

BAB VI PERENCANAAN TEKNIS JALAN

6.1. Tinjauan Umum

Dari hasil analisa dan evaluasi yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa kondisi jalan eksisting yang ada sudah mengalami penurunan tingkat pelayanannya. Hal itu dikarenakan pada tahun 2007 derajat kejenuhan ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) $\geq 75\%$ yaitu 103,0644%. Kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan yang dapat diketahui dari survai lokasi maupun dari perhitungan lendutan balik, menjadi landasan kami untuk melakukan perencanaan teknis untuk meningkatkan kemampuan jalan tersebut, sehingga diharapkan ruas jalan ini dapat memberikan pelayanan yang optimal bagi pengguna jalan.

Perencanaan teknis yang akan dilakukan meliputi :

1. Penanganan tanah dasar
2. Penentuan kebutuhan lajur, sesuai dengan hasil analisa dan evaluasi terhadap Derajat Kejenuhan (DS), serta perencanaan penampang jalan.
3. Perencanaan ulang alinyemen horisontal dan vertikal.
4. Perencanaan perkerasan jalan dan tebal lapis tambahan (*overlay*).

6.2. Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar

6.2.1. Klasifikasi Tanah Dasar

6.2.1.1. Sistem Klasifikasi USC (*Unified Soil Classification*)

Sesuai dengan hasil analisa pada BAB IV, dengan menggunakan tabel 2.1 dan grafik 2.1 maka dari data tanah Bendung Grawan yang diambil oleh laboratorium Mekanika Tanah Universitas Diponegoro didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 6.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USC

No	Kode Sample	Simbol kelompok	Keterangan jenis tanah
1	TP 1-1	CL	lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung

No	Kode Sample	Simbol kelompok	Keterangan jenis tanah
			berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus
2	TP1-2	CL	lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus
3	TP 1-3	CL	lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus
4	TP 2-1	CL	lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus
5	TP 2-2	CL	lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus

Sumber : Hasil Analisa

Sedangkan dari data penyelidikan tanah oleh Bina Marga Jawa Tengah dapat diambil kesimpulan antara lain :

- Pasir berlanau (Silt-Pasir) termasuk pada golongan pasir berlanau (SM), campuran pasir-lanau bergradasi buruk. Dalam tabel USC juga diterangkan bahwa pasir berlanau mengandung kerikil sekitar 20% keras, partikel kerikil bersudut dengan ukuran 12 mm, pasir bundar dan agak bersudut (subangular) dari kasar sampai halus, sekitar 15% butir halus non plastis dengan kekuatan kering yang rendah, cukup padat, dan lembab di tempat, pasir alluvial.

Atau bisa dimasukkan pada kelompok ML, yaitu lanau inorganis dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas.

- Untuk pasir pada ruas jalan ini dimasukkan ke dalam kelompok ML karena pada daerah tersebut kebanyakan terdapat jenis tanah lanau, sehingga pasir pada daerah tersebut merupakan kelompok ML, yaitu lanau inorganis dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas.
- Untuk jenis tanah Silt-Lempung dimasukkan pada kelompok CL yaitu lempung inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus.

Dari hasil analisa diatas diperoleh bahwa menurut sistem klasifikasi USC bahwa tanah pada ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) merupakan tanah berlanau dengan plastisitas rendah sampai sedang.

6.2.1.2. Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*)

Sesuai dengan hasil analisa pada BAB IV, dengan menggunakan tabel 2.2 maka dari data tanah Bendung Grawan yang diambil oleh laboratorium Mekanika Tanah Universitas Diponegoro didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 6.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO

No	Kode sample	Simbol Kelompok	Keterangan Jenis Tanah
1	TP 1-1	A-7-6	tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah sedang sampai buruk

No	Kode sample	Simbol Kelompok	Keterangan Jenis Tanah
2	TP 1-2	A-7-6	tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah sedang sampai buruk
3	TP 1-3	A-7-6	tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah sedang sampai buruk
4	TP 2-1	A-6	tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah sedang sampai buruk
5	TP 2-2	A-6	tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah buruk
6	TP 2-3	A-6	tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah sedang sampai buruk

Sumber : Hasil Analisa

Dari hasil analisa diatas diperoleh bahwa menurut sistem klasifikasi AASHTO, tanah yang diuji termasuk ke dalam kelompok A-7-6 dan A-6, merupakan tanah berlempung dengan tingkatan umum sebagai tanah sedang sampai buruk.

Sedangkan dari data penyelidikan tanah oleh Bina Marga Jawa Tengah dapat diambil kesimpulan antara lain :

- Pasir berlanau (Silt-Pasir) merupakan golongan A-2 yaitu kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung dengan penilaian sebagai bahan dasar antara baik sekali sampai baik. Apabila dilihat dari rentang indeks plastisitas, maka termasuk pada potensi pengembangan rendah.
- Untuk pasir tidak memiliki indeks plastisitas sehingga tidak memiliki potensi pengembangan.
- Untuk jenis tanah Silt-Lempung dimasukkan pada tanah berlanau dengan penilaian sebagai bahan dasar antara sedang sampai buruk. Apabila dilihat dari rentang indeks

plastisitas, maka termasuk pada potensi pengembangan rendah.

Dari hasil analisa diatas diperoleh bahwa menurut sistem klasifikasi AASHTO bahwa tanah pada ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) merupakan tanah berlanau dengan potensi pengembangan rendah.

6.2.2. Perencanaan Penanganan Tanah Dasar

Dari data-data di atas dapat diketahui bahwa tanah dasar pada ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) merupakan tanah dengan daya pengembangan yang rendah hingga sedang serta dari Bab IV didapatkan CBR tidak rendaman sebesar 6.01%. dari kedua hal tersebut maka harus dilakukan penanganan. Dari beberapa macam penanganan tanah dasar yang telah dimunculkan pada BAB V, penulis merekomendasikan penggantian tanah ekspansif dengan tanah non ekspansif.

Dalam hal ini yang dimaksudkan penggantian tanah adalah menggunakan tanah dengan spesifikasi Urugan Pilihan (URPIL) seperti dibawah ini :

- Bahan timbunan tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO atau sebagai CH menurut UCS.
- Seluruh urugan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10% setelah 4 hari perendaman bila dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum.
- Bahan urugan pilihan yang akan digunakan apabila pemadatan dalam keadaan jenuh atau banjir yang tidak dapat dihindari, seperti pasir, kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Indeks Plastisitas maksimum 6%.

Dipilihnya bahan urugan pilihan dikarenakan tanah disekitar ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) memiliki ketinggian yang sama dengan jalan apabila menggunakan bahan urugan biasa akan menambah biaya.

6.3. Perencanaan Teknis Jalan

6.3.1. Klasifikasi Jalan

6.3.1.1. Klasifikasi Fungsional

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 26 Tahun 1985, Pasal 4 dan 5, Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti peraturan tata ruang dan struktur pengembangan wilayah tingkat nasional yang menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi.

Sesuai dengan fungsinya, Jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kesatu yang berdampingan atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua, sehingga jalan ini digolongkan sebagai "Jalan Arteri Primer", dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jalan masuk dibatasi secara efisien.

6.3.1.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, September, 1997, Jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) ini diklasifikasikan sebagai Jalan Arteri Kelas II karena Muatan Sumbu Terberat (MST) = 10 ton.

6.3.1.3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, September, 1997. Jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) pada STA 122+457-128+557 ini mempunyai kondisi medan yang relatif datar, dimana kemiringan melintang medan adalah 0-3 (sesuai TCPGJAK'97).

6.3.2. Perencanaan Geometrik

Ukuran geometrik untuk jalan rencana sebagai berikut :

Lebar Lajur

Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, September, 1997, untuk jalan arteri, serta memiliki VLHR >25.000 smp/hari lebar setiap lajur lalu lintas adalah 3,5 m.

Bahu Jalan

Bahu jalan (*shoulder*) adalah suatu struktur yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk melindungi perkerasan, mengamankan kebebasan samping dan penyediaan ruang untuk tempat berhenti sementara dan parkir. Lebar bahu jalan menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, September, 1997, untuk jalan arteri, serta memiliki VLHR >25.000 smp/hari minimum adalah 2,5 m.

Ruang Milik Jalan

Ruang Milik Jalan (Rumija) adalah merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh pembina jalan dengan suatu hak tertentu sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku. Rumija ini diperuntukkan bagi Rumaja (Ruang Manfaat Jalan) dan pelebaran jalan maupun penambahan jalur dikemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. Rumija dibatasi oleh garis ROW (*Right Of Way*) minimal 20 m diukur dari as jalan.

Jumlah Lajur

Penentuan lebar lajur didasarkan pada kebutuhan untuk mengatasi derajat kejenuhan yang terjadi. Dari hasil analisa, arus kendaraan (Q) yang melewati ruas jalan ini pada tahun 2018 adalah sebesar 5761,922 smp/jam, dengan lebar jalan 6

meter didapat derajat kejenuhan (DS) yang melebihi 75 %, sehingga memerlukan penambahan lebar lajur.

Berikut ini perhitungan derajat kejenuhan untuk rencana pelebaran :

➤ Menggunakan 2 lajur 2 arah tanpa median (2/2 UD) :

$$C_0 = 3100 \text{ smp/jam (Tabel 2.22)}$$

$$FC_w = 0,91 \text{ (Tabel 2.23)}$$

$$FC_{sp} = 1,00 \text{ (Tabel 2.24)}$$

$$FC_{sf} = 0,98 \text{ (Tabel 2.25)}$$

Maka :

$$C = C_0 \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf}$$

$$C = 3100 \cdot 0,91 \cdot 1,00 \cdot 0,98 = 2764,58 \text{ smp/jam}$$

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{2849,297}{2764,58} = 1,0306 > 0,75 \text{ (tidak memenuhi syarat)}$$

Tabel 6.3a Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) Eksisting Untuk 2/2 UD

Tahun	LHR	Arus (Q)	Kapasitas (C)	DS
	(smp/hari)	(smp/jam)	(smp/jam)	(Q/C)
	a	b=0.11*a	c	b/c
2007	25902.7	2849.297	2764.58	1.030644
2008	27344.53	3007.898	2764.58	1.088013
2009	28866.61	3175.327	2764.58	1.148575
2010	30473.41	3352.076	2764.58	1.212508
2011	32169.66	3538.663	2764.58	1.28
2012	33960.32	3735.636	2764.58	1.351249
2013	35850.66	3943.573	2764.58	1.426464
2014	37846.22	4163.085	2764.58	1.505865
2015	39952.86	4394.815	2764.58	1.589686
2016	42176.76	4639.444	2764.58	1.678173
2017	44524.46	4897.69	2764.58	1.771586
2018	47002.83	5170.311	2764.58	1.870198
2019	49619.15	5458.107	2764.58	1.974299
2020	52381.11	5761.922	2764.58	2.084194

Sumber : Hasil Perhitungan

- Menggunakan 4 lajur 2 arah dengan median (4/2 D), dengan lebar masing-masing lajur kendaraan adalah 3,75 m :

$$C_0 = 1900 \text{ smp/jam/lajur (tabel 2.22)}$$

$$FC_w = 1,03 \text{ (Tabel 2.23)}$$

$$FC_{sp} = 1,00 \text{ (Tabel 2.24)}$$

$$FC_{sf} = 0,99 \text{ (Tabel 2.25)}$$

Maka :

$$C = C_0 \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf}$$

$$C = 1900 \cdot 4 \cdot 1,03 \cdot 1,00 \cdot 0,99 = 7749,72 \text{ smp/jam}$$

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{5761,922}{7749,72} = 0,743501 < 0,75.$$

(memenuhi syarat)

Tabel 6.3b Perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) untuk 4/2 D dengan Lebar masing-masing Jalur Jalan 3,75 m dan Lebar Bahu 2,5 m

Tahun	LHR	Arus (Q)	Kapasitas (C)	DS
	(smp/hari)	(smp/jam)	(smp/jam)	(Q/C)
	a	b=0.11*a	c	b/c
2007	25902.7	2849.297	7749.72	0.367665
2008	27344.53	3007.898	7749.72	0.38813
2009	28866.61	3175.327	7749.72	0.409734
2010	30473.41	3352.076	7749.72	0.432542
2011	32169.66	3538.663	7749.72	0.456618
2012	33960.32	3735.636	7749.72	0.482035
2013	35850.66	3943.573	7749.72	0.508867
2014	37846.22	4163.085	7749.72	0.537192
2015	39952.86	4394.815	7749.72	0.567093
2016	42176.76	4639.444	7749.72	0.59866
2017	44524.46	4897.69	7749.72	0.631983
2018	47002.83	5170.311	7749.72	0.667161
2019	49619.15	5458.107	7749.72	0.704297
2020	52381.11	5761.922	7749.72	0.743501

Sumber : Hasil Perhitungan

6.3.2.1. Alinyemen Horisontal

Untuk ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) perlu diadakan perbaikan alinyemen horisontal. Salah satu alasan yang menuntut adanya perbaikan alinyemen karena adanya peningkatan kelas jalan sehingga menyebabkan berubahnya jari-jari minimum yang boleh digunakan (lebih besar).

Berikut data titik-titik PI yang baru berdasarkan hasil penarikan as jalan :

Tabel 6.4 Rekapitulasi Titik Lengkung Horisontal Rencana

NO.	TITIK	JARAK ANTAR PI (m)	Δ (°)	NO.	TITIK	JARAK ANTAR PI (m)	Δ (°)
0	AWAL		-	12	PI.12		18.2952
		166.424				313.177	
1	PI.01		9.2342	13	PI.13		2.3477
		319.124				263.564	
2	PI.02		85.1212	14	PI.14		8.3131
		323.127				202.678	
3	PI.03		10.5639	15	PI.15		3.1045
		760.704				300.985	
4	PI.04		0.7197	16	PI.16		66.6341
		475.993				153.545	
5	PI.05		1.6026	17	PI.17		58.6585
		77.128				169.300	
6	PI.06		1.4383	18	PI.18		42.03325
		268.403				296.676	
7	PI.07		1.4896	19	PI.19		5.2599
		281.792				112.311	
8	PI.08		0.9998	20	PI.20		23.0156
		404.015				159.695	
9	PI.09		2.072	21	PI.21		20.152
		297.302				139.271	
10	PI.10		0.5606	22	AKHIR		
		305.329					
11	PI.11		10.1313				
		347.396					

Sumber : Hasil Perhitungan

6.3.2.1.1. Perhitungan Lengkung

Elemen-elemen tikungan dihitung untuk menentukan dan membuat lengkung dari suatu tikungan. Seperti yang telah disebutkan pada Bab II, tipe lengkung horizontal ada tiga, yaitu F-C, S-C-S dan S-S. Tipe F-C dapat dipilih dengan menggunakan jari-jari lengkung yang besar (menurut TCPGJAK '97, untuk $V_R = 80$ km/jam diperlukan R_C minimum = 900 m). Sedangkan untuk daerah yang tidak dimungkinkan memakai tipe F-C dan $V_R = 80$ km/jam maka dipilih tipe S-C-S dengan $V_R = 40$ km/jam, V_R ini didapatkan dari kecepatan paling rendah untuk kelas jalan 1 tetapi untuk daerah pegunungan. Berikut ini disajikan contoh perhitungan elemen-elemen tikungan dari tiap-tiap tipe. Sedangkan Tabel 6.10 menunjukkan hasil perhitungan elemen tikungan selengkapnya.

1. PI. 01 ; Tipe F-C

a. Pada PI. 01, data tikungan diketahui sebagai berikut :

- Tipe tikungan = F-C
- Kecepatan rencana (V_R) = 80 km/jam
- Jari-jari minimum (R_{min}) = 900 meter

Namun apabila kondisi tidak memungkinkan untuk pembebasan lahan, maka L_c min dapat diambil 20 m.

- Sudut tikungan (Δ) = $9,2342^\circ$
- e_{maks} = 10 %
- e_n = 2 %

b. Perhitungan jari-jari tikungan (R_C)

Jari-jari minimal tikungan yang diizinkan adalah 900 meter, namun penggunaan R_{min} sebaiknya dihindari, agar kenyamanan pengemudi saat melajukan kendaraannya sesuai dengan V_r tidak terganggu.

Maka jari-jari tikungan diambil 1000 meter.

c. Perhitungan panjang lengkung peralihan

Tikungan tipe F-C memiliki lengkung yang hanya berupa busur lingkaran saja. Pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Panjang daerah pencapaian tersebut dinamakan lengkung peralihan fiktif (L_S'). Bina Marga menempatkan $\frac{3}{4} L_S'$ pada bagian lurus, dan $\frac{1}{4} L_S'$ pada bagian lengkung. Perhitungan elemen tikungan lainnya.

$$\begin{aligned} \text{➤ } T_C &= R_C \times \tan \frac{\Delta}{2} \\ &= 1000 \times \tan \frac{9,2342}{2} \\ &= 80,7585 \text{ meter} \\ \text{➤ } E_C &= \frac{R_C \times (1 - \cos \frac{\Delta}{2})}{\cos \frac{\Delta}{2}} \\ &= \frac{1000 \times (1 - \cos \frac{9,2342}{2})}{\cos \frac{9,2342}{2}} \\ &= 3,2557 \text{ meter} \\ \text{➤ } L_C &= \frac{2 \times \pi \times \Delta \times R_C}{360^\circ} \\ &= \frac{2 \times \pi \times 9,2342 \times 1000}{360^\circ} \\ &= 161,16719 \text{ meter} \end{aligned}$$

d. Perhitungan superelevasi

Nilai superelevasi pada tikungan tipe F-C akan lebih kecil dari tipe S-C-S. Hal ini karena superelevasi diambil berdasarkan jari-jari tikungan desain yang jauh lebih besar dari tipe S-C-S, dalam hal ini $R_C = 1000$ meter. Demikian pula dengan nilai f_M rencana. Nilai yang diambil akan lebih kecil dari tipe S-C-S. Maka diambil nilai f_M yang lebih rendah lagi, yaitu 0,010, sehingga nilai superelevasi adalah sebagai berikut:

$$\text{➤ } e = \frac{V_R^2}{127 \times R_C} - f_M$$

$$\triangleright e = \frac{80^2}{127 \times 1000} - 0,010 = 0,0404$$

e. Penentuan *Stationing*

Berikut ini merupakan contoh penentuan *stationing* pada tikungan tipe FC, yaitu pada tikungan Pertama (PI. 01).

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar PI} &= 166,424 \text{ m} \\ \text{STA Awal} &= 122+ 457 \\ \text{STA TC}_{01} &= \text{STA Awal} - (\text{Jarak antar PI} - \text{TC}_{01}) \\ &= 122+542,665 \\ \text{STA CT}_{01} &= \text{STA TC}_{01} + L_C \\ &= 122+703,832 \end{aligned}$$

2. PI. 02 ; Tipe S-C-S

a. Pada PI. 02 data tikungan diketahui sebagai berikut :

- Tipe tikungan = S-C-S
- Kecepatan rencana (V_R) = 40 km/jam
- Jari-jari minimum (R_{\min}) = 80 meter
- Sudut tikungan (Δ) = $85,1218^\circ$
- emaks = 10 % ;
- en = 2 %

b. Perhitungan jari-jari tikungan (R_C)

$$\begin{aligned} \triangleright f_{\max} &= (-0,00065 \times V_R) + 0,192 \\ &= (-0,00065 \times 40) + 0,192 \\ &= 0,166 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \triangleright R_{C \min} &= \frac{V_R^2}{127 \times (e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{40^2}{127 \times (0,1 + 0,166)} \\ &= 47,36 \text{ m} \end{aligned}$$

maka diambil $R = 60 \text{ m}$

$$e = \frac{Vr^2}{127Rc} - fm; \quad fm \text{ diambil } < fm = 0,13$$

$$= \frac{40^2}{127 \times 60} - 0,13$$

$$= 0,08$$

- Berdasarkan Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota (September 1997), untuk $V_R = 40$ km/jam ditentukan jari-jari tikungan minimum adalah 50 m.

Maka, diambil $R_C = 60$ m.

c. Perhitungan panjang lengkung peralihan (L_s)

- L_s berdasarkan waktu tempuh di lengkung peralihan :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} \times T$$

$$L_s = \frac{40}{3,6} \times 3 \Rightarrow T = 1 - 3 \text{ det } ik$$

$$L_s = 33,3 \text{ m}$$

- L_s berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal :

$$L_s = 0,022 \times \frac{V_R^3}{R_C \times C} - 2,727 \times \frac{V_R \times e}{C} \Rightarrow C = 1 - 3 \frac{m}{dtk^3}$$

$$L_s = 0,022 \times \frac{40^3}{60 \times 1} - 2,727 \times \frac{50 \times 0,080}{1}$$

$$L_s = 12,5587 \text{ m}$$

- L_s berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times \text{Re}} \times V_R \Rightarrow \text{Re} = 0,035 \frac{m}{dtk}$$

$$L_s = \frac{(0,080 - 0,02)}{3,6 \times 0,035} \times 40$$

$$L_s = 19,05 \text{ m}$$

Bandingkan :

$$L_s = B \times m \times e$$

$$= 3 \times 120 \times (0,08 - 0,02) = 21,6 \text{ m}$$

Menurut tabel "Daftar Panjang Minimum L_s dengan $e_{maks} = 0,10$ "

$$\begin{array}{l} V_r = 40 \text{ km/jam} \\ R_c = 60 \text{ m} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} L_s \text{ min} = 60 \text{ m} \\ e \text{ maks} = 0,080 \end{array}$$

Maka diambil :

$$\begin{array}{l} R_c = 60 \text{ m} \\ L_s = 60 \text{ m} \\ e = 8\% \end{array}$$

Perhitungan elemen tikungan lainnya :

$$\triangleright X_c = L_s \times \left(1 - \frac{L_s}{40R_c} \right) = 60 \times \left(1 - \frac{60^2}{40 \times 60^2} \right)$$

$$X_c = 58,5 \text{ m}$$

$$\triangleright Y_c = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} = \frac{60^2}{6 \times 60}$$

$$Y_c = 10 \text{ m}$$

$$\triangleright \theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} = \frac{90 \times 60}{3,14 \times 60}$$

$$\theta_s = 28,648^\circ$$

$$\triangleright \Delta R_c = Y_c + R_c \times (\cos \theta_s - 1) = 10 + 60 \times (\cos 28,648 - 1)$$

$$\Delta R_c = 2,655 \text{ m}$$

$$\triangleright X_M = X_c - R_c \times \sin \theta_s = 58,5 - 60 \times \sin 28,648$$

$$X_M = 29,734 \text{ m}$$

$$\triangleright W = (R_c + \Delta R_c) \times \tan \frac{\Delta}{2} = (60 + 2,655) \times \tan \frac{85,1218}{2}$$

$$W = 57,535 \text{ m}$$

$$\triangleright T = X_M + W = 29,734 + 57,535$$

$$T = 87,27 \text{ m}$$

$$\triangleright \theta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s = 85,1218 - 2 \times 28,648$$

$$\theta_c = 27,8258^\circ$$

$$\triangleright L_C = R_C \times \pi \times \frac{\theta_C}{180^\circ} = 60 \times \pi \times \frac{27,8258^\circ}{180^\circ}$$

$$L_C = 29,1391 \text{ m}$$

$$\triangleright E_S = \left(\frac{R_C + \Delta R_C}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) - R_C = \left(\frac{60 + 2,655}{\cos \frac{85,1218}{2}} \right) - 60$$

$$E_S = 25,2603 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \triangleright L &= L_C + 2 \cdot L_S \\ &= 29,1391 + 2 \cdot 60 \\ &= 149,1391 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan seluruh elemen tikungan yang ada dapat dilihat pada lampiran.

d. Penentuan *stationing*

Stationing dilakukan untuk menentukan titik - titik penting dalam trase yang akan dibangun. Dalam hal ini, titik - titik tersebut adalah elemen - elemen tikungan yang telah dihitung sebelumnya. Berikut ini merupakan contoh penentuan *stationing* pada tikungan tipe S – C – S, yaitu pada PI. 02

$$\begin{aligned} \text{Jarak PI} &= 319,214 \text{ m} \\ \text{STA CT}_{01} &= 122+703,832 \\ \text{STA TS}_{02} &= \text{STA CT}_{01} - (\text{Jarak PI} - T_{C01} - T_{C02}) \\ &= 122+854,927 \\ \text{STA SC}_{02} &= \text{STA TS}_{02} + L_s = 122+913,927 \\ \text{STA CS}_{02} &= \text{STA SC}_{02} + L_C = 122+944,066 \\ \text{STA ST}_{02} &= \text{STA CS}_{02} + L_s = 123+004,066 \end{aligned}$$

Perhitungan penentuan *stationing* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

6.3.2.1.2. Pelebaran Pada Tikungan

Pelebaran pada tikungan diperlukan untuk tikungan dengan jari-jari tertentu, pada umumnya yaitu pada jari-jari tikungan yang kecil. Berikut disajikan contoh perhitungan pelebaran perkerasan pada tikungan :

Contoh perhitungan pelebaran perkerasan pada PI. 02 :

Kecepatan rencana (V_r)	= 40 km/jam
Jari-jari tikungan (R)	= 60 m
Jumlah lajur (n)	= 4
Lebar perkerasan (B_n)	= 15 meter (lebar 4 lajur)

Dari tabel pelebaran tikungan pada TCGJAK 1997 didapatkan pelebaran per jalurnya sebesar 1 m, untuk jalan 1 jalur 4 lajur, nilai tersebut dikalikan 2 sehingga didapatkan nilai pelebaran sebesar 2 m.

6.3.2.2. Alinyemen Vertikal

Dalam perencanaan ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur), alinyemen vertikal yang akan direncanakan pada trase jalan ini dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan, antara lain :

- Kondisi tanah dasar
- Keadaan medan
- Fungsi jalan
- Kelandaian yang masih memungkinkan

6.3.2.2.1. Lengkung Vertikal Cembung

Contoh Perhitungan Lengkung Vertikal Cembung

Diambil lengkung vertikal PVI No. 01 dengan data sebagai berikut :

- Jenis Lengkung = Vertikal cembung
- Kecepatan rencana = 80 km/jam
- Stasioning PPV = 122 + 557 m

➤ Elevasi PPV	= + 8,761 m
➤ Jarak Pandang Henti (JPH)	= 120 m
➤ Jarak Pandang Menyiap (JPM)	= 550 m
➤ g1	= + 0,737 %
➤ g2	= + 0,452 %

a. Perbedaan aljabar kelandaian (A)

$$A = |0,737 - 0,452|$$

$$= 0,285$$

b. Perhitungan L_v

➤ Berdasarkan syarat keamanan terhadap JPH

a) Untuk $S < L$

$$L_v = \frac{A \times S^2}{399}$$

$$= \frac{0,285 \times 120^2}{399}$$

$$= 10,286 \text{ m (tidak memenuhi)}$$

b) Untuk $S > L$

$$L_v = 2 \times S - \frac{399}{A}$$

$$= 2 \times 120 - \frac{399}{0,285}$$

$$= -1160 \text{ m (memenuhi)}$$

➤ Berdasarkan syarat keamanan terhadap JPM

a) Untuk $S < L$

$$L_v = \frac{A \times S^2}{840}$$

$$= \frac{0,285 \times 550^2}{840}$$

$$= 102,634 \text{ m (tidak memenuhi)}$$

b) Untuk $S > L$

$$\begin{aligned} L_v &= 2 \times S - \frac{840}{A} \\ &= 2 \times 550 - \frac{840}{0,285} \\ &= -1847,368 \text{ m (memenuhi)} \end{aligned}$$

Dari syarat-syarat L_v di atas, dipilih yang terpanjang namun juga memperhatikan jarak antar titik PPV agar tidak terjadi *overlap*. Berdasarkan keadaan yang ada, dan memperhatikan panjang L_v sesudah titik PPV 01, maka diambil $L_v = 60$ meter.

c. Perhitungan E

$$\begin{aligned} E &= \frac{A \times L_v}{800} \\ &= \frac{0,285 \times 60}{800} \\ &= 0,021375 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Perhitungan *stasioning* dan elevasi rencana sumbu jalan

- PLV STA = STA PPV - $\frac{1}{2} L_v$

$$\begin{aligned} &= 122+457 - \frac{1}{2}(60) \\ &= 122+527 \end{aligned}$$

Elevasi = Elevasi PPV - $g_1 (\frac{1}{2} L_v)$

$$\begin{aligned} &= + 8,761 - (0,00737\% (\frac{1}{2} . 60)) \\ &= + 8,540 \text{ m} \end{aligned}$$
- PPV STA = 122+557

Elevasi = Elevasi PPV - E

$$\begin{aligned} &= + 8,761 - 0,021 \\ &= + 8,740 \text{ m} \end{aligned}$$
- PTV STA = STA PPV + $\frac{1}{2} L_v$

$$\begin{aligned} &= 122+557 + (\frac{1}{2} . 60) \\ &= 122+857 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi} &= \text{Elevasi PPV} + g_2 \left(\frac{1}{2} L_v \right) \\
 &= + 8,761 + (0,00452\% \left(\frac{1}{2} \cdot 60 \right)) \\
 &= + 8,897 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6.3.2.2.2. Lengkung Vertikal Cekung

Diambil lengkung vertikal PVI No. 03 dengan data sebagai berikut :

➤ Jenis Lengkung	= Vertikal cekung
➤ Kecepatan rencana	= 80 km/jam
➤ Stasioning PPV	= 122 + 807 m
➤ Elevasi PPV	= + 9,823 m
➤ Jarak pandang henti (JPH)	= 120 m
➤ Jarak pandang menyiap (JPM)	= 550 m
➤ g1	= + 0,3976 %
➤ g2	= + 0,5752 %

a. Perbedaan Aljabar Kelandaian (A)

$$\begin{aligned}
 A &= |0,3976 - 0,5752| \% \\
 &= 0,1776 \%
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan L_v

➤ Berdasarkan syarat keamanan terhadap JPH

a) Untuk $S < L$

$$\begin{aligned}
 L_v &= \frac{A \times S^2}{120 + (3,5 \times S)} \\
 &= \frac{0,178 \times 120^2}{120 + (3,5 \times 120)} \\
 &= 4,736 \text{ m (tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

b) Untuk $S > L$

$$\begin{aligned}
 L_v &= 2 \times S - \frac{120 + (3,5 \times S)}{A} \\
 &= 2 \times 120 - \frac{120 + (3,5 \times 120)}{0,178}
 \end{aligned}$$

$$= -2800,5405 \text{ m (memenuhi)}$$

- Berdasarkan syarat kenyamanan

$$\begin{aligned} L_v &= \frac{A \times Vr^2}{389} \\ &= \frac{0.178 \times 80^2}{389} \\ &= 2,922 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan L_v diatas, maka diambil lengkung vertikal (L_v) = 40 meter.

- c. Perhitungan E

$$\begin{aligned} E &= \frac{A \times Lv}{800} \\ &= \frac{0.178 \times 40}{800} \\ &= 0,00888 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan *stasioning* dan elevasi rencana sumbu jalan

- PLV STA = STA PPV - $\frac{1}{2}$ L_v
 $= 122+807 - \frac{1}{2} (40)$
 $= 122+787$
 Elevasi = Elevasi PPV - $g_1 \cdot (\frac{1}{2} L_v)$
 $= + 9,823 - (0,00398 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 40))$
 $= + 9,743 \text{ m}$
- PPV STA = 122+807
 Elevasi = Elevasi PPV + E
 $= + 9,823 + 0,009$
 $= + 9,832 \text{ m}$
- PTV STA = STA PPV + $\frac{1}{2}$ L_v
 $= 122+807 + \frac{1}{2} (40)$
 $= 122+827$
 Elevasi = Elevasi PPV + $g_2 (\frac{1}{2} L_v)$
 $= + 9,823 + (0,00575 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 40))$
 $= + 9,938 \text{ m}$

Untuk perhitungan alinyemen vertikal selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran.

6.3.3. Perencanaan Konstruksi Perkerasan

6.3.3.1. Perencanaan Perkerasan Pada Pelebaran Jalan

Perencanaan ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) ini menggunakan jenis struktur perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran aspal dengan agregat yang mempunyai ukuran butir tertentu sehingga memiliki kepadatan dan kekuatan tertentu.

Perencanaan perkerasan ini menggunakan tiga metode yaitu :

- A. Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, Departemen Pekerjaan Umum yang berdasarkan pada AASHTO 1972,
- B. Metode AASHTO 1986,
- C. Metode RDS 1993

A. Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, Departemen Pekerjaan Umum yang berdasarkan pada AASHTO 1972.

Data yang diperlukan dalam perencanaan ini adalah data lalu lintas, data CBR tanah dasar dan data curah hujan yang digunakan untuk menentukan nilai faktor regional.

Prosedur perhitungan struktur perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Data Lalu Lintas

Berdasarkan data lalu lintas pada bab IV diketahui data LHR tahun 2006. Golongan kendaraan yang disertakan dalam perhitungan yaitu kendaraan golongan 2, 3, 4, 5, 6 dan 7. Sedangkan sepeda motor (golongan 1) dan kendaraan tidak bermotor (golongan 8) diasumsikan tidak memberikan beban terhadap struktur perkerasan, sehingga tidak disertakan dalam perhitungan.

Nilai angka pertumbuhan dapat diketahui dari perhitungan sebelumnya pada bab IV, yaitu sebesar 5,5663%/tahun . Dengan masa perencanaan ditambah pelaksanaan selama 2 tahun, dan

umur rencana selama 10 tahun, maka data LHR tahun 2010 dan tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 6.5 di bawah ini.

Tabel 6.5 Data LHR Pada Awal Dan Akhir Umur Rencana

GOL	LHR 2007	LHR 2008	LHR 2010	LHR 2020
2	2560	2702.498	3011.73	5176.898
3	729	769.5784	857.6372	1474.203
4	1316	1389.253	1548.217	2661.249
5a	212	223.8006	249.4089	428.7119
5b	716	755.8548	842.3432	1447.914
6a	1129	1191.844	1328.22	2283.093
6b	1369	1445.203	1610.57	2768.427
7a	1906	2012.094	2242.327	3854.363
7b	1175	1240.404	1382.337	2376.115
7c	779	822.3616	916.46	1575.314

Sumber : Hasil Analisa

- **Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan**

Angka ekuivalen dari beban sumbu tiap-tiap golongan kendaraan ditentukan menurut rumus :

- o Angka ekuivalen sumbu tunggal

$$= \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam kg}}{8160} \right]^4$$

- o Angka ekuivalen sumbu ganda

$$= 0,086 \times \left[\frac{\text{beban satu sumbu ganda dalam kg}}{8160} \right]^4$$

Angka ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan juga bisa didapatkan Tabel 6.6 berikut:

Tabel 6.6 Angka ekuivalen (Ej) beban sumbu kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003

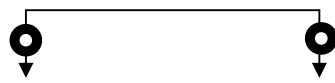
Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,005
5000	11023	0,141	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1	0,086
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,194
11000	24251	3,3022	0,284
12000	26455	4,677	0,4022
13000	28660	6,4419	0,554
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,982
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, SKBI-2.3.26.1987, Departemen Pekerjaan Umum

Atau angka ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung sendiri seperti dibawah ini :

1. Kendaraan ringan 2 ton

Gol 2 dan 3 (Sedan, jeep, station wagon, oplet, pick up, suburban, combi dan minibus)

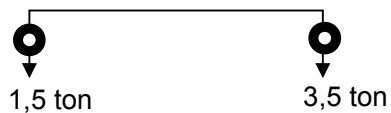


1 ton 1 ton

$$2 \text{ ton } (1 + 1) = \left(\frac{1000}{8160}\right)^4 + \left(\frac{1000}{8160}\right)^4 = 0,00045$$

2. Kendaraan 5 ton

Gol 4 (Micro truk dan mobil hantaran)



$$5 \text{ ton } (1,5 + 3,5) = \left(\frac{1500}{8160}\right)^4 + \left(\frac{3500}{8160}\right)^4 = 0,0011 + 0,0338 = 0,0350$$

3. Kendaraan 8 ton
Gol 5a (Bus kecil)



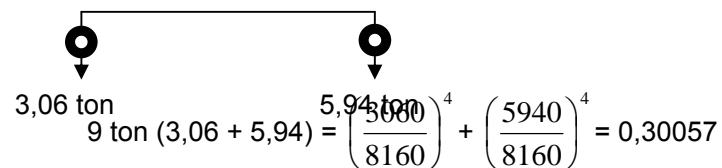
$$8 \text{ ton } (3 + 5) = \left(\frac{3000}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5000}{8160}\right)^4 = 0,0183 + 0,1410 = 0,1592$$

4. Kendaraan 8,3 ton
Gol 6a (Truk ringan 2 sumbu)



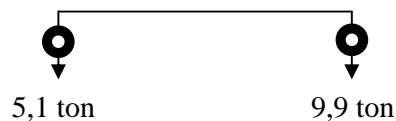
$$8,3 \text{ ton } (2,822 + 5,478) = \left(\frac{2822}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5478}{8160}\right)^4 = 0,2174$$

5. Kendaraan 9 ton
Gol 5b (Bus besar)



$$9 \text{ ton } (3,06 + 5,94) = \left(\frac{3060}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5940}{8160}\right)^4 = 0,30057$$

6. Kendaraan 15 ton
Gol 6b (Truk sedang 2 sumbu)



$$15 \text{ ton } (5,1 + 9,9) = \left(\frac{5100}{8160}\right)^4 + \left(\frac{9900}{8160}\right)^4 = 2,548$$

7. Kendaraan 25 ton

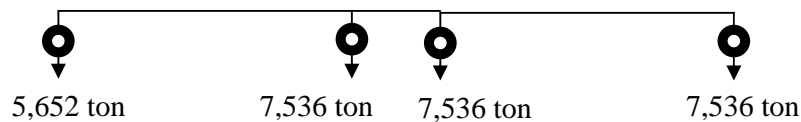
Gol 7a (Truk 3 sumbu)



$$25 \text{ ton } (6,25 + 18,75) = \left(\frac{6250}{8160}\right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{18750}{8160}\right)^4 = 2,7416$$

8. Kendaraan 31,4 ton

Gol 7b (Truk gandeng)



$$31,4 \text{ ton } (5,388 + 7,356 + 7,536 + 7,536) = \left(\frac{5652}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 = 4,9283$$

9. Kendaraan 34 ton

Gol 7c (Truk trailer)



$$42 \text{ ton } (6,12 + 9,52 + 18,36) = \left(\frac{6120}{8160}\right)^4 + \left(\frac{9520}{8160}\right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{18360}{8160}\right)^4 = 5,3155$$

Ket



- **Perhitungan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)**

Nilai LEP tiap kendaraan ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$LEP = \sum (LHR_{2006} \times C_j \times E_j)$$

dimana : C_j = koefisien distribusi kendaraan, yang besarnya untuk tipe jalan 4 lajur 2 arah adalah 0,3 (kendaraan ringan = golongan 2, 3 dan 4), dan 0,45 (kendaraan berat = golongan 5, 6 dan 7). Maka, nilai LEP tiap golongan kendaraan dapat dihitung seperti pada Tabel 6.7 berikut ini.

Tabel 6.7 Nilai Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Golongan	LHR 2010	C_j	E_j	LEP
Kendaraan	kend/hari			
2	3011.730048	0.3	0.00045	0.406584
3	857.6371895	0.3	0.00045	0.115781
4	1548.217478	0.3	0.035	16.25628
5a	249.4088946	0.45	0.1592	17.86765
5b	842.3432478	0.45	0.30057	113.9324
6a	1328.220009	0.45	0.2174	129.9398
6b	1610.569701	0.45	2.548	1846.679
7a	2242.327137	0.45	2.7416	2766.404
7b	1382.337034	0.45	4.9283	3065.657
7c	916.460042	0.45	5.3155	2192.15
			Jumlah	10149.41

Sumber : Hasil Perhitungan

- **Perhitungan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)**

Nilai LEA tiap kendaraan ditentukan atas rumus berikut :

$$LEA = \sum (LHR_{2026} \times C_j \times E_j)$$

Maka, nilai LEA tiap golongan kendaraan dapat dihitung seperti pada Tabel 6.8 berikut ini.

Tabel 6.8 Nilai Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Golongan	LHR 2020	C _J	E _J	LEA
Kendaraan	kend/hari			
2	5176.898268	0.3	0.00045	0.698881
3	1474.202671	0.3	0.00045	0.199017
4	2661.249266	0.3	0.035	27.94312
5a	428.7118878	0.45	0.1592	30.71292
5b	1447.913734	0.45	0.30057	195.8397
6a	2283.093025	0.45	0.2174	223.355
6b	2768.427238	0.45	2.548	3174.279
7a	3854.362538	0.45	2.7416	4755.204
7b	2376.115416	0.45	4.9283	5269.594
7c	1575.313965	0.45	5.3155	3768.112
Jumlah				17445.94

Sumber : Hasil Perhitungan

- **Perhitungan Lintas Ekivalen Tengah (LET)**

Nilai LET ditentukan berdasarkan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 LET &= 0,5 \times (LEP + LEA) \\
 &= 0,5 \times (10149,41 + 17445,94) \\
 &= 13797,7
 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Lintas Ekivalen Rencana (LER)**

Nilai LER ditentukan berdasarkan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 LER &= LET \times (UR/10) = 13797,7 \times (10/10) \\
 &= 13797,7
 \end{aligned}$$

- **Menentukan Faktor Regional (FR)**

Berdasarkan Tabel 2.40 nilai Faktor Regional bergantung kepada jumlah persentase kendaraan berat, nilai klasifikasi medan, dan jumlah curah hujan per tahun.

$$\begin{aligned}
 \text{➤ \% kendaraan berat} &= \frac{\sum \text{kendaraan (gol 5 + gol 6 + gol 7)}}{\sum \text{kendaraan total}} \\
 &= \frac{8571.666}{13989.25} = 0.612732 > \mathbf{30 \%}
 \end{aligned}$$

- Kelandaian melintang rata-rata adalah $< 6 \%$.
- Maka trase ini termasuk ke dalam tipe kelandaian I
- Jumlah curah hujan per tahun Kabupaten Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) berdasarkan data yang didapatkan dari Stasiun Klimatologi Tingkat I, Semarang adalah > 900 mm/tahun.
- Maka dapat disimpulkan nilai Faktor Regional adalah 2.

- **Menentukan Indeks Permukaan**

Indeks permukaan terdiri dari :

- IPO, merupakan indeks permukaan pada awal umur rencana. Jalan arteri ini didesain menggunakan jenis lapis permukaan laston dengan roughness < 1000 . Maka, berdasarkan Tabel 2.42 didapatkan nilai IPO = 4
- IPT, merupakan indeks permukaan pada akhir umur rencana. Untuk jalan arteri dengan besar LER > 1000 , berdasarkan Tabel 2.41 didapatkan nilai IPT = 2,5.

- **Menentukan nilai Daya Dukung Tanah (DDT)**

Nilai Daya Dukung Tanah (DDT) didapat berdasarkan grafik korelasi antara nilai CBR dengan DDT, atau bisa dengan menggunakan rumus $DDT = 4,3 \cdot \log (CBR) + 1,7$.

$$DDT = 4,3 \cdot \log (10) + 1,7 = 6,0$$

Maka didapat nilai DDT = 6,0

Direncanakan harga CBR pada tanah urugan adalah 10,0% sehingga daya dukung tanahnya(DDT) = 6,0

- **Menentukan Indeks Tebal Permukaan (ITP)**

Penentuan indeks tebal permukaan (ITP) tidak dapat dilaksanakan menggunakan nomogram karena nilai dari LER > 10000 , sedangkan pada nomogram nilai LER hanya mencapai 10000, sehingga cara ini dilanjutkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{LogWt18} = 9,36 \times \log(\text{ITP} + 2,54) - 3,9892 - \left(\frac{Gt}{\left(0,40 + \frac{138072}{(\text{ITP} + 2,54)^{5,19}} \right)} \right) + \log(1/\text{FR}) + 0,372 \times (\text{DDT} - 3,0)$$

Keterangan :

- Gt : Fungsi logaritma dari perbandingan antara kehilangan tingkat pelayanan dari IP=IP0 sampai IP = Ipt dengan kehilangan tingkat pelayanan dari Ipo sampai Ipt = 1,5.
- Wt 18 : Beban lalu lintas selama umur rencana atas dasar beban sumbu tunggal 18000 pon yang telah diperhitungkan terhadap faktor regional. Rumus Wt18 = LER*3650.
- FR : Faktor regional
- ITP : Indeks Tebal Perkerasan untuk keadaan lingkungan dan daya dukung sesuai lokasi jalan dan indeks permukaan akhir umur rencana yang dipilih.
- DDT : Daya dukung tanah dasar yang besarnya merupakan nilai korelasi dengan nilai CBR.

Dengan data LER sebesar 13797,7 maka didapat nilai Wt 18 sebesar 50361605. sehingga rumus akan seperti di bawah ini.

$$\text{Log} 50361605 = 9,36 \times \log(\text{ITP} + 2,54) - 3,9892 - \left(\frac{-0,255272505}{\left(0,40 + \frac{138072}{(\text{ITP} + 2,54)^{5,19}} \right)} \right) + \log(1/2) + 0,372 \times (6 - 3,0)$$

Dengan cara interpolasi serta pendekatan maka akan diperoleh ITP sebesar 14,08715288.

Harga ITP di atas merupakan ITP (ITP 3) berdasarkan tanah dasar, dengan cara yang sama maka akan didapatkan ITP 1 berdasarkan nilai CBR dari lapis pondasi atas sebesar 7,400938089 serta didapatkan ITP 2 berdasarkan nilai CBR lapis pondasi bawah, nilai tersebut sebesar 8,164444681.

- **Menentukan Tebal Dan Jenis Lapisan Perkerasan**

Tebal perkerasan dari tiap-tiap lapisan dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\text{ITP} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

Dimana :

a_1 , a_2 , dan a_3 = kekuatan relatif untuk tiap lapis perkerasan (Tabel 2.41)

D_1 , D_2 , dan D_3 = tebal tiap-tiap lapisan perkerasan, dengan memperhatikan nilai tebal minimum tiap lapisan pada tabel 2.42 dan tabel 2.43.

Dalam mendesain lapisan perkerasan lentur, pada umumnya lapisan permukaan dan lapisan pondasi ditentukan terlebih dahulu, yakni diambil tebal minimum. Hal ini karena harga dari kedua lapisan tersebut yang relatif lebih mahal daripada lapisan pondasi bawah. Maka ditentukan spesifikasi tiap lapisan sebagai berikut :

- a. Lapisan permukaan
 - Jenis = Laston MS 744
 - $a_1 = 0,40$
 - Tebal minimum 10 cm, maka $D_1 = 10$ cm
- b. Lapisan pondasi
 - Jenis = Batu pecah (kelas A), CBR 100%
 - $a_2 = 0,14$
 - Tebal minimum 25 cm untuk nilai ITP $\geq 12,25$
- c. Lapisan pondasi bawah
 - Jenis = Sirtu/pitrun (kelas A), CBR 70 %
 - $a_3 = 0,13$

Maka, tebal lapisan pondasi bawah ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{ITP} &= a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \\ 14,088 &= (0,40 \times 10) + (0,13 \times 25) + (0,13 \times D_3) \\ D_3 &= 52,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sedangkan dalam kenyataannya atau tebal perkerasan yang didapat dari nilai ITP per-lapisan, kebutuhan tebal lapis perkerasan dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$D_1 = (\text{ITP}_{\text{base}}/a_1) = (7,401/0,40) = 18,5025 \text{ cm} \approx 19 \text{ cm}$$

$$D_2 = ((ITP_{\text{subbase}} - ITP_{\text{base}}) / a_2) = ((8,165 - 7,401) / 0,13) \\ = 5,877 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

$$D_3 = ((ITP_{\text{subgrade}} - ITP_{\text{subbase}} - ITP_{\text{base}}) / a_3) = (14,088 - 7,40 - 8,165) / 0,13 \\ = 0 \text{ cm}$$

Dari 3 perbandingan di atas maka tebal perkerasan yang dipakai adalah sebagai berikut :

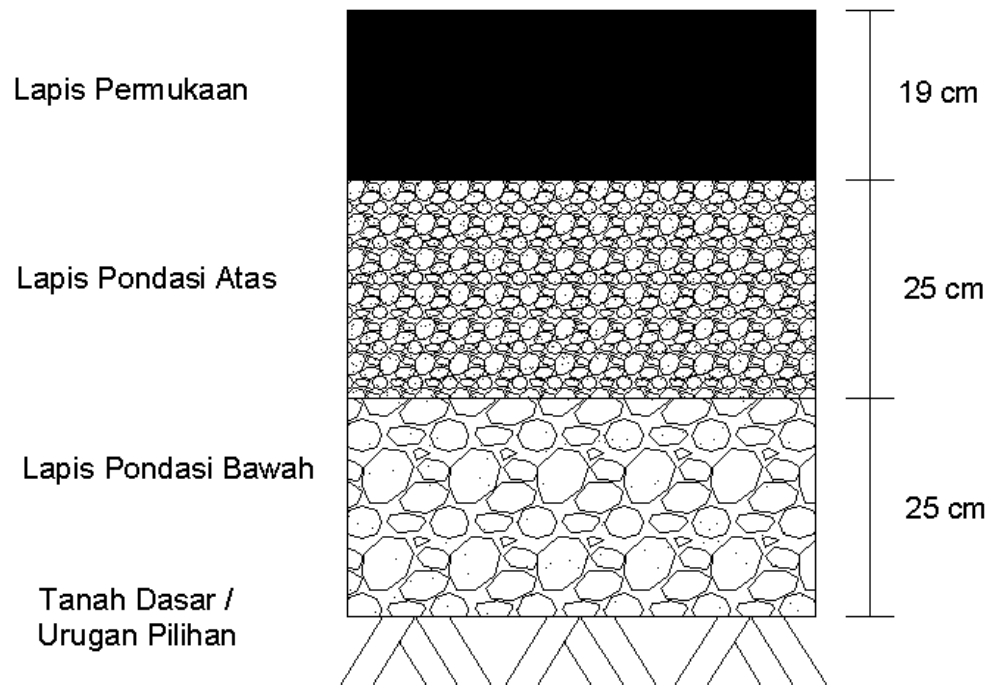
$$D_1 = 19 \text{ cm}$$

$$D_2 = 25 \text{ cm}; \text{ maka}$$

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$14,088 = (0,40 \times 19) + (0,13 \times 25) + (0,13 \times D_3)$$

$$D_3 = 24,91 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$



Gambar 6.1 Tebal Perkerasan Cara SKBI Bina Marga

B. Metode AASHTO 1986

Metode ini dikembangkan dengan lebih menyesuaikan dengan kondisi lingkungan. Beban standar yang digunakan adalah 8,16 ton = 18 kips = 18.000 lbs. Parameter daya dukung tanah dinyatakan dalam modulus resilien atau korelasi dengan CBR. Kondisi lingkungan diakomodir dalam koefisien drainase, dan kehilangan tingkat pelayanan akibat swelling. Dibandingkan dengan metode AASHTO 72, AASHTO 86 ini lebih bersifat analitis.

Prosedur perhitungan Tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode AASHTO 86.

1. Data-data yang diperlukan :

- Umur rencana : 10 tahun
- CBR Tanah dasar 10%
- Reliabilitas dan Simpangan Baku Keseluruhan
 1. Untuk jalan Arteri luar kota, diambil nilai $R = 99\%$
 2. Simpangan Baku Normal Standar (Z_r) = -2,327
 3. Simpangan Baku Keseluruhan (S_o) = (0,40-0,50); dipakai 0,5
- Jalan dilengkapi saluran drainase yang sedang, yang dapat mengeringkan genangan dalam 1 hari, dengan kelembaban jenuh perkerasan dalam 1 tahun 1-5, maka nilai koefisien drainase (m) adalah 1,25-1,15 diambil 1,2.

2. Menghitung lintas ekuivalen kumulatif pada umur rencana (W_{18})

- **Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan**

Dengan memperhitungkan nilai SN 6 pada tabel-tabel pada subbab metode AASHTO 1986 pada Bab II, maka akan didapatkan harga angka Ekuivalen (E) dengan cara interpolasi. Hasil dari interpolasi sebagai berikut :

Tabel 6.9 Angka Ekuivalen untuk Single Axel Load

Beban	Nilai E (hasil interpolasi)	Dari tabel 1 : SN = 6" IPt = 2,0
1 ton = 2,2 kip	0,00038	
1,5 ton = 3,3 kip	0,00137	
2,822 ton = 6,2084 kip	0,011084	
3 ton = 6,6 kip	0,015	
3,06 ton = 6,732 kip	0,01632	
3,5 ton = 7,7 kip	0,026	
5 ton = 11 kip	0,122	
5,1 ton = 11,22 kip	0,13212	
5,478 ton = 12,0516 kip	0,172205	
5,652 ton = 12,4344 kip	0,203404	
5,94 ton = 13,068 kip	0,255042	
6 ton = 13,2 kip	0,2658	
6,12 ton = 13,464 kip	0,287316	
6,25 ton = 13,75 kip	0,310625	
7,536 ton = 16,5792 kip	0,712998	
9,52 ton = 20,944 kip	1,97704	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 6.10 Angka Ekuivalen untuk Tandem Axel Load

Beban	Nilai E (hasil interpolasi)	Dari tabel 2 : SN = 6" IPt = 2,0
18,75 ton = 41,25 kip	2,505	
18,36 ton = 40,392 kip	2,28192	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel-tabel hasil interpolasi di atas maka didapatkan angka ekuivalen kendaraan yang dihitung di bawah ini :

1. Kendaraan ringan 2 ton

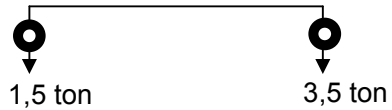
Gol 2 dan 3 (Sedan, jeep, station wagon, oplet, pick up, suburban, combi dan minibus)



$$2 \text{ ton } (1 + 1) = 0,00038 + 0,00038 = 0,00076$$

2. Kendaraan 5 ton

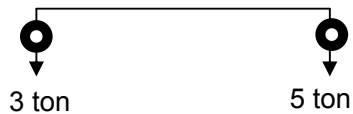
Gol 4 (Micro truk dan mobil hantaran)



$$5 \text{ ton } (1,5 + 3,5) = 0,00137 + 0,026 = 0,02737$$

3. Kendaraan 8 ton

Gol 5a (Bus kecil)



$$8 \text{ ton } (3 + 5) = 0,015 + 0,122 = 0,137$$

4. Kendaraan 8,3 ton

Gol 6a (Truk ringan 2 sumbu)



$$8,3 \text{ ton } (2,822 + 5,478) = 0,011084 + 0,172205 = 0,183289$$

5. Kendaraan 9 ton

Gol 5b (Bus besar)



$$9 \text{ ton } (3,06 + 5,94) = 0,01632 + 0,255042 = 0,271362$$

6. Kendaraan 15 ton

Gol 6b (Truk sedang 2 sumbu)



$$15 \text{ ton } (5,1 + 9,9) = 0,13212 + 2,3198 = 2,45192$$

7. Kendaraan 25 ton

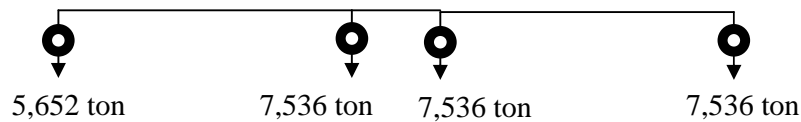
Gol 7a (Truk 3 sumbu)



$$25 \text{ ton } (6,25 + 18,75) = 0,310625 + 2,505 = 2,815625$$

8. Kendaraan 31,4 ton

Gol 7b (Truk gandeng)



$$31,4 \text{ ton } (5,388 + 7,356 + 7,536 + 7,536) = 0,203404 + 3 * 0,712998 \\ = 2,342398$$

9. Kendaraan 34 ton

Gol 7c (Truk trailer)



$$42 \text{ ton } (6,12 + 9,52 + 18,36) = 0,287316 + 1,97704 + 2,28192 = 4,546276$$

Ket



Dengan angka ekuivalen kendaraan, selanjutnya adalah memperhitungkan W_{18} dengan memperhitungkan faktor distribusi arah serta faktor distribusi lajur. Rumus dari perhitungan beban lalu lintas sebagai berikut :

$$W_{18} = D_D \times D_L \times \hat{W}_{18} \\ \hat{W}_{18} = \Sigma [LHR_i \times E_i \times G_R] \times 365$$

Dengan nilai DD adalah 0,5, nilai DL adalah 0,75 sedangkan GR adalah Tingkat pertumbuhan (lalu lintas) Tahunan (%) (*Annual Growth Rate*). Rumusnya sebagai berikut :

$$G_R = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \text{ dengan } r \text{ adalah tingkat pertumbuhan}$$

Dari rumus-rumus di atas maka akan didapatkan beban lalu lintas selama umur rencana seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 6.11 Beban Lalu Lintas Hingga Umur Rencana

Gol	Jenis Kendaraan	LHR Tahun 2010 (kend/hr)	Beban Total (ton)	Beban As Depan (ton)	Beban As Tengah (ton)	Beban As Belakang (ton)	E	GR	Dd	DL	AE 18 KSAL
2	Sedan, Jeep, STW	3011.730048	2	1	-	1	0.00076	12.9154	0.5	0.75	4,046.33
3	Oplet, Suburban, Minibus	857.6371895	2	1	-	1	0.00076	12.9154	0.5	0.75	1,152.26
4	Mikro Truck, Mobil Hantaran	1548.217478	5	1.5	-	3.5	0.02737	12.9154	0.5	0.75	74,909.82
5a	Bus Kecil	249.4088946	8	3	-	5	0.137	12.9154	0.5	0.75	60,403.84
5b	Bus Besar	842.3432478	9	3.06	-	5.94	0.271362	12.9154	0.5	0.75	404,082.59
6a	Truk 2 Sumbu Kecil	1328.220009	8.3	2.822	-	5.478	0.183289	12.9154	0.5	0.75	430,366.47
6b	Truk 2 Sumbu Besar	1610.569701	15	5.1	-	9.9	2.45192	12.9154	0.5	0.75	6,981,003.14
7a	Truk 3 Sumbu	2242.327137	25	6.25	-	18.75	2.815625	12.9154	0.5	0.75	11,161,069.12
7b	Truk Gandengan	1382.337034	31.4	5.62	7.536	15.072	2.342398	12.9154	0.5	0.75	5,724,092.51
7c	Trk Trailer	916.460042	34	13.464	20.944	40.392	4.546276	12.9154	0.5	0.75	7,365,484.91
										TOTAL	32,206,611.00

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Penentuan Δ PSI

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t = 4,2 - 2 = 2,2$$

$$P_t \text{ (terminal serviceability index)} = 2$$

$$P_o \text{ (initial serviceability index)} = 4,2$$

$$\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2 = 2,2$$

4. Jenis lapis perkerasan yang dipakai, nilai Mr, dan koefisien lapis perkerasan :

Lapisan tanah dasar : $M_r = 10 \times 1500 = 15000$ psi

Lapis Pondasi Atas (Base Course), $M_r = 30000$ psi

Lapis pondasi bawah (Sub Base), $M_r = 18000$ psi

1. Lapis permukaan Aspal Beton (AC); $a_1 = 0,44$

2. Lapis Pondasi Batu pecah CBR 80%; $a_2 = 0,14$

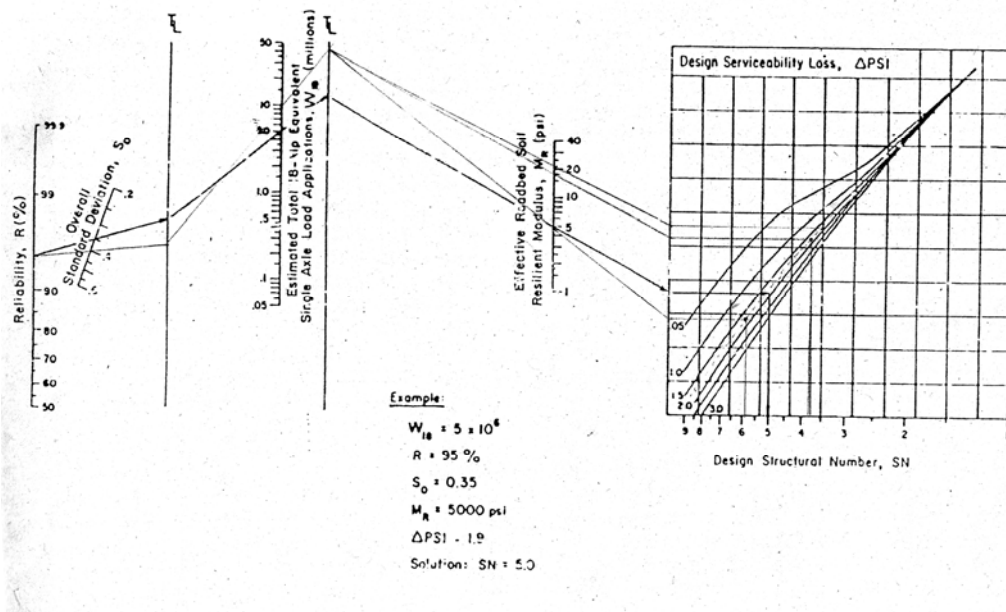
Lapis Pondasi Bawah Sirtu CBR 70%; $a_3 = 0,13$

5. Menghitung tebal perkerasan.

Dengan menggunakan nilai R, Mr, So, W_{18} , dan Δ PSI maka diperoleh nilai SN_1 , SN_2 dan SN_3 (dari Grafik) :

$$W_{18} = 32,206 \cdot 10^6 \cdot 18 \text{ kip-ESAL}$$

$$S_o = 0,5; R = 99 \%, \Delta\text{PSI} = 2,2$$



Gambar 6.2 Nomogram untuk mendapatkan SN (Structural Number)

Dari Grafik di atas didapatkan SN (*Structural Number*) 3 jenis yaitu SN₁ sebesar 4,71; SN₂ sebesar 5,44 dan SN₃ sebesar 5,67. Selanjutnya nilai-nilai tersebut digunakan dalam perencanaan tebal lapis perkerasan :

$$D_1 = ITP_1/a_1 = 4,71/0,44 = 10,705 \text{ inci} \approx 28 \text{ cm}$$

$$ITP_1^* = 11,024 \times 0,44 = 4,85$$

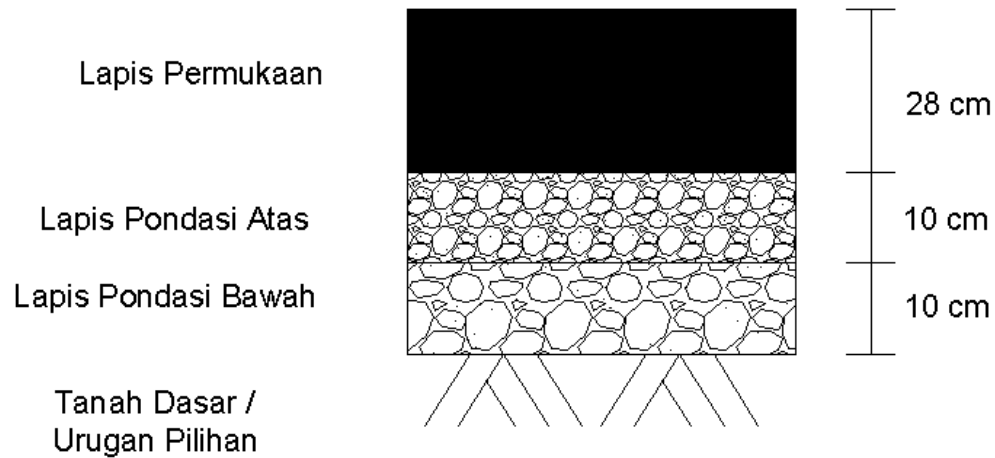
$$D_2 = (ITP_2 - ITP_1^*) / (a_2 m_2) = (5,44 - 4,85) / (0,14 \times 1,2) = 3,512''$$

dibulatkan : 3,5 inci \approx 10 cm

$$ITP_2^* = 3,54 \times (0,14 \times 1,2) = 0,60$$

$$D_3 = (ITP_3 - (ITP_2^* + ITP_1^*)) / (a_3 m_3)$$

$$D_3 = (5,67 - (0,60 + 4,85)) / (0,13 \times 1,2) = 1,41 \text{ inci dibulatkan} = 2 \text{ inci} \approx 10 \text{ cm}$$



Gambar 6.3 Tebal Perkerasan Cara AASHTO 1986

C. Metode RDS (Roadworks Design System) 1993

Metode ini lebih dikenal sebagai system pemrograman jalan yang merupakan dasar dari RDM (Road Design Modul) pada IRMS (Inter-urban Road Management System). Tidak seperti 2 (dua) metode sebelumnya yang penentuan tebal perkerasannya menggunakan nomogram, metode ini menggunakan rumus untuk menentukan tebal perkerasan. Rumus tersebut memperhitungkan daya dukung tanah dasar dalam bentuk CBR serta beban lalu lintas (ESA).

Prosedur perhitungan Tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode RDS 1993 adalah sebagai berikut :

1. Data-data yang diperlukan :

- Umur rencana : 10 tahun
- CBR Tanah dasar 10%
- Faktor pertumbuhan lalu lintas 5,5663%
- Tahun awal umur rencana adalah 2010
- Tahun survai lalu lintas adalah 2007
- Faktor jalur lalu lintas (FJR) adalah 0,4 karena merupakan lalu lintas 4/2 D

Angka ekivalen beban sumbu kendaraan atau *Vehicle Damage Factor* (VDF) dapat dihitung sendiri seperti di bawah ini :

1. Kendaraan ringan 2 ton

Gol 2 dan 3 (Sedan, jeep, station wagon, oplet, pick up, suburban, combi dan minibus)



$$2 \text{ ton } (1 + 1) = \left(\frac{1000}{8160}\right)^4 + \left(\frac{1000}{8160}\right)^4 = 0,00045$$

2. Kendaraan 5 ton

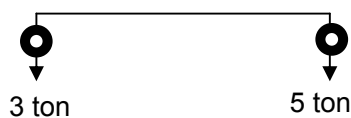
Gol 4 (Micro truk dan mobil hantaran)



$$5 \text{ ton } (1,5 + 3,5) = \left(\frac{1500}{8160}\right)^4 + \left(\frac{3500}{8160}\right)^4 = 0,0011 + 0,0338 = 0,0350$$

3. Kendaraan 8 ton

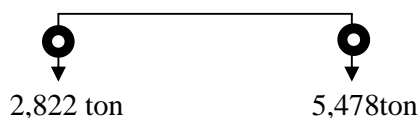
Gol 5a (Bus kecil)



$$8 \text{ ton } (3 + 5) = \left(\frac{3000}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5000}{8160}\right)^4 = 0,0183 + 0,1410 = 0,1592$$

4. Kendaraan 8,3 ton

Gol 6a (Truk ringan 2 sumbu)



$$8,3 \text{ ton } (2,822 + 5,478) = \left(\frac{2822}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5478}{8160}\right)^4 = 0,2174$$

5. Kendaraan 9 ton
Gol 5b (Bus besar)



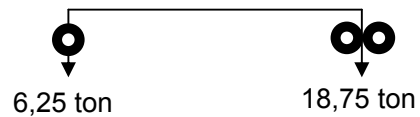
$$9 \text{ ton } (3,06 + 5,94) = \left(\frac{3060}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5940}{8160}\right)^4 = 0,30057$$

6. Kendaraan 15 ton
Gol 6b (Truk sedang 2 sumbu)



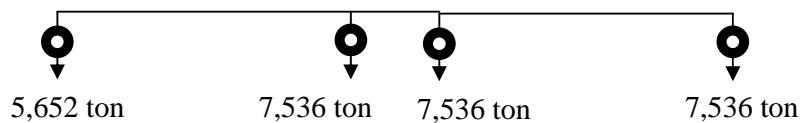
$$15 \text{ ton } (5,1 + 9,9) = \left(\frac{5100}{8160}\right)^4 + \left(\frac{9900}{8160}\right)^4 = 2,548$$

7. Kendaraan 25 ton
Gol 7a (Truk 3 sumbu)



$$25 \text{ ton } (6,25 + 18,75) = \left(\frac{6250}{8160}\right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{18750}{8160}\right)^4 = 2,7416$$

8. Kendaraan 31,4 ton
Gol 7b (Truk gandeng)



$$31,4 \text{ ton}(5,388 + 7,356 + 7,536 + 7,536) = \left(\frac{5652}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 = 4,9283$$

9. Kendaraan 34 ton
Gol 7c (Truk trailer)



$$42 \text{ ton}(6,12 + 9,52 + 18,36) = \left(\frac{6120}{8160}\right)^4 + \left(\frac{9520}{8160}\right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{18360}{8160}\right)^4 = 5,3155$$

Ket



Setelah didapatkan nilai VDF (*Vehicle Damage Factor*) masing-masing kendaraan, selanjutnya dilakukan perhitungan beban lalu lintas (ESA (*Equivalent Standart Axle*)) yang terdapat pada tabel di bawah ini :

Tabel 6.12 Beban Lalu Lintas Hingga Umur Rencana dengan Cara RDS 1993

Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2007 (kend/hr)	Beban Total (ton)	Beban As Depan (ton)	Beban As Tengah (ton)	Beban As Belakang (ton)	VDF	To	Ti	UR	i	FJR	ESA
2	Sedan, Jeep, STW	2560	2	1	-	1	0.00045	2007	2010	10	0.055663143	0.4	6,108.98
3	Oplet, Suburban, Minibus	729	2	1	-	1	0.00045	2007	2010	10	0.055663143	0.4	1,738.63
4	Mikro Truck, Mobil Hantaran	1316	5	1.5	-	3.5	0.035	2007	2010	10	0.055663143	0.4	244,200.59
5a	Bus Kecil	212	8	3	-	5	0.1592	2007	2010	10	0.055663143	0.4	178,525.52
5b	Bus Besar	716	9	3.06	-	5.94	0.30057	2007	2010	10	0.055663143	0.4	1,140,566.04
6a	Truk 2 Sumbu Kecil	1129	8.3	2.822	-	5.478	0.2174	2007	2010	10	0.055663143	0.4	1,301,201.14
6b	Truk 2 Sumbu Besar	1369	15	5.1	-	9.9	2.548	2007	2010	10	0.055663143	0.4	18,494,094.66
7a	Truk 3 Sumbu	1906	25	6.25	-	18.75	2.7416	2007	2010	10	0.055663143	0.4	27,708,257.06
7b	Truk Gandengan	1175	31.4	5.62	7.536	15.072	4.9283	2007	2010	10	0.055663143	0.4	30,699,741.77
7c	Trk Trailler	779	34	13.464	20.944	40.392	5.3155	2007	2010	10	0.055663143	0.4	21,946,836.27
												TOTAL	101,721,270.66

Sumber : Hasil perhitungan

Dengan data-data dan hasil perhitungan beban lalu lintas di atas maka dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan rumus sebagai berikut :

➤ Tebal Layer Capping

$T_{cp} = 35$ cm, untuk CBR < 3%

$T_{cp} = 20$ cm, untuk CBR = 3-5%

Untuk ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) didapatkan

$T_{cp} = 20$ cm, karena CBR urugan pilihannya adalah 10%.

➤ Tebal Subbase (cm)

$$T_{sb} = \{-1,4658 * \text{Log}(\text{CBR}-1,35752) * \{\text{Log}(\text{ESA})\}^2 + \\ \{6,40587 * \text{Log}(\text{CBR}) + 8,661746\} * \text{Log}(\text{ESA})\} - \\ [57,47031 * \text{Log}(\text{CBR})-61,35236]$$

CBR = 10%

ESA = $101,721 * 10^6$, sehingga ;

$$T_{sb} = \{-1,4658 * \text{Log}(10-1,35752) * \{\text{Log}(101,721)\}^2 + \\ \{6,40587 * \text{Log}(10) + 8,661746\} * \text{Log}(101,721)\} - \\ [57,47031 * \text{Log}(10)-61,35236] = 28,62 \text{ cm}$$

$T_{sb} \approx 29$ cm

➤ Tebal Base (cm)

$$T_b = 1,225491 * (\text{Log}(\text{ESA}))^2 + 5,082842 * \text{Log}(\text{ESA}) + \\ 14,84231$$

ESA = $101,721 * 10^6$, sehingga ;

$$T_b = 1,225491 * (\text{Log}(101,721))^2 + 5,082842 * \text{Log}(101,721) + \\ 14,84231$$

$T_b = 29,98$ cm ≈ 30 cm

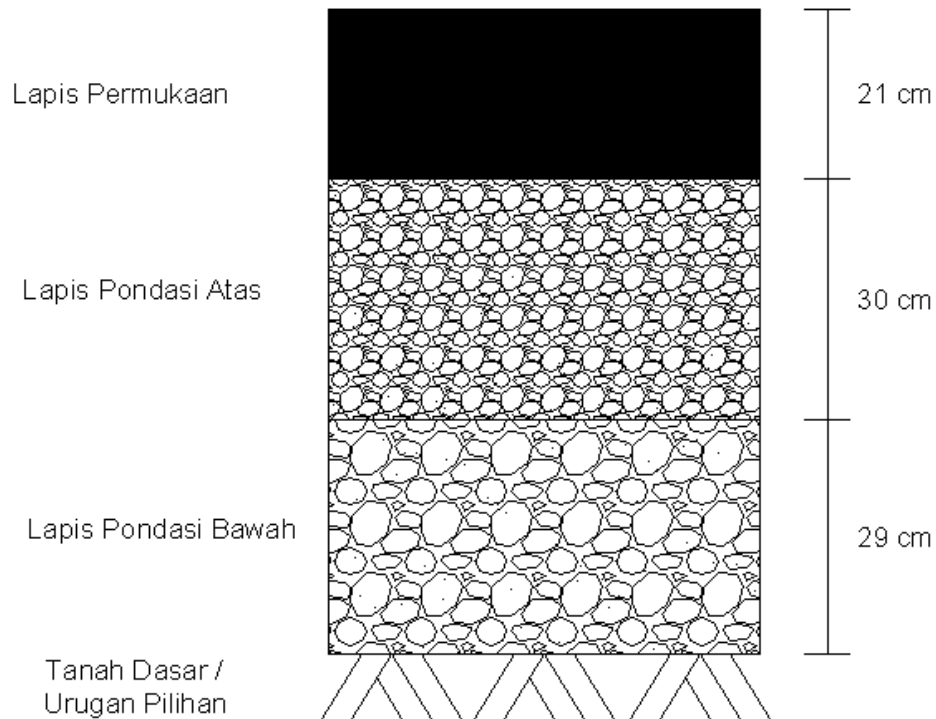
➤ Tebal Surface (cm)

$$T_{sf} = 2,174015 * (\text{Log}(\text{ESA}))^2 + 2,444561 * \text{Log}(\text{ESA}) + \\ 6,776027$$

ESA = $101,721 * 10^6$, sehingga ;

$$T_{sf} = 2,174015 * (\text{Log}(101,721))^2 + 2,444561 * \text{Log}(101,721) + \\ 6,776027$$

$T_{sf} = 20,444$ cm ≈ 21 cm



Gambar 6.4 Tebal Perkerasan

Hasil perhitungan ketiga metode diatas dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 6.13 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan

Analisa Komponen 87	AASHTO 1986	RDS 1993
SC = 19 cm	SC = 28 cm	SC = 21 cm
BC = 25 cm	BC = 10 cm	BC = 30 cm
SBC = 25 cm	SBC = 10 cm	SBC = 29 cm

Sumber : Hasil perhitungan

keterangan :

SC = Lapis Permukaan

BC = Lapis pondasi Atas

SBC = Lapis Pondasi Bawah

Dari perbandingan hasil perhitungan ketiga metode di atas, maka pada perancangan perkerasan lentur ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) ini, kami menggunakan Metode Analisa Komponen. Namun kebutuhan tebal minimum lapis perkerasan yang ada, berdasarkan pada hasil perhitungan dengan menggunakan metode AASHTO 1986. Perhitungan tebal perkerasan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

a. Lapisan permukaan

- Jenis = Laston MS 744
- $a_1 = 0,40$
- Tebal minimum 10 cm, maka $D_1 = 19$ cm

b. Lapisan pondasi

- Jenis = Batu pecah (kelas B), CBR 100 %
- $a_2 = 0,14$
- Tebal minimum 25 cm untuk nilai ITP $\geq 12,25$; dan 20 cm untuk ITP antara 10-12,14. Maka $D_2 = 25$ cm

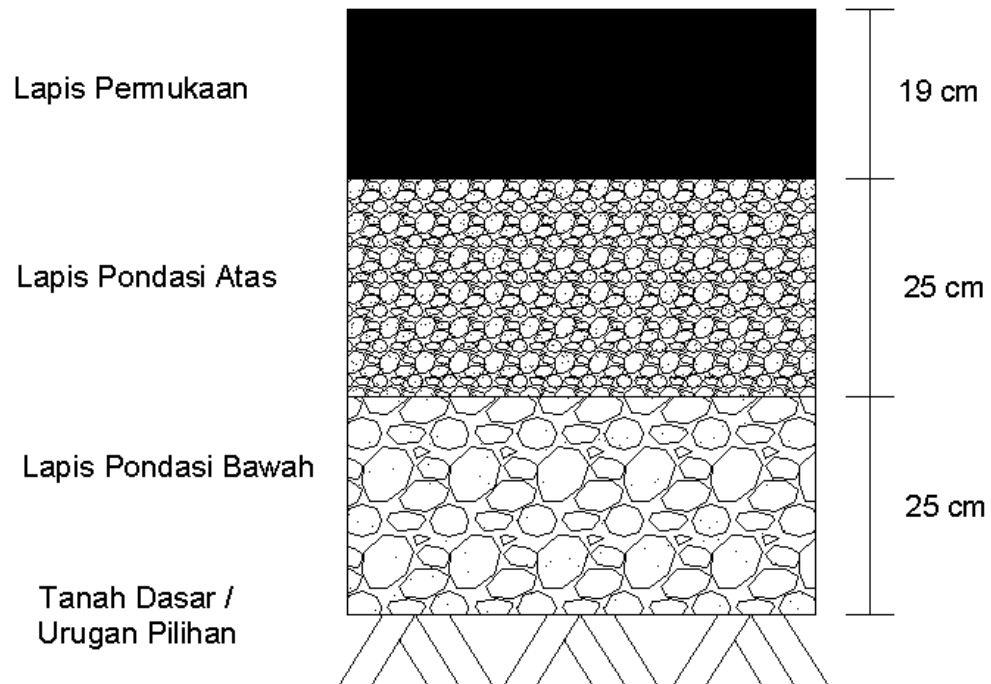
c. Lapisan pondasi bawah

- Jenis = Sirtu/pitrun (kelas A), CBR 70 %
- $a_3 = 0,13$
- Maka, tebal lapisan pondasi bawah ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$ITP = a_1.D_1 + a_2.D_2 + a_3.D_3$$

$$14,088 = (0,40 \times 19) + (0,14 \times 25) + (0,13 \times D_3)$$

$$D_3 = 24,75 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$



Gambar 6.5 Tebal Perkerasan

6.3.3.2. Perencanaan Tebal Lapis Tambahan (Overlay)

Perencanaan tebal lapis ulang pada ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) dilakukan dengan cara non destruktif berupa metode lendutan balik.

Perhitungan didasarkan pada metode HRODI, metode Bina Marga No. 01/MN/BM/1983 dan RDS 1993. Data yang diperlukan berupa lendutan balik ijin, jenis perkerasan yang akan dipakai, dan lendutan yang terjadi saat ini serta data lintas ekivalen kumulatif selama umur rencana.

A. Metode HRODI/RDS (*Roadworks Design System*) 1970

Metode ini menggunakan rumus untuk menentukan tebal perkerasan. Rumus tersebut memperhitungkan lendutan balik dari jalan yang ada, beban lalu lintas (ESA) dan keadaan jalan dalam RCI (*Road Condition Index*).

Prosedur perhitungan Tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode RDS 1970 adalah sebagai berikut :

1. Data yang diperlukan :

- Lendutan balik yang ada pada STA 120+000 s/d 123+000 adalah 1,915 mm sedangkan pada STA 123+100 s/d 129+900 adalah 1,382 mm.
- Lapisan tambahan yang direncanakan menggunakan AC, dengan tebal minimum 5 cm.

Dibawah ini merupakan perhitungan *Vehicle Damage Factor* (VDF) :

1. Kendaraan ringan 2 ton

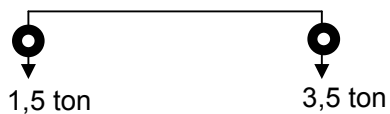
Gol 2 dan 3 (Sedan, jeep, station wagon, oplet, pick up, suburban, combi dan minibus)



$$2 \text{ ton } (1 + 1) = \left(\frac{1000}{8160}\right)^4 + \left(\frac{1000}{8160}\right)^4 = 0,00045$$

2. Kendaraan 5 ton

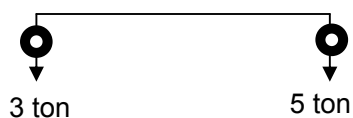
Gol 4 (Micro truk dan mobil hantaran)



$$5 \text{ ton } (1,5 + 3,5) = \left(\frac{1500}{8160}\right)^4 + \left(\frac{3500}{8160}\right)^4 = 0,0011 + 0,0338 = 0,0350$$

3. Kendaraan 8 ton

Gol 5a (Bus kecil)



$$8 \text{ ton } (3 + 5) = \left(\frac{3000}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5000}{8160}\right)^4 = 0,0183 + 0,1410 = 0,1592$$

4. Kendaraan 8,3 ton
Gol 6a (Truk ringan 2 sumbu)



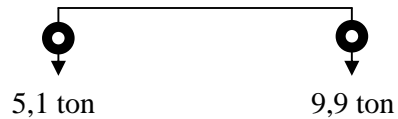
$$8,3 \text{ ton } (2,822 + 5,478) = \left(\frac{2822}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5478}{8160}\right)^4 = 0,2174$$

5. Kendaraan 9 ton
Gol 5b (Bus besar)



$$9 \text{ ton } (3,06 + 5,94) = \left(\frac{3060}{8160}\right)^4 + \left(\frac{5940}{8160}\right)^4 = 0,30057$$

6. Kendaraan 15 ton
Gol 6b (Truk sedang 2 sumbu)



$$15 \text{ ton } (5,1 + 9,9) = \left(\frac{5100}{8160}\right)^4 + \left(\frac{9900}{8160}\right)^4 = 2,548$$

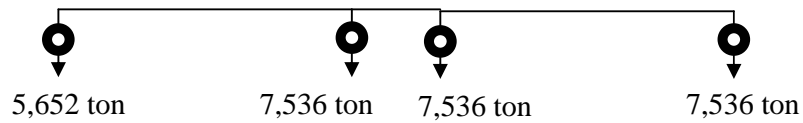
7. Kendaraan 25 ton
Gol 7a (Truk 3 sumbu)



$$25 \text{ ton } (6,25 + 18,75) = \left(\frac{6250}{8160}\right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{18750}{8160}\right)^4 = 2,7416$$

8. Kendaraan 31,4 ton

Gol 7b (Truk gandeng)



$$31,4 \text{ ton}(5,388 + 7,356 + 7,536 + 7,536) = \left(\frac{5652}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 + \left(\frac{7536}{8160}\right)^4 = 4,9283$$

9. Kendaraan 34 ton

Gol 7c (Truk trailer)



$$42 \text{ ton}(6,12 + 9,52 + 18,36) = \left(\frac{6120}{8160}\right)^4 + \left(\frac{9520}{8160}\right)^4 + 0,086 \times \left(\frac{18360}{8160}\right)^4 = 5,3155$$

Ket



Tabel 6.14 Beban Lalu Lintas Hingga Umur Rencana dengan Cara RDS 1993

Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2007 (kend/hr)	Beban Total (ton)	Beban As Depan (ton)	Beban As Tengah (ton)	Beban As Belakang (ton)	VDF	To	Ti	UR	i	FJR	ESA
2	Sedan, Jeep, STW	2560	2	1	-	1	0.00045	2007	2010	10	0.055663143	0.4	6,108.98
3	Oplet, Suburban, Minibus	729	2	1	-	1	0.00045	2007	2010	10	0.055663143	0.4	1,738.63
4	Mikro Truck, Mobil Hantaran	1316	5	1.5	-	3.5	0.035	2007	2010	10	0.055663143	0.4	244,200.59
5a	Bus Kecil	212	8	3	-	5	0.1592	2007	2010	10	0.055663143	0.4	178,525.52
5b	Bus Besar	716	9	3.06	-	5.94	0.30057	2007	2010	10	0.055663143	0.4	1,140,566.04
6a	Truk 2 Sumbu Kecil	1129	8.3	2.822	-	5.478	0.2174	2007	2010	10	0.055663143	0.4	1,301,201.14
6b	Truk 2 Sumbu Besar	1369	15	5.1	-	9.9	2.548	2007	2010	10	0.055663143	0.4	18,494,094.66
7a	Truk 3 Sumbu	1906	25	6.25	-	18.75	2.7416	2007	2010	10	0.055663143	0.4	27,708,257.06
7b	Truk Gandengan	1175	31.4	5.62	7.536	15.072	4.9283	2007	2010	10	0.055663143	0.4	30,699,741.77
7c	Trk Trailer	779	34	13.464	20.944	40.392	5.3155	2007	2010	10	0.055663143	0.4	21,946,836.27
												TOTAL	101,721,270.66

Sumber : Hasil perhitungan

2. Rumus yang dipakai :

- Tebal lapis total = $t + T$

Dimana t = tebal lapis untuk mengurangi lendutan yang terjadi selama umur rencana

T = tebal lapis ulang untuk membentuk kembali bentuk permukaan yang sesuai

- $t = \frac{2,303 \log D - 0,408 (1 - \log L)}{0,08 - 0,013 \log L}$

dimana D = lendutan yang terjadi

L = Lintas ekivalen kend. Selama umur rencana

- $T = 0,001 (9 - RCI)^{4,5} + \frac{Pd \cdot Cam}{4} + T_{min}$

dimana RCI = Angka kondisi jalan saat ini (Roughmeter)

Pd = Lebar perkerasan (m)

Cam = Perubahan kemiringan melintang untuk membuat kemiringan rencana

T_{min} = Lapisan minimum penutup lama = 2 (jika $RCI > 5$, $T_{min} = 0$)

3. Perhitungan tebal lapis ulang (overlay) untuk STA 120+000 s/d 123+000 :

- $t = \frac{2,303 \log D - 0,408 (1 - \log L)}{0,08 - 0,013 \log L}$
 $= \frac{2,303 \log 1,915 - 0,408 (1 - \log 101,721)}{0,08 - 0,013 \log 101,721}$
 $= 19,681 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$

$$T = 0,001 (9 - RCI)^{4,5} + \frac{Pd \cdot Cam}{4} + T_{min}$$

$$= 0,001 (9 - 5)^{4,5} + \frac{6 \cdot 1,504}{4} + 2$$

$$= 9,376 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

$$T_{total} = 30 \text{ cm}$$

4. Perhitungan tebal lapis ulang (overlay) untuk STA 123+100 s/d 129+900 :

$$\begin{aligned} t &= \frac{2,303 \log D - 0,408 (1 - \log L)}{0,08 - 0,013 \log L} \\ &= \frac{2,303 \log 1,382 - 0,408 (1 - \log 101,721)}{0,08 - 0,013 \log 101,721} \\ &= 13,63 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= 0,001 (9 - RCI)^{4,5} + \frac{Pd \cdot Cam}{4} + T_{min} \\ &= 0,001 (9 - 5)^{4,5} + \frac{6 \cdot 1,504}{4} + 2 \\ &= 9,376 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

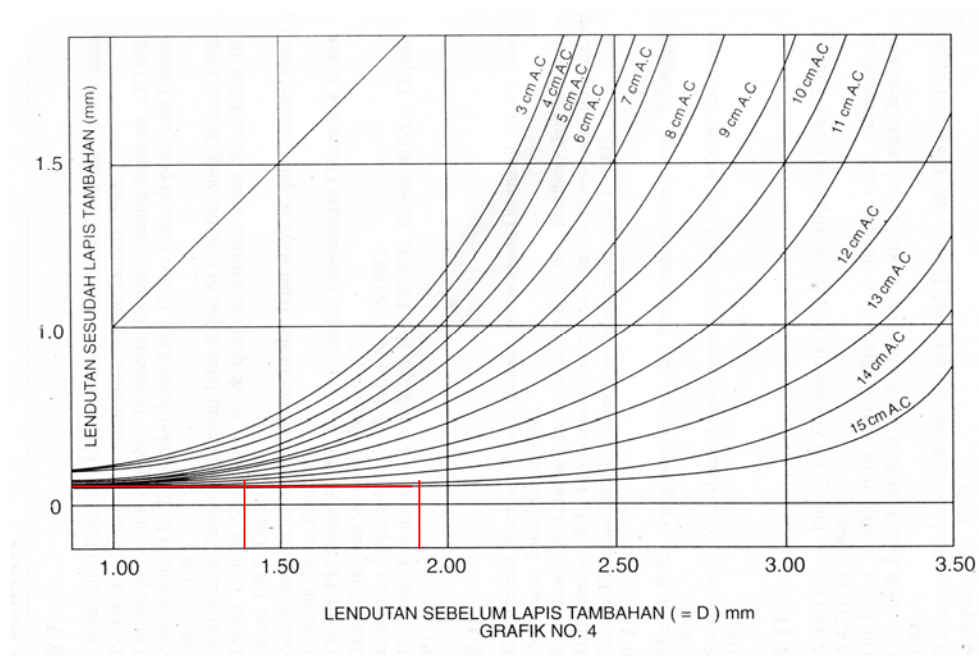
$$T_{total} = 24 \text{ cm}$$

B. Metode Bina Marga No. 01/MN/BM/1983

Metode Bina Marga No. 01/MN/BM/1983 ini sering disebut dengan metode Benkelman beam, karena data yang diperlukan disini hanya berupa data lendutan balik yang sudah diolah sehingga mendapat lendutan balik yang terwakili. Dari data lendutan balik yang terwakili ini dapat dicari tebal lapis tambahan (*overlay*) yang dibutuhkan dengan cara memasukkan nilai lendutan terwakili tersebut ke dalam grafik pada metode ini.

Berikut cara mencari tebal perkerasan tambahan dengan metode Bina Marga No. 01/MN/BM/1983 :

Data-data yang diperlukan adalah lendutan balik sebelum adanya overlay dan lendutan yang diinginkan setelah adanya overlay. Metode ini menggunakan grafik untuk mengetahui lapis tambahan yang diperlukan.



Gambar 6.6 Grafik untuk Menentukan Tebal Lapis Tambahan

Dari gambar maka didapatkan tebalnya lapis tambahan adalah 15 cm untuk STA 122+457 s/d STA 128+557, dengan bahan lapis tambahan adalah laston atau AC serta lendutan balik setelah adanya overlay adalah 0,1 mm.

C. Metode RDS (*Roadworks Design System*) 1993

Metode ini adalah penyempurnaan dari metode RDS 1970, perbedaan antara kedua metode tersebut terletak pada proses perhitungan tebal lapis tambahan. Pada RDS 1970 tebal lapis tambahan ini terbagi menjadi 2 lapisan yaitu lapisan untuk mengurangi lendutan yang terjadi serta lapisan untuk membentuk kembali permukaan perkerasan yang telah aus atau rusak. Sedangkan pada RDS 1993 tebal lapis tambahan dibagi menjadi 4 lapisan, tebal *layer camber*, tebal overlay requirement, tebal *layer shaping* akibat *roughness* dan tebal minimum. Sebenarnya 4 lapisan yang terdapat pada RDS 1993 juga terdapat pada RDS 1970, tetapi pada RDS 1970 dijadikan 2 lapisan saja.

Berikut ini adalah penentuan tebal lapis tambahan menggunakan metode RDS 1993 :

❖ **Untuk STA 120+000 s/d 123+000 :**

➤ *Tebal Layer Camber*

$$T_c = (P_d * A_c)/4$$

P_d adalah lebar perkerasan = 6 m

A_c adalah perubahan camber untuk pembentukan kembali lapisan lama = 1,504%

$$\text{Sehingga } T_c = (6 * 1,504)/4 = 2,256 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

➤ *Tebal Overlay Requirement*

$$T_o = (2,303 * \log D - 0,408 * (1 - \log \text{ESA})) / (0,08 - 0,013 * \log \text{ESA})$$

Dengan $D = 1,915 \text{ mm}$ dan $\text{ESA} = 101,721 * 10^6$

$$T_o = (2,303 * \log 1,915 - 0,408 * (1 - \log \text{ESA})) / (0,08 - 0,013 * \log 101,721)$$

$$T_o = 19,68 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

➤ *Tebal Layer Shaping Akibat Roughness*

$$T_s = 0,01 * (9 - \text{RCI})^{4,5}$$

Dengan $\text{RCI} = 5$

$$T_s = 0,01 * (9 - 5)^{4,5}$$

$$T_s = 5,12 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

➤ *Tebal Minimum*

$T_m = 2 \text{ cm}$, karena merupakan proyek perbaikan.

Dari perhitungan di atas maka didapatkan tebal lapis tambahan yang diperlukan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Tebal Overlay total} &= T_c + T_o + T_s + T_m \\ &= 3 + 20 + 6 + 2 = 31 \text{ cm} \end{aligned}$$

❖ **Untuk STA 123+100 s/d 129+900 :**

➤ *Tebal Layer Camber*

$$T_c = (P_d * A_c)/4$$

P_d adalah lebar perkerasan = 6 m

A_c adalah perubahan camber untuk pembentukan kembali lapisan lama = 1,504%

$$\text{Sehingga } T_c = (6 * 1,504)/4 = 2,256 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

➤ *Tebal Overlay Requirement*

$$T_o = (2,303 \cdot \log D - 0,408 \cdot (1 - \log \text{ESA})) / (0,08 - 0,013 \cdot \log \text{ESA})$$

Dengan $D = 1,382$ mm dan $\text{ESA} = 101,721 \cdot 10^6$

$$T_o = (2,303 \cdot \log 1,382 - 0,408 \cdot (1 - \log 101,721)) / (0,08 - 0,013 \cdot \log 101,721)$$

$$T_o = 13,63 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

➤ *Tebal Layer Shaping Akibat Roughness*

$$T_s = 0,01 \cdot (9 - \text{RCI})^{4,5}$$

Dengan $\text{RCI} = 5$

$$T_s = 0,01 \cdot (9 - 5)^{4,5}$$

$$T_s = 5,12 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

➤ *Tebal Minimum*

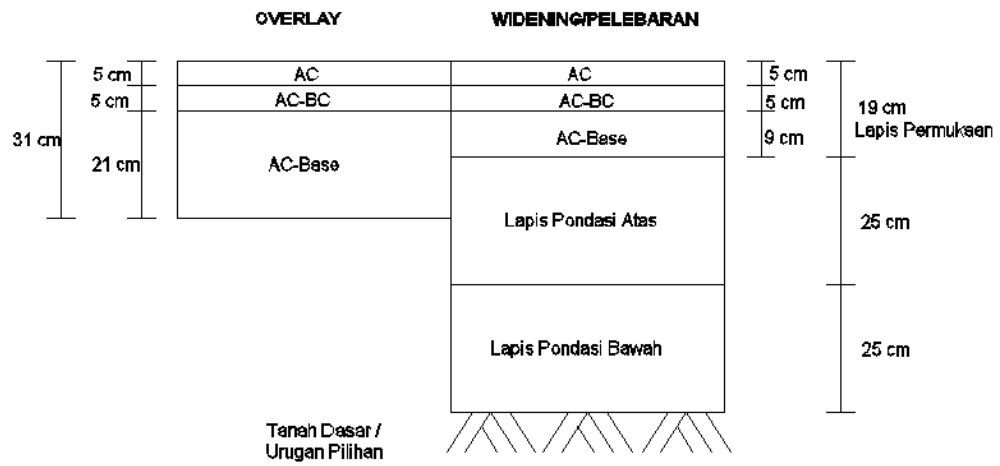
$T_m = 2$ cm, karena merupakan proyek perbaikan.

Dari perhitungan di atas maka didapatkan tebal lapis tambahan yang diperlukan yaitu :

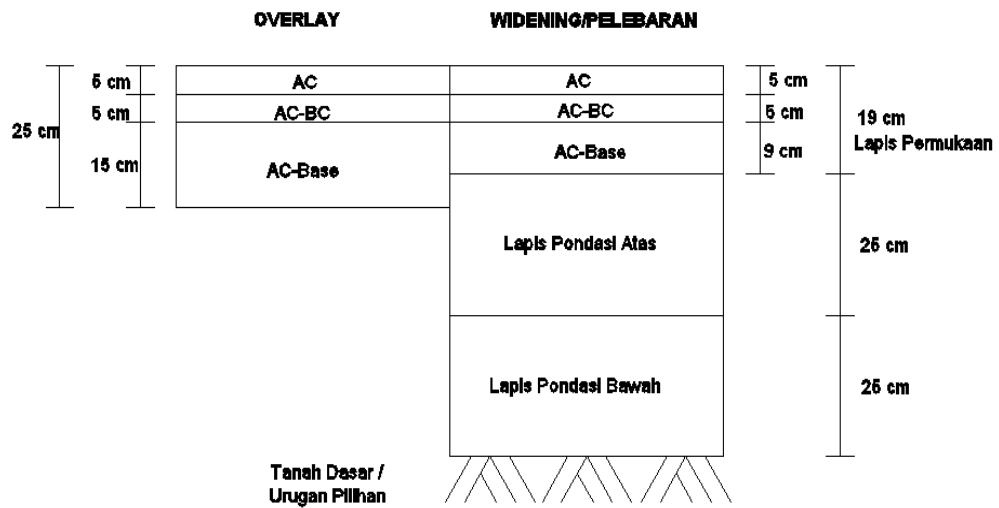
$$\text{Tebal Overlay total} = T_c + T_o + T_s + T_m$$

$$= 3 + 14 + 6 + 2 = 25 \text{ cm}$$

Dari ketiga cara tersebut maka penulis menggunakan cara RDS 1993, karena pada cara 1993 memperhitungkan besarnya beban lalu lintas sampai dengan umur rencana. Sehingga tebal lapis tambahan pada ruas jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) STA 122+457 s/d STA 123+000 adalah 31 cm sedangkan STA 123+000 s/d STA 128+557 adalah 25 cm.



Gambar 6.7 Design lapis perkerasan 1



Gambar 6.8 Design lapis perkerasan 2

6.4. Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jalan merupakan salah satu elemen penting dalam merencanakan suatu ruas jalan. Peranan dari bangunan pelengkap ini, walaupun bukan hal primer, namun sangat penting bagi terciptanya keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan tersebut.

Bangunan pelengkap yang akan dibahas dalam sub bab ini yaitu jembatan, saluran drainase, marka dan rambu-rambu. Khusus penjelasan mengenai jembatan dibatasi hanya pada definisi, fungsi dan lokasi dari tiap-tiap jembatan saja.

6.4.1. Jembatan

Jembatan merupakan bangunan pelengkap yang sangat vital peranannya dalam mendukung suatu ruas jalan. Dalam merencanakan suatu trase ruas jalan yang cukup panjang, hampir tidak mungkin bisa dilakukan tanpa melewati sungai atau saluran drainase eksisting. Untuk inilah jembatan diperlukan agar fungsi sungai atau saluran drainase tersebut tidak terputus dan menyebabkan masalah hidrologi dan lingkungan.

Trase Jalan Rembang - Bulu (Batas Jawa Timur) ini melalui 10 sungai. Lebar masing-masing jembatan didesain sepanjang 18 meter, yaitu dengan perincian : 16,5 meter merupakan lebar jalur lalu lintas dan 1,5 meter trotoar untuk tiap sisi. Tabel 6.15 berikut ini menunjukkan rencana lokasi jembatan pada seluruh trase.

Tabel 6.15 Rencana Jembatan Yang Dilebarkan

No.	Nama Jembatan	Lebar	Perkiraan Bentang
1	Jembatan Kali Patihan	18 m	6,5 m
2	Jembatan Kali Muningan 1	18 m	7,5 m
3	Jembatan Sendang Asri	18 m	2 m
4	Jembatan Kali Bajangan	18 m	12 m
5	Jembatan Kali Ngeden	18 m	8 m
6	Jembatan Kali Slonto	18 m	13 m

No.	Nama Jembatan	Lebar	Perkiraan Bentang
7	Jembatan Kali Bonang	18 m	5 m
8	Jembatan Watu Layar Kidul	18 m	10 m
9	Jembatan Watu Layar Lor	18 m	10 m
10	Jembatan Kali Kapuran	18 m	9 m

Sumber : Hasil analisa

6.4.2. Perencanaan Saluran Drainase



Gambar 6.9 Typical Design Saluran Drainase Dalam Kota Lasem



Gambar 6.10 Typical Design Saluran Drainase Luar Kota Lasem

Saluran drainase pada jalan Rembang – Bulu (Batas Jawa Timur) pada STA.122+457-STA.128+536,961 terletak di sebelah kiri dan kanan jalan. Saluran drainase sebelah kiri dan kanan jalan pada STA.122+457-STA.123+980,217 menggunakan pasangan batu dengan bentuk persergi panjang sedangkan dari STA.123+984,317-STA.128+536,961 menggunakan pasangan batu dengan bentuk trapesium. Di bawah ini contoh perhitungan debit rencana saluran.

Contoh :

Saluran Drainase pada STA.122+932-STA.122+475

Data teknis :

Panjang saluran (L) = 525 m

Luas daerah tangkapan hujan (A) = 0,0085 Km²

Kecepatan Pengaliran (V) = 2,00 m³/detik

Curah hujan daerah semarang (R) = 155,551 mm/tahun

Perhitungan

1. Besarnya I (Intensitas hujan)

$$t = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \left\{ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_t \times \frac{n_d}{\sqrt{k}} \right\}^{0,167}$$

dengan :

$$L_t = 11,25 \text{ m}$$

$$n_d = 0,013$$

$$k = 0,04$$

sehingga, didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$t_1 = \left\{ \frac{2}{3} \times 3,28 \times 11,25 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,04}} \right\}^{0,167}$$

$$t_1 = 1,082 \text{ menit}$$

$$t_2 = \frac{L}{(60)V}$$

dengan nilai :

$$L = 525 \text{ meter}$$

$$V = 2 \text{ meter/detik}$$

sehingga, didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$t_2 = \frac{525}{(60)2}$$

$$t_2 = 4,375 \text{ menit}$$

Sedangkan nilai waktu totalnya sebagai berikut :

$$t = 1,082 + 4,375 = 5,457 \text{ menit}$$

Dari nilai waktu total di atas, maka akan didapatkan nilai I dengan nilai a dan b sesuai yang terdapat pada BAB II, sebagai berikut :

$$a = 9229,2$$

$$b = 59,6$$

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$I = \frac{9229,2}{5,457 + 59,6} = 141,864 \text{ mm / jam}$$

2. Besarnya C

$$C = \frac{(C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3)}{(A_1 + A_2 + A_3)}$$

dengan nilai-nilai sebagai berikut :

$$C_1 = 0,9$$

$$C_2 = 0,7$$

$$C_3 = 0,8$$

$$A_1 = 4593,75 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1312,5 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 2625 \text{ m}^2$$

sehingga nilai C adalah :

$$C = \frac{(0,9 \times 4593,75 + 0,7 \times 1312,5 + 0,8 \times 2625)}{(4593,75 + 1312,5 + 2625)} = 0,838$$

3. Besarnya Debit Rencana Saluran

$$Q = 0,278 \times I \times C \times A$$

$$Q = 0,278 \times 141,864 \times 0,838 \times 0,0085 = 0,2821 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Untuk perhitungan debit saluran pada STA berikutnya, perhitungan dapat dilihat pada tabel 6.16.

Tabel 6.16 Perencanaan Drainase

No.	STA		L	L1	L2	L3	k1	k2	k3	nd	V	t1	t2	t	A	Cw	It	Qr
	Awal	Akhir																
1	122+932	122+457	475	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	3.95833	5.039874	0.007719	0.838462	142.7787	0.256885
2	122+932	123+980.217	1048.217	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	8.73514	9.816682	0.017034	0.838462	132.9536	0.527877
3	124+157	123+984.317	172.683	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	1.43903	2.520565	0.002806	0.838462	148.5692	0.097176
4	124+157	124+431.676	274.676	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	2.28897	3.370507	0.004463	0.838462	146.5639	0.152486
5	124+557	124+435.776	121.224	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	1.0102	2.09174	0.00197	0.838462	149.6019	0.068692
6	124+557	124+829.388	272.388	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	2.2699	3.35144	0.004426	0.838462	146.6082	0.151261
7	124+957	124+833.789	123.211	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	1.02676	2.108299	0.002002	0.838462	149.5617	0.069799
8	124+957	125+251.122	294.122	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	2.45102	3.532557	0.004779	0.838462	146.1876	0.162862
9	125+657	125+255.322	401.678	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	3.34732	4.428857	0.006527	0.838462	144.1413	0.219305
10	125+657	125+769.602	112.602	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.93835	2.01989	0.00183	0.684615	149.7763	0.05216
11	126+157	125+772.402	384.598	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	3.20498	4.286524	0.00625	0.684615	144.4624	0.171833
12	126+157	126+747.770	590.77	8.75	2.5	5	0.06	0.04	0.01	0.013	2	1.0455	4.92308	5.96862	0.0096	0.684615	140.7564	0.257176
13	126+907	126+757.870	149.13	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	1.24275	2.32429	0.002423	0.684615	149.0401	0.068741
14	126+907	126+920.450	13.45	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.11208	1.193624	0.000219	0.684615	151.812	0.006315
15	127+007	126+923.050	83.95	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.69958	1.781124	0.001364	0.684615	150.3589	0.039039
16	127+007	127+077.341	70.341	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.58618	1.667715	0.001143	0.684615	150.6372	0.032771
17	127+157	127+078.891	78.109	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.65091	1.732449	0.001269	0.684615	150.4783	0.036351
18	127+157	127+255.926	98.926	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.82438	1.905924	0.001608	0.684615	150.0538	0.045909
19	127+407	127+261.726	145.274	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	1.21062	2.292157	0.002361	0.684615	149.1174	0.066998
20	127+407	127+481.154	74.154	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.61795	1.69949	0.001205	0.684615	150.5592	0.034529
21	127+657	127+483.804	173.196	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.05	0.013	2	1.0815	1.4433	2.52484	0.002814	0.684615	148.5589	0.079576
22	127+657	127+779.845	122.845	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.1	0.013	2	1.0815	1.02371	2.105249	0.001996	0.684615	149.5691	0.056826
23	127+957	127+782.345	174.655	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.1	0.013	2	1.0815	1.45546	2.536999	0.002838	0.684615	148.5299	0.080231

VI-65

No.	STA		L	L1	L2	L3	k1	k2	k3	nd	V	t1	t2	t	A	Cw	It	Qr
	Awal	Akhir																
24	127+957	128+137.268	180.268	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.05	0.013	2	1.0815	1.50223	2.583774	0.002929	0.684615	148.4181	0.082747
25	128+207	128+140.168	66.832	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.55693	1.638474	0.001086	0.684615	150.7092	0.031151
26	128+207	128+272.792	65.792	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	0.54827	1.629807	0.001069	0.684615	150.7305	0.03067
27	128+407	128+276.292	130.708	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	1.08923	2.170774	0.002124	0.684615	149.4105	0.060399
28	128+407	128+536.961	129.961	8.75	2.5	5	0.04	0.04	0.01	0.013	2	1.0815	1.08301	2.164549	0.002112	0.684615	149.4255	0.06006

Sumber : Hasil perhitungan

Untuk perhitungan dimensi saluran drainase diambil debit yang terbesar, yaitu $Q = 0,528 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang terletak pada STA. 122+932-STA. 123+980,217, agar jika suatu saat terjadi debit maksimum ($Q = 0,528 \text{ m}^3/\text{detik}$), dimensi saluran drainase dapat terpenuhi.

4. Perhitungan Dimensi Saluran dengan bentuk persegi panjang, untuk daerah dalam Kota Lasem.

$$Q = Q_s = 0,528 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V = (1,5-2,0) \text{ m/detik}$$

$$\text{Tinggi jagaan } (w) = 0,500 \text{ m}$$

➤ Untuk pasangan batu, V diambil = 2 m/detik

$$b = h$$

$$A = Q_s/V$$

$$= 0,528/2,0 = 0,264 \text{ m}^2$$

$$A = h \times b$$

$$0,264 = h \times h$$

$$0,264 = h^2$$

$$h = 0,513 \longrightarrow h = 0,60 \text{ m}$$

$$b = h = 0,60 \text{ m}$$

Luas Penampang Saluran (persegi panjang)

$$A = h \times b = 0,60 \times 0,60 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q_s}{A}$$

$$= \frac{0,528}{0,36} = 1,47 \text{ m/detik}$$

$$I = \frac{V^2}{Kst^2 \times R^{4/3}}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$P = b + 2 \times h$$

$$P = 0,60 + 2 \times 0,60$$

$$= 1,8 \text{ meter}$$

$$A = 0,36 \text{ m}^2$$

$$R = A/P = 0,36/1,8 = 0,2 \text{ meter}$$

$$I = \frac{V^2}{K_{st}^2 \times R^{4/3}}$$

$$I = \frac{1,47^2}{60^2 \times 0,2^{4/3}} = 0,005132$$

5. Spesifikasi saluran

Q_s	= 0,528 m ³ /detik	P	= 1,8 m
b	= 0,6 m	R	= 0,2 m
h	= 0,6 m	I	= 0.005132
w	= 0,3 m		
V	= 1,47 m/detik		
K_{st}	= 60		

6. Perhitungan Dimensi Saluran dengan bentuk persegi panjang, untuk daerah luar Kota Lasem.

➤ Untuk pasangan batu, V diambil = 2 m/detik

$m = 1$ sehingga $b = h$

$$A = Q_s/V = 0,528/2 = 0,264 \text{ m}^2$$

$$A = (b + m \times h) \times h = h^2 + (m \times h^2) = (1 + m)h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{A}{(1+m)}} = \sqrt{\frac{0,264}{(1+1)}} = 0,363 \approx 0,60 \text{ meter}$$

$$b = m \times h = 1 \times 0,60 = 0,60 \text{ meter}$$

Luas Penampang Saluran (Trapeسيوم)

$$\begin{aligned} A &= (b + m \times h) \times h \\ &= (0,60 + 1 \times 0,60) \times 0,60 = 0,72 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= Q_s/A \\ &= 0,528/0,72 = 0,733 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$I = \frac{V^2}{K_{st}^2 \times R^{4/3}}$$

$$R = A/P$$

$$P = b + 2 \times h \times \sqrt{m^2 + 1}$$

$$P = 0,60 + 2 \times 0,60 \times \sqrt{1^2 + 1} = 2,297 \text{ meter}$$

$$R = 0,72 / 2,297 = 0,314 \text{ meter}$$

$$I = \frac{V^2}{K_{st}^2 \times R^{4/3}}$$

$$I = \frac{0,733^2}{60^2 \times 0,314^{4/3}} = 0,0007$$

7. Spesifikasi saluran

$$Q_s = 0,528 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$m = 1$$

$$b = 0,6 \text{ m}$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$w = 0,5 \text{ m}$$

$$V = 0,733 \text{ m/detik}$$

$$K_{st} = 60$$

$$P = 2,4 \text{ m}$$

$$R = 0,225 \text{ m}$$

$$I = 0,0007$$