

BAB II

PERENCANAAN GEOMETRIK & PERKERASAN JALAN

2.1. Ketentuan Perancangan Jalan

- (1) Perancangan jalan terdiri dari titik A hingga titik B pada STA.0+000
- (2) Skala 1: 1000 untuk peta kontur.
- (3) Kelas jalan 1
- (4) Koordinat (0,0) Kawasan Karangayar-Wonogiri:
 - a. A (4282.118; 7534.550), B (10222.372; 4396.709)

2.1.1 Tugas yang dilakukan

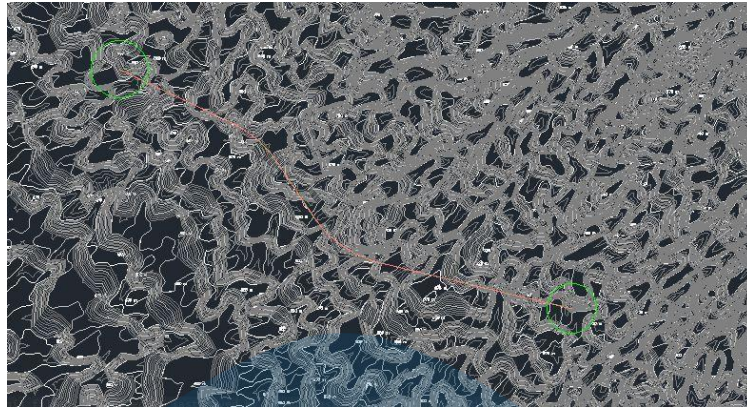
- (1) Merencanakan trase jalan dari titik A pada STA.0 + 000 menuju titik B disesuaikan dengan kondisi kontur peta sesungguhnya.
- (2) Membuat tiga trase jalan dengan tiga rute yang berbeda.
- (3) Panjang jalur yang terhubung dari titik A dan titik B minimal 5 km.
- (4) Menggambar profil melintang pada jalan lurus setiap jarak 50meter dan 25meter untuk bagian lengkung.

2.2 Alinemen Horizontal

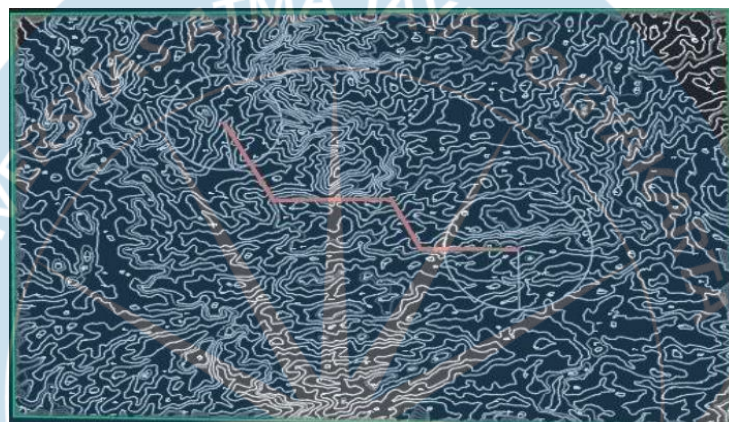
Alinyemen horizontal atau trase adalah sumbu jalan tegak lurus bidang kertas atau horizontal yang terdiri dari garis lurus dan garis lengkung. Perencanaan untuk garis lengkung memerlukan ilmu hubungan antara desain kecepatan dan superelevasi.

2.2.1 Alternatif Trase Jalan

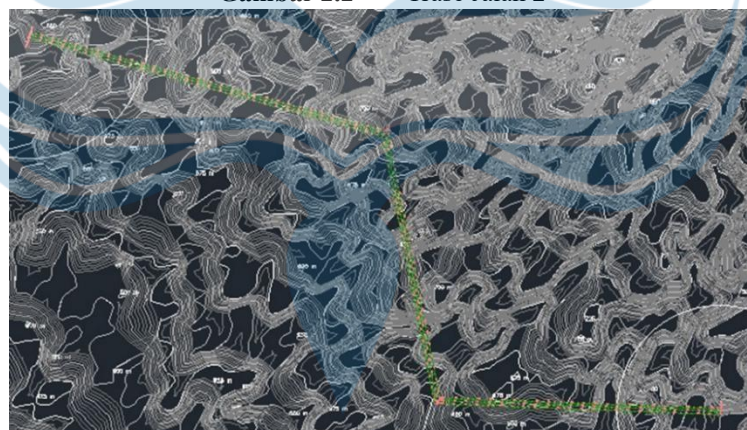
Pada perencanaan trase yang diolah dengan aplikasi Civil 3D dilakukan perencanaan pada trase jalan untuk menyesuaikan pada ketentuan soal yang telah tercantum pada perencanaan jalan ini memerlukan trase-trase jalan yang sudah sesuai persyaratan jalan AASHTO 2011 yang akan digunakan dalam perhitungan.



Gambar 2.1 Trase Jalan 1



Gambar 2.2 Trase Jalan 2



Gambar 2.3 Trase jalan 3

2.2.2 Trase Terpilih

Saat dilakukan pemilihan trase yang perlu dipertimbangkan bukan hanya bentuk trase saja, tetapi harus dilihat pula dari kondisi lapangan yang di mana termasuk kontur lapangan hingga situasi yang memungkinkan untuk dibuat trase yang baik. Adapaun beberapa syarat lain saat memilih trase yakni sebagai berikut:

1. Sudut tikungan <math>< 60^\circ</math>.

2. Titik awal dan akhir tikungan tidak bertemu.
3. Cut dan fill tidak memiliki perbedaan yang berlebihan.



Gambar 2.4 Trase jalan terpilih

Pada perencanaan perancangan jalan berdasarkan peta topografi dari 1. Wilayah Karanggayar, Wonogiri, Jawa Tengah maka di pilihlah trase 1 karena trase 1 yang memenuhi syarat yang ada.

2.2.3 Perencanaan Tikungan

Dalam melakukan perencanaan tikungan tentunya ada kriteria desain perancangan tersendiri, contohnya seperti pada tabel di bawah ini:

1. Kriteria Desain Perancangan

Tabel 2.1 Kriteria Desain Perancangan

Data Diketahui		
Fungsi Jalan	Arteri Kelas I	
LHRT Tahun Rencana	100000	smp/hari
Kriteria Desain		
Klasifikasi Medan	Bukit	
Konfigurasi Jalan	4/2 T	
Kecepatan Rencana	70	km/h
Lebar Rumaja	31	m
Lebar Rumija	25	m
Lebar Ruwasja	15	m
Lebar Lajur	3,5	m
Lebar Bahu Dalam	0,5	m

Lebar Bahu Luar	2	m
Lebar Median	1,8	m
Superelevasi Normal	3	%
Superelevasi Bahu	6	%
Superelevasi Maksimum	8	%
Kelandaian Maksimum	10	%

2. Perhitungan Sudut Tikungan

Tabel 2.2 Perhitungan Sudut Tikungan

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	Δ
A	4.278,5189	7.537,9892					
			1.843,0539	-875,138	2040,273	115,399781	
PI1	6.121,5728	6.662,8515					30,906
			1.019,4951	-1529,03	1837,741	146,306198	
PI2	7.141,0679	5.133,8248					42,853
			3.081,3041	-737,1158	3168,245	103,453579	
B	10.222,3720	4.396,7090					

3. Penentuan Tikungan Alinyemen Horizontal

Tabel 2.3 Kriteria Perancangan

Kriteria Perancangan	
V rencana	70
e max	8
F max	0,12
R min	192,913

a. Perhitungan Tikungan 1 ($\Delta = 30,906^\circ$)

$$R_c = 1500 \quad e_{\max} = 8\% \quad V_d = 100$$

- Mencari nilai e:

$$e_d = 4,6\% = 0,046 \text{ (Tabel Matrik Referensi AASHTO)}$$

- Ls desain yang digunakan: 180m

- Mengitung Sudut Lengkung Spiral (θ)

$$L_s = 2 \theta_s R_c \theta_s = \theta^2 R = (180 / (2 \times 1500)) \times (360 / 2 \theta) = 4,093^\circ$$

- **Menghitung Sudut Lengkung Circle (Δ_c)**

$$\Delta = 2 \theta_s + (\Delta_c) \Delta_c = \Delta - 2 \theta_s = 30,906 - 2 \times 4,093^\circ = 22,721^\circ$$

- **Menghitung Panjang Busur Lingkaran (L_c)**

416,390m

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \times 2 \pi R = \frac{22,721^\circ}{360} \times 2 \pi \times 1500 =$$

- **Menghitung X_s dan Y_s**

$$Y_s = L_s^3 = L = \frac{3}{6 R_c L_s} = \frac{180}{6 \times 1500} = 3,571 \text{ m}$$

$$X_s = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} = 180 - \frac{180^3}{40 \times 1500^2} = 149,923 \text{ m}$$

- **Menghitung Persenan Tangen terhadap Spiral (p) pada garis Tangen Spiral (k)**

$$\theta = 4,093^\circ$$

$$p^* = 0,894 \text{ m}$$

$$k^* = 74,987 \text{ m}$$

- **Menghitung jarak antar Perpotongan bagian lurus dengan busur lingkaran (E_s)**

$$E_s = (R_c + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R = (1500 + 0,901) \sec \frac{30,906}{2} -$$

$$1500 = 40,310 \text{ m}$$

- **Menghitung Jarak antara Perpotongan bagian Lurus (P_1) dengan TS/ST(T_s)**

$$T_s = (R_c + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k = (1500 + 0,901) \tan \frac{30,906}{2} +$$

$$74,987 = 365,502 \text{ m}$$

- **Menghitung Panjang Busur Keseluruhan (L total) $L =$**

$$L_c + 2 \times L_s = 629,128 + 2 \times 180 = 716,390 \text{ m}$$

Tabel 2.4 Data tikungan SCS

Δ	30,906
R (m)	1500
ed tabel (%)	4,6
Ls 1 (MRG)	54,89
Ls 2 (Table)	38
Ls 3 (GALA)	5,83
Ls 4 (Min, DC)	70,99
Ls max	158,75
Ls desain	150
Ltr	65,217
Cek Ltr AB/BC	OK
Cek Ltr CE	OK
Θ_s	4,093
Δ_c	22,712
Lc (m)	416,390
Yc (m)	3,571
Xc (m)	149,390
k (m)	74,987
p (m)	0,894
CEK p	OK
Ts (m)	365,502
Es (m)	40,310
L total	716,390
A	396,863
Cek A	OK
d (A-PI1)	1270,81
CEK d	OK

2.3 Alinemen Vertikal

Alinemen vertical juga disebut sebagai "penampang memanjang jalan" adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan. Beberapa

macam faktor yang biasa menjadi perhatian saat akan memilih alinemen vertikal yakni keadaan tanah dasar, kondisi medan, fungsi jalan, dan kelandaian tersedia.

2.3.1 Elevasi Stationing

PVI	Station	Easting	Northing	Elevation Existing	Elevation Design	Elevation Difference	Point Type
0	0+00,00	4289,242	7560,573	536,17	536,17	0	Start
1	0+50,00	4334,409	7539,126	539,77	537,75	2,03	Regular
2	1+00,00	4379,576	7517,679	538,58	539,32	-0,74	Regular
3	1+50,00	4424,743	7496,233	532,97	540,89	-7,92	Regular
4	2+00,00	4469,91	7474,786	527,72	542,47	-14,74	Regular
5	2+50,00	4515,076	7453,34	524,88	544,04	-19,16	Regular
6	3+00,00	4560,243	7431,893	524,95	545,61	-20,66	Regular
7	3+50,00	4605,41	7410,447	530,98	547,19	-16,21	Regular
8	4+00,00	4650,577	7389	541,61	548,76	-7,15	Regular
9	4+50,00	4695,744	7367,553	550,2	550,2	0	Regular
10	5+00,00	4740,911	7346,107	547,89	551,15	-3,27	Regular
11	5+50,00	4786,078	7324,66	547,74	552,11	-4,37	Regular
12	6+00,00	4831,244	7303,214	550,68	553,06	-2,38	Regular
13	6+50,00	4876,411	7281,767	552,83	554,02	-1,19	Regular
14	7+00,00	4921,578	7260,32	556,14	555,3	0,85	Regular
15	7+50,00	4966,745	7238,874	567,29	561,03	6,26	Regular
16	8+00,00	5011,912	7217,427	572,31	566,77	5,54	Regular
17	8+50,00	5057,079	7195,981	572,13	572,37	-0,24	Regular
18	9+00,00	5102,245	7174,534	573,69	576,69	-3	Regular
19	9+50,00	5147,412	7153,088	574,78	581,01	-6,23	Regular
20	10+00,00	5192,579	7131,641	580,72	585,33	-4,62	Regular
21	10+50,00	5237,746	7110,194	589,31	589,65	-0,34	Regular
22	11+00,00	5282,913	7088,748	598,16	591,69	6,47	Regular
23	11+50,00	5328,08	7067,301	600,34	593,53	6,8	Regular
24	12+00,00	5373,247	7045,855	600,46	595,37	5,09	Regular
25	12+50,00	5418,413	7024,408	600,16	597,21	2,95	Regular
26	13+00,00	5463,58	7002,961	599,72	599,05	0,67	Regular
27	13+50,00	5508,747	6981,515	601,7	599,82	1,88	Regular
28	14+00,00	5553,914	6960,068	603,19	599,87	3,32	Regular
29	14+50,00	5599,081	6938,622	601,59	599,93	1,67	Regular
30	15+00,00	5644,248	6917,175	600,54	599,98	0,56	Regular
31	15+50,00	5689,414	6895,729	593,09	600,88	-7,79	Regular
32	16+00,00	5734,581	6874,282	582,52	602,35	-19,83	Regular
33	16+50,00	5779,748	6852,835	575	603,82	-28,82	Regular
34	17+00,00	5824,915	6831,389	587,04	605,3	-18,26	Regular

35	17+50,00	5870,082	6809,942	601,1	606,77	-5,67	Regular
----	----------	----------	----------	-------	--------	-------	---------

2.3.2 Superelevasi Tikungan

Pada perhitungan superelevasi saat melakukan perencanaan jalan raya, perhitungan elevasi sampai dengan jarak *run off* maupun *run out* telah dikalkulasikan secara otomatis pada Civil 3D. Maka dari itu, dapat memudahkan saat melakukan penggambaran maupun pendataan superelevasi yang akan kita buat. Berikut ini adalah tabel superelevasi pada tiap tikungan.

Curve:2	Station	Station	Station	Station	Station	Station	Station	Station	Station
Transition In Region	3+072.47m	3+358.35m	285.882m						
Runout	3+072.47m	3+178.35m	105.882m						
End Normal Crown	3+072.47m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Level Crown	3+178.35m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runoff	3+178.35m	3+358.35m	180.000m						
Level Crown	3+178.35m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Reverse Crown	3+337.17m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	3.00%	3.00%	-6.00%
Begin Full Super	3+358.35m			-6.00%	-3.40%	-3.40%	3.40%	3.40%	-6.00%
Begin Curve	3+358.35m								
Transition Out Region	4+300.23m	4+586.11m	285.882m						
Runoff	4+300.23m	4+480.23m	180.000m						
End Full Super	4+300.23m			-6.00%	-3.40%	-3.40%	3.40%	3.40%	-6.00%
End Curve	4+300.23m								
Reverse Crown	4+321.41m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	3.00%	3.00%	-6.00%
Level Crown	4+480.23m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Runout	4+480.23m	4+586.11m	105.882m						
Level Crown	4+480.23m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	0.00%	0.00%	-6.00%
Begin Normal Crown	4+586.11m			-6.00%	-3.00%	-3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%

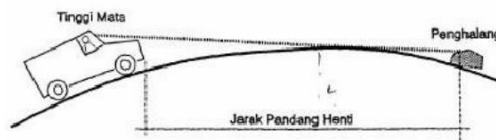
Gambar 2.5 Data Superelevasi Tikungan 1 Output Civil3d

Curve:1	Station	Station	Station	Station	Station	Station	Station	Station	Station
Transition In Region	1+429.49m	1+715.37m	285.882m						
Runout	1+429.49m	1+535.37m	105.882m						
End Normal Crown	1+429.49m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
Level Crown	1+535.37m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
Runoff	1+535.37m	1+715.37m	180.000m						
Level Crown	1+535.37m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
Reverse Crown	1+694.19m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
Begin Full Super	1+715.37m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
Begin Curve	1+715.37m								
Transition Out Region	2+344.50m	2+630.38m	285.882m						
Runoff	2+344.50m	2+524.50m	180.000m						
End Full Super	2+344.50m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
End Curve	2+344.50m								
Reverse Crown	2+365.67m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.00%	-6.00%
Level Crown	2+524.50m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
Runout	2+524.50m	2+630.38m	105.882m						
Level Crown	2+524.50m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%
Begin Normal Crown	2+630.38m			-6.00%	3.40%	3.40%	-3.40%	-3.40%	-6.00%

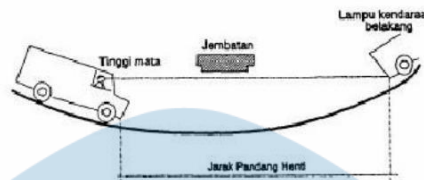
Gambar 2.6 Data Superelevasi Tikungan 2 Output Civil3d

2.3.3 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti ialah jarak minimum yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk melewati medan seperti turunan, tanjakan, ataupun ketika kondisi kendaraan mendahului kendaraan sebelumnya. Pada perencanaan alinemen vertikal ini dilengkapi dengan tanjakan serta turunan pula. Maka perlu dipertimbangkan dengan teliti saat merencanakan jarak pandang henti yang nantinya akan diterapkan pada jalan raya yang akan dibangun.



Gambar 3.7 Lengkung cembung
Sumber : slidetodoc.com 2021



Gambar 2.7 Lengkung cekung
Sumber: slidetodoc.com 2021

Jarak pandang henti yang ditunjukkan pada gambar di atas adalah jarak yang di perlukan pengemudi untuk menjaga agar matanya tidak melihat halangan di depannya. Jarak pandang henti bisa mengurangi jumlah kecelakaan yang terjadi di medan jalan tertentu. Perhitungan lengkung vertikal sesuai dengan jarak pandang henti pada tabel AASHTO 2011, diberikan seperti tabel di bawah ini:

1. Panjang lengkung cembung

$$A = |g_2 - g_1|$$

Tabel 2.5 Data lengkung cembung
Panjang Lengkung Cembung

	Cembung 1	Cembung 2
V (km/jam)	70	70
A (%)	4,06	0,58
Stop Sight Distance		
S (m)	105	105
K	52	52
L (m)	47,837	-922,193
Lv (Cek S)	47,837	-922,193
Lv (K)	210,998	30,221
Lv SSD (m)	210,998	105,169
Passing Sight Distance		
S (m)	210	210
K	119	119
L (m)	-2,931	-1276,648
Lv (Cek S)	-2,931	-1276,648
Lv (K)	482,861	69,160
Lv PSD (m)	482,861	69,160
Lv Desain		
Lv Desain (m)	483	106

Tabel 2.6 Peraturan AASHTO 2011 *Stop sight distance*

Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)
20	20
30	35
40	50
50	65
60	85
70	105
80	130
90	160
100	185
110	220
120	250
130	285

Tabel 2.7 Peraturan AASHTO 2011 *Passing sight distance*

Design Speed (km/h)	Passing Sight Distance (m)
30	120
40	140
50	160
60	180
70	210
80	245
90	280
100	320
110	355
120	395
130	440

2. Panjang Lengkung Cekung

$$A = |g_2 - g_1|$$

Tabel 2.8 Data lengkung cekung

Panjang Lengkung Cekung		
	Cekung 1	Cekung 2
V (km/jam)	70	70
A (%)	0,58	4,49
Headlight Sight Distance		
S (m)	185	185
L (m)	-950,605	199,028

Lv (Cek S)	-950,605	1927,813
Lv (m)	0	FALSE
Passenger Comfort		
Lv (m)	7,209	55,687
Design Control		
K	45	45
Lv (m)	26,153	202,007
Lv Desain		
Lv Desain (m)	27	203

2.3.4 Pekerjaan Tanah

Seperti yang kita ketahui konstruksi/pekerjaan tanah terdiri dari galian dan timbunan. Ketika merancang pembangunan jalan raya, pekerjaan tanah menjadi salah satu aspek penting karena akan berguna sebagai fondasi jalan yang berdiri di atasnya. Maka dari itu, perhitungan ataupun perencanaan galian serta timbunan sangat dibutuhkan. Tidak hanya itu, perhitungan galian dan timbunan dalam sebuah pekerjaan tanah terdapat beberapa syarat, yakni:

1. Proses galian dan timbunan harus sesuai dengan prosedur yang telah tertera di dalam SNI.
2. Hasil galian maupun timbunan memiliki porsi atau volume yang lebih kurang harus seimbang. Berikut ini adalah data hasil galian dan timbunan milik kelompok 5 yang telah dikalkulasikan secara otomatis dengan bantuan *software* Civil 3D.

Tabel 2.9 Data galian dan timbunan

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+000.000	16.40	0.00	0.00	3.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+050.000	49.60	1650.04	1650.04	0.00	99.54	1650.04	1650.04	99.54	1550.50
0+100.000	0.00	1240.10	1240.10	56.02	1400.59	2890.14	2890.14	1500.13	1390.01
0+150.000	0.00	0.00	0.00	331.30	9683.20	2890.14	2890.14	11183.33	-8293.19
0+200.000	0.00	0.00	0.00	721.68	26324.54	2890.14	2890.14	37507.87	-34617.73

0+250.00 0	0.00	0.00	0.00	872.4 5	39853. 11	2890.14	2890.14	77360.9 8	- 74470.8 4
0+300.00 0	0.00	0.00	0.00	966.5 7	45975. 55	2890.14	2890.14	123336. 54	- 120446. 39
0+350.00 0	0.00	0.00	0.00	809.7 5	44408. 06	2890.14	2890.14	167744. 60	- 164854. 45
0+400.00 0	0.00	0.00	0.00	385.7 0	29886. 19	2890.14	2890.14	197630. 79	- 194740. 64
0+450.00 0	0.20	5.01	5.01	241.3 4	15676. 09	2895.16	2895.16	213306. 88	- 210411. 72
0+500.00 0	0.00	5.01	5.01	488.6 0	18248. 72	2900.17	2900.17	231555. 59	- 228655. 42
0+550.00 0	0.00	0.00	0.00	443.4 4	23301. 20	2900.17	2900.17	254856. 79	- 251956. 62

0+600.00 0	0.00	0.00	0.00	357.3 7	20020. 27	2900.17	2900.17	274877. 06	- 271976. 89
0+650.00 0	0.00	0.00	0.00	424.2 0	19539. 13	2900.17	2900.17	294416. 19	- 291516. 02
0+700.00 0	0.00	0.00	0.00	286.0 9	17757. 15	2900.17	2900.17	312173. 34	- 309273. 17
0+750.00 0	9.97	249.36	249.36	14.04	7503.2 8	3149.54	3149.54	319676. 62	- 316527. 08
0+800.00 0	173.5 4	4587.7 5	4587.7 5	0.00	351.07	7737.28	7737.28	320027. 68	- 312290. 40
0+850.00 0	123.0 3	7414.0 9	7414.0 9	0.01	0.34	15151.3 7	15151.3 7	320028. 03	- 304876. 66
0+900.00 0	85.46	5212.1 8	5212.1 8	0.00	0.34	20363.5 5	20363.5 5	320028. 37	- 299664. 82
0+950.00 0	64.52	3749.3 8	3749.3 8	0.00	0.03	24112.9 4	24112.9 4	320028. 39	- 295915. 46
1+000.00 0	155.0 6	5489.4 5	5489.4 5	0.00	0.03	29602.3 9	29602.3 9	320028. 42	- 290426. 03
1+050.00 0	512.8 0	16696. 62	16696. 62	0.00	0.00	46299.0 1	46299.0 1	320028. 42	- 273729. 41

1+100.00 0	895.8 3	35215. 86	35215. 86	0.00	0.00	81514.8 7	81514.8 7	320028. 42	- 238513. 55
1+150.00 0	903.0 0	44970. 79	44970. 79	0.00	0.00	126485. 66	126485. 66	320028. 42	- 193542. 76
1+200.00 0	800.1 0	42577. 42	42577. 42	0.00	0.00	169063. 08	169063. 08	320028. 42	- 150965. 34
1+250.00 0	616.0 3	35403. 08	35403. 08	0.00	0.00	204466. 16	204466. 16	320028. 42	- 115562. 26
1+300.00 0	356.6 5	24316. 84	24316. 84	0.00	0.00	228783. 00	228783. 00	320028. 42	- 91245.4 2
1+350.00 0	394.4 5	18777. 51	18777. 51	0.00	0.00	247560. 51	247560. 51	320028. 42	- 72467.9 1
1+400.00 0	412.2 8	20168. 39	20168. 39	0.00	0.00	267728. 90	267728. 90	320028. 42	- 52299.5 2
1+450.00 0	352.3 4	19115. 55	19115. 55	0.00	0.00	286844. 45	286844. 45	320028. 42	- 33183.9 7
1+500.00 0	274.2 7	15665. 26	15665. 26	0.00	0.00	302509. 71	302509. 71	320028. 42	- 17518.7 1

• *Elevasi Stationing*

Tabel 2.10 Data *elevasi statinoning*

Station	Elevation LEFT	Elevation RIGHT	Keiringan Medan
0+00,00	536,17	531,66	9,02%
0+50,00	539,77	535,09	9,36%
1+00,00	538,58	533,17	10,82%
1+50,00	532,97	529,38	7,18%
2+00,00	527,72	524,62	6,20%
2+50,00	524,88	523,99	1,78%
3+00,00	524,95	524,3	1,30%
3+50,00	530,98	528,85	4,26%
4+00,00	541,61	537,99	7,24%
4+50,00	550,2	540,08	20,24%
5+00,00	547,89	537,08	21,62%
5+50,00	547,74	542,69	10,10%
6+00,00	550,68	547,91	5,54%

6+50,00	552,83	549,02	7,62%
7+00,00	556,14	552,07	8,14%
7+50,00	567,29	561,45	11,68%
8+00,00	572,31	570,83	2,96%
8+50,00	572,13	572,62	0,98%
9+00,00	573,69	573,36	0,66%
9+50,00	574,78	574,39	0,78%
10+00,00	580,72	579,25	2,94%
10+50,00	589,31	588,72	1,18%
11+00,00	598,16	598,66	1,00%
11+50,00	600,34	600,26	0,16%
12+00,00	600,46	600,1	0,72%
12+50,00	600,16	595,95	8,42%
13+00,00	599,72	590,92	17,60%
13+50,00	601,7	593,28	16,84%
14+00,00	603,19	595,1	16,18%
14+50,00	601,59	597,77	7,64%
15+00,00	600,54	597,21	6,66%
15+50,00	593,09	594,57	2,96%
16+00,00	582,52	584,3	3,56%
16+50,00	575	575	0,00%
17+00,00	587,04	583,51	7,06%
17+50,00	601,1	596,54	9,12%
18+00,00	608,24	603,75	8,98%

18+50,00	612,79	607,23	11,12%
19+00,00	613,65	608,12	11,06%
19+50,00	611,53	606,59	9,88%
20+00,00	608,47	604,16	8,62%
20+50,00	601,88	600,18	3,40%
21+00,00	599,7	597,15	5,10%
21+50,00	598,89	596,72	4,34%
22+00,00	598,03	596,3	3,46%
22+50,00	598,26	597,62	1,28%
23+00,00	599,01	598,95	0,12%
23+50,00	599,94	600,7	1,52%
24+00,00	605,49	606,95	2,92%
24+50,00	611,48	613,2	3,44%
25+00,00	617,73	619,44	3,42%

25+50,00	623,98	625,2	2,44%
26+00,00	627,91	627,01	1,80%
26+50,00	631,94	627,81	8,26%
27+00,00	633,35	627,05	12,60%
27+50,00	631,35	625,17	12,36%
28+00,00	626,02	622,21	7,62%
28+50,00	624,66	624,09	1,14%
29+00,00	626,08	625,08	2,00%
29+50,00	625,29	614,81	20,96%
30+00,00	615,39	603,21	24,36%
30+50,00	605,69	599,52	12,34%
31+00,00	601,02	599,93	2,18%
31+50,00	601,33	599,66	3,34%
32+00,00	600,76	599,47	2,58%
32+50,00	600,23	599,14	2,18%
33+00,00	599,55	599,74	0,38%
33+50,00	601,15	601,15	0,00%
34+00,00	601,84	600,78	2,12%
34+50,00	600,39	590,44	19,90%
35+00,00	587,67	574,93	25,48%
35+50,00	582,18	577,29	9,78%
36+00,00	588,81	587,27	3,08%
36+50,00	598,77	597,26	3,02%
37+00,00	602,09	600,19	3,80%
37+50,00	603,66	598,58	10,16%
38+00,00	605,1	598,84	12,52%
38+50,00	604,47	594,29	20,36%
39+00,00	603,31	598,23	10,16%
39+50,00	602,34	598,15	8,38%
40+00,00	601,02	597,4	7,24%
40+50,00	603,29	598,08	10,42%

41+00,00	603,22	602,89	0,66%
41+50,00	599,1	609,13	20,06%
42+00,00	601,25	615,86	29,22%
42+50,00	604,4	622,97	37,14%
43+00,00	608,14	625,14	34,00%
43+50,00	616,01	625,53	19,04%
44+00,00	624,38	630,35	11,94%
44+50,00	633,27	641,22	15,90%

45+00,00	650,01	650,13	0,24%
45+50,00	650,39	650,45	0,12%
46+00,00	650,78	650,58	0,40%
46+50,00	650,65	650,31	0,68%
47+00,00	650,11	649,75	0,72%
47+50,00	648,36	647,37	1,98%
48+00,00	648,34	645,71	5,26%
48+50,00	651,58	646,41	10,34%
49+00,00	648,97	649,73	1,52%
49+50,00	648,74	655,28	13,08%
50+00,00	652,14	662,54	20,80%
50+50,00	661,38	672,03	21,30%
51+00,00	672,05	675,42	6,74%
51+50,00	675,35	674,97	0,76%
52+00,00	674,93	674,87	0,12%
52+50,00	674,96	674,87	0,18%
53+00,00	678,02	675,34	5,36%
53+50,00	682,66	678,25	8,82%
54+00,00	686,61	680,85	11,52%
54+50,00	687,33	681,36	11,94%
55+00,00	688,92	682,86	12,12%
55+50,00	691,37	685,4	11,94%
56+00,00	693,38	687,24	12,28%
56+50,00	689,25	683,8	10,90%
57+00,00	684,81	679,15	11,32%
57+50,00	683,03	675,62	14,82%
58+00,00	689,88	680,7	18,36%
58+50,00	697,47	685,56	23,82%
59+00,00	692,49	685,26	14,46%
59+50,00	679,96	681,53	3,14%
60+00,00	666,9	666,45	0,90%
60+50,00	653,76	650,16	7,20%
61+00,00	652,55	649,73	5,64%
61+50,00	665,8	656,56	18,48%
62+00,00	677,94	668,08	19,72%
62+50,00	691,45	680,66	21,58%
63+00,00	701,72	691,49	20,46%
63+50,00	705,26	696,08	18,36%
64+00,00	702,05	693,38	17,34%

64+50,00	698,31	694,1	8,42%
65+00,00	699,59	697,89	3,40%
65+50,00	710,56	702,82	15,48%
66+00,00	720,97	710,99	19,96%
66+50,00	721,14	711,02	20,24%
67+00,00	711,51	707,25	8,52%
67+50,00	701,65	701,44	0,42%
68+00,00	699,54	699,41	0,26%
68+50,00	699,4	698,95	0,90%
69+00,00	699,92	699,67	0,50%
69+50,00	708,16	701,29	13,74%
70+00,00	713,93	704,65	18,56%
70+40,46	716,65	706,94	19,42%
0	0	707,04	8,97%

2.4 PERKERASAN JALAN

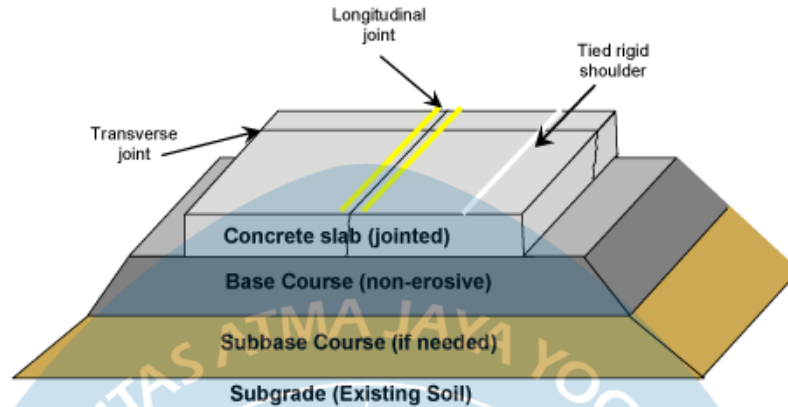
2.4.1 Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku atau perkerasan ring ialah perkerasan yang di buat menggunakan agregat dan semen sebagai bahan pengikat. Mereka memiliki kekakuan yang lebih tinggi daripada perkerasan lentur yang terbuat dari aspal.

Lapisan Perkerasan Kaku

Penulangan digunakan pada perkerasan kaku untuk mengontrol retak daripada memikul beban lalu lintas. Pergerakan ini harus dipertimbangkan karena

perkerasan kaku dapat menyusut karena penyusutan beton selama proses mengeras serta perubahan suhu yang memuai dan menyusut beton.



Gambar 2.8 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

Jenis Perkerasan Kaku

Rigid Pavement memiliki tingkat kekuatan yang cukup tinggi karena menggunakan semen sebagai bahan pengikat dan agregat sebagai bahan utama lapisan beton *Portland Cement (PC)*.

Perkerasan kaku memiliki lima jenis perkerasan, 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*).

2.4.1 Umur Rencana

Penentuan umur rencana sudah diberikan sebelumnya yaitu 35 tahun.

Ketentuan umur rencana bisa dilihat pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Umur Rencana Perkerasan Jalan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	UR
	lapisan berbutir & lapisan berbutir	20
Perkerasan Lentur	Pondasi Jalan	40

	Jalan kota, underpass, jembatan, terowongan, dan perkerasan lainnya untuk wilayah yang tidak dapat dilapisi ulang	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
Perkerasan Kaku	Fondasi jalan, lapis beton semen, lapis fondasi atas dan bawah	
Jalan tanpa penutup	Semua komponen termasuk pondasi jalan	Min 10

Menentukan Volume Sumbu Kendaraan Kumulatif Kelompok a.

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Jumlah lalu lintas akan bertambah seiring umur jalan atau sampai kapasitas jalan penuh. Faktor pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah:

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i}$$

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

I : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun (%)

UR : Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) berdasarkan tabel 2.12 di bawah:

Tabel 2.12 Faktor pertumbuhan lalu-lintas (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri & 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

Tabel 2.13 laju pertumbuhan lalu lintas per tahun:

Jenis Kendaraan	Sumbu	LHR 2023	Kelompok Sumbu	LHR 2058
-----------------	-------	----------	----------------	----------

sepeda motor	2	1640	3280	84623,06296
mobil	2	1350	2700	6965,922866
bus	2	250	500	1289,985716
truk 2 as ringan	2	95	190	490,194572
truk 2 as berat	2	80	160	412,7954291
truk 3 as berat	3	68	204	350,8761147

Faktor pertumbuhan kumulatif digunakan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana (35 tahun):

Dengan Rumus:

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

2.4.2 Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga

Beban lalu lintas diubah ke beban standar (ESA) dengan menghitung total beban ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana untuk menilai struktur perkerasan. Karena kendaraan niaga memiliki berat sumbu yang lebih besar dibandingkan kendaraan penumpang, diperlukan perhitungan beban kendaraan niaga untuk memastikan bahwa perkerasan jalan dapat menahan beban kendaraan niaga. Adapun nilai kelompok sumbu dapat dilihat pada tabel 2.14 untuk nilai VDF MDPJ 2017 sesuai dengan ketentuan jenis kendaraan sesuai data yang diperoleh.

Tabel 2.14 nilai VDF MDPJ 2017

Jenis Kendaraan	Sumbu	LHR 2023	VDF 5	Kelompok Sumbu
Sepeda motor (1)	2	1640	0	3280
Mobil (2)	2	1350	0	2700
Bus (5B)	2	250	1	500
Truk 2 as ringan (6A2)	2	95	0,5	190
Truk 2 as berat (6B2A)	2	80	5,1	160
Truk 3 as berat (7A3)	3	68	62,3	204

Tabel 2.15 VDF Kendaraan Niaga

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan ² yang diangkat	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 ² yang diangkat	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	muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2	muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	-	-	1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2	muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2	muatan umum	3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2	muatan umum	4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22	muatan umum	4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22	muatan umum	5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222	muatan umum	5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222	muatan umum	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.

Menghitung Kumulatif Beban Sumbu Kendaraan (ESA 5)

Nilai VDF dan angka pertumbuhan diperoleh dari Tabel 2.14 dan Tabel 2.15, diperlukan dalam perhitungan ESA 5 dengan umur rencana 35 tahun, maka dibutuhkan nilai kelompok sumbu pada setiap jenis kendaraan dan berdasarkan pertumbuhan lalu lintas regional yang didapatkan pada perhitungan Tabel 2.16 sebagai berikut:

Tabel 2.16 Pertumbuhan lalu lintas regional

Jenis Kendaraan	Jumlah Kel. Sumbu	LHR 2023	LHR 2026	Kelompok sumbu	JKS 20232063	R40
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	
Sepeda Motor (1)	2	1640	18877	37753,54102	2,23E+08	40,376686
Mobil Pribadi (2,3,4)	2	1350	1554	3107,760998	1,83E+07	
Bus (5a,5b)	2	250	288	575,511296	3,39E+06	
Truk 2 as ringan (6a.2)	2	95	109	218,6942925	1,29E+06	
Truk 2 as ringan (6b2.1)	2	80	92	184,1636147	1,09E+06	

Truk 3 as berat (7a3)	3	68	78	234,8086088	1,38E+06
Kumulatif kelompok sumbu kendaraan berat					2,48E + 08

Lalu lintas meningkat sebesar 4,8 % per tahun dari awal tahun 2023. Tahun pertama setelah pembukaan adalah 2026, yang merupakan tahun ketiga setelah 2023, dan periode beban normal MST 12ton dimulai pada tahun 2030, yang merupakan tahun kelima setelah 2023. $(3) = (2) \times (1 + 0,0480)^3$

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

(5) dan (6) dari gambar 4.4

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

$$(8) = (4) \times (6) \times (365) \times 0,50 \times 1 \times R_{23}$$

Diketahui $R_2 = 2,048$ dan $R_{33} = 33,2547016$

2.4.3 Struktur Fondasi Jalan

Setelah menggunakan bagan desain untuk memilih struktur fondasi yang tepat, bisa dipastikan fondasi memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban dari perkerasan jalan dan lalu lintas kendaraan. Tentu hal penting agar dapat memastikan bahwa jalan akan bertahan lama tanpa mengalami kerusakan pada struktural yang signifikan. Fondasi yang kokoh dan stabil sangat penting untuk menjaga keselamatan pengguna jalan. Jika tidak, dapat menyebabkan permukaan yang tidak rata, retakan, atau bahkan longsor. CBR tanah dasar yang diketahui yaitu 4,50%, maka dengan menyesuaikan gambar bagan 2.17 di ketahui data seperti di bawah:

- Kekuatan tanah dasar SG5
- Perbaikan tanah dasar tebal minimum: 100mm

Tabel 2.17 Desain Pondasi Jalan Minimum 2017

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			
≥ 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			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 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⁾ ⁽⁵⁾	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	

2.4.4 Struktur Lapisan Perkerasan

Bagan desain 4 pada MDPJ 2017 menunjukkan ketebalan lapisan.

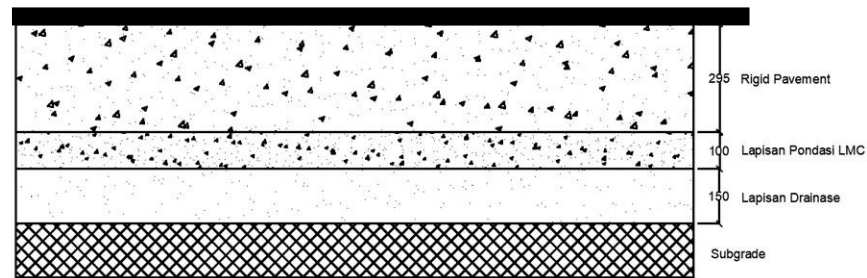
Tabel 2.18 Bagan Desain 4 Perkerasan Kaku Untuk Jalan Dengan Beban Lalu Lintas Berat

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				

Untuk R kami menggunakan R4 di karenakan Faktor Pengalihan Pertumbuhan Lalu Lintas.

Diketahui $R_2 = 2,048$ dan $R_{33} = 33,2547016$

AC – WC



Gambar 2.9 Tebal Lapisan Perkerasan

2.4.5 Menentukan Jenis Sambungan

Untuk desain perkerasan beton semen, berbagai jenis kendaraan memiliki jumlah kelompok sumbu yang berbeda. Tabel berikut menunjukkan umur rencana 35 tahun kendaraan berat dan beban lalu lintas.:

Tabel 2.19 Jumlah kelompok sumbu

Jenis Kendaraan	Sumbu	LHR 2023	VDF 5	Kelompok Sumbu
Sepeda motor (1)	2	1640	0	3280
Mobil (2)	2	1350	0	2700
Bus (5B)	2	250	1	500
Truk 2 as ringan (6A2)	2	95	0,5	190
Truk 2 as berat (6B2A)	2	80	5,1	160
Truk 3 as berat (7A3)	3	68	62,3	204

$$R_{40} = \frac{(1 + 0,01 \times 4,83)^{40} - 1}{0,01 \times 4,83}$$

2.4.6 Menentukan Jenis Bahu Jalan

Bahu yang diperkeras mempunyai keperluan seperti:

- 1) Jika terdapat *kerb* (bahu harus ditutup sampai dengan garis *kerb*).
- 2) Lebih dari 4% untuk gradien jalan
- 3) Sisi yang lebih tinggi dari kurva superelevasi (superelevasi setidaknya 0%).
Yaitu bahu pada sisi superelevasi yang lebih tinggi harus setara superelevasi.
- 4) Ada lebih dari 10.000 kendaraan yang dapat melintasi jalur kereta api lokal (LHRT).

5) Jalan bebas hambatan dan jalan tol.

Material untuk bahu diperkeras bisa berupa:

1. Penetrasi makadam
2. Burtu
3. Beton aspal (AC);
4. Beton semen;
5. Perpaduan bahu beton 500 mm – 600 mm atau pelat beton dengan tied shoulder.

Dari data diperoleh:

Tabel 2.20 Data umur rencana

Umur Rencana	35 Tahun
R	115,0637 %
Beban Rencana Bahu Jalan	8,30E + 06

CTB:

Tabel 2.21 Data lapisan perkerasan jalan

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC BC	60
Fondasi Agregat A	150
CTB	150

Dengan Fondasi Agregat:

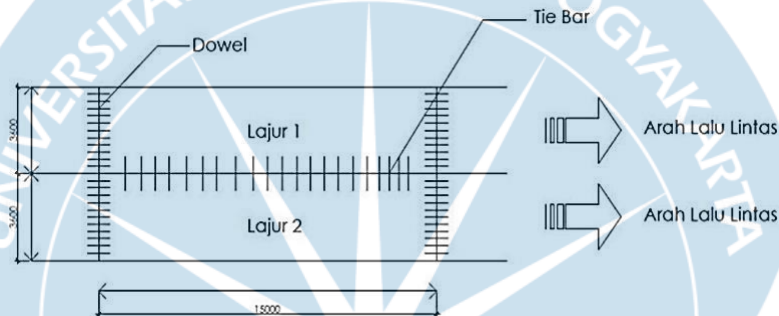
Tabel 2.22 Lapisan perkerasan dengan fondasi agregat

Lapisan	Tebal
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	145
LPA kelas A	300

2.4.7 Determinasikan semua detail desain, termasuk dimensi pelat beton, penulangan pelat, posisi dowel dan bar ikat pinggang, dan persyaratan sambungan.

a. Dowel

Perkerasan jalan beton bersambung, baik dengan tulangan maupun tidak, membutuhkan tulangan. Batang silinder yang biasanya terbuat dari kayu, plastik, atau logam disebut dowel. Batang dowel yang biasanya dipotong menjadi panjang pendek disebut pin dowel.



Gambar 2.10 Tata Letak Sambungan Perkerasan Kaku

Sesuai dengan data tebal pelat yang akan dipakai yaitu 325mm, jadi kebutuhan *dowel* dapat dilihat pada tabel lalu diketahui diameter 38 mm dengan panjang 450 mm dan jarak sepanjang 300mm.

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat (<i>overloaded</i>) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

Gambar 2.11 Perkerasan kaku untuk jalan dengan beban lalu lintas berat **Tabel 2.23** Lapisan perkerasan *dowel*

Tebal Pelat Perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm	Inci	mm
6	150	04-Mar	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

Perkerasan Stabilisasi Semen dan Laburan Parafin

Umur Rencana 35 Tahun

Tebal Pelat Beton 350 mm

Lapis Beton Kurus (LMC) 100

Lapis Drainase (LFA A) 150

Sambungan Dowel dan Tie Bar

Tabel 2.24 Data *dowel*

D - Dowel	D - 10 250
Tebal Dowel	325
Jarak Dowel	300
Panjang Dowel	450
Mutu Baja Grade	360
Ukuran Tie - Bar yang digunakan	16
Asumsikan D-Tie Bar	
AS	933300

b. Tie bar

Untuk menjaga agar tepi dan ujung pelat beton yang berdampingan tetap dalam kontak yang baik satu sama lain, tie bar menggunakan batang tulangan baja ulir.

Tabel 2.25 Hitungan *tie bar*

Nomor Sambungan	Jarak X (meter)	Jarak Maksimum Tie Bar (cm)	
		Ø 12 mm	Ø 16 mm
1	3,6	68	1
2	3	80	2

2.4.8 Melakukan Perhitungan Tulangan

1. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan (JRCP), atau perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (JPCP) memiliki tulangan tambahan dan panjang pelat yang lebih panjang. Panjang pelat JRCP antara 8 dan 15 meter. Sambungan biasanya 7,5m–12m, tetapi ada juga yang sampai 30m.

Tabel 2.26 Perhitungan luas tulangan

Perhitungan luas tulangan		
F		1,8
Fy		370
L (jarak sambungan)		15
		15000
L (Lebar Plat)		15
		15000
h		305
Tulangan Memanjang		
As		261,7395
Luas Tulangan Min		0.14% dari luas penampang beton
As Min		427
Digunakan Tulangan	D14- 125	452
Tulangan Melintang		
As		244,290
Luas Tulangan Min As		0,14 %
As Min		1220
Digunakan Tulangan	D16-125	

Tabel 2.27 Hitungan $f'c$

DIKETAHUI		
$f'c$	15	Mpa

fr	2,4	Mpa
ft	1,2	Mpa
fy	370	Mpa
n	11	
F	1,8	
Es	200000	
Ec	18203,02	Mpa
Ps	0,316	Mpa

Tabel 2.28 Hitungan luas tulangan minimum

Luas Tulangan Minimum AS	0,4	%
As Min	1220	mm ² /m lebar
Diameter	D14	125
Luas tulangan Terpakai	1232	

Tabel 2.29 Pemeriksaan jarak teorita

Pemeriksaan Jarak Teorita		
ft	1,2	Mpa
n	11	
fb	0,39	Mpa
Ec	18203,02	
p	0,00976	
u	285,7142	m ⁻¹
Lcr	0,4377	m

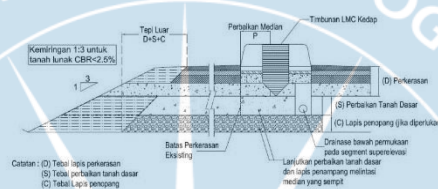
Tabel 2.30 Tulangan melintang

Tulangan melintang		
As	240,9664	mm ² /m Lebar
Luas Tulangan min As	D-6 125	
As Min	427	mm ² /m lebar
Menggunakan	449	mm ² /m lebar

2.4.9 Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan membutuhkan daya dukung tepi yang kokoh, terutama untuk tanah yang lunak atau tanah gambut. Kriteria daya dukung tepi harus ditunjukkan pada gambar kontrak. Minimalnya seperti:

- Setiap lapisan pekerasan harus dipasang dengan lebar yang sama atau lebih besar dari nilai minimum oleh dukungan tepi perkerasan.
- Pada tanah lunak ($\text{CBR} < 2.5\%$) atau tanah gambut, timbunan harus di pasang pada kemiringan yang tidak lebih curam dari 1V: 3H.



Gambar 2.11 Dukungan tepi perkerasan

2.5 Perkerasan Lentur (Aspal)

Aspal digunakan sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur. Sifat-sifat lapisan perkerasan menopang dan menyebarkan beban kendaraan ke tanah dasar. Pada lalu lintas ringan dengan beban kecil, perkerasan lentur umumnya digunakan karena beban kendaraan berat dan kondisi cuaca sangat memengaruhi struktur. Perkerasan lentur memuat berbagai lapisan yang di hamparkan di atas tanah dasar yang telah di padatkan sebelumnya. Lapisan perkerasan lentur berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas, lalu didistribusikan ke lapisan yang lebih rendah.

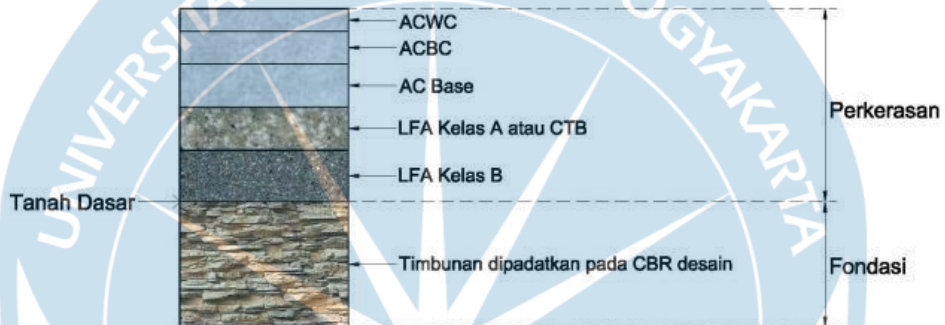
Menurut metode bina marga, perencanaan perkerasan lentur disusun berdasarkan beberapa urutan prioritas., dan nilai hasil dari setiap urutan prioritas ini dihitung sebelum proses dimulai. Faktor-faktor berikut harus dipertimbangkan: jenis kerusakan jalan; survey lalu lintas rata-rata setiap hari; beban kumulatif sumbu kendaraan (ESA4); kelelahan lapisan aspal (ESA5); harga CBR; dan daya dukung tanah dasar. Setiap jenis perkerasan dan penanganannya telah disesuaikan dan ditetapkan untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan metode bina marga. MDPJ tahun 2017 menunjukkan perubahan ini (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017). Termasuk jenis struktur perkerasan baru ini adalah:

1. Perkerasan permukaan tanah asli (*At Grade*)



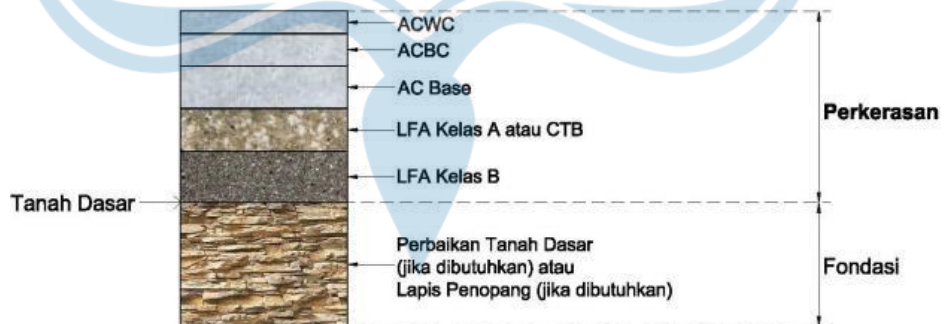
Gambar 2.12 Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

2. Perkerasan pada timbunan



Gambar 2.13 Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

3. Perkerasan pada galian.



Gambar 2.14 Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

2.5.1 Menentukan Umur Rencana

Umur rencana untuk perkerasan jalan baru minimal harus dua puluh tahun. Sebaliknya, umur rencana untuk lapis tambah (overlay) harus minimal sepuluh tahun (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

2.5.2 Umur Rencana Sesuai Nilai ESA4 atau ESA5

Tabel 2.31 Nilai VDF untuk tipe kendaraan niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	8,0	11,9	6,5	8,8
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Perhitungan komulatif beban (ESA5) selain menggunakan VDF berdasarkan tabel 2.16 maka didapatkan angka pertumbuhan lalu lintas regional pada 2.17. Tabel 2.32 Angka pertumbuhan lalu lintas regional

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Ratarata Indonesia
Arteri & 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

Karena arteri dan kota melayani angkutan umum dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk terbatas.

2.5.3 Tipe Perkerasan

Sesuai volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan, tabel berikut menunjukkan cara memilih tipe jalan perkerasan.

Tabel 2.33 Tipe 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 ≥ 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 ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	1, 2	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis di atas lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LFA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi <i>Soil Cement</i>	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Pilih perkerasan dengan nilai ESA >30-200, modifikasi AC WC atau SMA dengan CBT (ESA pangkat 5) & tebal AC lebih dari 100 milimeter dengan lapis pondasi berbutir. Maka memilih kontraktor yang memiliki kapasitas sumber daya yang cukup.

2.5.4 Segmen Tanah Dasar Dengan Daya Dukung Yang Seragam

Rencana jalan dibagi sesuai sama panjang dengan kriteria pondasi jalan yang sama:

- a) Jika data pengujian yang cukup valid (minimal 16) tersedia untuk setiap segmen yang dianggap seragam, formula berikut dapat digunakan:

$$\text{CBR Karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - f \times \text{Standar Deviasi}$$

$$= 8,17714 - 4,16632 \times 1,645$$

$$= 6,5978$$

- b) Koefisien variasi maksimum dari data CBR dari segmen seragam tersebut tidak boleh lebih dari 30%; untuk arteri dan jalan kolektor, nilai f biasanya 1,3, dan untuk jalan tol atau bebas hambatan.
- c) Bila nilai CBR segmen jalan yang paling rendah dapat digunakan sebagai nilai wakil terkecil jika set data kurang dari 16 bacaan. Nilai CBR yang paling rendah dalam set data dapat menunjukkan bahwa area tersebut membutuhkan penanganan khusus. Nilai CBR yang paling rendah dapat di temui saat menghitung nilai CBR karakteristik. Setelah

itu, data yang berbeda harus disiapkan untuk menangani nilai tersebut. Nilai CBR karakteristik desain adalah nilai minimum yang ditunjukkan di atas berdasarkan data valid berdasarkan:

- Data CBR dari laboratorium di rendam selama 4 hari atau,
- Data DCP yang ditentukan berdasarkan musim atau,
- Nilai CBR yang dibatasi sesuai dengan *atterberg* (Bagan Desain1).

Tabel 2.33 Nilai CBR

	Stasiun						
	1+000,000	2+000,000	3+000,000	4+000,000	5+000,000	6+000,000	6+969,490
95% MDD (gr/cm3)	1,54	1,63	1,65	1,68	1,71	1,76	1,65
CBR Value (%)	5,16	7,4	8,16	8,75	9,32	10,29	8,16

CBR RATA RATA	8,177143
JUMLAH CBR	57,24
SD	4,166321
CBR DESIGN	4,010822
CBR TANAH DASAR	4,50%
CBR KARAKTERISTIK	6,597803

- $f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$ (probabilitas 90%) untuk jalan kolektor dan arteri.
- $f = 0,842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.
- Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan.

$$n \left(\sum_{1}^n CBR^2 \right) = \text{Standar Deviasi} = \text{simpangan baku}$$

$$= \sqrt{\frac{n \left(\sum_{1}^n CBR^2 \right) - \left(\sum_{1}^n CBR \right)^2}{n(n-1)}}$$

$$= 4838,66$$

$$\left(\sum_{1}^n CBR \right)^2 = 3276,42$$

$$= 90$$

$$\frac{\quad}{n(n-1)}$$

2.5.5 Struktur Fondasi Perkerasan

Stabilitas jalan secara keseluruhan ditingkatkan dengan fondasi perkerasan yang baik. Jika tanah dasar tidak stabil untuk menanggung perkerasan jalan secara langsung, maka dapat dibuat lapisan yang lebih stabil di bawahnya untuk mencegah kelebihan penurunan atau pergeseran. Dengan memilih struktur fondasi perkerasan jalan yang sesuai, dapat meningkatkan umur pakai. Fondasi yang kokoh dan stabil bisa meminimalisir kerusakan atau deformasi yang disebabkan oleh beban kendaraan dan faktor lingkungan.

Tabel 2.33 CBR TANAH DASAR

STRUKTUR PONDASI PERKERASAN	
CBR TANAH DASAR	4,50
Kelas Kekuatan Tanah Dasar	SG5
Perkerasan Lentur	350
Perkerasan Kaku	300

Tabel 2.34 Lapisan Perkerasan

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	145
Fondasi Agregat A	150
CTB	150

Tabel 2.35 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan CTB

	F1 ²	F2	F3	F4	F5
	Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 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 ⁸ ESA5)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan berpegang	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 ³	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Untuk peninjauan CBT yang ekonomis untuk jalan dengan beban lalu lintas, data F3 digunakan pada bagan desain 3. Dengan nilai repitisi sumbu kumulatif empat puluh tahun, digunakan antara 50 dan 100 mm.

Tabel 2.36 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan HRS

Bagan Desain - 3A Desain Perkerasan Lentur dengan HRS¹

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	FF1 < 0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10% ³	150	125

Tabel 2.37 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum dengan Lapis Fondasi Berbutir

	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	$\geq 2 - 7$	> 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				

Tabel 2.38 Lapisan Perkerasan

Lapisan	Tebal (mm)
AC WC	40
AC BC	60
AC Base	145
LPA KELAS A	300

Karena nilai kumulatif beban sumbu ESA5 100-200 mm dengan struktur perkerasan FFF4 merupakan kondisi perkerasan kaku dan CBT tidak praktis, lebih baik untuk memakai desain bagan 3 dan 3B untuk perkerasan lentur.

2.5.6 Standar Drainase Bawah Permukaan Yang Dibutuhkan

Untuk mengalirkan air yang meresap ke bawah permukaan tanah, drainase bawah permukaan digunakan. Jenis drainase berfungsi membantu mempertahankan kekuatan tanah dasar. Apabila tekanan air yang meningkat bisa mengurangi daya dukung dan stabilitas tanah apabila air terperangkap di bawah perkerasan. Ini dapat menyebabkan penurunan dan pergeseran pada tanah dasar, yang berdampak negatif pada struktur jalan secara keseluruhan dalam jangka panjang. **Tabel 2.39** Standar Drainase Bawah Permukaan

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)	
	800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase)	
	600 (tanah dasar normal)	
Jalan Sedang	600	500 (banjir 10 tahunan)
Jalan Kecil	400	NA

2.5.7 Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan membutuhkan banyak daya dukung tepi, terutama di tanah lunak atau gambut. Ketentuan daya dukung tepi harus dijelaskan secara rinci dalam gambar kontrak. Minimal persyaratan adalah:

- Setiap lapisan pekerasan harus dipasang sesuai lebar yang sama atau lebih besar dari nilai minimum dukungan tepi perkerasan.
- Untuk tanah lunak (CBR <2.5%) atau tanah gambut, timbunan harus dipasang pada kemiringan yang tidak lebih curam dari 1V: 3H.

2.5.8 Kebutuhan Pelapisan (Sealing) Bahu Jalan

Tebal lapis bahu LFA kelas S harus setara dengan lapis beraspal, tetapi tidak lebih dari 200 mm; lapis beraspal tidak boleh lebih dari 125 mm, dan indeks plastisitas (IP) harus antara 4% dan 12%.

1. bahu diperkeras
2. material bahu diperkeras
3. lalu lintas untuk desain bahu
4. hitung desain perkerasan bahu jalan

Tabel 2.40 Hitungan CBR

Stasiun	1+000,000	2+000,000	3+000,000	4+000,000	5+000,000	6+000,000	6+969,490
CBR	5,16	7,4	8,16	8,75	9,32	10,29	8,16
Kelas Kekuatan Tanah Dasar	SG5	SG6	SG6	SG6	SG6	SG6	SG6
Bagan Desain 3A	Diminta perkerasan lentur dengan HRS tetapi menurut Catatan Bagan Desain- 3A poin 2 Alternatif HRS tidak sesuai dengan tanjakan curam dan daerah perkotaan dengan beban lebih besar dari 2 juta ESA5. Maka menggunakan Bagan Desain 3						
Bagan Desain 3	Karena nilai ESA5 > 10 juta, maka menggunakan desain perkerasan lentur 3 - F1						
AC WC	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	75	75	75	75	75	75	75
CTB	150	150	150	150	150	150	150
LFA Kelas A	150	150	150	150	150	150	150
Struktur Pondasi	350	300	300	200	100	850	850
Tebal Total	475	475	475	475	475	475	475
Beban rencana bahu jalan	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
Pembulatan	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06	2,00E+06
Kebutuhan Penutup	470	440	400	380	350	331	400
Struktur Perkerasan Bahu Jalan							
Lapisan	Tebal (mm)						
LFA Kelas S	170	170	170	170	170	170	170
LFA Kelas A	305	305	305	305	305	305	305
Fondasi : lapis penopang	350	300	300	200	100	850	850

BAB III PERENCANAAN DRAINASE