tepi-tepi perkerasan dan sumbu/as jalan pada semua profil
5. Menghitung jumlah volume galian dan timbunan
6. Menghitung tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku

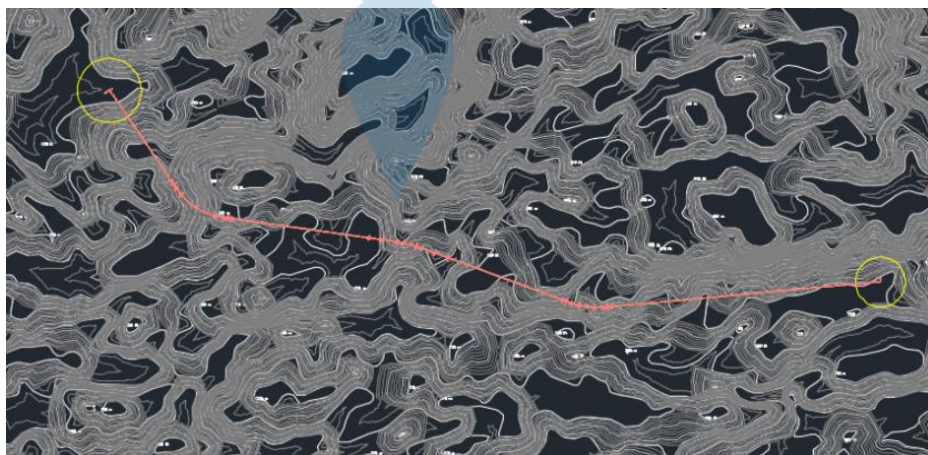
2.8. Alinemen Horizontal

2.8.1. Alternatif Trase Jalan

Dalam perencanaan alinemen horizontal dengan bantuan *Autocad Civil 3D* dilakukan dengan perencanaan trase jalan guna sesuai dengan ketentuan pada soal yang tertera. Trase jalan adalah garis tengah sumbu jalan yang merupakan garis lurus saling terhubung dengan Peta Topografi serta merupakan acuan dalam menetapkan tinggi muka tanah dasar. Trase jalan juga difungsikan untuk mempermudah dalam perencanaan, dengan bantuan *civil3D* trase yang dibuat tidak perlu menghitung letak stationing pada trase. Hal tersebut sudah di program secara otomatis oleh *civil 3D*.

Perencanaan jalan ini diperlukan beberapa alternatif trase jalan yang sesuai dengansyarat aturan jalan (AASHTO 2011) yang kami gunakan dalam perhitungan.

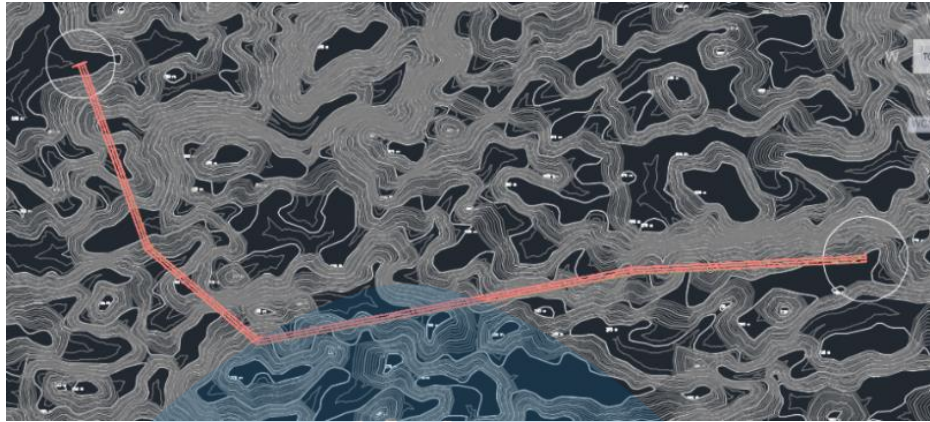
- a. Trase 1



Gambar 2. 6 Trase Jalan 1

Trase Jalan 1, merupakan trase yang disesuaikan dengan ketentuan soal yang diberikan.

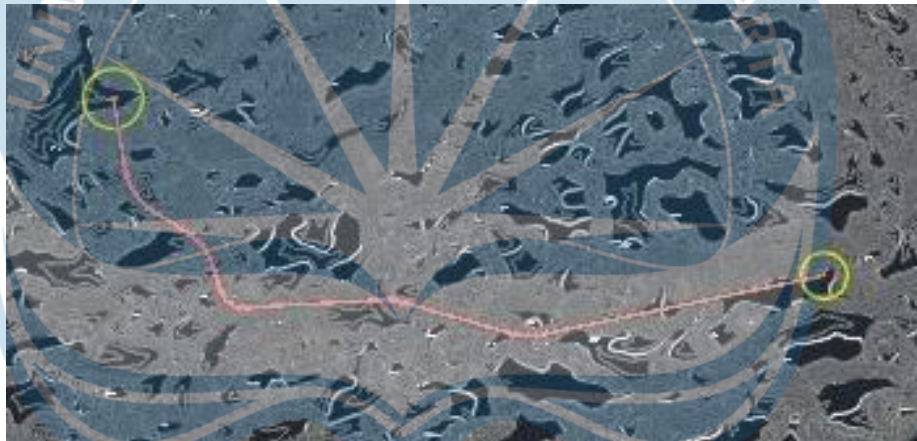
b. Trase 2



Gambar 2. 7 Trase Jalan 2

Trase Jalan 2, merupakan trase yang diambil dengan koordinat titik A dan Bsama tetapi bentuk dan koordinat PI / tikungan diambil berbeda.

c. Trase 3



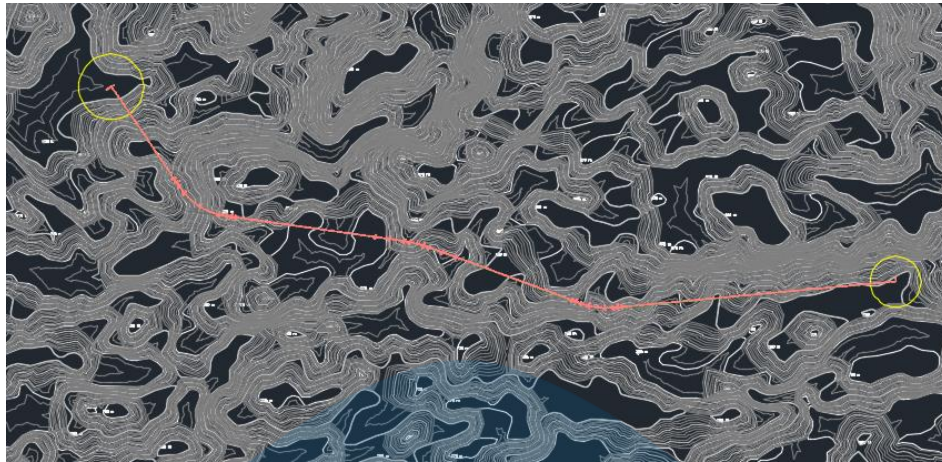
Gambar 2. 8 Trase Jalan 3

Trase Jalan 3, merupakan trase jalan dengan ketentuan yang sama seperti pada trase jalan 2, tetapi dengan bentuk yang berbeda.

2.8.2. Trase Terpilih

Dalam pertimbangan pemilihan trase tidak hanya berdasarkan bentuk trase, melainkan melihat dari kondisi lapangan dimana mencakup kontur lapangan hingga kondisisituasi memungkinkan untuk dibuat trase yang baik. Syarat-syarat lain sebagai berikut :

1. Titik awal dan akhir antar tikungan tidak saling bertemu
2. Selisih *cut and fill* tidak berlebihan di *cut* maupun *fill* atau imbang.



Gambar 2. 9 Trase Jalan Terpilih

Pada Perencanaan jalan yang menghubungkan titik A dan B dipilih perencanaan trase 1 karena memenuhi syarat yang ada.

2.8.3. Penetapan Stationing

Tabel 2. 8 Penetapan Stationing

TITIK		Perhitungan	Stationing
A		Sta,A	0+000,000
Tikungan 1 (SCS)	TS	Sta,A+d1-TS1	0+664,264
	SC	Sta,TS+LS	0+834,264
	CS	Sta,SC+LC	2+091,854
	ST	Sta,CS+LS	2+261,854
Tikungan 2 (SCS)	TS	Sta,A+d2-TS2	2+896,100
	SC	Sta,TS+LS	3+056,910
	CS	Sta,SC+LC	3+324,200
	ST	Sta,CS+LS	3+484,200
Tikungan 3 (SCS)	TS	Sta,A+d3-TS3	4+610,790
	SC	Sta,TS+LS	4+720,790
	CS	Sta,SC+LC	4+857,000
	ST	Sta,CS+LS	4+967,000
B		Sta,CT + d3 - TC	7+301,970

2.9. Perencanaan Tikungan

2.9.1. Kriteria Desain Perancangan

Tabel 2. 9 Kriteria Desain Perancangan

Data Diketahui		
Fungsi Jalan	Arteri Kelas I	
LHRT Tahun Rencana	5000	smp/hari
Kriteria Desain		
Klasifikasi Medan	Bukit	
Konfigurasi Jalan	4/2T	
Kecepatan Rencana	80	km/h
Lebar Rumaja	24	m
Lebar Rumija	25	m
Lebar Ruwasja	15	m
Lebar Lajur	3,5	m
Lebar Bahu Dalam	0,5	m
Lebar Bahu Luar	1,5	m
Lebar Median	2	m
Superelevasi Normal	2	%
Superelevasi Bahu	6	%
Superelevasi Maksimum	8	%
Kelandaian Maksimum	6	%

2.9.2. Perhitungan Sudut Tikungan

Tabel 2. 10 Perhitungan Sudut Tikungan

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	Δ
A	4507,489	5956,655	752,968	-1346,12	1542,401	150,779021	61,966
PI1	5260,457	4610,535					
PI2	7069,604	4648,014	1809,147	37,479	1809,535	88,8132079	21,475
PI3	8573,45	4092,064	1503,846	-555,95	1603,319	110,28862	154,398
B	11077,996	4325,004	2504,546	232,94	2515,355	264,686385	

2.9.3. Penentuan Tikungan Alinemen Horizontal

Dalam Perencanaan Alinemen Horizontal diketahui kecepatan rencana sebagaiberikut :

Tabel 2. 11 Kriteria Perancangan Kecepatan Rencana

Kriteria Perancangan	
V rencana	80
e max	8
f max	0,12
R min	251,9685039

- a. Perhitungan Tikungan 1 ($\Delta = 61,966^\circ$)

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 (0,01e_{max} + f_{max})} = 251,969 \text{ m}$$

$$\Delta = 61,966^\circ \longrightarrow R_c = 1320 \text{ m}$$

$$V_d = 80 \text{ km/jam}$$

$$e_{max} = 8\%$$

- Mencari nilai e :

$$e_d = 2,8\% \text{ (Tabel Metric Referensi AASHTO)}$$

- Ls desain yang digunakan : 170m

- Menghitung Sudut Lengkung Spiral (θ_s)

$$L_s = 2 \theta_s \cdot R_c$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \cdot R_c} = \frac{170}{2 \times 1320} \times \frac{360}{2\pi} = 3,690^\circ$$

- Menghitung Sudut Lengkung Circle (Δ_c)

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 61,966 - 2 \times 3,690 = 54,587^\circ$$

- Menghitung Panjang Busur Lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2\pi R = \frac{54,587}{360} \times 2\pi \times 1320 = 1257,590 \text{ m}$$

- Menghitung X_c dan Y_c

$$Y_c = \frac{L^3}{(6R_c \cdot L_s)} = \frac{L^2}{6R_c} = \frac{170^2}{6 \times 1320} = 3,649 \text{ m}$$

$$X_c = L - \frac{L^3}{40R_c^2 \cdot L_s^2} = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} = 170 - \frac{170^3}{40 \times 1320^2} = 169,930 \text{ m}$$

- Menghitung Pergeseran Tangen terhadap Spiral (p) dan Absis dari p pada garis Tangen Spiral (k)

$$\theta_s = 3,690^\circ \rightarrow \text{Interpolasi}$$

$$\begin{cases} p^* = 0,913 \rightarrow p \\ k^* = 84,988 \rightarrow k \end{cases}$$

- Menghitung Jarak antar Perpotongan Bagian Lurus dengan Busur Lingkaran (Es)

$$E_s = (Rc + p) \cdot \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - Rc = (1320 + 0,913) \sec\left(\frac{61,966}{2}\right) - 1320 = 220,745 \text{ m}$$

- Menghitung Jarak Antara Perpotongan Bagian Lurus (P1) dengan TS/ST(Ts)

$$T_s = (Rc + p) \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) + k = (1320 + 0,913) \tan\left(\frac{61,966}{2}\right) + 84,988 = 878,137 \text{ m}$$

- Menghitung Panjang Busur Keseluruhan (L Total)

$$L = 2 \times l_s + L_c = 2 \times 170 + 1257,590 = 1597,59 \text{ m}$$

Tabel 2. 12 Perhitungan Tikungan 1

Δ	61,966
R (m)	1320
ed tabel (%)	2,8
Ls 1 (MRG)	33,41
Ls 2 (Table)	42
Ls 3 (GALA)	6,92
Ls 4 (Min, DC)	79,60
Ls max	177,99
Ls desain	170,00
Cek Ls	OK
Ltr	121,429
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
Θ_s	3,690
Δ_c	54,587
Lc (m)	1257,590
Yc (m)	3,649
Xc (m)	169,930
k (m)	84,988
p (m)	0,913
CEK p	OK
Ts (m)	878,137

Es (m)	220,745
L total	1597,590
A	473,7087713
Cek A	OK
d (A-PI1)	1542,400682
CEK d	OK

b. Perhitungan Tikungan 2 ($\Delta = 21,475^\circ$)

$$\Delta = 21,475^\circ \rightarrow R_c = 1140\text{m}$$

$$V_d = 80 \text{ km/jam}$$

$$e_{\text{max}} = 8\%$$

- Mencari nilai e :

$$e_d = 5\% = 0,05 \text{ (Tabel Metric Referensi AASHTO)}$$

- Ls desain yang digunakan : 160m

- Menghitung Sudut Lengkung Spiral (θ_s)

$$L_s = 2\theta_s \cdot R_c$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \cdot R_c} = \frac{160}{2 \times 1140} \times \frac{360}{2\pi} = 4,021^\circ$$

- Menghitung Sudut Lengkung Circle (Δ_c)

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 21,475 - 2 \times 4,021 = 13,434^\circ$$

- Menghitung Panjang Busur Lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2\pi R = \frac{13,434}{360} \times 2\pi \times 1140 = 267,291 \text{ m}$$

- Menghitung X_c dan Y_c

$$Y_c = \frac{L^3}{(6R_c \cdot L_s)} = \frac{L^2}{6R_c} = \frac{160^2}{6 \times 1140} = 3,743 \text{ m}$$

$$X_c = L - \frac{L^3}{40R_c^2 \cdot L_s^2} = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} = 160 - \frac{160^3}{40 \times 1140^2} = 159,921 \text{ m}$$

- Menghitung Pergeseran Tangen terhadap Spiral (p) dan Absis dari p pada garis Tangen Spiral (k)

$$\theta_s = 4,021^\circ \rightarrow \text{Interpolasi}$$

$$\{p^* = 0,937 \rightarrow p$$

$$k^* = 79,987 \rightarrow k$$

- Menghitung Jarak antar Perpotongan Bagian Lurus dengan Busur Lingkaran (Es)

$$Es = (Rc + p) \cdot \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - Rc = (1140 + 0,937) \sec\left(\frac{21,475}{2}\right) - 1320 = 21,270 \text{ m}$$

- Menghitung Jarak Antara Perpotongan Bagian Lurus (P1) dengan TS/ST(Ts)

$$Ts = (Rc + p) \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) + k = (600 + 0,937) \tan\left(\frac{41,729}{2}\right) + 79,987 = 296,347 \text{ m}$$

- Menghitung Panjang Busur Keseluruhan (L Total)

$$L = 2 \times ls + Lc = 2 \times 115 + 321,982 = 587,982 \text{ m}$$

Tabel 2. 13 Perhitungan Tikungan 2

Δ	21,475
R (m)	1140
ed tabel (%)	3,2
Ls 1 (MRG)	38,18
Ls 2 (Table)	47
Ls 3 (GALA)	8,01
Ls 4 (Min, DC)	73,97
Ls max	165,41
Ls design	160,00
Cek Ls	OK
Ltr	100,000
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
Θ_s	4,021
Δ_c	13,434
Lc (m)	267,291
Yc (m)	3,743
Xc (m)	159,921
k (m)	79,987
p (m)	0,937
CEK p	OK
Ts (m)	296,347

Es (m)	21,270
L total	587,291
A	427,0831301
Cek A	OK
d (A-PI1)	1809,535173
CEK d	OK

c. Perhitungan Tikungan 3 ($\Delta = 154,398^\circ$)

$$\Delta = 154,398^\circ \rightarrow R_c = 551\text{m}$$

$$V_d = 80 \text{ km/jam}$$

$$e_{\text{max}} = 8\%$$

- Mencari nilai e :

$$e_d = 5\% = 0,05 \text{ (Tabel Metric Referensi AASHTO)}$$

- Ls desain yang digunakan : 110m
- Menghitung Sudut Lengkung Spiral (θ_s)

$$L_s = 2\theta_s \cdot R_c$$

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \cdot R_c} = \frac{110}{2 \times 551} \times \frac{360}{2\pi} = 5,719^\circ$$

- Menghitung Sudut Lengkung Circle (Δ_c)

$$\Delta = 2\theta_s + \Delta_c \rightarrow \Delta_c = \Delta - 2\theta_s = 154,398 - 2 \times 5,719 = 142,959^\circ$$

- Menghitung Panjang Busur Lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2\pi R = \frac{142,95}{360} \times 2\pi \times 551 = 1374,807 \text{ m}$$

- Menghitung X_c dan Y_c

$$Y_c = \frac{L^3}{(6R_c \cdot L_s)} = \frac{L^2}{6R_c} = \frac{110^2}{6 \times 551} = 3,660 \text{ m}$$

$$X_c = L - \frac{L^3}{40R_c^2 \cdot L_s^2} = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} = 110 - \frac{110^3}{40 \times 551^2} = 109,890 \text{ m}$$

- Menghitung Pergeseran Tangen terhadap Spiral (p) dan Absis dari p pada garis Tangen Spiral (k)

$$\theta_s = 5,491^\circ \rightarrow \text{Interpolasi}$$

$$\{p^* = 0,917 \rightarrow p$$

$$k^* = 54,982 \rightarrow k$$

- Menghitung Jarak antar Perpotongan Bagian Lurus dengan BusurLingkaran (Es)

$$E_s = (Rc + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - Rc = (551 + 0,917) \sec \frac{154,398}{2} - 551 = 1939,967m$$

- Menghitung Jarak Antara Perpotongan Bagian Lurus (P1) dengan TS/ST(Ts)

$$T_s = (Rc + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k = (551 + 0,917) \tan \frac{154,398}{2} + 54,982 = 2484,035m$$

- Menghitung Panjang Busur Keseluruhan (L Total)

$$L = 2 \times l_s + L_c = 2 \times 110 + 1374,807 = 1594,807m$$

Tabel 2. 14 Perhitungan Tikungan 3

Δ	154,398
R (m)	551
ed tabel (%)	6,2
Ls 1 (MRG)	73,98
Ls 2 (Table)	71
Ls 3 (GALA)	16,57
Ls 4 (Min, DC)	51,43
Ls max	115,00
Ls design	110,00
Cek Ls	OK
Ltr	35,484
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
Θ_s	5,719
Δ_c	142,959
Lc (m)	1374,807
Yc (m)	3,660
Xc (m)	109,890
k (m)	54,982
p (m)	0,917
CEK p	OK
Ts (m)	2484,035
Es (m)	1939,967
L total	1594,807

A	246,1909828
Cek A	OK
d (A-PI1)	2515,355186
CEK d	OK

2.10. Alinemen Vertikal

2.10.1. Elevasi Stationing

Tabel 2. 15 Elevasi Stationing

PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
0	0+000,00	4507,489	5956,655	648,349m	668,000m	-19,651m	Start
1	0+050,00	4531,898	5913,018	649,061m	668,548m	-19,487m	Regular
2	0+100,00	4556,307	5869,381	649,776m	669,096m	-19,320m	Regular
3	0+150,00	4580,716	5825,744	656,845m	669,643m	-12,798m	Regular
4	0+200,00	4605,125	5782,106	665,932m	670,191m	-4,259m	Regular
5	0+250,00	4629,534	5738,469	673,492m	670,739m	2,753m	Regular
6	0+300,00	4653,943	5694,832	683,321m	671,287m	12,034m	Regular
7	0+350,00	4678,352	5651,195	691,628m	671,834m	19,794m	Regular
8	0+400,00	4702,761	5607,558	699,490m	672,382m	27,108m	Regular
9	0+450,00	4727,17	5563,92	709,434m	672,930m	36,504m	Regular
10	0+500,00	4751,579	5520,283	720,078m	673,478m	46,601m	Regular
11	0+550,00	4775,988	5476,646	725,328m	674,025m	51,303m	Regular
12	0+600,00	4800,397	5433,009	725,624m	674,573m	51,051m	Regular
13	0+650,00	4824,805	5389,372	725,125m	675,121m	50,004m	Regular
14	0+700,00	4849,214	5345,735	713,260m	675,669m	37,592m	Regular
15	0+750,00	4873,623	5302,097	703,418m	676,217m	27,201m	Regular
16	0+800,00	4898,032	5258,46	700,718m	676,764m	23,954m	Regular
17	0+850,00	4922,441	5214,823	708,451m	677,312m	31,139m	Regular
18	0+900,00	4946,85	5171,186	717,474m	677,860m	39,614m	Regular
19	0+950,00	4971,259	5127,549	716,271m	678,408m	37,863m	Regular
20	1+000,00	4995,668	5083,912	712,864m	678,955m	33,908m	Regular
21	1+050,00	5020,077	5040,274	713,454m	679,503m	33,951m	Regular
22	1+100,00	5044,486	4996,637	713,633m	680,051m	33,582m	Regular
23	1+150,00	5068,895	4953	716,160m	680,599m	35,562m	Regular
24	1+200,00	5093,304	4909,363	721,149m	681,146m	40,002m	Regular
25	1+250,00	5117,713	4865,726	726,237m	681,694m	44,542m	Regular
26	1+300,00	5142,122	4822,089	737,433m	682,242m	55,191m	Regular

27	1+350,00	5166,531	4778,451	746,056m	682,790m	63,267m	Regular
28	1+400,00	5190,94	4734,814	755,048m	683,338m	71,710m	Regular
29	1+450,00	5215,349	4691,177	762,089m	683,885m	78,204m	Regular
30	1+500,00	5239,758	4647,54	765,990m	684,433m	81,557m	Regular
31	1+550,00	5268,054	4610,692	761,452m	684,981m	76,471m	Regular
32	1+600,00	5318,044	4611,728	761,570m	685,529m	76,041m	Regular
33	1+650,00	5368,033	4612,763	757,365m	686,076m	71,289m	Regular
34	1+700,00	5418,022	4613,799	750,347m	686,624m	63,723m	Regular
35	1+750,00	5468,012	4614,835	748,638m	687,172m	61,466m	Regular
36	1+800,00	5518,001	4615,87	748,401m	687,720m	60,681m	Regular
37	1+850,00	5567,99	4616,906	750,680m	688,268m	62,413m	Regular
38	1+900,00	5617,979	4617,941	755,831m	688,815m	67,015m	Regular
39	1+950,00	5667,969	4618,977	762,659m	689,363m	73,296m	Regular
40	2+000,00	5717,958	4620,013	768,535m	689,911m	78,625m	Regular
41	2+050,00	5767,947	4621,048	775,093m	690,459m	84,634m	Regular
42	2+100,00	5817,936	4622,084	775,243m	691,006m	84,237m	Regular
43	2+150,00	5867,926	4623,119	775,318m	691,554m	83,764m	Regular
44	2+200,00	5917,915	4624,155	775,158m	692,102m	83,057m	Regular
45	2+250,00	5967,904	4625,191	774,825m	692,650m	82,176m	Regular
46	2+300,00	6017,894	4626,226	774,553m	693,197m	81,356m	Regular
47	2+350,00	6067,883	4627,262	774,149m	693,745m	80,404m	Regular
48	2+400,00	6117,872	4628,297	773,981m	694,293m	79,688m	Regular
49	2+450,00	6167,861	4629,333	774,400m	694,841m	79,559m	Regular
50	2+500,00	6217,851	4630,369	774,859m	695,389m	79,470m	Regular
51	2+550,00	6267,84	4631,404	775,238m	695,936m	79,302m	Regular
52	2+600,00	6317,829	4632,44	775,656m	696,484m	79,171m	Regular
53	2+650,00	6367,819	4633,476	775,775m	697,032m	78,743m	Regular
54	2+700,00	6417,808	4634,511	776,137m	697,580m	78,557m	Regular
55	2+750,00	6467,797	4635,547	776,138m	698,127m	78,011m	Regular
56	2+800,00	6517,786	4636,582	775,469m	698,675m	76,794m	Regular
57	2+850,00	6567,776	4637,618	774,875m	699,223m	75,652m	Regular
58	2+900,00	6617,765	4638,654	774,606m	699,771m	74,835m	Regular
59	2+950,00	6667,754	4639,689	774,377m	700,318m	74,059m	Regular
60	3+000,00	6717,743	4640,725	774,518m	700,866m	73,652m	Regular
61	3+050,00	6767,733	4641,76	774,777m	701,414m	73,363m	Regular
62	3+100,00	6817,722	4642,796	776,186m	701,962m	74,224m	Regular
63	3+150,00	6867,711	4643,832	784,637m	702,510m	82,128m	Regular
64	3+200,00	6917,701	4644,867	791,316m	703,057m	88,259m	Regular
65	3+250,00	6967,69	4645,903	795,700m	703,605m	92,095m	Regular
66	3+300,00	7017,679	4646,938	796,576m	704,153m	92,423m	Regular
67	3+350,00	7067,668	4647,974	792,170m	704,701m	87,469m	Regular
68	3+400,00	7114,686	4631,348	784,529m	705,248m	79,281m	Regular

69	3+450,00	7161,584	4614,01	777,829m	705,796m	72,033m	Regular
70	3+500,00	7208,482	4596,673	775,687m	706,344m	69,343m	Regular
71	3+550,00	7255,38	4579,336	777,379m	706,892m	70,488m	Regular
72	3+600,00	7302,278	4561,998	778,062m	707,439m	70,622m	Regular
73	3+650,00	7349,175	4544,661	776,834m	707,987m	68,847m	Regular
74	3+700,00	7396,073	4527,323	774,946m	708,535m	66,411m	Regular
75	3+750,00	7442,971	4509,986	773,920m	709,083m	64,838m	Regular
76	3+800,00	7489,869	4492,648	776,226m	709,631m	66,596m	Regular
77	3+850,00	7536,767	4475,311	786,116m	710,178m	75,938m	Regular
78	3+900,00	7583,665	4457,973	792,941m	710,726m	82,215m	Regular
79	3+950,00	7630,563	4440,636	800,008m	711,274m	88,734m	Regular
80	4+000,00	7677,461	4423,298	800,387m	711,822m	88,566m	Regular
81	4+050,00	7724,359	4405,961	800,892m	712,369m	88,522m	Regular
82	4+100,00	7771,256	4388,623	800,715m	712,917m	87,798m	Regular
83	4+150,00	7818,154	4371,286	800,259m	713,465m	86,794m	Regular
84	4+200,00	7865,052	4353,948	799,417m	714,013m	85,404m	Regular
85	4+250,00	7911,95	4336,611	798,539m	714,560m	83,978m	Regular
86	4+300,00	7958,848	4319,274	799,793m	715,108m	84,685m	Regular
87	4+350,00	8005,746	4301,936	805,543m	715,656m	89,887m	Regular
88	4+400,00	8052,644	4284,599	811,492m	716,204m	95,288m	Regular
89	4+450,00	8099,542	4267,261	816,316m	716,752m	99,565m	Regular
90	4+500,00	8146,44	4249,924	817,630m	717,299m	100,331m	Regular
91	4+550,00	8193,337	4232,586	814,385m	717,847m	96,538m	Regular
92	4+600,00	8240,235	4215,249	811,132m	718,395m	92,737m	Regular
93	4+650,00	8287,133	4197,911	807,924m	718,943m	88,981m	Regular
94	4+700,00	8334,031	4180,574	803,096m	719,490m	83,606m	Regular
95	4+750,00	8380,929	4163,236	797,730m	720,038m	77,691m	Regular
96	4+800,00	8427,827	4145,899	799,893m	720,586m	79,307m	Regular
97	4+850,00	8474,725	4128,561	793,550m	721,134m	72,416m	Regular
98	4+900,00	8521,623	4111,224	782,193m	721,681m	60,512m	Regular
99	4+950,00	8568,521	4093,886	774,023m	722,229m	51,794m	Regular
100	5+000,00	8618,002	4096,208	781,661m	722,777m	58,884m	Regular
101	5+050,00	8667,787	4100,838	788,876m	723,325m	65,551m	Regular
102	5+100,00	8717,572	4105,468	790,616m	723,873m	66,744m	Regular
103	5+150,00	8767,358	4110,099	785,711m	724,420m	61,291m	Regular
104	5+200,00	8817,143	4114,729	783,149m	724,968m	58,181m	Regular
105	5+250,00	8866,928	4119,36	784,922m	725,516m	59,406m	Regular
106	5+300,00	8916,713	4123,99	789,260m	726,064m	63,196m	Regular
107	5+350,00	8966,498	4128,62	789,435m	726,611m	62,824m	Regular
108	5+400,00	9016,283	4133,251	781,513m	727,159m	54,354m	Regular
109	5+450,00	9066,068	4137,881	773,238m	727,707m	45,531m	Regular
110	5+500,00	9115,854	4142,511	771,177m	728,255m	42,922m	Regular

111	5+550,00	9165,639	4147,142	772,198m	728,803m	43,396m	Regular
112	5+600,00	9215,424	4151,772	773,328m	729,350m	43,978m	Regular
113	5+650,00	9265,209	4156,402	774,617m	729,898m	44,719m	Regular
114	5+700,00	9314,994	4161,033	777,246m	730,446m	46,801m	Regular
115	5+750,00	9364,779	4165,663	778,617m	730,994m	47,623m	Regular
116	5+800,00	9414,564	4170,293	780,516m	731,541m	48,974m	Regular
117	5+850,00	9464,35	4174,924	774,871m	732,089m	42,782m	Regular
118	5+900,00	9514,135	4179,554	761,108m	732,637m	28,471m	Regular
119	5+950,00	9563,92	4184,185	749,845m	733,185m	16,660m	Regular
120	6+000,00	9613,705	4188,815	750,802m	733,732m	17,070m	Regular
121	6+050,00	9663,49	4193,445	758,106m	734,280m	23,825m	Regular
122	6+100,00	9713,275	4198,076	764,956m	734,828m	30,128m	Regular
123	6+150,00	9763,06	4202,706	768,540m	735,376m	33,164m	Regular
124	6+200,00	9812,845	4207,336	767,485m	735,924m	31,561m	Regular
125	6+250,00	9862,631	4211,967	762,673m	736,471m	26,202m	Regular
126	6+300,00	9912,416	4216,597	758,197m	737,019m	21,178m	Regular
127	6+350,00	9962,201	4221,227	756,058m	737,567m	18,492m	Regular
128	6+400,00	10011,99	4225,858	757,892m	738,115m	19,777m	Regular
129	6+450,00	10061,77	4230,488	761,087m	738,662m	22,424m	Regular
130	6+500,00	10111,56	4235,119	767,527m	739,210m	28,317m	Regular
131	6+550,00	10161,34	4239,749	770,991m	739,758m	31,233m	Regular
132	6+600,00	10211,13	4244,379	767,470m	740,306m	27,164m	Regular
133	6+650,00	10260,91	4249,01	760,962m	740,853m	20,108m	Regular
134	6+700,00	10310,7	4253,64	759,206m	741,401m	17,805m	Regular
135	6+750,00	10360,48	4258,27	757,649m	741,949m	15,700m	Regular
136	6+800,00	10410,27	4262,901	757,111m	742,497m	14,614m	Regular
137	6+850,00	10460,05	4267,531	754,873m	743,045m	11,829m	Regular
138	6+900,00	10509,84	4272,161	753,206m	743,592m	9,614m	Regular
139	6+950,00	10559,62	4276,792	750,709m	744,140m	6,569m	Regular
140	7+000,00	10609,41	4281,422	749,860m	744,688m	5,172m	Regular
141	7+050,00	10659,19	4286,052	749,820m	745,236m	4,584m	Regular
142	7+100,00	10708,98	4290,683	749,730m	745,783m	3,947m	Regular
143	7+150,00	10758,76	4295,313	749,826m	746,331m	3,495m	Regular
144	7+200,00	10808,55	4299,944	749,977m	746,879m	3,098m	Regular
145	7+250,00	10858,33	4304,574	751,854m	747,427m	4,427m	Regular
146	7+300,00	10908,12	4309,204	752,742m	747,974m	4,768m	Regular
147	7+350,00	10957,9	4313,835	752,007m	748,522m	3,485m	Regular
148	7+400,00	11007,69	4318,465	749,977m	749,070m	0,907m	Regular
149	7+450,00	11057,47	4323,095	749,859m	749,618m	0,241m	Regular
150	7+470,61	11078	4325,004				End

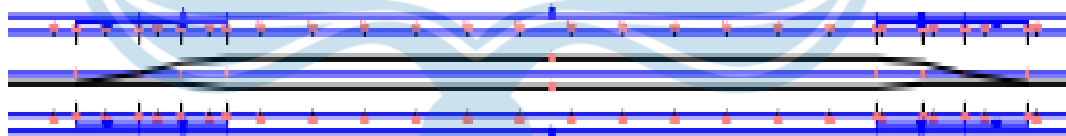
2.10.2. Superelevasi Tikungan

Dalam perhitungan superelevasi, perhitungan elevasi sampai jarak *runoff* maupun *runout* sudah di kalkulasi secara otomatis dengan *civil 3D*. Oleh karena itu, lebih memudahkan dalam penggambaran dan pendataan. Berikut adalah superelevasi tiap tikungan.

1. Tikungan 1

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Should...	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Shou...
Curve1										
Transition In Region	0+542.84m	0+834.26...	291.429m							
Runoff	0+542.84m	0+664.26...	121.429m							
End Normal Crown	0+542.84m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	0+664.26m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runoff	0+664.26m	0+834.26...	170.000m							
Level Crown	0+664.26m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Reverse Crown	0+745.22m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Begin Full Super	0+834.26m				-6.00%	-2.80%	-2.80%	2.80%	2.80%	-6.00%
Begin Curve	0+834.26m									
Transition Out Region	2+091.85m	2+383.28...	291.429m							
Runoff	2+091.85m	2+261.25...	170.000m							
End Full Super	2+091.85m				-6.00%	-2.80%	-2.80%	2.80%	2.80%	-6.00%
End Curve	2+091.85m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	2.00%	2.00%	-6.00%
Reverse Crown	2+191.90m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Level Crown	2+261.25m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runoff	2+261.25m	2+383.28...	121.429m							
Level Crown	2+261.25m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Begin Normal Crown	2+383.28m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Curve2										
Transition In Region	2+796.91m	3+056.91...	260.000m							
Runoff	2+796.91m	2+896.91...	100.000m							
End Normal Crown	2+796.91m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	2+896.91m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Runoff	2+896.91m	3+056.91...	160.000m							
Level Crown	2+896.91m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Reverse Crown	2+963.57m				-6.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Begin Full Super	3+056.91m				-6.00%	3.20%	3.20%	-3.20%	-3.20%	-6.00%
Begin Curve	3+056.91m									
Transition Out Region	3+314.20m	3+584.20...	260.000m							
Runoff	3+314.20m	3+484.20...	160.000m							
End Full Super	3+314.20m				-6.00%	3.20%	3.20%	-3.20%	-3.20%	-6.00%
End Curve	3+314.20m				-6.00%	3.20%	3.20%	-3.20%	-3.20%	-6.00%
Reverse Crown	3+417.53m				-6.00%	2.00%	2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Level Crown	3+484.20m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Runoff	3+484.20m	3+584.20...	100.000m							
Level Crown	3+484.20m				-6.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%
Begin Normal Crown	3+584.20m				-6.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-2.00%	-6.00%

Gambar 2. 10 Data Superelevasi Tikungan 1

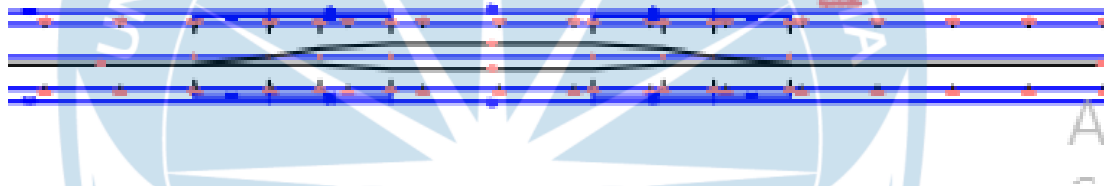


Gambar 2. 11 Superelevasi Tikungan 1

2. Tikungan 2

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Sho...
Level Crown	2+281.85m	2+281.85m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Runout	2+281.85m	2+383.28m	121.428m		-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Level Crown	2+281.85m	2+281.85m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Begin Normal Crown	2+283.28m	2+283.28m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Transition In Region	2+796.91m	2+056.91m	200.000m							
Runout	2+796.91m	2+896.91m	100.000m							
End Normal Crown	2+796.91m	2+796.91m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Level Crown	2+896.91m	2+896.91m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Runoff	2+896.91m	2+056.91m	160.000m							
Level Crown	2+896.91m	2+896.91m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Reverse Crown	2+963.57m	2+963.57m			-6.0%	2.0%	2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Begin Full Super	3+056.91m	3+056.91m			-6.0%	3.2%	3.2%	-3.2%	-3.2%	-6.0%
Begin Curve	3+056.91m	3+056.91m								
Transition Out Region	3+324.20m	3+584.20m	260.000m							
Runoff	3+324.20m	3+484.20m	160.000m							
End Full Super	3+324.20m	3+324.20m			-6.0%	3.2%	3.2%	-3.2%	-3.2%	-6.0%
End Curve	3+324.20m	3+324.20m								
Reverse Crown	3+417.53m	3+417.53m			-6.0%	2.0%	2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Level Crown	3+484.20m	3+484.20m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Runout	3+484.20m	2+584.20m	100.000m							
Level Crown	3+484.20m	3+484.20m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Begin Normal Crown	3+584.20m	3+584.20m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Transition In Region	4+575.34m	4+720.82m	145.484m							
Runout	4+575.34m	4+610.82m	35.484m							
End Normal Crown	4+575.34m	4+575.34m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Level Crown	4+610.82m	4+610.82m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Runoff	4+610.82m	4+720.82m	110.000m							
Level Crown	4+610.82m	4+610.82m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Reverse Crown	4+648.31m	4+648.31m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	2.0%	2.0%	-6.0%
Begin Curve	4+720.82m	4+720.82m								
Begin Full Super	4+720.82m	4+720.82m			-6.0%	-6.2%	-6.2%	6.2%	6.2%	-6.0%
Transition Out Region	4+837.03m	5+002.51m	165.484m							
Runoff	4+837.03m	4+967.03m	130.000m							
End Curve	4+837.03m	4+837.03m								
End Full Super	4+837.03m	4+837.03m			-6.0%	-6.2%	-6.2%	6.2%	6.2%	-6.0%
Reverse Crown	4+931.53m	4+931.53m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	2.0%	2.0%	-6.0%
Level Crown	4+967.03m	4+967.03m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Runout	4+967.03m	5+002.51m	35.484m							
Level Crown	4+967.03m	4+967.03m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Begin Normal Crown	5+002.51m	5+002.51m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%

Gambar 2. 12 Data Superelevasi Tikungan 2

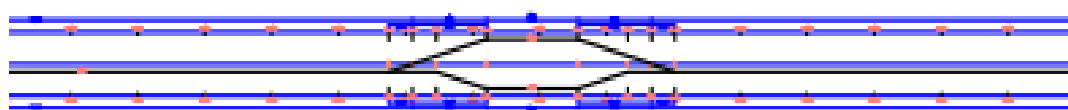


Gambar 2. 13 Superelevasi Tikungan 2

3. Tikungan 3

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Overlap	Left Outside Shoulder	Left Outside Lane	Left Inside Lane	Right Inside Lane	Right Outside Lane	Right Outside Sho...
Transition In Region	2+796.91m	2+056.91m	200.000m							
Runout	2+796.91m	2+896.91m	100.000m							
End Normal Crown	2+796.91m	2+796.91m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Level Crown	2+896.91m	2+896.91m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Runoff	2+896.91m	2+056.91m	160.000m							
Level Crown	2+896.91m	2+896.91m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Reverse Crown	2+963.57m	2+963.57m			-6.0%	2.0%	2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Begin Full Super	3+056.91m	3+056.91m			-6.0%	3.2%	3.2%	-3.2%	-3.2%	-6.0%
Begin Curve	3+056.91m	3+056.91m								
Transition Out Region	3+324.20m	3+584.20m	260.000m							
Runoff	3+324.20m	3+484.20m	160.000m							
End Full Super	3+324.20m	3+324.20m			-6.0%	3.2%	3.2%	-3.2%	-3.2%	-6.0%
End Curve	3+324.20m	3+324.20m								
Reverse Crown	3+417.53m	3+417.53m			-6.0%	2.0%	2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Level Crown	3+484.20m	3+484.20m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Runout	3+484.20m	2+584.20m	100.000m							
Level Crown	3+484.20m	3+484.20m			-6.0%	0.0%	0.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Begin Normal Crown	3+584.20m	3+584.20m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Transition In Region	4+575.34m	4+720.82m	145.484m							
Runout	4+575.34m	4+610.82m	35.484m							
End Normal Crown	4+575.34m	4+575.34m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%
Level Crown	4+610.82m	4+610.82m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Runoff	4+610.82m	4+720.82m	110.000m							
Level Crown	4+610.82m	4+610.82m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Reverse Crown	4+648.31m	4+648.31m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	2.0%	2.0%	-6.0%
Begin Curve	4+720.82m	4+720.82m								
Begin Full Super	4+720.82m	4+720.82m			-6.0%	-6.2%	-6.2%	6.2%	6.2%	-6.0%
Transition Out Region	4+837.03m	5+002.51m	165.484m							
Runoff	4+837.03m	4+967.03m	130.000m							
End Curve	4+837.03m	4+837.03m								
End Full Super	4+837.03m	4+837.03m			-6.0%	-6.2%	-6.2%	6.2%	6.2%	-6.0%
Reverse Crown	4+931.53m	4+931.53m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	2.0%	2.0%	-6.0%
Level Crown	4+967.03m	4+967.03m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Runout	4+967.03m	5+002.51m	35.484m							
Level Crown	4+967.03m	4+967.03m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	0.0%	0.0%	-6.0%
Begin Normal Crown	5+002.51m	5+002.51m			-6.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-2.0%	-6.0%

Gambar 2. 14 Data Superelevasi Tikungan 3



Gambar 2. 15 Superelevasi Tikungan 3

2.10.3. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jarak minimum atau jarak aman suatu kendaraan untuk melewati suatu rintangan berupa tanjakan, turunan, maupun disaat kondisi kendaraan mendahului kendaraan lainnya. Dalam perencanaan alinemen vertikal pasti terdapat adanya tanjakan maupun turunan. Oleh karena itu, perlu pertimbangan dalam merencanakan jarak pandang henti.



Gambar 2. 17 Lengkung Cembung

Gambar 2. 16 Lengkung Cekung

Seperti pada gambar lengkung vertikal diatas, jarak pandang henti merupakan jarak yang difungsikan sebagai jarak pandang mata pengemudi terhadap rintangan atau halangan yang berada di depan pengemudi. Sehingga dapat meminimalisir kecelakaan yang akan terjadi.

Perhitungan lengkung vertikal berdasarkan ketentuan Jarak Pandang Henti sesuai dalam Tabel AASHTO 2011:

1. Panjang Lengkung Cembung

Tabel 2. 16 Panjang Lengkung Cembung

Panjang Lengkung Cembung				
	Cembung 1	Cembung 2	Cembung 3	Cembung 4
V (km/jam)	80	80	80	80
A (%)	4,422	4,652	1,722	1,832
Stop Sight Distance				
S (m)	130	130	130	130
K	26	26	25	25
L (m)	111,199	118,555	-122,114	-99,170
Lv (Cek S)	111,199	118,555	-122,114	-99,170
Lv (K)	114,972	120,952	43,050	45,800
Lv SSD (m)	114,972	120,952	43,050	45,800
Passing Sight Distance				
S (m)	245	245	245	245
K	69	69	69	69
L (m)	294,613	304,273	-11,742	18,384
Lv (Cek S)	307,211	323,190	-11,742	18,384
Lv (K)	305,118	320,988	118,818	126,408
Lv PSD (m)	307,211	323,190	118,818	126,408
Lv Design				

Lv Desain (m)	308	324	119	127
---------------	------------	------------	------------	------------

Tabel 2. 17 Desain Lengkung Cembung

Table 3-34. Design Controls for Crest Vertical Curves Based on Stopping Sight Distance

Metric				U.S. Customary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	0.6	1	15	80	3.0	3
30	35	1.9	2	20	115	6.1	7
40	50	3.8	4	25	155	11.1	12
50	65	6.4	7	30	200	18.5	19
60	85	11.0	11	35	250	29.0	29
70	105	16.8	17	40	305	43.1	44
80	130	25.7	26	45	360	60.1	61
90	160	38.9	39	50	425	83.7	84
100	185	52.0	52	55	495	113.5	114
110	220	73.6	74	60	570	150.6	151
120	250	95.0	95	65	645	192.8	193
130	285	123.4	124	70	730	246.9	247
				75	820	311.6	312
				80	910	383.7	384

^a Rate of vertical curvature, K , is the length of curve per percent algebraic difference in intersecting grades (A), $K = L/A$.

2. Panjang Lengkung Cekung

Tabel 2. 18 Panjang Lengkung Cekung

Panjang Lengkung Cekung			
	Cekung 1	Cekung 2	Cekung 3
V (km/jam)	80	80	80
A (%)	4,652	1,722	1,832
Headlight Sight Distance			
S (m)	130	130	130
L (m)	136,397	-73,914	-53,865
Lv (Cek S)	136,728	-73,914	-53,865
Lv (m)	136,728	0,000	0,000
Passenger Comfort			
Lv (m)	75,374	27,901	29,683
Design Control			
K	30	30	30
Lv (m)	139,560	51,660	54,960
Lv Design			
Lv Desain (m)	140	52	55

Tabel 2. 19 Desain Lengkung Cekung

Table 3-36. Design Controls for Sag Vertical Curves

Metric				U.S. Customary			
Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a		Design Speed (mph)	Stopping Sight Distance (ft)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design			Calculated	Design
20	20	2.1	3	15	80	9.4	10
30	35	5.1	6	20	115	16.5	17
40	50	8.5	9	25	155	25.5	26
50	65	12.2	13	30	200	36.4	37
60	85	17.3	18	35	250	49.0	49
70	105	22.6	23	40	305	63.4	64
80	130	29.4	30	45	360	78.1	79
90	160	37.6	38	50	425	95.7	96
100	185	44.6	45	55	495	114.9	115
110	220	54.4	55	60	570	135.7	136
120	250	62.8	63	65	645	156.5	157
130	285	72.7	73	70	730	180.3	181
				75	820	205.6	206
				80	910	231.0	231

^a Rate of vertical curvature, K , is the length of curve (m) per percent algebraic difference intersecting grades (A), $K = L/A$.

2.11. Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah terdiri atas galian dan timbunan. Dalam perencanaan atau pembangunan suatu infrastruktur jalan, perlu adanya pekerjaan tanah guna menjadi pondasi jalan untuk berdiri di atasnya. Oleh karena itu, perencanaan maupun perhitungan galian dan timbunan akan sangat diperlukan di lapangan nantinya. Dengan adanya *civil 3D*, maka perhitungan galian dan timbunan sudah di kalkulasi secara otomatis oleh *civil 3D*.

Adapun syarat-syarat yang baik dalam perhitungan galian dan timbunan sebagai berikut.

1. Galian dan timbunan porsi atau volume yang kurang lebih harusimbang
2. Proses penggalian maupun penimbunan harus sesuai dengan prosedur dalam SNI

Tabel 2. 20 Galian dan Timbunan

<u>Station</u>	<u>Cut Area (Sq.m.)</u>	<u>Cut Volume (Cu.m.)</u>	<u>Fill Area (Sq.m.)</u>	<u>Fill Volume (Cu.m.)</u>	<u>Cum. Cut Vol. (Cu.m.)</u>	<u>Cum. Fill Vol. (Cu.m.)</u>
0+000.000	0.00	0.00	734.91	0.00	0.00	0.00
0+050.000	0.00	0.00	796.13	38276.13	0.00	38276.13
0+100.000	0.00	0.00	856.47	41315.21	0.00	79591.34
0+150.000	0.00	0.00	662.12	37964.91	0.00	117556.25
0+200.000	0.00	0.00	390.03	26303.84	0.00	143860.09
0+250.000	0.00	0.00	175.91	14148.58	0.00	158008.67
0+300.000	71.75	1793.78	0.00	4397.80	1793.78	162406.48
0+350.000	302.59	9358.55	0.00	0.00	11152.33	162406.48
0+400.000	530.79	20834.63	0.00	0.00	31986.96	162406.48
0+450.000	828.61	33985.06	0.00	0.00	65972.02	162406.48
0+500.000	1186.49	50377.39	0.00	0.00	116349.41	162406.48
0+550.000	1296.04	62063.29	0.00	0.00	178412.69	162406.48
0+600.000	1218.93	62874.39	0.00	0.00	241287.08	162406.48
0+650.000	1109.49	58210.58	0.00	0.00	299497.66	162406.48
0+700.000	556.29	41644.60	0.00	0.00	341142.26	162406.48
0+750.000	76.68	15824.31	1.54	38.48	356966.57	162444.95

0+800.000	1.66	1951.07	59.71	1535.79	358917.64	163980.75
0+850.000	143.73	3618.92	0.00	1498.92	362536.57	165479.66
0+900.000	425.12	14185.46	0.00	0.00	376722.02	165479.66
0+950.000	351.28	19368.75	0.00	0.00	396090.78	165479.66
1+000.000	164.21	12850.86	0.00	0.00	408941.63	165479.66
1+050.000	177.71	8518.82	0.02	0.45	417460.45	165480.11
1+100.000	184.07	9013.71	0.00	0.45	426474.16	165480.56
1+150.000	176.45	8987.32	0.00	0.00	435461.48	165480.56
1+200.000	271.65	11176.14	0.00	0.00	446637.62	165480.56
1+250.000	590.62	21527.83	0.00	0.00	468165.45	165480.56
1+300.000	957.41	38679.65	0.00	0.00	506845.09	165480.56
1+350.000	1294.18	56274.36	0.00	0.00	563119.46	165480.56
1+400.000	1635.44	73226.88	0.00	0.00	636346.34	165480.56
1+450.000	1776.45	85285.22	0.00	0.00	721631.55	165480.56
1+500.000	1782.66	88966.45	0.00	0.00	810598.01	165480.56
1+550.000	1656.29	85962.54	0.00	0.00	896560.55	165480.56
1+600.000	1375.16	75763.41	0.00	0.00	972323.96	165480.56
1+650.000	1167.80	63529.80	0.00	0.00	1035853.75	165480.56
1+700.000	1218.29	59602.66	0.00	0.00	1095456.41	165480.56
1+750.000	1272.95	62234.41	0.00	0.00	1157690.82	165480.56
1+800.000	1397.84	66735.32	0.00	0.00	1224426.14	165480.56
1+850.000	1522.59	72999.38	0.00	0.00	1297425.52	165480.56
1+900.000	1574.12	77416.14	0.00	0.00	1374841.65	165480.56
1+950.000	1581.50	78887.55	0.00	0.00	1453729.21	165480.56
2+000.000	1586.58	79198.28	0.00	0.00	1532927.49	165480.56
2+050.000	1576.74	79078.73	0.00	0.00	1612006.22	165480.56

2+100.000	1562.85	78485.72	0.00	0.00	1690491.94	165480.56
2+150.000	1551.30	77850.99	0.00	0.00	1768342.93	165480.56
2+200.000	1534.59	77146.11	0.00	0.00	1845489.04	165480.56
2+250.000	1536.06	76766.24	0.00	0.00	1922255.27	165480.56
2+300.000	1553.53	77239.65	0.00	0.00	1999494.92	165480.56
2+350.000	1562.30	77895.71	0.00	0.00	2077390.63	165480.56
2+400.000	1538.23	77513.16	0.00	0.00	2154903.79	165480.56
2+450.000	1480.96	75479.75	0.00	0.00	2230383.54	165480.56
2+500.000	1391.46	71810.63	0.00	0.00	2302194.17	165480.56
2+550.000	1315.81	67681.75	0.00	0.00	2369875.91	165480.56
2+600.000	1213.80	63240.31	0.00	0.00	2433116.23	165480.56
2+650.000	1095.80	57740.18	0.00	0.00	2490856.41	165480.56
2+700.000	994.34	52253.63	0.00	0.00	2543110.04	165480.56
2+750.000	918.93	47831.81	0.00	0.00	2590941.85	165480.56
2+800.000	857.97	44422.47	0.00	0.00	2635364.32	165480.56
2+850.000	829.16	42178.23	0.00	0.00	2677542.55	165480.56
2+900.000	815.15	41107.76	0.00	0.00	2718650.31	165480.56
2+950.000	918.31	43336.51	0.00	0.00	2761986.82	165480.56
3+000.000	1245.14	54086.31	0.00	0.00	2816073.12	165480.56
3+050.000	1468.25	67851.01	0.00	0.00	2883924.14	165480.56
3+100.000	1575.33	76132.16	0.00	0.00	2960056.30	165480.56
3+150.000	1545.48	78062.42	0.00	0.00	3038118.72	165480.56
3+200.000	1319.54	71658.47	0.00	0.00	3109777.19	165480.56
3+250.000	1062.57	59578.81	0.00	0.00	3169355.99	165480.56
3+300.000	864.38	48196.59	0.00	0.00	3217552.58	165480.56
3+350.000	865.29	43261.11	0.00	0.00	3260813.69	165480.56

3+400.000	915.53	44533.56	0.00	0.00	3305347.26	165480.56
3+450.000	933.51	46225.92	0.00	0.00	3351573.17	165480.56
3+500.000	881.18	45367.28	0.00	0.00	3396940.46	165480.56
3+550.000	798.84	42000.60	0.00	0.00	3438941.05	165480.56
3+600.000	777.41	39406.29	0.00	0.00	3478347.34	165480.56
3+650.000	948.65	43151.47	0.00	0.00	3521498.81	165480.56
3+700.000	1260.83	55236.91	0.00	0.00	3576735.72	165480.56
3+750.000	1517.84	69466.60	0.00	0.00	3646202.32	165480.56
3+800.000	1675.15	79824.71	0.00	0.00	3726027.03	165480.56
3+850.000	1657.63	83319.55	0.00	0.00	3809346.58	165480.56
3+900.000	1642.95	82514.53	0.00	0.00	3891861.11	165480.56
3+950.000	1591.68	80865.84	0.00	0.00	3972726.95	165480.56
4+000.000	1538.05	78243.29	0.00	0.00	4050970.24	165480.56
4+050.000	1461.95	75000.02	0.00	0.00	4125970.26	165480.56
4+100.000	1411.04	71824.82	0.00	0.00	4197795.08	165480.56
4+150.000	1479.26	72257.53	0.00	0.00	4270052.61	165480.56
4+200.000	1684.26	79088.06	0.00	0.00	4349140.67	165480.56
4+250.000	1875.20	88986.58	0.00	0.00	4438127.25	165480.56
4+300.000	2007.94	97078.59	0.00	0.00	4535205.83	165480.56
4+350.000	1954.06	99049.98	0.00	0.00	4634255.82	165480.56
4+400.000	1795.79	93746.15	0.00	0.00	4728001.97	165480.56
4+450.000	1632.35	85703.39	0.00	0.00	4813705.36	165480.56
4+500.000	1470.48	77570.61	0.00	0.00	4891275.97	165480.56
4+550.000	1210.43	67022.72	0.00	0.00	4958298.69	165480.56
4+600.000	1032.54	56074.26	0.00	0.00	5014372.95	165480.56
4+650.000	1086.22	52969.15	0.00	0.00	5067342.10	165480.56

4+700.000	720.89	45123.52	0.00	0.00	5112465.62	165480.56
4+750.000	358.98	26896.69	0.00	0.00	5139362.31	165480.56
4+800.000	221.58	14422.09	0.00	0.00	5153784.41	165480.56
4+850.000	542.42	19016.69	0.00	0.00	5172801.10	165480.56
4+900.000	751.17	32259.45	0.00	0.00	5205060.54	165480.56
4+950.000	680.32	35746.19	0.00	0.00	5240806.73	165480.56
5+000.000	513.13	29836.27	0.00	0.00	5270643.00	165480.56
5+050.000	479.15	24806.98	0.00	0.00	5295449.98	165480.56
5+100.000	628.68	27695.80	0.00	0.00	5323145.79	165480.56
5+150.000	819.80	36212.11	0.00	0.00	5359357.90	165480.56
5+200.000	674.24	37351.15	0.00	0.00	5396709.05	165480.56
5+250.000	377.35	26289.70	0.00	0.00	5422998.74	165480.56
5+300.000	104.26	12040.26	0.00	0.00	5435039.01	165480.56
5+350.000	136.49	6018.86	0.00	0.00	5441057.86	165480.56
5+400.000	178.18	7866.63	0.00	0.00	5448924.49	165480.56
5+450.000	250.36	10713.50	0.00	0.00	5459637.99	165480.56
5+500.000	337.33	14692.28	0.00	0.00	5474330.27	165480.56
5+550.000	440.67	19449.97	0.00	0.00	5493780.24	165480.56
5+600.000	552.41	24827.08	0.00	0.00	5518607.32	165480.56
5+650.000	528.66	27026.76	0.00	0.00	5545634.08	165480.56
5+700.000	201.23	18247.20	0.00	0.00	5563881.27	165480.56
5+750.000	0.00	5030.73	317.31	7932.69	5568912.00	173413.24
5+800.000	0.00	0.00	504.24	20538.72	5568912.00	193951.96
5+850.000	0.00	0.00	337.89	21053.31	5568912.00	215005.27
5+900.000	0.00	0.00	47.78	9641.75	5568912.00	224647.02
5+950.000	139.35	3483.83	0.00	1194.47	5572395.83	225841.50

6+000.000	278.40	10443.94	0.00	0.00	5582839.77	225841.50
6+050.000	176.22	11365.57	0.02	0.45	5594205.34	225841.95
6+100.000	18.08	4857.44	11.63	291.22	5599062.78	226133.17
6+150.000	0.00	451.98	117.38	3225.24	5599514.76	229358.42
6+200.000	0.00	0.00	105.98	5583.96	5599514.76	234942.38
6+250.000	9.91	247.83	25.57	3288.77	5599762.59	238231.15
6+300.000	134.25	3604.15	0.00	639.28	5603366.74	238870.43
6+350.000	420.48	13868.26	0.00	0.00	5617235.00	238870.43
6+400.000	449.48	21749.04	0.00	0.00	5638984.05	238870.43
6+450.000	285.30	18369.70	0.00	0.00	5657353.74	238870.43
6+500.000	107.38	9817.19	0.00	0.00	5667170.93	238870.43
6+550.000	54.43	4045.34	0.61	15.29	5671216.26	238885.72
6+600.000	53.09	2687.97	0.47	27.03	5673904.24	238912.75
6+650.000	38.08	2279.22	6.05	163.00	5676183.46	239075.74
6+700.000	6.21	1107.34	35.40	1036.30	5677290.80	240112.04
6+750.000	0.06	156.85	75.27	2766.85	5677447.65	242878.90
6+800.000	0.00	1.50	124.66	4998.33	5677449.15	247877.22
6+850.000	0.00	0.00	119.65	6107.82	5677449.15	253985.04
6+900.000	0.00	0.00	111.68	5783.35	5677449.15	259768.40
6+950.000	0.00	0.00	94.43	5152.80	5677449.15	264921.20
7+000.000	0.00	0.00	73.57	4199.99	5677449.15	269121.18
7+050.000	3.47	86.78	35.57	2728.35	5677535.93	271849.53
7+100.000	33.09	914.08	2.34	947.69	5678450.00	272797.22
7+150.000	63.58	2416.86	0.00	58.56	5680866.86	272855.78
7+200.000	31.25	2370.88	1.55	38.76	5683237.75	272894.54
7+250.000	0.81	801.65	5.89	185.98	5684039.40	273080.52
7+300.000	5.73	163.62	0.01	147.52	5684203.01	273228.04
7+301.967	6.19	11.73	0.00	0.01	5684214.74	273228.05

Berikut diatas adalah tabel hasil perhitungan pekerjaan galian dan timbunan yang didapatkan dari civil 3D galian yang lebih banyak dari pada timbunan, sehingga dalam proyek terjadi sisa tanah. Kelebihan tanah tersebut dapat bermanfaat dan bisa dialokasikan menuju proyek lain atau dapat digunakan sebagai cadangan timbunan.

2.12. Perkerasan Jalan

2.12.1. Perkerasan Lentur

Menurut Christiady, 2011, Perkerasan lentur adalah kombinasi dari batu pecah, pasir, filler, dan aspal yang dihamparkan dan dipadatkan. Tujuannya adalah agar perkerasan tersebut dapat melendut saat menerima beban dan kembali ke posisi semula bersama-sama dengan tanah dasar. Perancangan perkerasan lentur didasarkan pada prinsip elastisitas dan pengalaman di lapangan. Dengan menggunakan teori elastisitas, kita dapat menganalisis regangan yang terjadi di setiap lapisan perkerasan untuk menghindari terjadinya defleksi permanen.

Berikut adalah prosedur yang diikuti dalam perkerasan lentur

1. Tentukan Umur Rencana
2. Tentukan nilai – nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
3. Tentukan tipe perkerasan berdasarkan pertimbangan biaya
4. Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam
5. Tentukan struktur pondasi perkerasan
6. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari bagan desain 3 atau bagan desain lainnya yang sesuai
7. Tentukan standar drainase bawah permukaan yang dibutuhkan
8. Tetapkan kebutuhan daya dukung tepi perkerasan
9. Tentukan kebutuhan pelapisan (sealing) bahu jalan
10. Ulangi Langkah 5 sampai 9 untuk setiap segmen yang seragam

2.12.2. Umur Rencana Perkerasan (Bab 2)

Umur Rencana (UR) merupakan periode waktu, dihitung dalam tahun, yang dimulai sejak jalan dibuka hingga saat diperlukan perbaikan signifikan atau penggantian lapis permukaan jalan yang baru.

Tabel 2. 21 Umur Rencana

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua Perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Tabel 2. 22 Umur Rencana Perkerasan Jalan

Umur Rencana Perkerasan		
Tahun	2023	2053
Sepeda Motor	1450	5918
Mobil Pribadi	1100	4490
Bus	265	1082
Truk 2 as ringan	125	510
Truk 2 as berat	85	347
Truk 3 as berat	78	318
CBR Tanah Dasar	6%	
Umur Rencana	30 Tahun	

2.12.3. ESA 5 (Bab 4)

Tabel 2. 23 Volume Lalu Lintas

CESA 5 (30 Tahun) (Perkerasan Lentur)							
Jenis Kendaraan	LHR 2023	LHR 2026	LHR 2029	VDF 5 faktual	VDF 5 normal	ESA5 (23'-25')	ESA5 (28'-50')
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Sepeda motor (1)	1450	1669	1921	0	0	0	0
Mobil Pribadi (2,3,4)	1100	1266	1457	0	0	0	0
Bus (5a, 5b)	265	305	351	1	1	111.359,38	1.805.723,65
Truk 2 as ringan (6a.2)	125	144	166	0,5	0,5	26.264,00	425.878,22
Truk 2 as berat (6b2.1)	85	98	113	9,2	5,1	328.615,23	5.328.588,28
Truk 3 as berat (7a3)	78	90	103	14,4	6,4	471.995,68	7.653.542,65
					Jumlah ESA5	938.234,29	15.213.732,80
					CESA5 (25'-50')	16.151.967,09	

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas	
R2	2,00048
R28	28,18219706

2.12.4. Pertimbangan Biaya (Bab 3)

Tabel 2. 24 Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Catatan:

Tingkat kesulitan:

- 1 - kontraktor kecil – medium;
- 2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;
- 3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus –kontraktor spesialis Burtu / Burda.

Tabel 2. 25 Pertimbangan Biaya

7.5 Bagan Desain

Bagan Desain - 3 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

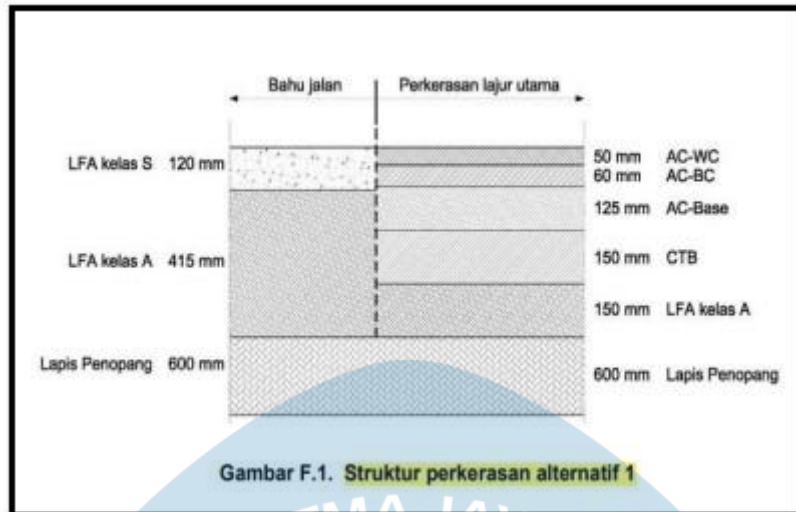
	F1 ²⁾	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESAS lihat Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C		Lihat Bagan Desain - 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³⁾		
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESAS)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC		AC		
Jenis lapis Fondasi		Cement Treated Base (CTB)			
AC WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴⁾	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ⁵⁾	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Catatan:

- Ketentuan-ketentuan struktur Fondasi Bagan Desain - 2 berlaku.
- CTB mungkin tidak ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas < 10 juta ESAS. Rujuk Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C sebagai alternatif.
- Bagan Desain - 4 sebagai alternatif untuk desain perkerasan kaku pada kondisi tanah dasar biasa (bukan tanah lunak) dapat dipertimbangkan jika life-cycle-cost dan sumber daya setempat memungkinkan.
- Hanya kontraktor yang cukup berprestasi dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang dibutuhkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika dibutuhkan oleh ketersediaan alat.
- AC-BC harus dituangkan dengan basal padat minimum 50 mm dan maksimum 80 mm.

Tabel 2. 26 Perkerasan Bagan Desain 3

Struktur Perkerasan Bagan Desain - 3		F2 (CTB)
Struktur Perkerasan	16151967,09	
Lapisan	Ketebalan (mm)	
AC WC	40	
AC BC	60	
AC BC atau AC Base	100	
CTB	150	
Fondasi Agregat Kelas A	150	



Gambar F.1. Struktur perkerasan alternatif 1

Gambar 2. 18 Struktur Perkerasan

Keterangan :

- AC WC = Asphaltic Concrete Wearing Course
- AC BC = Asphaltic Concrete Binder Course
- CTB = Cement Treated Base
- LFA = Lapis Fondasi Atas

Tabel 2. 27 Desain Perkerasan

Bagan Desain - 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir
(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain - 3 dan 3A)

	STRUKTUR PERKERASAN							
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8
Solusi yang dipilih						Lihat Catatan 2		
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	< 2	≥ 2 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	80	105	145	160	180	210	245
LFA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	2		3				

Catatan Bagan Desain - 3B:

1. FFF1 atau FFF2 harus lebihutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
2. Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
3. Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESAS, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain - 3 atau 4 untuk situasi konstruksi lentur seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
4. Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua Bagan Desain kecuali Bagan Desain - 3 B.
5. Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor m ≥ 1). Lihat Bagan Desain - 3C.
6. Semua CBR adalah nilai setelah sampel drendam 4 hari.

Tabel 2. 28 Perkerasan Lentur Bagan Desain 3B

Struktur Perkerasan Lentur Bagan Desain - 3B	
Lapisan	Ketebalan Lapis Perkerasan (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	180
LFA Kelas A	300
Catatan	3

Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain -3. Bagan Desain – 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 – FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain -3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti :

- (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau,
- (ii) diatas tanah yang berpotensi konsolidasi atau,
- (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau,
- (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.

Tabel 2. 29 Desain Fondasi Jalan
Bagan Desain - 2 Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku	
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)				Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
			< 2	2 - 4	> 4		
Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Tidak diperlukan perbaikan				
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material	-	-	100	150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.	
5	SG5	timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 –	100	150	200		
4	SG4		150	200	300		
3	SG3		175	250	350		
2.5	SG2.5	Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan s 200 mm tebal gembur)	400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽²⁾⁽³⁾	1000	1100	1200		
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	650	750	850		
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁵⁾	1000	1250	1500		

- (1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.
- (2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
- (3) Menggunakan nilai CBR in situ, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
- (4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
- (5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

- (6) Untuk perkerasan kaku, lapis permukaan material tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 - A6) hingga kedalaman 150 mm harus berupa stabilisasi semen.

CBR = 2,5 %, maka Kelas Kekuatan Tanah Dasar = **SG2.5**, dengan table minimum perbaikan tanah dasar bernilai = **250** dan stabilisasi semen 150 Tanah ekspansif

(potensi pemuaian >5%) = 500.

2.12.5. Segmen Tanah Dasar (Bab 6)

Tabel 2. 30 Desain Fondasi Jalan Minimum

Bagan Desain - 2 Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan < 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2.5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	1000	1100	1200	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	650	750	850	
			1000	1250	1500	

- (1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritis; syarat tambahan mungkin berlaku.
 (2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
 (3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
 (4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
 (5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

- (6) Untuk perkerasan kaku, lapis permukaan material tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 - A6) hingga kedalaman 150 mm harus berupa stabilisasi semen.

Berikut sesuai tabel bagan desain 2 di atas yang ditandai dengan garis kotak merah merupakan segmen tanah dasar yang digunakan yaitu SG2.5 sesuai dengan data yang di dapat.

2.12.6. Struktur Fondasi Perkerasan (Bab 6)

Tabel 2. 31 Bagan Desain Fondasi Jalan Minimum

Bagan Desain - 2 Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	Stabilisasi Semen ⁽⁶⁾
Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ± 200 mm tebal gembur)	-	-	100	
5	SG5		100	150	200	
4	SG4		150	200	300	
3	SG3		175	250	350	
2.5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)			Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500

(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku.
 (2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
 (3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
 (4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
 (5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.

(6) Untuk perkerasan kaku, lapis permukaan material tanah dasar berbutir halus (klasifikasi A4 - A6) hingga kedalaman 150 mm harus berupa stabilisasi semen.

Tabel 2. 32 Desain Fondasi Jalan Minimum

Desain Fondasi Jalan Minimum	
CBR tanah dasar	2,41
Kelas Kekakuan Tanah Dasar	SG2.5
Perkerasan lentur	250
Perkerasan kaku	300

Dengan CBR = 2,41% kami mengambil CBR tanah dasar pada tabel dengan nilai = 2,5%. Maka Kelas Kekuatan Tanah Dasar = SG2.5 dengan tebal minimum perbaikan tanah dasar bernilai = 250 Tanah ekspansif (potensi pemuaian >5%) = 500.

2.12.7. Bagan Desain 3 atau Bagan Lain (Bab 7)

Tabel 2. 33 Bagan Desain 3B Perkerasan

Bagan Desain - 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir
(Sebagai Alternatif dari Bagan Desain - 3 dan 3A)

STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8
Solusi yang dipilih						Lihat Catatan 2		
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	< 2	≥ 2 - 7	> 7 - 10	> 10 - 20	> 20 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	80	105	145	160	180	210	245
LFA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	2		3				

Catatan Bagan Desain - 3B:

- FFF1 atau FFF2 harus lebihutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
- Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
- Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA5,utamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain - 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) perkerasan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
- Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua (Bagan Desain kecuali Bagan Desain - 3 B).
- Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor m ≥ 1). Lihat Bagan Desain - 3C.
- Semua CBR adalah nilai setelah sampai direndam 4 hari.

Struktur perkerasan yang dipakai adalah : FFF6, dengan kumulatif beban sumbu 30 tahun pada lajur rencana (juta ESA) = > 30 – 50.

Tabel 2. 34 Data Lalu Lintas

CESA 5 (30 Tahun) (Perkerasan Lentur)							
Jenis Kendaraan	LHR 2023	LHR 2026	LHR 2029	VDF5 faktual	VDF5 normal	ESA5 (23'-25')	ESA5 (28'-50')
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Sepeda motor (1)	1450	1669	1921	0	0	0	0
Mobil Pribadi (2,3,4)	1100	1266	1457	0	0	0	0
Bus (5a, 5b)	265	305	351	1	1	111.359,38	1.805.723,65
Truk 2 as ringan (6a.2)	125	144	166	0,5	0,5	26.264,00	425.878,22
Truk 2 as berat (6b.1)	85	98	113	9,2	5,1	328.615,23	5.328.588,28
Truk 3 as berat (7a3)	78	90	103	14,4	6,4	471.995,68	7.653.542,65
					Jumlah ESA5	938.234,29	15.213.732,80
					CESA5 (25'-50')	16.151.967,09	

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas	
R2	2,00048
R28	28,18219706

Desain Fondasi Berdasarkan Bagan Desain 2,
tanah dasar kategori SG2,5 untuk desain > 2 – 4 juta ESA
Diperlukan 500 mm lapis penopang.

Bagan desain – 3B (dengan fondasi agregat)

Tabel 2. 35 Desain Fondasi 3B

Struktur Perkerasan Lentur Bagan Desain - 3B	
Lapisan	Ketebalan Lapis Perkerasan (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	180
LFA Kelas A	300
Catatan	3

2.12.8. Standar Drainase Bawah (Bab 5)

Drainase adalah salah satu prasarana yang memiliki kegunaan untuk mengalirkan air dari permukaan (perkerasan) jalan dan kemudian disalurkan ke bangunan resapan buatan atau badan air.

Tabel 2. 36 Tinggi Minimum Tanah Dasar

Tabel 5.1. Tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir		
Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan)	Tinggi tanah dasar di atas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar di atas muka air banjir (mm)
Jalan Bebas Hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median)	
Jalan Raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase)	500 (banjir 50 tahunan)
	800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase)	
	600 (tanah dasar normal)	
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

Apabila timbunan terletak di atas tanah jenuh air sedangkan ketentuan tersebut di atas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (*drainage blanket layer*). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis fondasi (*subbase*). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

$$\text{Tebal desain lapis pondasi agregat} = \frac{\text{(tebal berdasarkan perhitungan atau bagan desain)}}{m}$$

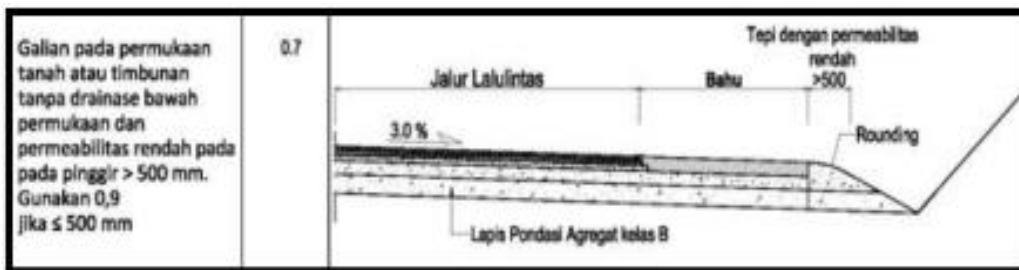
nilai koefisien drainase "m"
sesuai ketentuan AASHTO 1993 atau Pt T-01-2002 B

Tabel 2. 37 Koefisien Drainase 'm' untuk tebal lapis berbutir

Tabel 5.2. Koefisien Drainase 'm' untuk Tebal Lapis Berbutir

Kondisi lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai 'm' untuk design	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu di atas muka air banjir)	1,0	
2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir)	1,0	
3. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak.	1,0	
4. Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm	0,7	
5. Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirakan. Tidak ada sistem outlet. Kententuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan.	0,4	

Sumber : RTA

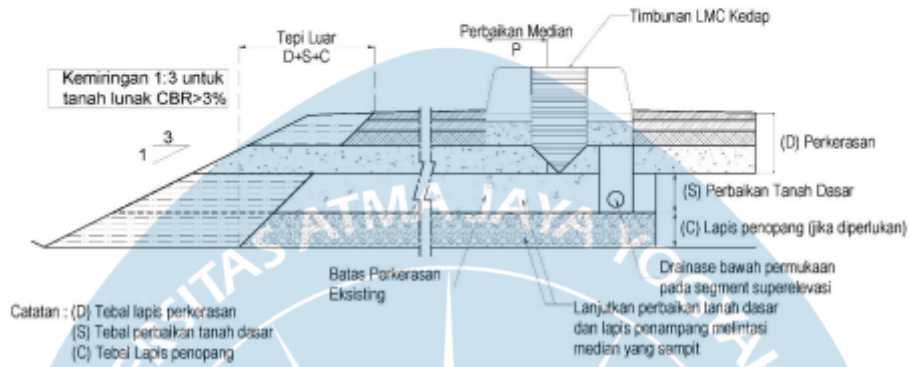


Gambar 2. 19 Tipe Drainase

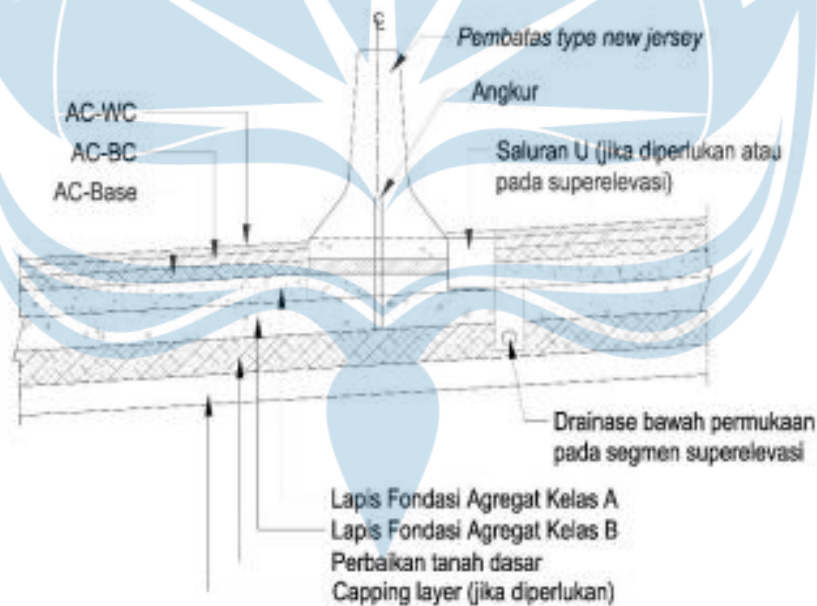
2.12.9. Kebutuhan daya dukung tepi perkerasan (Bab 8)

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara detail dalam gambar-gambar kontrak (*drawings*). Ketentuan minimum adalah:

- Setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan pada Gambar 8.1. Dukungan Tepi Perkerasan.
- Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ($\text{CBR} < 2.5\%$) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari $1V : 3H$.



Gambar 2. 20 Dukungan Tepi Tanah



Gambar 2. 21 Dukungan Median Perkerasan

2.12.10. Kebutuhan pelapisan (sealing) bahu jalan

Tabel 2. 38 Kebutuhan Pelapisan bahu jalan

Bagan Desain – 6. Perkerasan Dengan Stabilitas Tanah Semen (*Soil Cement*)

(diizinkan untuk area dengan sumber agregat atau kerikil terbatas)

	STRUKTUR PERKERASAN ¹		
	SC1	SC2	SC3
	Beban Sumbu 20 tahun pada lajur desain (ESA4 x 10 ³)		
	< 0,1	0,1- 0,5	> 0,5 – 4
	Ketebalan lapis perkerasan (mm)		
HRS WC, AC WC (halus), Burtu atau Burda	50 (campuran beraspal)		
Lapis Fondasi Agregat Kelas A	160	220	300
Lapis Fondasi Agregat Kelas A atau B ²	110	150	200
Tanah distabilisasi (CBR 6% pada tanah dengan CBR \geq 3%) ³	160	200	260

Catatan :

1. Bagan desain - 6 digunakan untuk semua tanah dasar dengan CBR \geq 3%. Ketentuan Bagan Desain – 2 tetap berlaku untuk tanah dasar yang lebih lemah.
2. Disarankan untuk menggunakan LFA kelas A sebagai lapis fondasi. Penggunaan LFA kelas B sebagai lapis bawah fondasi berpotensi mengalami segregasi, sedangkan dari perbedaan harga kelas A dan kelas B tidak signifikan.
3. Stabilitas satu lapis dengan tebal lebih dari 200 mm sampai dengan 300 mm diperbolehkan jika disediakan peralatan stabilisasi yang memadai dan pemadatan dilakukan dengan *pad-foot roller* dengan berat statis minimum 18 ton.
4. Bila catatan 2 diterapkan, lapisan distabilisasi pada Bagan Desain - 5 atau 6 boleh dipasang dalam satu lapisan dengan lapisan distabilisasi dalam Bagan Desain - 2 sampai maksimum 300 mm.
5. Hanya kontraktor berkualitas dan mempunyai peralatan diperbolehkan melaksanakan pekerjaan Burda atau pekerjaan Stabilitas.
6. Dalam hal terdapat kendala untuk menerapkan Bagan Desain - 5 atau 6 dapat digunakan prosedur grafik Bagan Desain - 7 yang contoh penggunaannya dapat dilihat pada LAMPIRAN E.

Bahu Tanpa Pengikat – Lapis Agregat Berbutir Kelas S

Lapis permukaan harus berupa lapis fondasi agregat kelas S, atau kerikil alam yang memenuhi ketentuan dengan Indeks Plastisitas (IP) antara 4% - 12%. Tebal lapis permukaan bahu LFA kelas S sama dengan tebal lapis beraspal tapi tidak lebih tebal dari 200 mm. Jika tebal lapis beraspal kurang dari 125 mm maka tebal minimum LFA kelas S 125 mm.

Bahu Diperkeras

Bahu diperkeras untuk kebutuhan berikut:

- a) Jika terdapat kerb (bahu harus ditutup sampai dengan garis kerb).
- b) Gradien jalan lebih dari 4%.
- c) Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi \geq 0%). Dalam kasus ini, bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus sama dengan superelevasi badan jalan.

- d) Jalan dengan LHRT lebih dari 10.000 kendaraan.
- e) Jalan tol dan jalan bebas hambatan.

Material bahu diperkeras dapat berupa:

- a) Penetrasi makadam;
- b) Burtu / Burda;
- c) Beton aspal (AC);
- d) Beton semen;
- e) Kombinasi bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan tied shoulder, atau bahu dengan aspal.

Lalu Lintas untuk desain bahu

Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

Ulangi Langkah 5 sampai 9 untuk segmen yang seragam

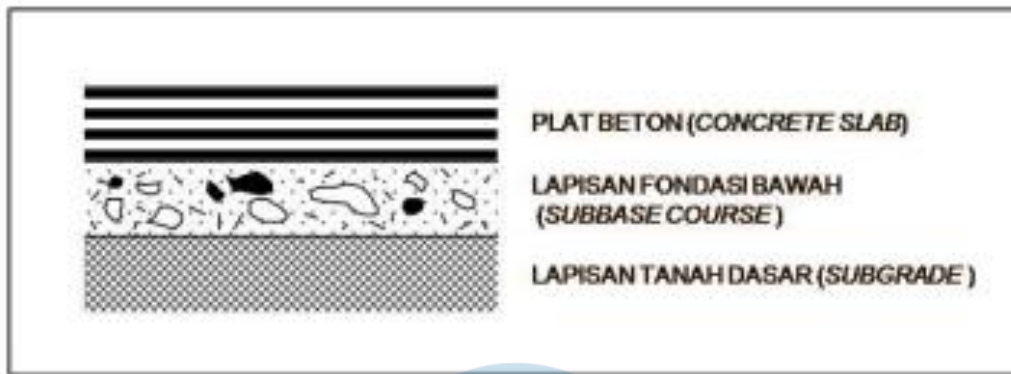
2.13. Perkerasan Kaku

2.13.1. Pengertian Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku adalah suatu jenis konstruksi jalan yang terbuat dari agregat dan menggunakan semen sebagai pengikatnya. Tingkat kekakuan perkerasan ini relatif tinggi, terutama jika dibandingkan dengan perkerasan aspal yang lebih fleksibel. Oleh karena itu, perkerasan ini dikenal dan disebut sebagai perkerasan kaku atau rigid pavement.

2.13.2. Lapisan Perkerasan Kaku

Menurut Hendarsin (2000) susunan lapisan perkerasan kaku umumnya seperti pada gambar 4.10



Gambar 2. 22 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

2.13.3. Jenis Perkerasan Kaku

Menurut Hendarsin (2000) perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan beton dari *Portland Cement* (PC). Ada lima jenis perkerasan kaku, yaitu :

- a. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan
- d. Perkerasan kaku dengan tulangan serat baja (fiber)
- e. Perkerasan kaku pratekan (prestress)

2.14. Perhitungan Perkerasan Kaku

Perencanaan perhitungan perkerasan kaku, syarat, ketentuan beserta cara bisa menggunakan pedoman MDPJ 2017 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Adapun Langkah – Langkah terdiri dari :

2.14.1. Menentukan Umur Rencana

Pada poin ini ketentuan umur rencana sudah ditentukan yaitu 30 tahun. Ketentuan umur rencana dapat dilihat pada tabel 2.39 dibawah ini

Tabel 2. 39 Umur Rencana Perkerasan Jalan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Fondasi Jalan	40
	Semua Perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

2.14.2. Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Kumulatif

a. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Pada faktor pertumbuhan lalu lintas ini tidak terdapat data maka jika dilihat dari ketentuan perancangan infrastruktur 1 kami termasuk jalan arteri dan perkotaan di pulau Jawa, karena wilayah Temanggung berada di kota Jawa Tengah.

Tabel 2. 40 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) :

$$R \frac{(1 + 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i}$$

Dengan : R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur Rencana (tahun)

Maka dari persyaratan Teknis dengan umur rencana 30 tahun, diambil UR 2 dan UR 28 sehingga mendapat nilai R yaitu :

$$R_2 = (1+0,01 \times 0,048)^2 - 1) / (0,01 \times 0,048) = 2,00048$$

$$R_{28} = (1+0,01 \times 0,048)^{28} - 1) / (0,01 \times 0,048) = 28,18219706$$

b. Faktor Ekuivalen Beban

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas di konversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban. Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing – masing kendaraan menurut gambar 4.11.

Tabel 2. 41 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	Sepeda motor	1.1	muatan umum	2	30,4			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1		2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2		2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2		2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2		2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2		2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2		2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	3	3,9	5,60	7,6	11,2	
7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	3			28,1	64,4	
7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2	3	0,1	0,10	28,9	62,2	
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	4	0,5	0,70	36,9	90,4	
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-2.2	4	0,3	0,50	13,6	24,0	
7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2	5	0,7	1,00	19,0	33,2	
7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-2.2	5			30,3	69,7	
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-2.2.2	6	0,3	0,50	41,6	93,7	

Catatan: Data didasarkan pada survei beban lalu lintas Arteri Pulau Jawa – 2011. Lihat survei WIM 2011 untuk informasi lebih lanjut.

Tabel 2. 42 Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan	JKS	LHR (2 arah)
(1)	(2)	(3)
Sepeda motor (1)	2	1450
Mobil Pribadi (2,3,4)	2	1100
Bus (5a, 5b)	2	265
Truk 2 as ringan (6a.2)	2	125
Truk 2 as berat (6b2.1)	2	85
Truk 3 as berat (7a3)	2	78

c. Menghitung Kumulatif Beban (ESA5)

Nilai VDF dan angka pertumbuhan diperoleh dari Gambar 2.41 dan Tabel 2.42, diperlukan dalam perhitungan ESA5 dengan umur rencana 30 tahun, maka didapatkan perhitungan dalam Tabel 2.43

Tabel 2. 43 Kumulatif Beban (ESA5)

Jenis Kendaraan	LHR 2023	LHR 2026	LHR 2029	VDF 5 faktual	VDF 5 normal	ESA5 (23'-25')	ESA5 (28'-50')
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Sepeda motor (1)	1450	1669	1921	0	0	0	0
Mobil Pribadi (2,3,4)	1100	1266	1457	0	0	0	0
Bus (5a, 5b)	265	305	351	1	1	111359,38	1805723,649
Truk 2 as ringan (6a.2)	125	144	166	0,5	0,5	26264,00473	425878,2191
Truk 2 as berat (6b2.1)	85	98	113	9,2	5,1	328615,2272	5328588,278
Truk 3 as berat (7a3)	78	90	103	14,4	6,4	471995,6818	7653542,652
						Jumlah ESA5	938.234,29
						CESA5 (25'-50')	16.151.967,09

Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas	
R2	2,00048
R28	28,18219706

Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun 4,80%. Data awal 2023, tahun pertama setelah pembukaan untuk lalu lintas 2026 (3 tahun setelah 2023), permulaan periode beban normal MST 13 Ton tahun 2029 (5 Tahun setelah 2023).

$$(3) = (2) \times (1+0,0480)^3$$

$$(4) = (2) \times (1+0,0480)^5$$

(5) dan (6) dari

$$(7) = (3) \times (5) \times (365) \times 0,50 \times 1 \times R_2$$

$$(8) = (4) \times (6) \times (365) \times 0,50 \times 1 \times R_{28}$$

Diketahui $R_2 = 2,00048$ dan $R_{28} = 28,18219706$

2.14.3. Menentukan Struktur Fondasi Jalan

Berdasarkan nilai CBR tanah dasar yaitu 2,41% dan hasil ESA 5 maka didapatkan data :

- Kelas kekuatan tanah dasar SG2.5
- Tebal minimum perbaikan tanah dasar : 250 mm

Tabel 2. 44 Bagan Desain 2 Desain Fondasi Jalan Minimum

Bagan Desain - 2 Desain Fondasi Jalan Minimum ⁽¹⁾

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
Tebal minimum perbaikan tanah dasar			Tidak diperlukan perbaikan			150 mm stabilisasi di atas 150 mm material timbunan pilihan.
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material	-	-	100	
5	SG5	timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 –	100	150	200	
4	SG4	Perkerasan Tanah)	150	200	300	
3	SG3	(pemadatan lapisan > 200 mm tebal gembur)	400	500	600	
2.5	SG2.5	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ -atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%)	SG1 ⁽³⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ -atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	1000	1100	1200	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur.
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾		Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbujur ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1250	1500	

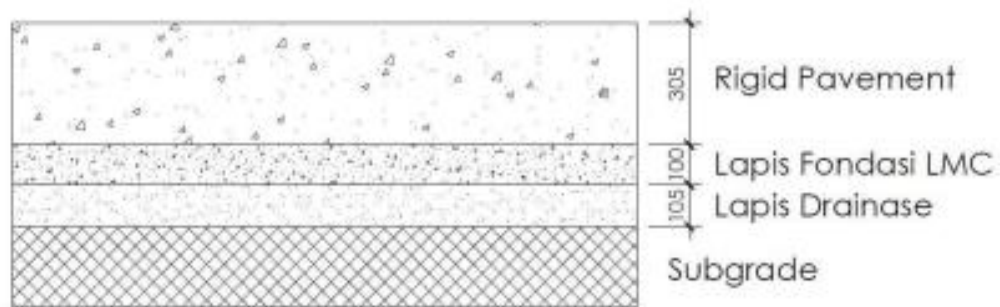
(1) Desain harus mempertimbangkan semua hal yang kritikal; syarat tambahan mungkin berlaku.
 (2) Ditandai dengan kepadatan dan CBR lapangan yang rendah.
 (3) Menggunakan nilai CBR insitu, karena nilai CBR rendaman tidak relevan.
 (4) Permukaan lapis penopang di atas tanah SG1 dan gambut diasumsikan mempunyai daya dukung setara nilai CBR 2.5%, dengan demikian ketentuan perbaikan tanah SG2.5 berlaku. Contoh: untuk lalu lintas rencana > 4 juta ESA, tanah SG1 memerlukan lapis penopang setebal 1200 mm untuk mencapai daya dukung setara SG2.5 dan selanjutnya perlu ditambah lagi setebal 350 mm untuk meningkatkan menjadi setara SG6.
 (5) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asal dipadatkan pada kondisi kering.
 (6) Untuk perkerasan kaku, lapis permukaan material tanah dasar berbujur halus (klasifikasi A4 - A5) hingga kedalaman 150 mm harus berupa stabilisasi semen.

2.14.4. Menentukan Struktur Lapisan Perkerasan

Untuk menentukan tebal lapisan bisa dilihat dari bagan desain 4 pada MDPJ 2017

Tabel 2. 45 Bagan Desain 4 Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (overload) (10E6)	< 4.3	< 4.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal plat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				



Gambar 2. 23 Tebal Lapisan Perkerasan

2.14.5. Melakukan Perhitungan Tulangan

a. RCP (*Jointed Reinforced Concrete Pavement*)

Adalah jenis perkerasan beton semen yang dibuat dengan tulangan ukuran pelatnya berbentuk empat persegi Panjang, dimana Panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan – sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar 8 – 15 meter.

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan atau JRCP serupa dengan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (JRCP) kecuali ukuran pelat lebih Panjang dan ada tambahan tulangan pada pelatnya. Jarak sambungan umumnya antara 7,5 m dan 12 m, meskipun ada juga yang jarak sambungannya sebesar 30 m.

$$A_s = \frac{11,76 (F.L.h)}{f_s} \quad (7.26)$$

dimana : A_s = luas tulangan yang diperlukan, ($\text{mm}^2/\text{m lebar}$)
 F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya (tabel - 7.17), tak berdimensi
 L = jarak antara sambungan, (m)
 h = tebal pelat, (mm)
 f_s = tegangan tarik baja ijin, (MPa) (± 230 MPa)

Catatan : A_s minimum menurut SNI'91, untuk segala keadaan 0,14 % dari luas penampang beton.

Tabel -7.17 : Koefisien Gesekan antara pelat beton semen dengan Lapisan Pondasi di bawahnya

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
BURTU, LAPEN dan konstruksi sejenis	2.2
Aspal Beton, LATASTON	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral sungai	1.5
Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

dari : SKBI 7.3.28.1988

Gambar 2. 24 Tabel Koefisien Gesekan antara Pelat beton semen

➤ Tulangan Memanjang

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 F &= 1,8 \text{ (Stabilitas Semen)} \\
 L &= 10 \text{ m} \\
 H &= 295 \\
 \text{Lebar Plat} &= 14 \text{ m (3,5 x 4 lajur)} \\
 F_y &= 280 \text{ Mpa} \\
 \text{As} &= \frac{11,76 (1,8 \times 10 \times 295)}{280} \\
 &= 223,02 \text{ mm}^2/\text{m lebar}
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas tulangan minimum As} = 0,14\% \text{ (SNI 1991)}$$

$$\text{As min} = 0,0014 \times 295 \times 1000 = 413 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$\text{Diameter } \emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan terpakai} &= 0,25 \times \pi \times 12^2 \\
 &= 113,09734 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(sudah memenuhi persyaratan As minimum)

➤ Tulangan Melintang

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \frac{11,76 (1,8 \times 3,5 \times 413)}{280} \\
 &= 78,057 \text{ mm}^2/\text{m lebar}
 \end{aligned}$$

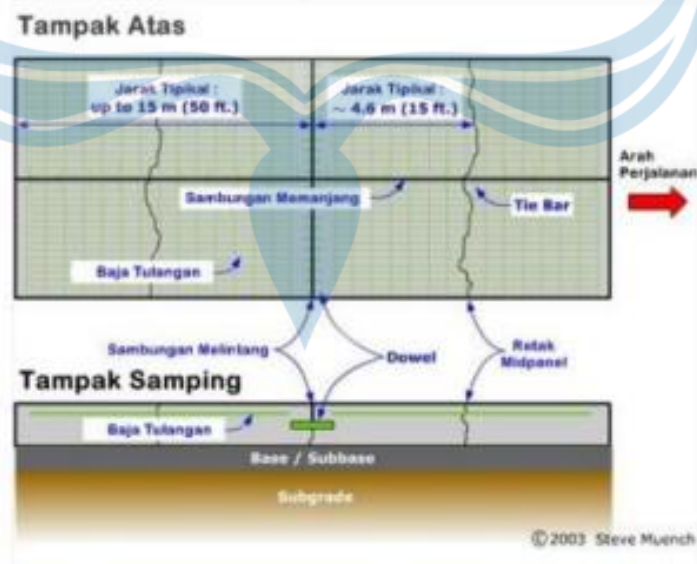
$$\text{Luas tulangan minimum As} = 0,14\% \text{ (SNI 1991)}$$

$$\text{As min} = 0,0014 \times 295 \times 1000 = 413 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$\text{Diameter } \emptyset = 13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan terpakai} &= 0,25 \times \pi \times 13^2 \\
 &= 132,73229 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(sudah memenuhi persyaratan As minimum)



Gambar 2. 25 Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan (JRCP)

b. CRCP (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*) BMDT

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan adalah pelat dengan jumlah tulangan yang cukup banyak tanpa sambungan susut. Jumlah tulangan yang

digunakan pada arah memanjang umumnya antara 0,6% hingga 0,8% dari luas penampang melintang beton, dan jumlah tulangan dalam arah melintang lebih kecil dari arah memanjang. Apabila jumlah tulangan kurang dari 0,6% maka potensi terjadinya kerusakan punch out akan menjadi lebih besar.

$$P_s = \frac{100 f_t}{(f_y - n \times f_t)} (1,3 - 0,2 F) \quad (7.27)$$

dimana : P_s = persentase tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap penampang beton, (%)
 f_t = kuat tarik lentur beton yang digunakan $0,4 - 0,5 f'_c$, dalam MPa
 f_y = tegangan leleh rencana baja (berdasarkan SNI'91, $f_y < 400$ Mpa - BJTD40)
 n = angka ekuivalen antara baja dan beton = $\frac{E_s}{E_c}$, tak berdimensi (lihat tabel - 7.18).
 F = koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya, tak berdimensi.
 E_s = modulus elastisitas baja (berdasarkan SNI'91 digunakan 200.000 MPa).
 E_c = modulus elastisitas beton (berdasarkan SNI'91 digunakan $4700 \sqrt{f'_c}$ MPa)

➤ Tulangan Memanjang

Tabel 2. 46 Tulangan Memanjang

f'_c (kg/cm ²)	f'_c (Mpa)	n	Fr (rata-rata) (Mpa)
115	11,3	13	2,1
120 - 135	11,8 - 13,2	12	2,2
140 - 165	13,7 - 16,2	11	2,4
170 - 200	16,7 - 19,6	10	2,6
205 - 250	20,1 - 24,5	9	2,9
260 - 320	25,5 - 31,4	8	3,3
330 - 425	32,4 - 41,7	7	3,7
450	44,1	6	4,1

Diketahui :

$$f'_c = 21 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 2,9 \text{ Mpa}$$

$$F_t = 0,5 \times 2,9 = 1,45 \text{ Mpa}$$

$$F_v = 280 \text{ Mpa}$$

$$n = 9$$

$$F = 1,8$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 21538,10577 \text{ Mpa}$$

$$P_s = (100 \times 1,45 / (280 - 9)) \times (1,3 - 0,2 \times 1,8) = 0,50295203\% < 0,6\%$$

$$\text{Luas tulangan minimum } A_s = 0,6\%$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,006 \times 295 \times (1000)$$

$$= 1770 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

Diameter \emptyset

$$= D19 - 150 \text{ mm}$$

Luas tulangan terpakai = 1890 mm

➤ Pemeriksaan Jarak Teoritis

$$L_{cr} = \frac{f_t^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b (SE_c - f_t)}, \text{ (diantara 1 - 2 m).}$$

f_b = tegangan lekat antara tulangan dengan beton yang dikenal sebagai "lekat lentur", dalam Mpa. Besaran lekat lentur yang dipakai dalam praktis, menurut ACI 1963 untuk tulangan dengan d (diameter) $\leq 35,7$ mm (# 11) :

$$\text{tegangan lekat dasar} = \frac{9,5}{d} \sqrt{f_c'} \leq 800 \text{ psi}$$

atau dalam SI unit :

$$\text{tegangan lekat dasar} = \frac{0,79}{d} \sqrt{f_c'} \leq 5,5 \text{ Mpa}$$

d (diameter tulangan), dalam cm.

$$f_t = 0,5 \times 2,9 = 1,45 \text{ Mpa}$$

$$n = 9$$

$$f_b = \frac{0,79}{2,2} \sqrt{21}$$

$$= 1,645561272 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 21538,10577$$

$$p = 0,0118$$

$$u = 307,6923077 \text{ m}^{-1}$$

$$L_{cr} = \frac{1,45^2}{9 \times 0,0118^2 \times 307,6923077 \times 1,64 (0,0005 \times 21538,10577 - 1,45)}$$

$$= 0,153482895 \text{ m}$$

➤ Tulangan Melintang

$$A_s = \frac{11,76 (1,8 \times 3,5 \times 295)}{280}$$

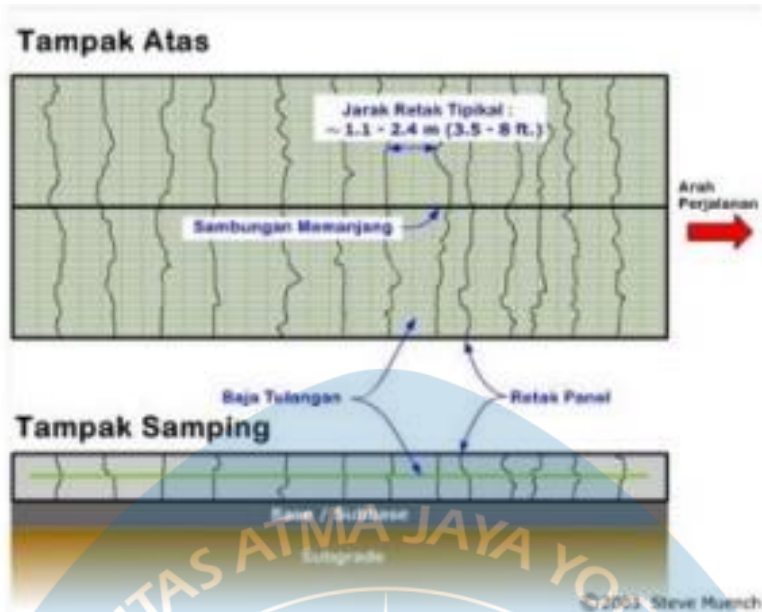
$$= 78,057 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$\text{Luas tulangan minimum } A_s = 0,14\% \text{ (SNI 1991)}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0014 \times 295 \times 1000 = 413 \text{ mm}^2/\text{m lebar}$$

$$\text{Diameter } \emptyset = 13 \text{ mm}$$

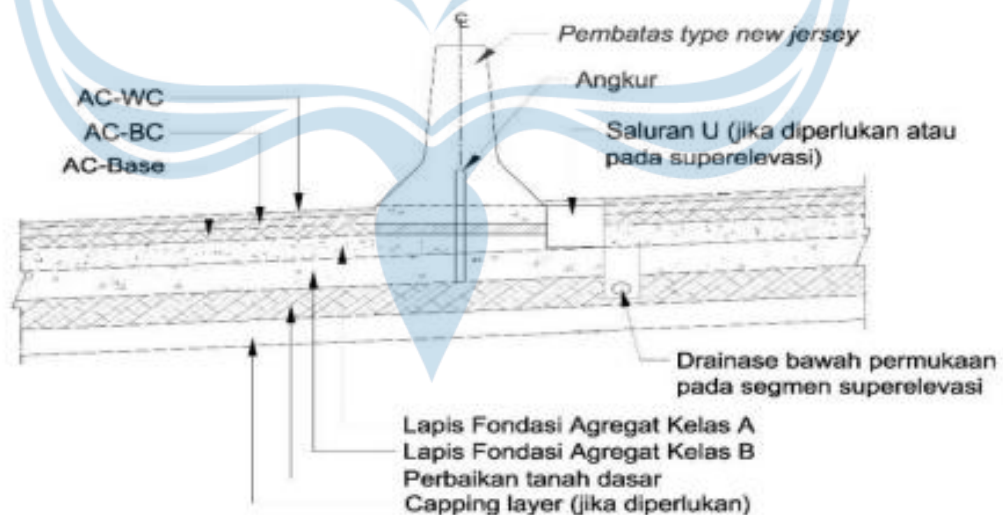
$$\text{Luas tulangan terpakai} = 0,25 \times \pi \times 13^2 = 132,73229 \text{ mm}^2$$



Gambar 2. 26 Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan (CRCP)

2.14.6. Menentukan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara detail dalam gambar – gambar kontrak (drawings). Ketentuan minimum adalah :



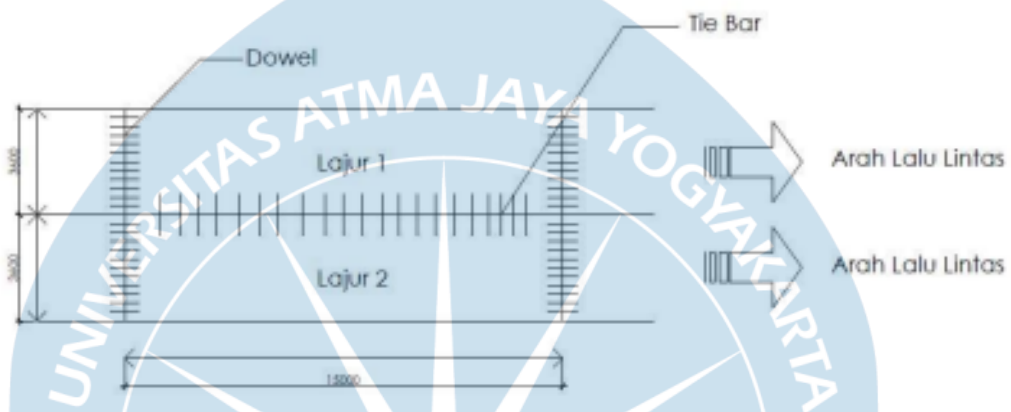
Gambar 2. 27 Dukung Tepi Perkerasan

2.14.7. Menentukan Jenis Sambungan

Dengan tabel bagan desain 4, maka struktur untuk lalu lintas dengan

jumlah kelompok sumbu kendaraan berat tersebut adalah :

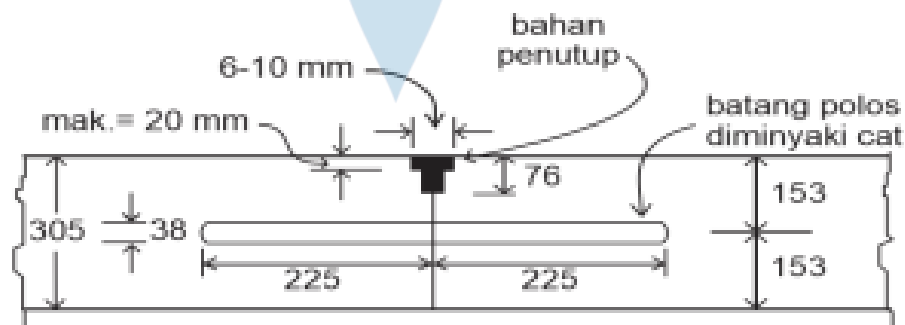
Perkerasan	: Stabilisasi Semen Pasir dan Batu
Umur rencana	: 30 Tahun
Tebal plat beton	: 295 mm
Lapis beton kurus (LMC)	: 100 mm
Lapis drainase (LFA A)	: 150 mm
Sambungan	: Dowel dan Tie Bar



Gambar 2. 28 Tata Letak Sambungan Perkerasan Kaku

a. Dowel

Dowel adalah bagian yang penting pada perkerasan jalan beton bersambung baik itu tanpa atau dengan tulangan. Dowel adalah batang silinder, biasanya terbuat kayu, plastic, atau logam. Dalam bentuk aslinya yang diproduksi, dowel disebut batang dowel. Batang dowel sering dipotong menjadi Panjang pendek yang disebut pin dowel.



Gambar 2. 29 Sambungan Dowel

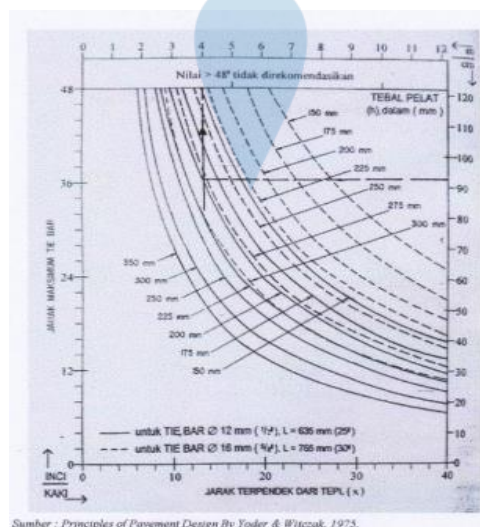
Berdasarkan data tebal plat yang dipakai adalah 295 mm, maka ketentuan dowel dapat dilihat pada **Tabel 4.15** dan didapat diameter 38 mm dan panjangnya 450 mm dengan jarak 300 mm.

Tabel 2. 47 Ukuran dan Jarak Batang Dowel (ruji) yang disarankan

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm
6	150	3/4	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 1/4	32	18	450	12	300
10	250	1 1/4	32	18	450	12	300
11	275	1 1/4	32	18	450	12	300
12	300	1 1/2	38	18	450	12	300
13	325	1 1/2	38	18	450	12	300
14	350	1 1/2	38	18	450	12	300

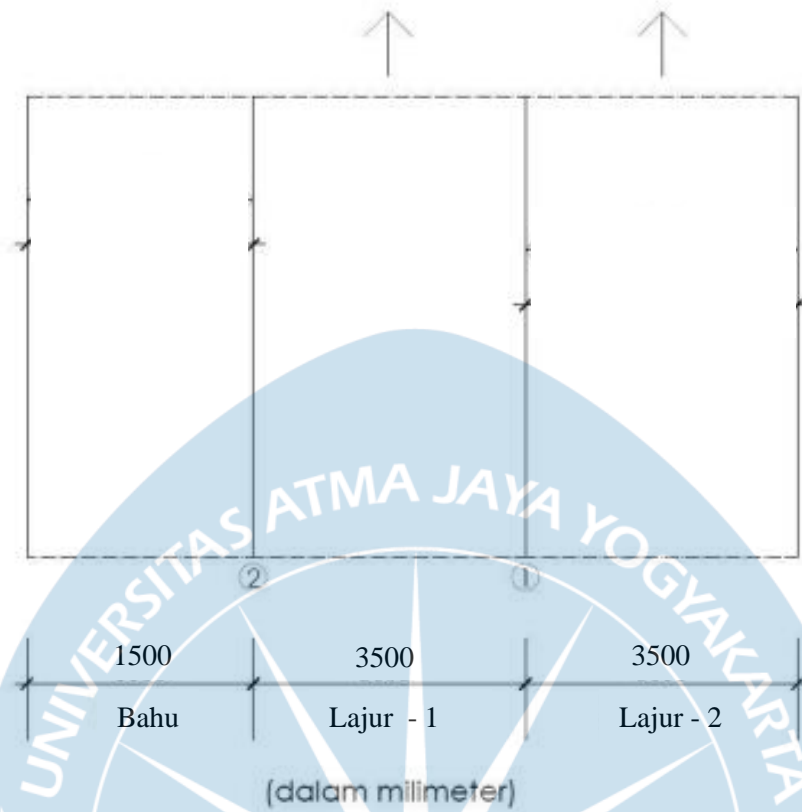
b. Tie Bar

Tie Bar dirancang untuk memegang pelat sehingga teguh, dan dirancang untuk menahan gaya-gaya Tarik maksimum. Tie Bar menggunakan batang tulangan baja ulir untuk menjaga agar tepi/ujung – ujung plat beton yang berdampingan tetap dalam kontak yang baik antara satu dengan yang lain dan membantu terjadinya ikatan sempurna antara sambungan.



Sumber : Principles of Pavement Design By Yoder & Witczak, 1975.

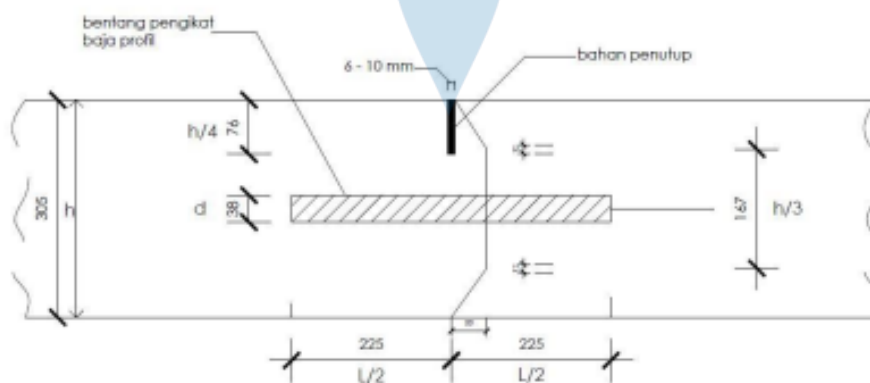
Gambar 2. 30 Jarak Tie Bar Maksimum Menurut AASHTO (1986)



Gambar 2. 31 Sketsa Jarak Sambungan Memanjang

Tabel 2. 48 Jarak Maksimum Tie Bar

Nomor Sambungan	Jarak X (meter)	Jarak Maksimum Tie Bar (cm)	
		Ø 12 mm	Ø 16 mm
1	3,5	120	120
2	1,5	93	120



Gambar 2. 32 Sambungan Pelaksanaan Memanjang Dengan Lidah Alur dan Tie Bar (Batang Pengikat)