

BAB II

PERANCANGAN GEOMETRI DAN PERKERASAN JALAN

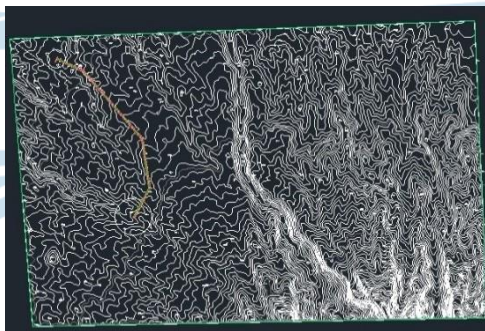
2.1 Penentuan Alternatif Trase

2.1.1 Alternatif Trase

Perencanaan alinemen horizontal menggunakan *software* Autocad Civil3D dalam perencanaan trase jalan agar sesuai dengan standar yang aman bagi pengendara. Trase jalan adalah garis sumbu lurus dan saling terhubung antara suatu titik dengan titik lainnya sehingga terjadi suatu trase. Trase Jalan dalam perancangan jalan harus sesuai dengan peta topografi yang akan di tinjau dan trase jalan ini adalah acuan dalam menetapkan tinggi muka tanah dasar. Penentuan Trase jalan dengan menggunakan *software* Civil3D sangat mempermudah sehingga tidak perlu menghitung letak stationing pada trase jalan karena sudah secara otomatis.

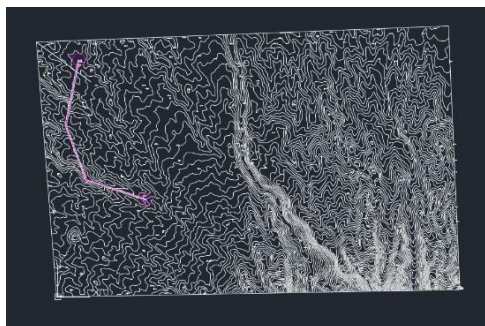
Sesuai dengan syarat aturan jalan (AASHTO 2011) sehingga diperlukan beberapa alternatif trase untuk mendekati standar keamanan yang ada.

a. Trase 1



Gambar 2. 1 Alternatif Trase Jalan 1

b. Trase 2

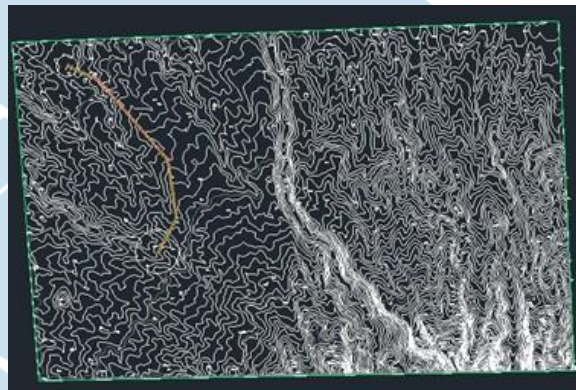


Gambar 2. 2 Alternatif Trase Jalan 2

2.1.2 Trase Yang Terpilih

Dengan alternatif trase yang sudah di rencanakan, akan di tentukan satu

trase dalam perancangan jalan raya di wilayah Batu. Di perlukan beberapa pertimbangan dalam pemilihan trase karena pemilihan trase tidak hanya berdasarkan bentuk trase, tetapi harus memperhatikan kondisi lapangan dimana mencakup kondisi situasi lapangan yang memungkinkan untuk dibuat trase yang baik dan dengan tujuan yang penting dalam memastikan keefisiensi keamanan, konstruksi serta lingkungan sekitar. Trase pada perencanaan jalan menghubungkan titik A sebagai titik awal dan titik B sebagai titik akhir. Trase yang terpilih mengacu pada persyaratan (AASHTO 2011) seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. 3 Trase jalan yang akan di gunakan

2.2 Alinemen Horizontal

Perencanaan alinemen horizontal pada suatu daerah jalan dengan menggunakan autocad dan civil 3D akan lebih mempermudah perencanaan sesuai dengan standar yang di inginkan. Alinemen horizontal adalah trase jalan yang merupakan sumbu jalan yang tegak lurus terhadap suatu bidang (horizontal) dan akan terdiri dari garis lurus serta garis lengkung. Pada perencanaan garis lengkung hubungan design speed dan hubungan antara keduanya dengan superelevasi saling berhubungan dan akan saling mempengaruhi karena pada umumnya jalan adalah sebagian berbentuk melengkung, berbentuk busur lingkaran dan juga berbentuk lurus serta jalan yang terhubung tanpa lengkung peralihan adalah lengkung peralihan yang akan mempengaruhi kecepatan kendaraan pengendara dan sangat berpengaruh terhadap bagian dari alinemen horizontal itu sendiri seperti elemen-elemen jalan yang terdiri dari rambu batas kecepatan. Tentu perlu ketelitian dalam merencanakan desain alinemen karena menyesuaikan dengan letak topografi trase tersebut.

2.2.1 Penetapan Stationing

Penetapan titik stationing merupakan hasil dari perancangan titik desain tikungan. Di perlukan *sofftware* seperti *Civil3D* untuk mempermudah dalam penentuan titik design tikungan sehingga di dapati titik koordinat sesuai dengan kontur daerah dari perencanaan trase jalan di wilayah Batu. Berikut merupakan titik tikungan yang di gunakan dalam perencanaan:

Tabel 2.1 Perencanaan Titik Desain Tikungan

TITIK		Perhitungan	Stationing
A		Sta.A	0+000,000
Tikungan 1 (SCS)	TS	Sta.A+d1-TS1	1+069,280
	SC	Sta.TS+LS	1+189,280
	CS	Sta.SC+LC	1+989,320
	ST	Sta.CS+LS	2+109,320
Tikungan 2 (SCS)	TS	Sta.ST + d2 -TS1 - TC2	2+189,080
	SC	Sta.TC+LC	2+369,080
	CS	Sta.SC+LC	3+834,270
	ST	Sta.CS+LS	4+014,270
B		Sta.CT + d3 - TC	4+876,310

2.2.2 Perencanaan Tikungan

a. Desain perancangan jalan pada wilayah Batu:

Tabel 2.2 Kriteria Desain Perancangan

Kriteria Desain		
Klasifikasi Medan	Bukit 4/2t	
Konfigurasi Jalan		
Kecepatan Rencana	80	km/h
Lebar Rumaja	31	m
Lebar Ruwasja	25	m
Lebar Lajur	15	m
Lebar Bahu Dalam	3.5	m
Lebar Bahu Luar	0.5	m
Lebar Median	1	m
Superelevasi Normal	2	m
Superelevasi Bahu	3	%
Superelevasi Maksimum	6	%
Kelandaian Maksimum	8	%

Menganalisis kriteria desain merupakan proses yang di lakukan setelah adanya pemilihan trase yang akan di gunakan. Topografi medan jalan mempunyai pengaruh terhadap perencanaan alinemen horizontal dan vertikal jalan, serta

kecepatan desain seperti pada tabel 2.2. Topografi medan jalan di kelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu: datar, bukit dan gunung yang dimana memiliki kriteria kemiringan medan dan diukur tegak lurus terhadap garis konturnya. Berikut klasifikasi medan jalan yang ada pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Klasifikasi Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan %
1	Datar	D	< 10
2	Bukit	B	10 -25
3	Gunung	G	> 25

Tujuan perencanaan tikungan tentu akan menciptakan jalur yang aman serta nyaman untuk pengendara sesuai dengan kecepatan yang berlaku. Berikut merupakan perhitungan sudut tikungan yang aman dan nyaman dari perencanaan:

Tabel 2.4 Perhitungan sudut Tikungan

TITIK	KOORDINAT		JARAK			Azimuth	Sudut Tikungan
	X	Y	ΔX (m)	ΔY (m)	d (m)	α	
A	7.120.350	80.330.540					
PI1	14.982.855	76.727.770	7862505	-3602770	8648637,84	114,61828	24,463
PI2	32.671.518	56.320.663	17688663	-20407107	27006273,6	139,0816	32,123
PI3	34.961.248	41.521.393	2289730	-14799270	14975355	171,20498	36,736
B	30.267.480	32.671.835	-4693768	-8849558	10017291,8	207,94129	

b. Penentuan Tikungan Alinemen Horizontal

Pada perencanaan alinemen Horizontal dengan diketahui kecepatan rencana sebagai berikut:

Kriteria Perancangan	
V rencana	80
e max	8
f max	0,14
R min	229,0623

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

Perhitungan Tikungan 1 ($\Delta = 105,460^\circ$)

$$R_{\min} = VR^2 / (127 (e + f_{\max}))$$

$$= 70^2 / (127 (0,08 + 0,15)) = 167,75077 \text{ m}$$

$$\bullet \Delta = 105,460^\circ \rightarrow R_c = 900 \text{ m}$$

$$\bullet V_d = 70 \text{ km/jam}$$

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

$$\bullet e_d = 5,4\% \text{ (Tabel Matric Referensi AASHTO)}$$

$$\bullet \text{Asumsi awal jenis tikungan} = \text{SCS}$$

$$\bullet L_s \text{ desain} = 140 \text{ m}$$

- Menghitung Sudut Lengkung Spiral (θ_s)

$$\Delta_c = \Delta - 2 \times \theta_s$$

$$\Delta_c = 105,460^\circ - 2 \times 4,456^\circ$$

$$\Delta_c = 96,547^\circ$$

- Menghitung Panjang Bujur Lingkaran (L_c)

$$L_c = (\Delta_c) / 360 \times 2 \pi R = (24,031^\circ) / 360 \times 2 \pi \times 1500 = 186,921 \text{ m}$$

- Menghitung X_s dan Y_s

$$Y_s = \frac{L_s^3}{6R_c L_s} = \frac{L_s^3}{6R_c} = \frac{100}{6 \times 672} = 2,480 \text{ m}$$

$$X_s = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} = 180 - \frac{100^2}{40 \times 672^2} = 99,945 \text{ m}$$

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

$$\theta = 4,263^\circ$$

$$p^* = 0,621 \text{ m}$$

$$k^* = 49,991 \text{ m}$$

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

$$Es = (Rc + p) \cdot \sec \Delta 2 - R = (672 + 0,621) \sec \frac{24,46}{2} - 672 = 16,245 \text{ m}$$

- Menghitung Jarak antara Perpotongan bagian Lurus (P1) dengan TS/ST(Ts)

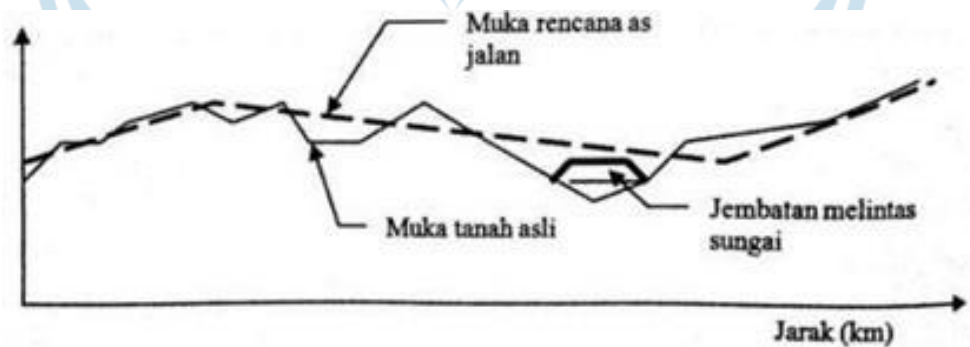
$$Ts = (Rc + p) \cdot \tan \Delta 2 + k = (672 + 0,621) \tan \frac{24,46}{2} + 49,991 = 195,806 \text{ m}$$

- Menghitung Panjang Busur Keseluruhan (L total)

$$L = Lc + 2 \times Ls = 186,921 + 2 \times 100 = 386,921 \text{ m}$$

2.3 Perancangan Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal adalah sumbu jalan pada bidang vertikal, yang dimana alinemen vertikal penampang jalan yang memanjang. Perlunya agar perancang dapat menetapkan desain alinemen vertikal untuk transisi terhadap elevasi jalan diantara dua buah bidang yang landai. Alinemen vertikal dibedakan menjadi 2 lengkung yaitu lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung. Permukaan jalan yang terdiri dari bagian lurus akan di sebut tangen vertikal dan pada bagian lengkung disebut lengkung vertikal jalan. Berikut pada gambar di bawah ini merupakan contoh lengkung vertikal yang menghubungkan 2 bagian tangen vertikal yang landai.



Gambar 2. 4 Alinyemen Vertikal beserta penampang jalan.

Pada perencanaan alinyemen vertikal trase jalan beberapa hal yang harus perhatikan/diperhitungkan contohnya elevasi pada stasiun trase yang akan di tinjau, khususnya pada superelevasi tikungan dan jarak pandang henti. Perencanaan tersebut akan sangat mempermudah dalam penentuan trase jalan yang nyaman serta aman bagi pengendara.

2.3.1 Elevasi Stationing

Elevasi stationing sangat penting karena dengan adanya elevasi stationing kita akan mengetahui beda antara elevasi tanah dasar dan elevasi rencana sumbu

trase jalan terencana. Data elevasi stationing penting untuk kebutuhan tanah timbunan serta galian dan dapat mengetahui kapasitas perkuatan terhadap muka tanah asli pada setiap titik, dengan begitu kita dapat mencegah atau mengurangi resiko untuk terjadinya longsor pada suatu daerah trase jalan khususnya trase terencana yang berada pada wilayah perbukitan yang memiliki banyak lereng curam pada setiap segmennya.

Tabel 2. 5 Elevasi Stationing pada alinemen Vertikal

PVI	Sta	A	B	Elevation Existing	Desain Elevasi	Perbedaan Elevasi	Titik
0	0+000,00	722,4493	8055,7816	241,38	241,38	0	Awal
1	0+050,00	767,9044	8034,953	246,17	236,03	10,14	Regular
2	0+100,00	813,3596	8014,1245	250	230,69	19,31	Regular
3	0+150,00	858,8148	7993,296	245,42	225,39	20,03	Regular
4	0+200,00	904,2699	7972,4674	233,85	220,39	13,46	Regular
5	0+250,00	949,7251	7951,6389	221,55	215,74	5,81	Regular
6	0+300,00	995,1803	7930,8103	207,37	211,39	-4,02	Regular
7	0+350,00	1040,6354	7909,9818	199,99	207,08	-7,09	Regular
8	0+400,00	1086,0906	7889,1533	199,92	203,45	-3,53	Regular
9	0+450,00	1131,5457	7868,3247	201,05	201,65	-0,6	Regular
10	0+500,00	1177,0009	7847,4962	204,46	201,7	2,76	Regular
11	0+550,00	1222,4561	7826,6676	208,5	202,92	5,58	Regular
12	0+600,00	1267,9112	7805,8391	213,18	204,16	9,03	Regular
13	0+650,00	1313,3664	7785,0106	215,72	205,39	10,33	Regular
14	0+700,00	1358,8216	7764,182	207,27	206,63	0,63	Regular
15	0+750,00	1404,2767	7743,3535	204,96	207,87	-2,91	Regular
16	0+800,00	1449,7319	7722,5249	211,62	209,45	2,17	Regular
17	0+850,00	1495,1871	7701,6964	221,66	212,11	9,54	Regular
18	0+900,00	1533,0906	7670,7918	230,32	215,89	14,42	Regular
19	0+950,00	1565,8398	7633,0096	236,56	220,45	16,11	Regular
20	1+000,00	1598,589	7595,2275	242,69	225,03	17,67	Regular
21	1+050,00	1631,3382	7557,4453	248,95	229,61	19,34	Regular
22	1+100,00	1664,0873	7519,6632	250,15	234,19	15,96	Regular
23	1+150,00	1696,8365	7481,881	254,09	238,77	15,32	Regular
24	1+200,00	1729,5857	7444,0988	261,88	243,35	18,53	Regular
25	1+250,00	1762,3349	7406,3167	270,34	247,93	22,41	Regular
26	1+300,00	1795,084	7368,5345	270,48	252,51	17,97	Regular
27	1+350,00	1827,8332	7330,7523	261,86	257,1	4,77	Regular
28	1+400,00	1860,5824	7292,9702	255,18	261,68	-6,5	Regular
29	1+450,00	1893,3316	7255,188	261,12	266,26	-5,14	Regular
30	1+500,00	1926,0807	7217,4059	271,48	270,84	0,64	Regular
31	1+550,00	1958,8299	7179,6237	283,2	275,38	7,81	Regular
32	1+600,00	1991,5791	7141,8415	291,65	279,69	11,96	Regular
33	1+650,00	2024,3283	7104,0594	295,09	283,72	11,38	Regular
34	1+700,00	2057,0774	7066,2772	293,55	287,5	6,05	Regular

35	1+750,00	2089,8266	7028,4951	297,2	291,25	5,95	Regular
36	1+800,00	2122,5758	6990,7129	299,55	295	4,55	Regular
37	1+850,00	2155,3249	6952,9307	304,67	298,75	5,92	Regular
38	1+900,00	2188,0741	6915,1486	310,28	302,5	7,78	Regular
39	1+950,00	2220,8233	6877,3664	315,83	306,26	9,57	Regular
40	2+000,00	2253,5725	6839,5843	321,45	310,09	11,35	Regular
41	2+050,00	2286,3216	6801,8021	325,09	314,01	11,08	Regular
42	2+100,00	2319,0708	6764,0199	325,87	318	7,87	Regular
43	2+150,00	2351,82	6726,2378	330,7	322	8,7	Regular
44	2+200,00	2384,5692	6688,4556	337,02	326	11,02	Regular
45	2+250,00	2417,3183	6650,6735	342,3	330	12,3	Regular
46	2+300,00	2450,0675	6612,8913	346,11	334	12,11	Regular
47	2+350,00	2482,8167	6575,1091	351,22	338	13,22	Regular
48	2+400,00	2515,5659	6537,327	354,86	342	12,86	Regular
49	2+450,00	2548,315	6499,5448	358,39	345,94	12,45	Regular
50	2+500,00	2581,0642	6461,7627	361,8	349,44	12,36	Regular
50	2+550,00	2613,8134	6423,9805	365,21	352,44	12,77	Regular
51	2+600,00	2646,5625	6386,1983	368,24	355	13,24	Regular
52	2+650,00	2679,3117	6348,4162	371,38	357,5	13,88	Regular
53	2+700,00	2712,0609	6310,634	374,22	360	14,22	Regular
54	2+750,00	2744,8101	6272,8519	375,33	362,5	12,83	Regular
55	2+800,00	2777,5592	6235,0697	375,25	365	10,25	Regular
56	2+850,00	2810,3084	6197,2875	375,09	367,47	7,62	Regular
57	2+900,00	2843,0576	6159,5054	372,21	369,77	2,44	Regular
58	2+950,00	2875,8068	6121,7232	369,37	371,85	-2,48	Regular
59	3+000,00	2908,5559	6083,9411	365,92	373,75	-7,83	Regular
60	3+050,00	2941,3051	6046,1589	363,44	375,63	-12,19	Regular
61	3+100,00	2974,0543	6008,3767	362,95	377,5	-14,55	Regular
62	3+150,00	3006,8035	5970,5946	364,71	379,38	-14,66	Regular
63	3+200,00	3039,5526	5932,8124	368,01	381,25	-13,24	Regular
64	3+250,00	3072,3018	5895,0303	371,65	383,13	-11,48	Regular
65	3+300,00	3105,051	5857,2481	374,62	385	-10,38	Regular
66	3+350,00	3137,8002	5819,4659	378,48	386,88	-8,4	Regular
67	3+400,00	3170,5493	5781,6838	383,32	388,75	-5,43	Regular
68	3+450,00	3203,2985	5743,9016	388,16	390,63	-2,47	Regular
69	3+500,00	3236,0477	5706,1195	393,01	392,5	0,51	Regular
70	3+550,00	3268,7968	5668,3373	397,86	394,38	3,48	Regular
71	3+600,00	3293,2758	5626,7238	401,55	396,25	5,3	Regular
72	3+650,00	3300,9208	5577,3117	407,73	398,26	9,48	Regular
73	3+700,00	3308,5658	5527,8997	413,56	401,17	12,39	Regular
74	3+750,00	3316,2108	5478,4876	419,15	405,13	14,02	Regular
75	3+800,00	3323,8558	5429,0755	424,45	410	14,45	Regular
76	3+850,00	3331,5008	5379,6634	425,92	415	10,92	Regular
77	3+900,00	3339,1458	5330,2513	430,26	420	10,26	Regular
78	3+950,00	3346,7908	5280,8392	437,32	425	12,32	Regular
79	4+000,00	3354,4358	5231,4271	444,39	430	14,39	Regular

80	4+050,00	3362,0808	5182,0151	450	434,83	15,17	Regular
81	4+100,00	3369,7258	5132,603	447,84	438,44	9,41	Regular
82	4+150,00	3377,3708	5083,1909	445,98	440,66	5,32	Regular
83	4+200,00	3385,0158	5033,7788	448,3	441,67	6,63	Regular
84	4+250,00	3392,6608	4984,3667	450,33	442,5	7,83	Regular
85	4+300,00	3400,3057	4934,9546	450,69	443,33	7,36	Regular
86	4+350,00	3407,9507	4885,5426	450,61	444,17	6,44	Regular
87	4+400,00	3415,5957	4836,1305	450,35	445	5,35	Regular
88	4+450,00	3423,2407	4786,7184	448,79	445,83	2,96	Regular
89	4+500,00	3430,8857	4737,3063	449,03	446,67	2,36	Regular
90	4+550,00	3438,5307	4687,8942	452,47	447,5	4,97	Regular
91	4+600,00	3446,1757	4638,4821	455,16	448,33	6,83	Regular
92	4+650,00	3453,8207	4589,0701	457,61	449,16	8,45	Regular
93	4+700,00	3461,4657	4539,658	457,85	449,96	7,89	Regular
94	4+750,00	3469,1107	4490,2459	459	450,71	8,29	Regular
95	4+800,00	3476,7557	4440,8338	461,19	451,43	9,76	Regular
96	4+850,00	3484,4007	4391,4217	461,93	452,14	9,78	Regular
97	4+900,00	3492,0457	4342,0096	458,82	452,86	5,96	Regular
98	4+950,00	3499,6907	4292,5976	452,57	453,57	-1	Regular
99	5+000,00	3507,3357	4243,1855	448,74	454,29	-5,54	Regular
100	5+050,00	3514,9807	4193,7734	450,78	455	-4,22	Regular
101	5+100,00	3520,4893	4144,7216	455	455,71	-0,71	Regular
102	5+150,00	3497,061	4100,5502	449,84	456,43	-6,59	Regular
103	5+200,00	3473,6327	4056,3788	449,06	457,14	-8,08	Regular
104	5+250,00	3450,2044	4012,2074	451,83	457,86	-6,02	Regular
105	5+300,00	3426,776	3968,036	461,13	458,57	2,56	Regular
106	5+350,00	3403,3477	3923,8646	467,07	459,21	7,85	Regular
107	5+400,00	3379,9194	3879,6932	471,25	459,33	11,92	Regular
108	5+450,00	3356,491	3835,5217	475,07	458,87	16,21	Regular
109	5+500,00	3333,0627	3791,3503	475,47	457,88	17,59	Regular
110	5+550,00	3309,6344	3747,1789	475,82	456,82	19	Regular
111	5+600,00	3286,206	3703,0075	475,3	455,76	19,54	Regular
112	5+650,00	3262,7777	3658,8361	468,34	454,73	13,6	Regular
113	5+700,00	3239,3494	3614,6647	452,77	453,91	-1,14	Regular
114	5+750,00	3215,9211	3570,4933	438,98	453,3	-14,33	Regular
115	5+800,00	3192,4927	3526,3219	429,71	452,89	-23,18	Regular
116	5+850,00	3169,0644	3482,1505	434,16	452,49	-18,34	Regular
117	5+900,00	3145,6361	3437,9791	440,29	452,1	-11,81	Regular
118	5+950,00	3122,2077	3393,8077	445,67	451,71	-6,04	Regular
119	6+000,00	3098,7794	3349,6363	450,43	451,31	-0,89	Regular
120	6+030,68	3075,3511	3305,4648	452,47	450,92	1,55	Akhir

2.3.2 Superelevasi Tikungan

Pada perhitungan superelevasi, perhitungan sampai jarak *runoff* atau *runout* di kalkulasikan secara otomatis dengan menggunakan civil3D kemudian akan disesuaikan dengan data dari excel sebelumnya. Berikut merupakan data superelevasi setiap tikungan yang di peroleh dari Civil 3D:

1. Tikungan pertama (SCS)

Curve 1									
Transition In Region	0+595.58m	0+765.58m	170.00m						
Runout	0+595.58m	0+645.58m	50.00m						
End Normal Crown	0+595.58m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Level Crown	0+645.58m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Runoff	0+645.58m	0+765.58m	120.00m						
Level Crown	0+645.58m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Reverse Crown	0+758.08m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Begin Full Super	0+765.58m			6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Begin Curve	0+765.58m								
Transition Out Region	0+958.97m	1+128.97m	170.00m						
Runoff	0+958.97m	1+078.97m	120.00m						
End Full Super	0+958.97m			6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
End Curve	0+958.97m								
Reverse Crown	0+966.47m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Level Crown	1+078.97m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Runout	1+078.97m	1+128.97m	50.00m						
Level Crown	1+078.97m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Begin Normal Crown	1+128.97m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%

Gambar 2. 5 Superelevasi Tikungan pertama dari Civil3d

2. Tikungan kedua (SCS)

Curve 2									
Transition In Region	3+238.77m	3+408.77m	170.00m						
Runoff	3+238.77m	3+288.77m	50.00m						
End Normal Crown	3+288.77m			-6.00%	3.00%	3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Level Crown	3+288.77m			-6.00%	3.00%	3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Runoff	3+288.77m	3+408.77m	120.00m						
Level Crown	3+288.77m			-6.00%	3.00%	3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Reverse Crown	3+401.27m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Begin Full Super	3+408.77m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Begin Curve	3+408.77m								
Transition Out Region	3+700.29m	3+870.29m	170.00m						
Runoff	3+700.29m	3+820.29m	120.00m						
End Full Super	3+700.29m			6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
End Curve	3+700.29m								
Reverse Crown	3+707.79m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Level Crown	3+820.29m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Runoff	3+820.29m	3+870.29m	50.00m						
Level Crown	3+820.29m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Begin Normal Crown	3+820.29m			-6.00%	0.00%	0.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%

Gambar 2. 6 Superelevasi Tikungan kedua dari Civil3d

3. Tikungan ketiga (SCS)

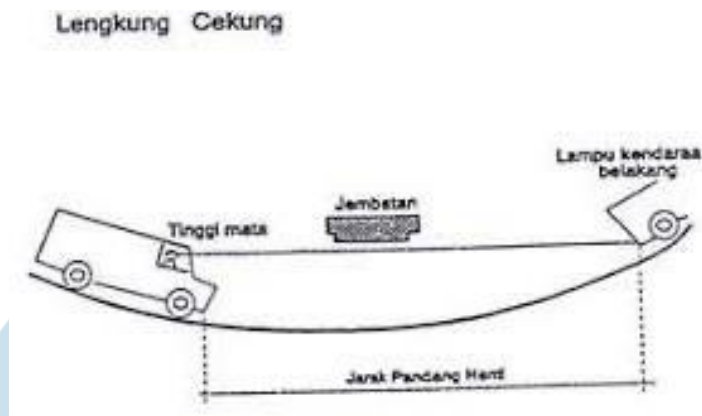
Curve 3									
Transition In Region	4+692.30m	4+862.30m	170.000m						
Runoff	4+692.30m	4+742.30m	50.000m						
End Normal Crown	4+692.30m			-6.00%	3.00%	3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Level Crown	4+742.30m			-6.00%	3.00%	3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Runoff	4+742.30m	4+862.30m	120.000m						
Level Crown	4+742.30m			-6.00%	3.00%	3.00%	-3.00%	-3.00%	-6.00%
Reverse Crown	4+854.80m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Begin Full Super	4+862.30m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Begin Curve	4+862.30m								
Transition Out Region	5+212.92m	5+382.92m	170.000m						
Runoff	5+212.92m	5+262.92m	50.000m						
End Full Super	5+212.92m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
End Curve	5+212.92m								
Reverse Crown	5+216.05m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Level Crown	5+262.92m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Runoff	5+262.92m	5+382.92m	120.000m						
Level Crown	5+262.92m			-6.00%	6.00%	6.00%	-6.00%	-6.00%	-6.00%
Begin Normal Crown	5+382.92m			-6.00%	0.00%	0.00%	-6.00%	-3.00%	-6.00%

Gambar 2. 7 Data Superelevasi Tikungan ketiga dari Civil3d

2.3.3 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti atau *sight distance stopping* merupakan jarak aman minimum yang di butuhkan seorang pengendara untuk dapat melihat jelas pada suatu objek dan situasi di titik tertentu pada jalan dengan waktu yang cukup untuk berhenti atau menghindar dan tidak mengalami masalah. Contohnya seperti melewati medan yang kondisinya tidak rata.

Perencanaan alinyemen vertikal tentu harus menyesuaikan dengan medan alam yang dimana harus mempertimbangkan keseimbangan antara pekerjaan tanah, keselamatan, kenyamanan, saluran drainase, dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum yang diizinkan.



Gambar 2. 8 Situasi Jarak pandang henti

Gambar 2.8 di atas menunjukkan bahwa jarak pandang henti adalah jarak yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk dapat meminimalisir terjadinya resiko kecelakaan pada keadaan medan tertentu.

Berikut ini adalah perhitungan lengkung vertikal berdasarkan jarak pandang henti yang sesuai dengan tabel AASHTO 2011:

Tabel 2. 6 Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Cekung

	Cekung 1	Cekung 2	Cekung 3
V (km/jam)	80	80	80
A (%)	4,40	4,62	4,88

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

Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (m)	Rate of Vertical Curvature, K^a	
		Calculated	Design
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30
90	160	37.6	38
100	185	44.6	45
110	220	54.4	55
120	250	62.8	63
130	285	72.7	73

Gambar 2. 9 Kontrol Desain Lengkung Cekung Berdasarkan ASSHTO

Dari gambar 2.9 maka di dapati perhiungan lengkung cekung sebagai berikut:

Perhitungan Lengkung Cekung 1 (STA : 1 + 586.58

- a. Perhitungan Perbedaan Kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= |g_2 - g_1| \\
 &= |1,90\% - 0\%| \\
 &= 1,90\% \\
 &= -15,10\% \\
 &= 15,10\%
 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan Panjang Lengkung Vertikal Diketahui :

$$\begin{aligned}
 V_r &= 70 \text{ km/jam} \\
 S &= 105 \\
 K &= 23 \\
 L &= 2S - \frac{120 + 3.5xs}{A} \\
 &= 2 \times 105 - 120 + \frac{120 + 3.5 \times 150}{1.90} \\
 &= 46.579 > 0 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

- c. Perhitungan panjang lengkung vertikal berdasarkan kenyamanan penumpang

$$\begin{aligned}
 L_v &= A \times \frac{V}{395} \\
 &= 1,90 \times 702/395 \\
 &= 23,570 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung Panjang Lengkung Vertikal Desain Kontrol

$$\begin{aligned}
 L_v &= A \times K \\
 &= 1,90 \times K \\
 &= 1,90 \times 23 = 43,700 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- d. Panjang lengkung vertikal yang digunakan

$$L_v \text{ desain} = 44 \text{ m (pembulatan)}$$

2.4 Volume Galian dan Timbunan Tanah

Pekerjaan tanah di bagi menjadi pekerjaan timbunan dan galian. Dalam merencanakan pembangunan suatu jalan raya pekerjaan tanah merupakan salah satu unsur penting sebagai pondasi jalan untuk perhitungan dan perencanaan pengalihan serta timbunan sangat di butuhkan. Tidak hanya itu perhitungan galian dan timbunan dalam sebuah pekerjaan tanah terdapat beberapa syarat, yaitu sebagai berikut :

1. Proses timbunan serta galian harus sesuai dengan yang telah tertera pada aturan SNI.
2. Hasil galian maupun timbunan memiliki porsi atau volume galian timbunan harus bisa dikatakan aman. Hasil data galian dan timbunan telah di kalkulasikan secara otomatis dengan bantuan *software* Civil3D .

Berikut merupakan data galian serta timbunan yang di peroleh dari perencanaan jalan raya di wilayah Batu:

Tabel 2. 7 Volume 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	1252.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+100.000	1506.77	137984.13	137984.13	0.00	0.00	137984.13	137984.13	0.00	137984.13
0+200.000	768.22	113749.43	113749.43	0.00	0.00	251733.56	251733.56	0.00	251733.56
0+300.000	0.00	38410.81	38410.81	150.16	7507.92	290144.37	290144.37	7507.92	282636.45
0+400.000	0.00	0.00	0.00	358.96	25456.15	290144.37	290144.37	32964.06	257180.31
0+500.000	2.63	131.32	131.32	160.82	25989.24	290275.69	290275.69	58953.30	231322.39
0+600.000	117.84	6023.26	6023.26	9.77	8529.55	296298.96	296298.96	67482.85	228816.11
0+700.000	0.00	5891.94	5891.94	290.68	15022.32	302190.90	302190.90	82505.17	219685.73
0+800.000	0.00	0.00	0.00	114.87	20360.89	302190.90	302190.90	102866.06	199324.84
0+900.000	134.50	6746.18	6746.18	0.00	5798.64	308937.07	308937.07	108664.70	200272.37
1+000.000	358.39	24751.68	24751.68	0.00	0.00	333688.75	333688.75	108664.70	225024.05
1+100.000	375.99	36775.48	36775.48	0.00	0.00	370464.23	370464.23	108664.70	261799.53
1+200.000	880.88	62843.65	62843.65	0.00	0.00	433307.88	433307.88	108664.70	324643.18
1+300.000	753.26	81707.02	81707.02	0.00	0.00	515014.90	515014.90	108664.70	406350.20
1+400.000	193.55	47340.41	47340.41	0.00	0.00	562355.31	562355.31	108664.70	453690.61
1+500.000	895.90	54472.22	54472.22	0.00	0.00	616827.53	616827.53	108664.70	508162.83
1+600.000	1353.67	112478.41	112478.41	0.00	0.00	729305.94	729305.94	108664.70	620641.24
1+700.000	1183.79	126873.00	126873.00	0.00	0.00	856178.94	856178.94	108664.70	747514.24
1+800.000	1423.97	130387.68	130387.68	0.00	0.00	986566.61	986566.61	108664.70	877901.91
1+900.000	1668.45	154621.00	154621.00	0.00	0.00	1141187.61	1141187.61	108664.70	1032522.91
2+000.000	1887.75	177810.33	177810.33	0.00	0.00	1318997.94	1318997.94	108664.70	1210333.24
2+100.000	1911.31	189953.03	189953.03	0.00	0.00	1508950.97	1508950.97	108664.70	1400286.27
2+200.000	2165.56	203843.58	203843.58	0.00	0.00	1712794.55	1712794.55	108664.70	1604129.85

2+300.000	2325.68	224562.30	224562.30	0.00	0.00	1937356.85	1937356.85	108664.70	1828692.15
2+400.000	2529.90	242779.19	242779.19	0.00	0.00	2180136.04	2180136.04	108664.70	2071471.34
2+500.000	2616.26	257307.91	257307.91	0.00	0.00	2437443.95	2437443.95	108664.70	2328779.25
2+600.000	2664.92	264058.67	264058.67	0.00	0.00	2701502.62	2701502.62	108664.70	2592837.92
2+700.000	2725.41	269516.42	269516.42	0.00	0.00	2971019.04	2971019.04	108664.70	2862354.34
2+800.000	2555.44	264042.43	264042.43	0.00	0.00	3235061.47	3235061.47	108664.70	3126396.77
2+900.000	2119.30	233736.76	233736.76	0.00	0.00	3468798.22	3468798.22	108664.70	3360133.52
3+000.000	1763.85	194157.41	194157.41	0.00	0.00	3662955.63	3662955.63	108664.70	3554290.93
3+100.000	1541.67	165276.11	165276.11	0.00	0.00	3828231.74	3828231.74	108664.70	3719567.04
3+200.000	1628.38	158502.84	158502.84	0.00	0.00	3986734.58	3986734.58	108664.70	3878069.88
3+300.000	1796.47	171242.74	171242.74	0.00	0.00	4157977.33	4157977.33	108664.70	4049312.62
3+400.000	2144.92	197064.64	197064.64	0.00	0.00	4355041.96	4355041.96	108664.70	4246377.26
3+500.000	2435.57	229006.67	229006.67	0.00	0.00	4584048.63	4584048.63	108664.70	4475383.93
3+600.000	2687.78	256152.86	256152.86	0.00	0.00	4840201.50	4840201.50	108664.70	4731536.80
3+700.000	2963.56	282577.83	282577.83	0.00	0.00	5122779.33	5122779.33	108664.70	5014114.63
3+800.000	3093.27	302865.73	302865.73	0.00	0.00	5425645.06	5425645.06	108664.70	5316980.36
3+900.000	3318.46	320586.73	320586.73	0.00	0.00	5746231.79	5746231.79	108664.70	5637567.09
4+000.000	3727.88	352317.03	352317.03	0.00	0.00	6098548.83	6098548.83	108664.70	5989884.13
4+100.000	3232.25	348006.29	348006.29	0.00	0.00	6446555.12	6446555.12	108664.70	6337890.42
4+200.000	3278.14	325519.18	325519.18	0.00	0.00	6772074.30	6772074.30	108664.70	6663409.60
4+300.000	3150.35	321424.17	321424.17	0.00	0.00	7093498.46	7093498.46	108664.70	6984833.76
4+400.000	2780.64	296549.20	296549.20	0.00	0.00	7390047.67	7390047.67	108664.70	7281382.97
4+500.000	2724.62	275262.87	275262.87	0.00	0.00	7665310.53	7665310.53	108664.70	7556645.83
4+600.000	2772.79	274870.53	274870.53	0.00	0.00	7940181.06	7940181.06	108664.70	7831516.36
4+700.000	2625.02	269890.61	269890.61	0.00	0.00	8210071.67	8210071.67	108664.70	8101406.97
4+800.000	2604.30	261484.22	261484.22	0.00	0.00	8471555.90	8471555.90	108664.70	8362891.20
4+900.000	2048.28	232734.32	232734.32	0.00	0.00	8704290.22	8704290.22	108664.70	8595625.52
5+000.000	1709.38	187974.27	187974.27	0.00	0.00	8892264.48	8892264.48	108664.70	8783599.78
5+100.000	1715.12	171256.90	171256.90	0.00	0.00	9063521.38	9063521.38	108664.70	8954856.68
5+200.000	1761.97	173862.13	173862.13	0.00	0.00	9237383.51	9237383.51	108664.70	9128718.81
5+300.000	2061.26	191179.36	191179.36	0.00	0.00	9428562.86	9428562.86	108664.70	9319898.16
5+400.000	2210.91	213608.33	213608.33	0.00	0.00	9642171.19	9642171.19	108664.70	9533506.49
5+500.000	2025.16	211803.48	211803.48	0.00	0.00	9853974.68	9853974.68	108664.70	9745309.98
5+600.000	1080.26	155271.18	155271.18	0.00	0.00	10009245.85	10009245.85	108664.70	9900581.15
5+700.000	0.00	54013.01	54013.01	117.85	5892.49	10063258.86	10063258.86	114557.19	9948701.67
5+800.000	0.00	0.00	0.00	166.13	14199.04	10063258.86	10063258.86	128756.24	9934502.63
5+900.000	17.25	862.59	862.59	33.70	9991.63	10064121.46	10064121.46	138747.87	9925373.59
6+000.000	96.55	5690.31	5690.31	0.00	1685.08	10069811.77	10069811.77	140432.95	9929378.82
6+030.675	6.32	1577.90	1577.90	12.68	194.43	10071389.67	10071389.67	140627.38	9930762.29

2.5 Perhitungan Beban Lalu Lintas

Dimensi, berat dari suatu kendaraan, beserta beban muatan akan menghasilkan suatu gaya tekan pada sumbu kendaraan di atas jalan. Gaya yang di hasilkan disalurkan ke permukaan lapisan perkerasan dan memberikan pengaruh terhadap jalan tersebut. Beban gandar atau beban lalu lintas merupakan beban yang

terjadi secara berulang selama jalan tersebut dapat di gunakan. berat dari beban lalu lintas berbeda-beda dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor kendaraan.

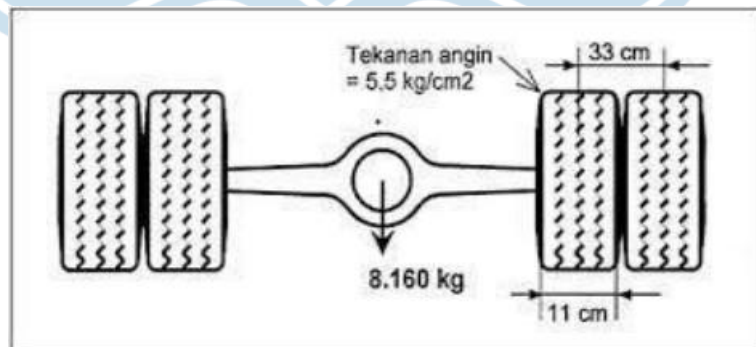
2.5.1 Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Jenis kendaraan yang akan melewati di jalan beraneka ragam dan mempengaruhi berat total, konfigurasi, beban sumbu. Pada umumnya volume lalu lintas dikategorikan berdasarkan kelompok besar beban kendaraan, setiap pengelompokan diwakili oleh satu jenis sampel kendaraan. Pengelompokan jenis kendaraan bertujuan untuk merencanakan kebutuhan tebal perkerasan.

Pengelompokan tersebut sebagai berikut:

1. Sepeda motor
2. Mobil pribadi
3. Bus
4. Truck 2 as ringan
5. Truck 2 as berat
6. Truck 3 as berat
7. Truck 5 as

Angka ekuivalen kendaraan merupakan suatu nilai untuk mengjitung dampak lalu lintas dari jenis kendaraan dan pada umumnya sebesar 8,16 ton dan tentu akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan pada permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali.



Gambar 2. 10 Sumbu Standar 18000 pon /8,16 ton

Tabel 2. 8 Angka Ekvivalen Per Sumbu

Beban Sumbu		Angka Ekvivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0795
8160	18000	1,000	0,086
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

2.5.2 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik di jalan raya dengan waktu pengamatan tertentu. Dalam perencanaan tebal lapisan perkerasan, volume lalu lintas di hitung pada kendaraan yang melewati selama waktu per hari, per dua lajur untuk jalan dua lajur yang tidak terpisah serta kendaraan selama waktu per hari per satu lajur untuk jalan satu arah atau dua arah terpisah.

Volume lalu lintas akan diperoleh dari titik-titik tertentu. Volume lalu lintas dapat diukur juga secara manual dengan memperhatikan beberapa faktor seperti faktor waktu, dan faktor musim-musim yang juga akan mempengaruhi kepadatan lalu lintas harian rata-rata (LHR).

2.6 Perancangan Perkerasan Jalan

Pada perencanaan perkerasan jalan data yang di peroleh akan mengacu dalam area proyek/lokasi yang di tinjau seperti pada jalan di wilayah Batu. Perencanaan perkerasan jalan dilakukan dengan menggunakan perkerasan tipe perkerasan lentur. Berikut merupakan data yang diperoleh pada lokasi yang di tinjau:

1. Data LHR (lalu lintas harian rata rata) pada wilayah batu :

- Sepeda Motor : 1300 buah/har
- Mobil pribadi : 900 nuah/hari
- Bus : 185 buah/hari
- Truck 2 as ringan : 88 buah/hari
- Truck 2 as berat : 54 buah/hari

- Truck 3 as berat : 50 buah/hari
- CBR : Tersedia 10 Data CBR
 - 1) 2,93%
 - 2) 3,11%
 - 3) 3,36%
 - 4) 3,93%
 - 5) 4,72%
 - 6) 1,91%
 - 7) 2,42%
 - 8) 3,19%
 - 9) 3,73%
 - 10) 6,64%
- Umur rencana = 30 tahun

2. Angka Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Tabel 2. 9 Faktor 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

- Perencanaan tebal perkerasan lentur mengikuti dari nilai ESA menurut MDPJ 2017. Perencanaan tebal perkerasan lentur harus disesuaikan dengan LHR pada daerah perancangan trase masingmasing.
- Perkerasan lentur terhadap tipe pondasi FP3 = Lapis Pondasi Berbutir
- Dari wilayah yang di tinjau di dapati laju pertumbuhan lalu lintas adalah 4,80% seperti pada tabel 2.9.

2.6.1 Perhitungan perkerasan Lentur

Dalam melakukan perencanaan perkerasan lentur, syarat dan ketentuan dapat menggunakan pendoman MDPJ 2017 Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Adapun langkah langkah tersebut yaitu:

1. Menentukan umur rencana

Menentukan umur rencana didasarkan pada persyaratan teknis yang sebelumnya sudah diketahui jika akan diperhitungkan perkerasan lentur pada umur rencana untuk 30 Tahun. Berikut ketentuan umur rencana seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.10 Umur Rencana Perkerasan Jalan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
Perkerasan Lentur	Fondasi Jalan	40
	Semua Perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
	<i>Cement Treated Based (CTB)</i>	
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. Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Kumulatif

a. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

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

Pertumbuhan volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan tersebut telah dicapai dengan faktor-faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan sesuai dengan rumus sebagai berikut:

- R : Faktor pertumbuhan lalu lintas
i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %
UR : Umur rencana (tahun)

Tabel 2. 11 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

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) seperti pada tabel 2.11:

Maka di dapat contoh perhitungan sebagai berikut:

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

Keterangan:

R = Faktor pengli pertumbuhan pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I = Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = Umur Rencana (tahun)

Dari persyaratan teknis umur rencana 30 tahun, diambil UR 2 dan UR 18, sehingga mendapatkan nilai R yaitu ;

$$R_2 = \frac{(1+0,01 \times 4,8)^2 - 1}{0,01 \times 4,8} = 2,048$$

$$R_{18} = \frac{(1+0,01 \times 4,8)^{18} - 1}{0,01 \times 4,8} = 27,613$$

b. Faktor Ekuivalen Beban

Pada perencanaan desain perkerasan jalan, beban lalu lintas akan di ubah menjadi beban standar (ESA) dan akan menggunakan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban. Nilai VDF yang telah ditentukan mengacu pada tabel nilai VDF MDPI 2017 seperti pada gambar 2.11 dan disesuaikan dangan jenis kendaraan yang berdasarkan data yang terima. Perhitungan nilai yang di gunakan adalah VDF pangkat 5 sebagai acuan dalam menentukan tebal perkerasan pangkat 5 sebagai acuan dalam menentukan tebal perkerasan.

Jenis Kendaraan	Klasifikasi Lantai	Alternatif	Uraian	Konfigurasi sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
							Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	1	Sepeda motor	1.1	Muatan ² yang diangkut	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			0,3	0,2
6a.2	6.2		Truk 2 sumbu – ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	4,6	6,60	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			0,9	0,8
6b2.2	8.2		Truk 2 sumbu – berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	3,8	5,50	7,3	11,2
7a1	9.1		Truk 3 sumbu – ringan	1.22	muatan umum	3			7,6	11,2
7a2	9.2		Truk 3 sumbu – sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3	3,9	5,60	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	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12		Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13		Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14		Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222		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.

Gambar 2. 11 Nilai VDF masing masing jenis kendaraan niaga

c. Menghitung Kumulatif Beban (ESA 5)

Perhitungan nilai ESA5 memerlukan nilai VDF dari gambar 2.11 dan laju pertumbuhan pada tabel 2.12. Maka perhitungan tersebut seperti pada tabel 2.13.

Tabel 2. 12 angka pertumbuhan lalu lintas regional

	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 Jumlah Kelompok Sumbu Niaga Hasil Perhitungan Excel

Jenis Kendaraan	LHR 2020	LHR 2023	LHR 2026	VDF 5 Faktual	ESA5 ('23-'25)	ESA5 ('26-'53)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Sepeda motor (1)	1300	1496	1643	-	-	-
Mobil Pribadi (2,3,4)	900	1036	1138	-	-	-
Bus (5a, 5b)	185	213	234	1	7,77E+04	1,20E+06
Truk 2 as ringan (6a.2)	88	101	111	0,5	1,85E+04	2,86E+05
Truk 2 as berat (6b2.1)	54	62	68	9,2	2,09E+05	3,23E+06
Truk 3 as berat (7a3)	50	58	63	19	3,99E+05	6,18E+06
				Jumlah ESA5	7,04E+05	1,09E+07
					11,60E+06	

Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun 4,80 % (Tabel 2.12). Data awal 2023; tahun pertama setelah pembukaan untuk lalu lintas 2026 (3 tahun setelah 2023); permulaan periode beban normal MST 12 ton tahun 2028 (5 tahun setelah 2023)

3. Menentukan Tipe Perkerasan Berdasarkan Pertimbangan Biaya:

Penetapan jenis perkerasan memiliki macam-macam alasan yang dimana akan berpengaruh dari faktor keperluan rencana jalan, volume lalu lintas, umur rencana, serta kondisi daya dukung tanah pada jalan tersebut. Pada Tabel 2.12 batasan tersebut tidak mutlak, maka dari itu perencanaan harus dengan cermat untuk mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana dan keterbatasan serta mudah dalam pengaplikasiannya dan kualitas sesuai dengan keperluan. Maka pemilihan alternatif desain berdasarkan pada discounted lifecycle cost terendah, seperti pada gambar 2.11.

Gambar 2. 12 Jenis fondasi 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.

4. Menentukan fondasi jalan

Dari data yang di peroleh, CBR tanah dasar adalah 2,93% dengan berat beban lalu lintas > 11 juta (ESA5), maka di perlukan untuk menyesuaikan dengan data desain perkerasan jalan minimum MDPJ 2017

Kelas kekuatan tanah dasar : SG3 Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 300mm

Berikut merupakan desain perkerasan jalan yang di gunakan sesuai MDPJ 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 ⁽¹⁾
			< 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, Deviasi 3 – 5%) (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 pemuaian > 5%)			400	500	600	Bertaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾	SG1 ⁽²⁾	Lapis penopang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	1000	1100	1200	
		-atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽³⁾	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	

Gambar 2. 13 Desain perkerasan jalan minimum MDPJ 2017

- Data 1 untuk 0+000 - 0+650 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- Data 2 untuk 0+650 - 1+300 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- Data 3 untuk 1+300 - 1+950 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- Data 4 untuk 1+950 - 2+600 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- Data 5 untuk 2+600 - 3+250 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- Data 6 untuk 3+250 - 3+900 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- Data 7 untuk 3+900 - 4+550 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm

- h. Data 8 untuk 4+550 - 5+200 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- i. Data 9 untuk 5+200 - 5+850 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm
- j. Data 10 untuk 5+850 - 6+030 CBR tanah dasar 3,11%
Kelas kekuatan tanah dasar: SG4
Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 200mm

5. Menentukan Struktur Lapisan Perkerasan

Penentuan tebal lapisan dapat menggunakan dari berbagai sumber seperti salah satunya adalah dari bagan desain 3B (MDPJ 2017) berikut:

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				

Gambar 2. 14 Desain Perkerasan Lentur–Aspal dengan lapis fondasi berbutir

komulatif beban sumbu selama 30 tahun pada lajur rencana (juta ESA) = > 20-30, Maka didapat ketebalan perkerasan rencana yaitu:

AC WC : 40 mm
AC BC : 60 mm
AC Base : 75 mm
LPA Kelas A : 300 mm

6. Menentukan Standar Drainase

Drainase merupakan sarana yang berfungsi untuk mengalirkan air dari permukaan yang tinggi menuju ke pembuangan akhir sehingga tidak menyebabkan genangan yang sampai dapat merusak fondasi atau bahkan permukaan jalan.

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

Gambar 2. 15 Tinggi Minimum Tanah Dasar Di Atas Muka Air Tanah

Jika posisi timbunan terletak di atas tanah jenuh air dan ketentuan tersebut di atas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (drainage blanket layer). Lapis drainase 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.

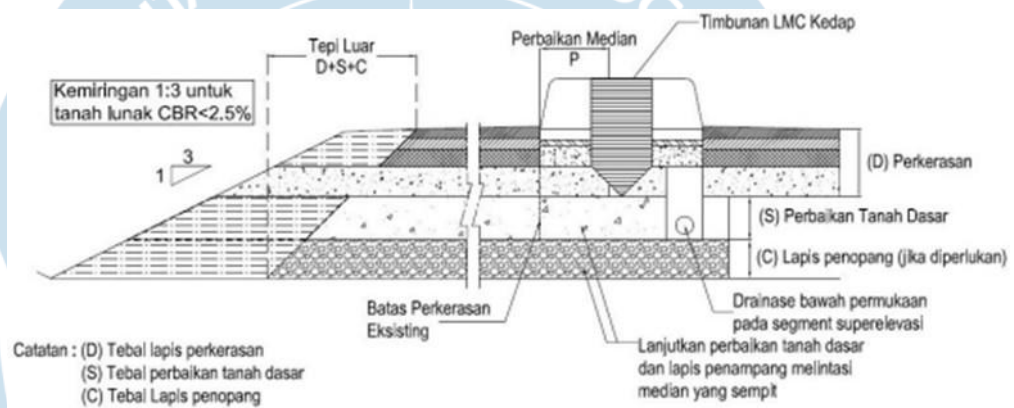
Kondisi lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai)	nilai 'm' untuk design	Detail Tipikal
1. Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu di atas muka air banjir)	1.0	
2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (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 teraliriskan. Tidak ada sistem outlet. Ketentuan lapisan penutup (capping layer) dapat digunakan.	0.4	

Gambar 2. 16 Koefisien Drainase 'm' untuk Tebal Lapis

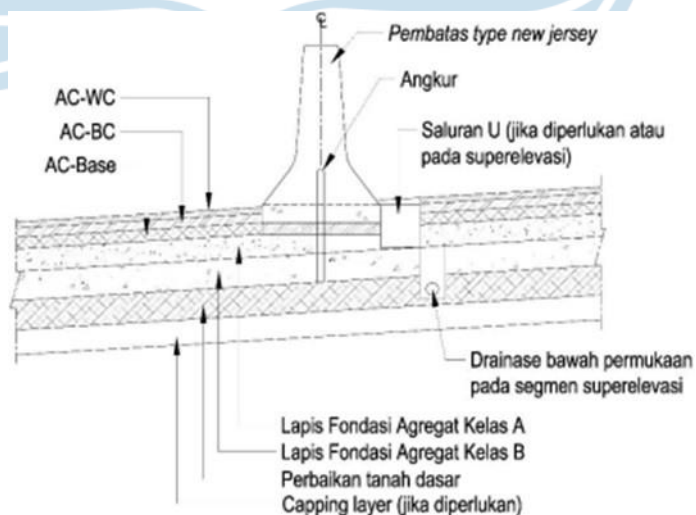
7. Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama jika terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara detil dalam gambar-gambar kontrak. Ketentuan minimum adalah:

- Setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan pada Gambar 2.10 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. 17 Dukungan Tepi Perkerasan



Gambar 2. 18 Dukungan Median Perkerasan

Lapis penopang dan perbaikan tanah dasar harus diperlebar sampai ke bawah median seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19. Dukungan Median

Perkerasan. Area median harus dapat mengalirkan air dengan baik atau diisi dengan lean mi× concrete atau dengan bahan pengisi yang kedap untuk menghindari pengumpulan air dan kerusakan tepi perkerasan.

8. Menentukan Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

Elevasi tanah dasar untuk bahu pasti akan sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan. 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.

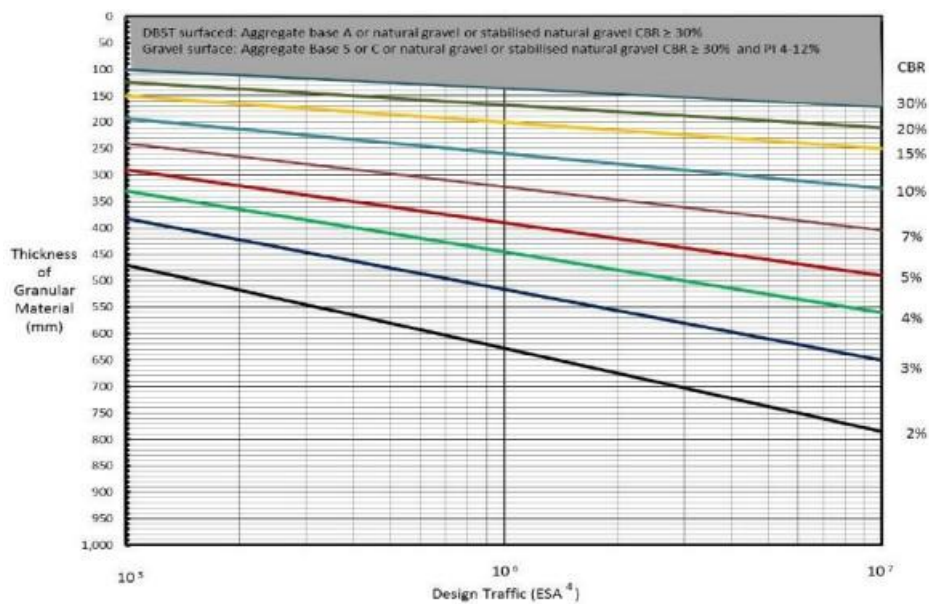
- a. CBR Desain 2,93 %.
- b. Beban gandar kumulatif dengan umur rencana 30 tahun: 11 Juta (ESA)
- c. Struktur perkerasan lajur utama di atas 300 mm lapis penopang:

Tabel 2. 14 Struktur lapis perkerasan lentur

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

Beban rencana bahu jalan: $10\% \times 26.778.686,47 \text{ ESA} = 11.677.868,647 \text{ ESA} = 2,68 \times 10^6 \text{ ESA}$ maka perlu untuk menyiapkan fondasi sesuai dengan lebar jalur utama dan yang diperoleh dari daya dukung fondasi perkerasan bahu jalan ekuivalen CBR 6%.

- d. Berdasarkan bagan desain 7 (Tabel 2.20) untuk beban $2,68 \times 10^6 \text{ ESA}$ dan CBR 4,5% diperlukan penutup setebal 300 mm.



Gambar 2. 19 Perkerasan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis Permukaan Beraspal Tipis

- e. Total tebal perkerasan lajur utama = 560 mm > 350 mm (tebal minimum perlu perkerasan bahu jalan).
- f. Tebal lapis beraspal pada lajur utama 310 mm gunakan permukaan bahu jalan berupa lapis fondasi agregat kelas S setebal 200 mm

B a h a n	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 – 50	tidak
HRS Base	35	35 – 50	ya
AC WC	40	40 – 50	tidak
AC BC	60	60 – 80	ya
AC - Base	75	80 – 120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	150 -200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100	100 – 200	ya

Gambar 2. 20 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

- g. Untuk memastikan air permukaan yang meresap ke perkerasan dan dapat dialirkan, di perlukan LFA kelas A dan di bawah LFA kelas A di lengkapi LFA kelas S dengan tebal 360 mm (560 mm – 200 mm), seperti pada gambar 2.21

B a h a n	Tebal minimum (mm)	Tebal Yang Diperlukan (mm)	Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis
HRS WC	30	30 – 50	tidak
HRS Base	35	35 – 50	ya
AC WC	40	40 – 50	tidak
AC BC	60	60 – 80	ya
AC - Base	75	80 – 120	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm)	150	150 – 200	ya
Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm)	120	125 – 200	ya
CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC	100	150 – 200	tidak
Stabilisasi tanah atau kerikil alam	100	150 – 200	tidak
Kerikil alam	100	100 – 200	ya

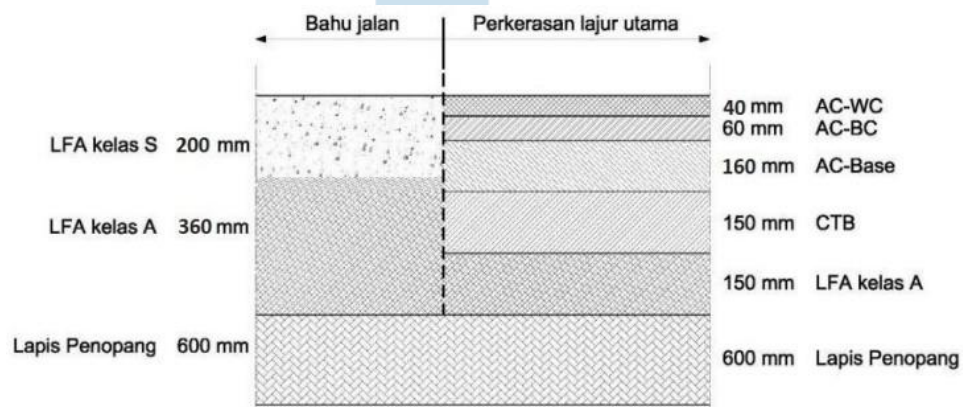
Gambar 2. 21 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

h. Struktur perkerasan bahu jalan:

Berikut merupakan tabel lapisan struktur perkerasan alternatif pada tabel 2.15 yang akan di gunakan dalam perancangan jalan raya di wilayah Batu dengan permodelan pada gambar 2.22

Tabel 2. 15 Lapisan Struktur Perkerasan Bahu Jalan

Lapis	Tebal (mm)
LFA Kelas S	200
LFA kelas A	360
Lapis fondasi: Lapis Penopang	600



Gambar 2. 22 Struktur Perkerasan Alternatif