

STUDI PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN LINTAS SELATAN TAMBAKREJO-SERANG KAB. BLITAR DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993

Dyanjas Syarifudin Yahya¹, Nusa Sebayang² dan Mohammad Erfan³

¹²³) Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang
Email: dyanjas6@gmail.com

ABSTRACT

Road is one type of land transportation infrastructure that plays an important role for the development of an area. To encourage also increase economic growth. In the Southern Region of Java Island, the Government through the Ministry of Public Works has created a program, namely the construction of the Southern Cross Line (JLS) for the Island of Java. One of the JLS sections is the Lot 7 Cross Road Section, starting from Tambak Rejo Village, Wonotirto District, to Serang Village, Panggungrejo District, located in Blitar Regency. The length of the new road is approximately 12,850 meters, in this study only planned at Sta 0+000 to Sta 3+000. The data used in planning flexible road pavements are daily traffic data, CBR, planning drawings, rainfall and work unit prices for Blitar Regency 2020. The daily traffic data used are 2019 and 2020, CBR data and images obtained from PT. Virama Karya (Consultant) while the work unit price for 2020 was obtained from the Blitar Regency Public Works Service. The method used for flexible pavement is Bina Marga 2017 and AASHTO 1993 and the calculation of the Budget Plan refers to the price of the Bitar Regency work unit in 2020 and the General Specifications of Bina Marga in 2018. The results of the analysis of flexible pavement planning using the Bina Marga 2017 method, obtained the thickness of AC-WC as thick as 4 cm, AC-BC as thick as 6 cm, AC-Base as thick as 8 cm, Upper Foundation Layer (LPA) as thick as 30 cm. 15,521,229.000,00 while for the 1993 AASHTO method, the thickness of the AC-WC is 5 cm thick, AC-BC is 8 cm thick, the Upper Foundation Layer (LPA) is 15 cm thick, the Lower Foundation Layer (LPB) is 34 cm thick, the budget plan is need 15,196,852,000.00.

Key words : *Flexible Pavement, Bina Marga Method 2017, AASHTO Method 1993, Budget Plan*

ABSTRAK

Jalan merupakan salah satu jenis prasarana transportasi darat yang memegang peranan penting bagi pengembangan suatu daerah. Untuk mendorong juga meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Wilayah Selatan Pulau Jawa, Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum membuat program yaitu pembangunan Jalur Lintas Selatan (JLS) Pulau Jawa. Salah satu ruas JLS adalah Ruas Jalan Jalur Lintas Lot 7 yang dimulai dari Desa Tambak Rejo Kecamatan Wonotirto sampai Desa Serang Kecamatan Panggungrejo yang berada di Kabupaten Blitar. Panjang jalan baru kurang lebih 12.850 meter, dalam studi ini hanya merencanakan pada Sta 0+000 sampai Sta 3+000.

Data yang digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan lentur yaitu data lalu lintas harian, CBR, gambar perencanaan, curah hujan dan harga satuan pekerjaan Kabupaten Blitar 2020. Data lalu lintas harian yang dipakai yaitu tahun 2019 dan 2020, data CBR dan gambar diperoleh dari PT. Virama Karya (Konsultan) sedangkan harga satuan pekerjaan tahun 2020 diperoleh dari Dinas PU Kabupaten Blitar. Metode yang digunakan pada perkerasan lentur adalah Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 serta perhitungan Rencana Anggaran Biaya mengacu pada harga satuan pekerjaan Kabupaten Bitar tahun 2020 dan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018.

Hasil analisis perencanaan perkerasan lentur dengan metode Bina Marga 2017 didapatkan ketebalan AC-WC setebal 4 cm, AC-BC setebal 6 cm, AC-Base setebal 8 cm, Lapis Pondasi Atas (LPA) setebal 30 cm, rencana anggaran biaya yang di perlukan sebesar 15.521.229.000,00 sedangkan untuk metode AASHTO 1993 didapatkan ketebalan AC-WC setebal 5 cm, AC-BC setebal 8 cm, Lapis Pondasi Atas (LPA) setebal 15 cm, Lapis Pondasi Bawah (LPB) setebal 34 cm, rencana anggaran yang di perlukan sebesar 15.196.852.000,00.

Kata kunci : *Perkerasan Lentur, Metode Bina Marga 2017, Metode AASHTO 1993, Rencana Anggaran Biaya*

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu jenis prasarana transportasi darat yang memegang peranan penting bagi pengembangan suatu daerah. Jawa timur merupakan salah satu provinsi yang perlu pembangunan jalan terutama pada wilayah selatan, ini dikarenakan akses jalan masih tertinggal bila dibandingkan dengan Jawa Timur wilayah utara. Maka dari itu perlu adanya pembangunan jalan agar tidak terjadi kesenjangan pertumbuhan ekonomi antara Jawa Timur wilayah utara dengan wilayah selatan.

Untuk mendorong juga meningkatkan pertumbuhan ekonomi Jawa Timur wilayah selatan pemerintah membuat program yaitu pembangunan Jalur Lintas Selatan (JLS) dengan daerah-daerah Jawa Timur yang dilaluinya diantara dari Kabupaten Pacitan, Kabupaten Trenggalek, Kabupaten Tulungagung, Kabupaten Blitar, Kabupaten Malang, Kabupaten Lumajang, Kabupaten Jember sampai Kabupaten Banyuwangi. Jalur lintas selatan ini merupakan tergolong jalan yang masih baru sehingga masih dalam tahap perencanaan.

Menurut uraian diatas penyusun mengambil studi pada Proyek Jalur Lintas Selatan bagian Lot 7 yang dimulai dari Desa Tambak Rejo Kecamatan Wonotirto sampai pada Desa Serang Kecamatan Pangungrejo yang berada di Kabupaten Blitar, dengan panjang jalan baru kurang lebih 12.850 meter dan dibagi menjadi 12 Sta, tetapi dalam perencanaan perkerasan yang diambil oleh penyusun hanya pada Sta 0+000 sampai Sta 3+000 saja karena agar nilai CBR tanah yang didapatkan tidak jauh berbeda.

Jalur Lintas Selatan dengan type jalan 1 jalur 2 lajur 2 arah, fungsi jalan arteri, kelas II dan statusnya jalan nasional. Untuk kondisi eksisting fisik atau kontur daerah tersebut lumayan berat karna ruas jalan sebagian besar melalui perbukitan dan banyak terdapat tebing-tebing. Karena jalan tersebut masih dalam pengerjaan cut and fill maka dilakukan perencanaan jalan yang mampu memikul beban kendaraan dengan kualitas yang sesuai standar dan perencanaan konstruksi yang tepat.

Studi ini diambil karena ingin merencanakan sendiri ataupun merencanakan ulang sesuai perhitungan penyusun sendiri dengan menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (Bina Marga 2017) dan metode AASHTO 1993. Tetapi, penyusun menyadari jika nantinya terdapat kekurangan dalam menyusun skripsi ini. Penyusun merencanakan struktur perkerasan lentur dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 (Bina Marga 2017) sebagai acuan dasar perencanaan jalan dan juga menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam perencanaan perkerasan lentur tersebut. Berdasarkan masalah tersebut dan latar belakang seperti yang telah dijelaskan diatas maka penyusun mengambil judul

yaitu “STUDI PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN LINTAS SELATAN TAMBAKREJO - SERANG KAB. BLITAR DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993”.

2. DASAR TEORI

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (subgrade). Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri, dengan demikian memberikan kenyamanan selama masa pelayanan jalan tersebut.

Konstruksi perkerasan lentur umumnya terdiri dari tanah dasar (subgrade), dan lapisan perkerasan (pavement). Tanah dasar bisa berupa tanah asli, tanah timbunan, sedangkan perkerasan meliputi lapis permukaan (surface course), lapis pondasi atas (base cours) dan lapis pondasi bawah (subbase cours).

Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)

Menghitung lalu lintas harian rata-rata (LHR). Rumus : Jumlah kendaraan $\times (1+i)^n$

Perencanaan Tebal Pakerasan Lentur Metode MDPJ Bina Marga 2017

Tabel 1 Umur Rencana Jenis Perkerasan

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

Tabel 2 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Jenis Jalan	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-rata
Arteri dan Perkotaan (%)	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor (%)	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa (%)	1,00	1,00	1,00	1,00

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas kumulatif selama umur rencana dihitung menggunakan Persamaan :

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

Dengan Ket :

R = Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas

i = Tingkat Pertumbuhan Tahunan

UR = Umur Rencana (tahun)

Tabel 3 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur	Kendaraan niaga pada lajurdesain (% terhadap populasi kendaraanniaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Tabel 4 Nilai VDF masing-masing Kendaraan Niaga

Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C3A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C3B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	28,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	16,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

Beban sumbu standar Equivalent Single Axle Load (ESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana dan sesuai dengan VDF masing-masing kendaraan niaga yang ditentukan pada persamaan yang ditentukan sebagai berikut :

$$ESATH-1 = (\sum LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R$$

Keterangan:

ESATH-1 : standar ekivalen (equivalent standar axle) pada tahun pertama.

LHRJK : Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan perhari).

VDFJK : Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga.

DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur.

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.

Tabel 5 Jenis Struktur Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-5	0,1-4	> 4-10	> 10-30	> 30-200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5%)	4	-	-	2	2	2

Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah perkotaan dan pedesaan)	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	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LFA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, Jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Perkerasan Lentur Metode American Association of State High-way Transportation Officials atau AASHTO 1993.

Dibawah ini merupakan unsur – unsur dalam perencanaan perkerasaan lentur metode AASHTO 1993 diantaranya :

Mencari Nilai Reabilitas

Tabel 6 Perkiraan Tingkat Keandalan (R) untuk berbagai klasifikasi Jalan menurut fungsinya.

Klasifikasi Fungsional	Reabilitas yang direkomendasikan	
	Dalam kota	Luar kota
Jalan antar kota dan bebas hambatan	85 – 99,9	80 – 99.9
Jalan arteri	80 – 99	75 – 95
Jalan kolektor	80 – 95	75 – 95
Jalan lokal	50 – 80	50 – 80

Untuk nilai Simpangan Baku Normal (NR) ditentukan berdasarkan Tingkat Keandalan (R) yang dipilih, pada Tabel 7

Tingkat Keandalan (R)	Simpangan Baku Normal (ZR)
50	-0.00
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340

92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Mencari Serviceability

Nilai serviceability ini merupakan nilai yang menjadi penentu tingkat pelayanan fungsional dari suatu sistem perkerasan jalan. Nilai serviceability ini diberikan dalam beberapa tingkatan antara lain :

Untuk perkerasan yang baru dibuka (open traffic) nilai serviceability ini diberikan sebesar 4.0 – 4.2. Nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai initial serviceability (Po). Untuk perkerasan yang harus dilakukan perbaikan pelayanan, nilai serviceability ini diberikan sebesar 2,5. Nilai ini dalam terminologi perkerasan diberikan sebagai nilai terminal serviceability (Pt).

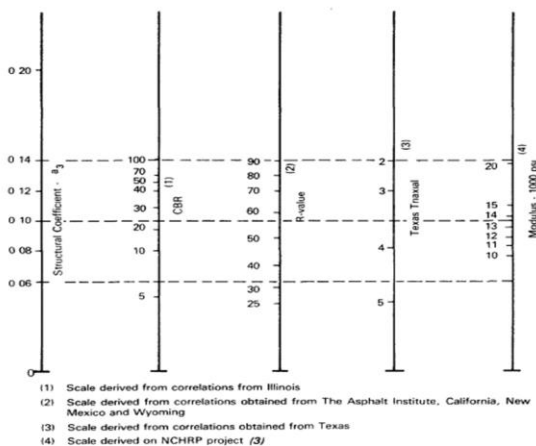
Modulus Resilien

Modulus resilien adalah suatu ukuran kemampuan tanah atau lapis pondasi dalam menahan deformasi akibat beban berulang. Pada kebanyakan tanah, jika tegangan bertambah, maka sifat tegangan-tegangannya menjadi tidak linier. Dalam perencanaan dengan prosedur AASHTO, daya dukung tanah dasr diwakili oleh modulus resilien (MR). Beberapa cara untuk menentukan modulus resilien sebagai berikut :

a) Modulus resilien untuk tanah dasar (MR1)

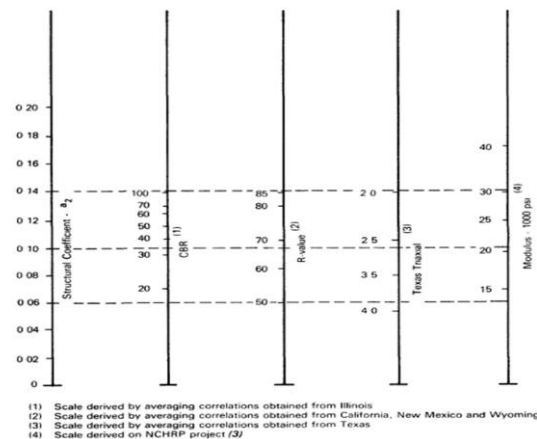
$$MR = 1500 \times CBR \text{ tanah dasar}$$

b) Modulus resilien untuk pondasi bawah (MR2)



c) Modulus resilien untuk pondasi atas (MP3)

Menggunakan gambar kolerasi pondasi atas pada gambar berikut.



Faktor Drainase

Sebagai perencanaan harus bias mengidentifikasi pada tingkat apa drainase dapat dicapai dibawah kondisi drainase tertentu. AASHTO 1993 memberikan harga koefisien drainase (mi) yang direkomendasikan sebagai fungsi dari kualitas drainase dan presentase waktu selamasetahun ketika struktur perkerasan secara normal kelembabannya mendekati jenuh.

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Baik sekali	1,40 – 1,30	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,80 – 0,75	0,60 – 0,40	0,40

Lalu Lintas Pada Jalur Rencana (W18)

Volume lalu lintas harus didistribusikan pada suatu arah suatu jalur untuk tujuan perencanaan.

$$ESAL \text{ Design} = LHR_i \times R \times 365 \times ESA$$

$$W18 = DA \times DL \times ESAL \text{ Design}$$

Dimana :

W18 = Beban Sumbu Selama Umur Rencana

LHR = Volume lalu lintas masing-masing kendaraan(Kend/hari)

DD = Distribusi Arah

DL = Distribusi Lajur

ESAL =Angka ekivalen masing-masing golongan beban sumbu

365 = Jumlah hari dalam setahun

R = Faktor umum

$$R = ([(1+i)] ^{n+1})/i$$

Nilai Structural Number (SN)

Dasar perencanaan dari metode AASHTO baik AASHTO 1972, AASHTO 1986, maupun metode terbaru saat ini yaitu AASHTO 1993 adalah persamaan seperti yang diberikan dibawah ini:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 + 9,36 \log_{10} (SN+1) - 0,20 +$$

$$\frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,0$$

Menghitung Tebal Perkerasan

Rumus mencari nilai tebal perkerasan (dalam satuan inch)

- SN 1 = $a_1 \times D_1$
- SN 2 = $a_1 \times D_1 + a_2 \times m_i \times D_2$
- SN 3 = $a_1 \times D_1 + a_2 \times m_i \times D_2 + a_3 \times m_i \times D_3$

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan upah dan biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Langkah Menghitung Rencana Anggaran Biaya diantaranya :

1. Persiapan dan Pengecekan Gambar Kerja
2. Perhitungan Volume
3. Harga Satuan Pekerjaan
4. Perhitungan Jumlah Biaya Pekerjaan
5. Rekapitulasi

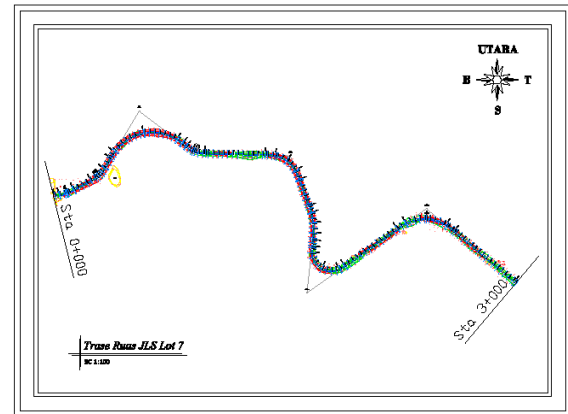
3. METODOLOGI STUDI

Lokasi Studi

Lokasi studi perencanaan perkerasan lentur Jalur Lintas Selatan (JLS) ini terletak di Desa Tambak Rejo sampai Desa Serang Kabupaten Blitar, Provinsi Jawa Timur. Jalur Lintas Selatan Lot 7 ini memiliki dengan panjang kurang lebih 12.850 meter tetapi untuk perencanaan struktur perkerasan lenturnya yang diambil oleh penyusun hanya pada Sta 0+000 – 3+000. Keadaan topografi jalur ini merupakan daerah pegunungan. Lokasi studi dapat dilihat pada peta di bawah ini :

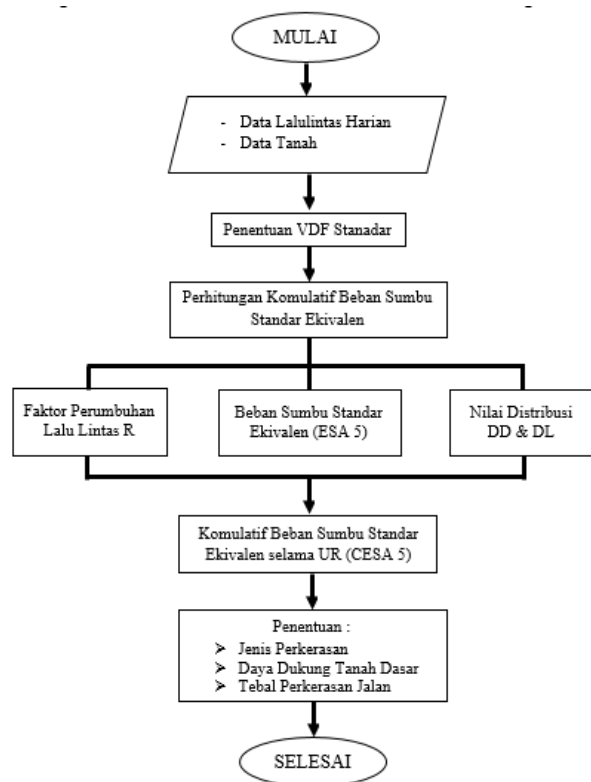


Gambar Peta Kabupaten Blitar

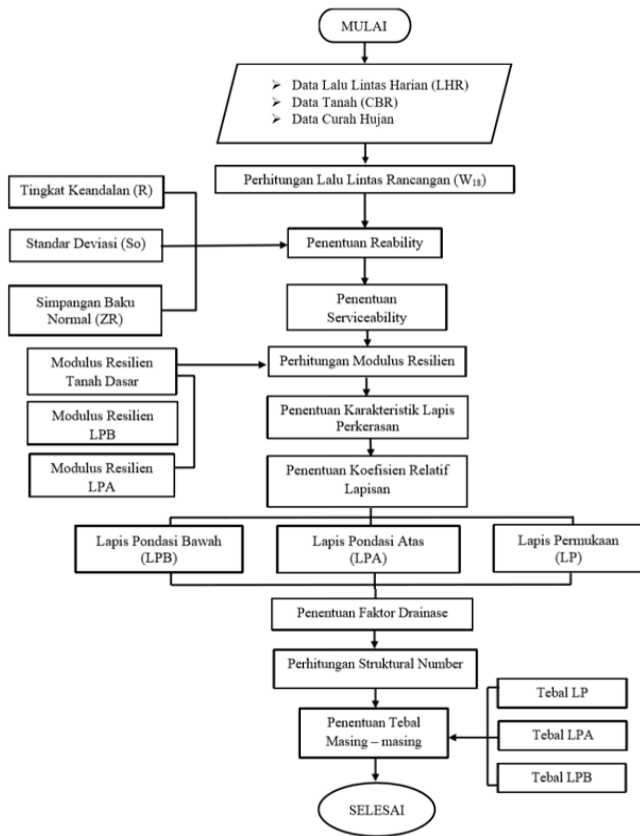


Gambar Geometri Jalur Lintas Selatan Lot 7 Sta 0+000 – Sta 3+000

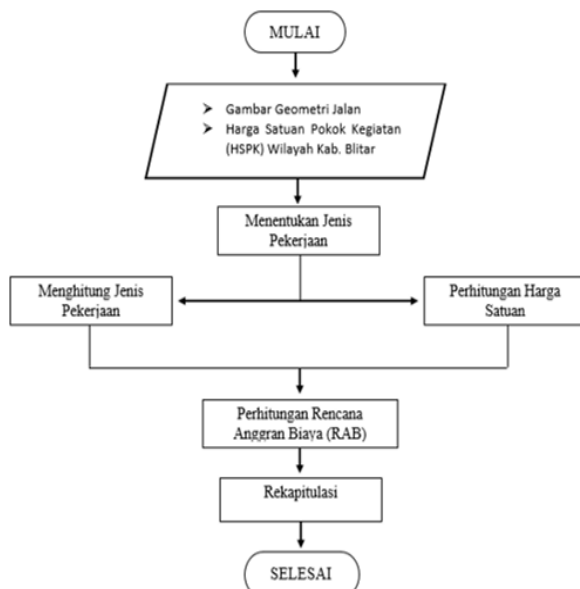
Bagan Alir Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 1977



Bagan Alir Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993



Bagan Alir Rencana Anggaran Biaya



4. PEMBAHASAN

Umum

Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal sebagai bahan lapisan permukaan / sebagai bahan pengikat serta bahan berbutir sebagai lapisan bawahnya.

Perhitungan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga (Manual Desain Perkerasan Jalan 2017).

Tabel 8 Umur Rencana Perkerasan Jalan

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

Tabel 9 Lalu lintas harian rata-rata jalan Tambakrejo dan Serang pada Tahun 2020

Gol	Jenis Kend	LHR	Satuan
1	Sepeda Motor	2432	Kend/hari
2,3,4	Pick up & Mobil	973	Kend/hari
5b	Bus Sedang	164	Kend/hari
6a	Truk 2 Sumbu 4 Roda	182	Kend/hari
6b	Truk 2 Sumbu 6 Roda	168	Kend/hari
7a	Truk 3 Sumbu	52	Kend/hari
7b	Truk Gandengan	14	Kend/hari

Tabel 10 Faktor laju pertumbuhan lalu lintas (i) (%)

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

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

$$R = ((1+0,01i)UR-1)/(0,01i)$$

Keterangan:

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

I : Laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR : Umur rencana (tahun)

Tabel 11 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah lajur setiap arah	Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Tabel 12 Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga.

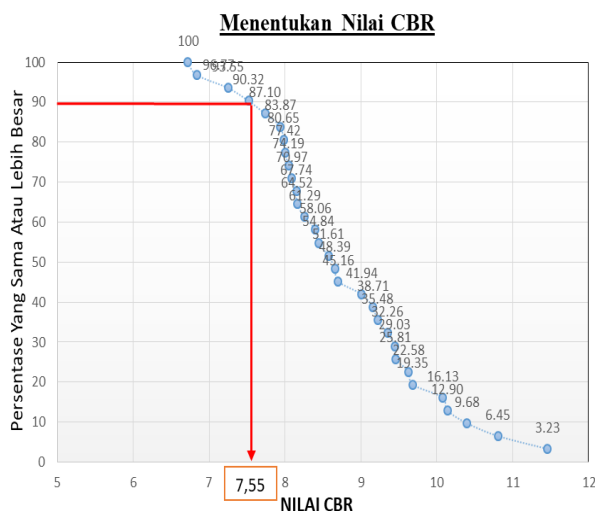
Jenis kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bal. Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal		Beban aktual		Normal	
	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD	P-SD	S-SD
SB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5
6B	4.5	7.4	3.4	4.6	5.3	9.2	4.0	5.1	4.8	8.5	3.4	4.7	4.9	9.0	2.9	4.0	3.0	4.0	2.5	3.0
7A1	10.1	18.4	5.4	7.4	8.2	14.4	4.7	6.4	9.9	16.3	4.1	5.3	7.2	11.4	4.9	6.7	-	-	-	-
7A2	10.5	20.0	4.3	5.8	10.2	19.0	4.3	5.8	9.6	17.7	4.2	5.4	9.4	19.1	3.8	4.8	4.9	9.7	3.9	6.0
7B1	-	-	-	-	11.8	18.2	9.4	13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13.7	21.8	12.6	17.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15.9	29.5	7.0	9.6	11.0	19.8	7.4	9.7	11.7	20.4	7.0	10.2	13.2	25.5	6.5	8.8	14.0	11.9	10.2	8.0
7C2A	19.8	38.0	6.1	8.1	17.7	33.0	7.6	10.2	8.2	14.7	4.0	5.2	20.2	42.0	6.6	8.5	-	-	-	-
7C2B	20.7	42.8	6.1	8.0	13.4	24.2	6.5	8.5	-	-	-	-	17.0	28.8	9.3	13.5	-	-	-	-
7C3	24.5	51.7	6.4	8.0	18.1	34.4	6.1	7.7	13.5	22.9	9.8	15.0	28.7	59.6	6.9	8.8	-	-	-	-

Tabel 13 Perhitungan Nilai CESA5 hingga tahun 2044

Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2020	LHR 2022	LHR 2023	VDF 5 (normal)
0	1	2	3	4	5
1	Sepeda Motor	2432	2671	2799	-
2,3,4	Pick up & Mobil	973	1069	1120	-
5b	Bus Sedang	164	180	189	1
6a	Truk 2 Sumbu 4 Roda	182	200	209	0.5
6b	Truk 2 Sumbu 6 Roda	168	185	193	5.1
7a	Truk 3 Sumbu	52	57	60	6.4
7b	Truk Gandengan	14	15	16	13

R (20-22)	R (23-43)	DD	DL	Jml Hari Setahun	ESA 5 (23-43)
6	7	8	9	10	12
2.000	20.091	0.5	1	365	-
2.000	20.091	0.5	1	365	-
2.000	20.091	0.5	1	365	692.153
2.000	20.091	0.5	1	365	384.061
2.000	20.091	0.5	1	365	3.616.078
2.000	20.091	0.5	1	365	1.404.564
2.000	20.091	0.5	1	365	768.121
Jumlah CESA (Cumulative Ekuivalen Singel Axel) 5					6.864.976

Grafik Untuk Menentukan CBR dengan Cara Grafis



Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai CBR mewakili yaitu 7,55 %.

Adapun perhitungan nilai CBR yang mewakili dapat dihitung dengan cara analitis sebagai berikut:
Nilai CBR yang mewakili (CBRSegmen)

$$CBR_{seg} = CBR_{rata-rata} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R$$

$$CBR_{rata-rata} = 8,75$$

$$CBR_{maks} = 11,46$$

$$CBR_{min} = 6,72$$

Jumlah titik pengamatan adalah 31 dimana nilai R dapat dilihat pada tabel sehingga nilai R = 3,18

$$CBR_{seg} = CBR_{rata-rata} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R$$

$$CBR_{se} = (8,75 - (11,46 - 6,72)) / 3,18 = 7,26 \%$$

Sedangkan nilai CBR mewakili yang didapat dari perhitungan analitis adalah 7,26 %

Dengan hasil diatas perhitungan CBR dengan cara grafis didapatkan 7,55% sedangkan perhitungan dengan cara analitis didapatkan 7,26 %. Maka dengan hasil perhitungan dari kedua cara tersebut tidak perlu dilakukan perbaikan pada tanah karena berdasarkan ketentuan dari MDPJ 2017 nilai kekuatan tanah dasar pada kondisi baik apabila nilai $CBR \geq 6\%$ atau minimum nilai CBR 6%.

Menentukan Tipe Perkerasan

- Umur rencana = 20 Tahun
- CESA5 = 6.864.976 Esal

Tabel 14 Bagan pemilihan struktur perkerasan

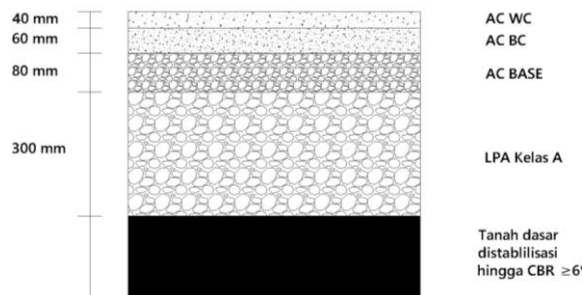
Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0-5	0,1-4	> 4 - 10	> 10 - 30	> 30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (diatas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah perkotaan dan pedesaan)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

Tabel 15 Bagan Desain 3B Perkerasan Lentur
(Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir)

	FFF (1) 1	FFF (1) 2	FFF (1) 3	FFF (1) 4
	Untuk beban rencana ≤ 1 juta ESA Gunakan Bagan Desain 3B (2)			
Kumulatif beban gandar 20 tahun pada lajur rencana (10 ESAS)	$> 1 - 2$	$\geq 2 - 4$	$> 4 - 7$	$> 7 - 10$
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)				
AC WC	40	40	40	40
AC BC	80	120	60	60
AC BASE	-	-	80	96
LFA KELAS A	300	300	300	300

Dari hasil diatas didapatkan nilai Cumulative Ekuivalen Singel Axel CESA5 selama umur rencana 20 tahun sebesar 6.864.976 Karena yang akan direncanakan adalah lapisan perkerasan lentur maka didalam pemilihan struktur lapis perkerasan tergolong bagan desain 3B dengan lapis fondasi berbutir. Sehingga ketebalan lapis perkerasannya pada tabel didapatkan :

AC WC : 40 mm
AC BC : 60 mm
AC BASE : 80 mm
LFA Kelas A : 300 mm



Gambar Anatomi Tebal Lapis Perkerasan Metode Bina Marga 2017

Perhitungan Perkerasan Lentur Metode American Association of State Highway Transportation Officials atau AASHTO 1993.

Mencari Nilai Reabilitas

Tabel 16 Perkiraan Tingkat Keandalan (R) untuk berbagai klasifikasi Jalan menurut fungsinya.

Klasifikasi Fungsional	Reabilitas yang direkomendasikan	
	Dalam kota	Luar kota
Jalan antar kota dan bebas hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Jalan arteri	80 – 99	75 – 95
Jalan kolektor	80 – 95	75 – 95
Jalan lokal	50 – 80	50 – 80

Untuk nilai Simpangan Baku Normal (NR) ditentukan berdasarkan Tingkat Keandalan (R) yang dipilih, pada Tabel 17

Tingkat Keandalan (R)	Simpangan Baku Normal (ZR)
50	-0.00
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nilai Serviceability

$P_o = 4,2$ (Ketentuan AASHTO 1993 karena jenis perkerasan lentur hal II-10)
 $P_t = 2,5$ (Ketentuan AASHTO 1993 hal II-10)
 $P_{si} = P_o - P_t$
 $= 4,2 - 2,5 = 1,7$

Menentukan Nilai DD dan DL

Distribusi Arah (DD) = Jumlah Arah 2 arah, jadi DD adalah 0,5

Distribusi Lajur (DL) = Jumlah Lajur 2, pada tabel DL adalah 1

Perhitungan nilai ESALn W18

$ESAL_0 = ESAL \text{ Harian} \times 365$

$R = 41,9$
 $= 2.043,9685 \times 365$
 $= 746.048,4908$

$DD = 0,5$

$DL = 1$

$ESAL_n W18 = ESAL_0 \times R \times DD \times DL$
 $= 746.048,4908 \times 41,9 \times 0,5 \times 0,8$
 $= 15.630.458,569$

$\log_{10} W18 = 7,194$

Menentukan Faktor Drainase

$T_{jam} = 3$ jam perhari
1 hari = 24 jam
1 tahun = 365 hari
 $Thari = 1140$ hari hujan
 $WL = 1 - C$
 $= 1 - 0,825 = 0,175$

Rumus :

$$P = \frac{T_j}{3} \times \frac{Th}{365} \times WL \times 100$$

$$= \frac{24}{3} \times \frac{365}{1140} \times 0,175 \times 100$$

$$= 6,83 \%$$

Diperoleh nilai P yaitu 6,83 % sedangkan kualitas drainasenya termasuk baik. Untuk itu pada tabel koefisien drainasenya masuk dirange antara 1,15-1,00 sehingga dalam penelitian ini saya mengambil angka yaitu 1,15.

Menentukan nilai Modulus Resilien (MR)

MR untuk tanah dasar

$$MR = 1500 \times CBR \text{ tanah dasar}$$

$$= 1500 \times 7,55 = 11.325 \text{ Psi}$$

Lapisan Sub Base Course

- $a_3 = 0,12$
- Sirtu Kls B CBR = 50%
- $Mr = (1500 \times 50\%) \times 100 = 75.000$

Lapisan Base Course

- $a_2 = 0,13$
- Batu Pch Kls A CBR = 80%
- $Mr = (1500 \times 80\%) \times 100 = 120.000$

❖ Mencari nilai SN 1 :

$$\log_{10} 15630458,569 = -1,282 \times 0,45 + 9,36 \log_{10}$$

$$(1,88+1)-0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(1,88+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}$$

$$120000 - 8,07$$

7,194 = 7,194 (hasil nilai kiri dan kanan harus sama atau paling tidak mendekati sama, maka dari itu nilai SN dapat digunakan). Hasil nilai SN adalah 1,88

❖ Mencari nilai SN 2

$$\log_{10} 15630458,569 = -1,282 \times 0,45 + 9,36 \log_{10}$$

$$(2,26+1)-0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(2,26+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}$$

$$75000 - 8,07$$

7,194 = 7,194 (hasil nilai kiri dan kanan harus sama atau paling tidak mendekati sama, maka dari itu nilai SN dapat digunakan). Hasil nilai SN adalah 2,26

❖ Mencari nilai SN 3

$$\log_{10} 15630458,569 = -1,282 \times 0,45 + 9,36 \log_{10}$$

$$(4,60+1)-0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{2}{4,2-1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(4,60+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}$$

$$11325 - 8,07$$

7,194 = 7,194 (hasil nilai kiri dan kanan harus sama atau paling tidak mendekati sama, maka dari itu nilai SN dapat digunakan). Hasil nilai SN adalah 4,60

Menghitung Tebal Perkerasan

- $SN 1 = a_1 \times D_1$
1,88 = 0,4 x D1
D1 = 1,88 : 0,4
D1 = 4,69 inc → 4,69 x 2,54 = 11,92 cm ~ 12 cm

(karena pada ketentuan AASHTO 1993 minimal tebal lapis permukaan adalah 5 cm, maka sudah memenuhi dari batas minimum sehingga tebalnya yang dipakai sesuai perhitungan yaitu 12 cm).

- $SN 2 = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_i \times D_2$
2,26 = 0,4 x 12 + 0,13 x 1,15 x D2
D2 = 2,47 inc → 2,47 x 2,54 = 6,28 cm ~ 7 cm

(karena pada ketentuan AASHTO 1993 minimal tebal lapis pondasi atas adalah 15 cm maka yang di pakai adalah batas minimalnya yaitu ketebalan 15 cm tersebut).

- $SN 3 = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_i \times D_2 + a_3 \times m_i \times D_3$
4,60 = 0,4 x 12 + 0,13 x 1,15 x 15 + 0,12 x 1,15 x D3
D3 = 13,26 inc → 13,26 x 2,54 = 33,70 cm
= 34 cm

(karena pada ketentuan AASHTO 1993 minimal tebal lapis pondasi bawah adalah 20 cm, maka sudah memenuhi dari batas minimum sehingga tebalnya yang dipakai sesuai perhitungan yaitu 34 cm).

Tabel 18 nilai D dalam satuan inch dikonversi ke satuan centimeter :

Lapisan	Koef Relatif	mi	SN	D (inch)	D (cm)	D Bulat (cm)	D min (cm)	D pakai (cm)
Surface	0,4	-	1,88	469,615	11,928	12	5	12 cm
Base Kelas A	0,13	1,15	2,26	247,339	6,282	7	15	15 cm
Sub Base Kelas B	0,12	1,15	4,60	1,326,866	33,702	34	20	34 cm

Menghitung tebal lapis AC BC sebagai berikut :

$$\text{Surface} = AC \text{ WC} + AC \text{ BC}$$

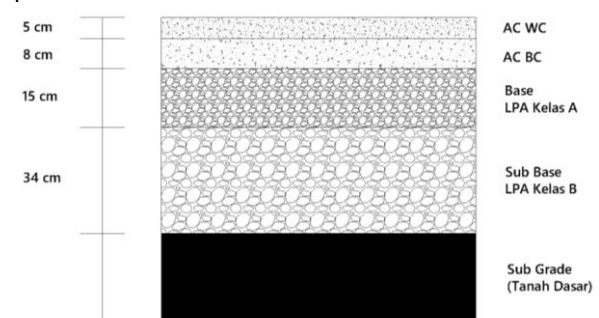
$$a_1 \times D_1 = a_{11} \times D_{11} + a_{12} \times D_{12}$$

$$D_{12} = ((a_{11} \times D_{11}) - (a_1 \times D_1)) / a_{12}$$

$$D_{12} = ((0,4 \times 12) - (0,414 \times 5)) / 0,36$$

$$D_{12} = 7,5833 \sim 8 \text{ cm}$$

Berikut merupakan gambar tebal anatomi lapisan perkerasan :



Gambar Anatomi Tebal Lapis Perkerasan Metode AASHTO 1993

Rekapitulasi Biaya Metode Bina Marga 2017

ENAM JUTA DELAPAN RATUS LIMA PULUH DUA RIBU RUPIAH

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga satuan (Rp)	Harga Pekerjaan (Rp)
PEKERJAAN GALIAN JALAN				
Galian Tanah Pekerjaan jalan Baru	m ³	10800	47,831.67	516,582,033.93
PEKERJAAN PONDASI JALAN				
Lapis Pondasi Atas	m ³	6750	505,041.20	3,409,028,072.78
LAPIS PERMUKAAN				
Resap Pengikat	liter	11250	47,558.06	535,028,177.35
Lapis Perekat	liter	4500	47,853.75	215,341,863.28
Laston AC-WC	ton	2070	1,021,399.22	2,114,296,388.22
Laston AC-BC	ton	3132	1,056,262.89	3,308,215,361.86
Laston AC-Base	ton	4176	960,659.98	4,011,716,059.90
Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)				14,110,207,957.30
Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (D)				1,411,020,795.73
JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (D) + (E)				15,521,228,753.03
DIBULATKAN				15,521,229,000.00
Terbilang : LIMA BELAS MILYAR LIMA RATUS DUA PULUH SATU JUTA DUA RATUS DUA PULUH SEMBILAN RIBU RUPIAH				

Rekapitulasi Biaya Metode AASHTO 1993

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga satuan (Rp)	Harga Pekerjaan (Rp)
PEKERJAAN GALIAN JALAN				
Galian Tanah Pekerjaan jalan Baru	m ³	13950	47,831.67	667,251,793.82
PEKERJAAN PONDASI JALAN				
Lapis Pondasi Atas	m ³	3375	505,041.20	1,704,514,036.39
Lapis Pondasi Bawah	m ³	7650	475,733.22	3,639,359,114.76
LAPIS PERMUKAAN				
Resap Pengikat	liter	11250	47,558.06	535,028,177.35
Lapis Perekat	liter	4500	47,853.75	215,341,863.28
Laston AC-WC	ton	2587.5	1,021,399.2	2,642,870,485.27
Laston AC-BC	ton	4176	1,056,262.9	4,410,953,815.81
Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk Biaya Umum dan Keuntungan)				13,815,319,286.68
Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (D)				1,381,531,928.67
JUMLAH TOTAL HARGA PEKERJAAN = (D)+(E)				15,196,851,215.34
DIBULATKAN				15,196,852,000.00
Terbilang : LIMA BELAS MILYAR SERATUS SEMBILAN PULUH				

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Hasil analisis perencanaan perkerasan lentur dengan menggunakan metode Bina Marga dan metode AASHTO 1993 serta Rencana Anggaran Biaya pada masing-masing metode dengan umur rencana 20 tahun pada ruas jalan Jalur Lintas Selatan Lot 7 STA 0+000 – 3+000 Tambakrejo – Serang Kabupaten Blitar diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode Bina Marga 2017

Berdasarkan perhitungan menggunakan Metode Bina Marga 2017 didapatkan ketebalan lapisan perkerasan sebagai berikut:

- AC WC : 40 mm
- AC BC : 60 mm
- AC BASE : 80 mm
- LFA Kelas A : 300 mm

Besaran perkiraan Rencana Anggaran Biaya dengan umur rencana 20 tahun pada perencanaan jalan perkerasan lentur dengan menggunakan metode Bina Marga 2017 sebesar Rp.15.521.229.000,00

2. Metode AASHTO 1993

Berdasarkan perhitungan menggunakan Metode AASHTO 1993 didapatkan ketebalan lapisan perkerasan sebagai berikut:

- AC WC : 50 mm
- AC BC : 80 mm
- LPA Kelas A : 150 mm
- LPB Kelas B : 340 mm

Besaran perkiraan Rencana Anggaran Biaya dengan umur rencana 20 tahun pada perencanaan jalan perkerasan lentur dengan menggunakan metode AASHTO1993 sebesar Rp. 15.196.852.000,00

SARAN

Berdasarkan hasil perencanaan perkerasan lentur JLS pada ruas jalan Jalur Lintas Selatan Lot 7 STA 0+000 – 3+000 Tambakrejo – Serang Kabupaten Blitar, penyusun memberikan saran kepada peneliti yang akan mengambil tema perencanaan dan juga saran untuk pemilik proyek sebagai berikut :

1. Apabila dilihat berdasarkan anggaran biaya metode yang lebih optimal digunakan adalah metode AASHTO 1993 karena memiliki anggaran biaya yang lebih efisien dari pada menggunakan metode Bina Marga 2017. Namun, jika dilihat dari segi iklim dan cuaca di Indonesia metode AASHTO 1993 ini kurang cocok digunakan, karena perhitungan metode AASHTO dibuat dan dikembangkan oleh Amerika, sedangkan Indonesia dan Amerika memiliki iklim dan cuaca yang berbeda,

- sehingga saran dari penyusun sebaiknya tetap menggunakan metode Bina Marga.
2. Salah satu alternatif yang dapat digunakan selama mutu dan spesifikasi material tersebut memenuhi syarat, penggunaan material lokal sebaiknya dapat digunakan sehingga biaya yang didapatkan akan lebih ekonomis.
 3. Saran untuk Dinas Pekerja Umum agar konstruksi perkerasan mencapai umur rencana yang diharapkan hendaknya kepada Dinas Pekerja Umum perlu melakukan perawatan rutin sehingga dapat meminimalkan adanya kerusakan pada perkerasan jalan sehingga dapat berfungsi sampai pada umur rencana yang diharapkan.
 4. Untuk saran bagi mahasiswa atau mahasiswi yang mengambil penelitian dengan tema perencanaan perkerasan dengan metode Bina Marga, AASHTO 1993 ataupun metode yang lainnya, sebaiknya dalam proses pengumpulan data dari Dinas Pekerja Umum maupun dari Konsultan haruslah lengkap sehingga dapat lebih mempermudah dalam proses penyusunan tugas akhir mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1993, Iterim Guide for Design of Pavement Structures, Washington, DC, USA.*
- Anonim, 2018. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Republik Indonesia Nomor 02/SE/Db/2018 tentang spesifikasi umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan.* Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Republik Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1987, *Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Pasal 1 Ayat 3 Tahun 2004, undang-Undang Republik Indonesia nomor 38 tentang jalan.
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga Nomor 04/SE/Db/2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan* 2017.
- Khalida Umma Al Hariri. (2017). *Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga Dan Perkiraan RAB Pada Proyek Pembangunan Jalan Bulukumba-Todong, Provinsi Sulawesi Selatan.* Malang : Skripsi Teknik Sipil ITN Malang.
- Lutfi Nur Aida. (2019). *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode MDP Bina Marga 2017 Dan Metode AASHTO 1993 Pada Jalan Support Acces Bandar Udara Internasional Yogyakarta.* Malang. Skripsi Teknik Sipil UMM.
- Monalisa Prisilia Hattu. (2019). *Studi Perencanaan Perkerasan Jalan Jasirah Leihitu, Maluku (Sta 00+000 - Sta 16+940).* Malang : Skripsi Teknik Sipil ITN Malang.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Republik Indonesia Nomor 19/PRT/M/2011. *Tentang Persyaratan Teknis Jalan*, Jakarta : Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Republik Indonesia.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Bandung : Nova.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38. 2004. *Tentang Jalan.*
- Wahyu Tampan Saputro. (2018). *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dan Rencana Anggaran Biaya Pada Ruas Jalan Tol Seksi 4 Balikpapan-Samarinda Kalimantan Timur.* Malang : Skripsi Politeknik Negeri Samarinda.
- Weking, M. (2016). *Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga Dan Perkiraan Rencana Anggaran Biaya Pada Pembangunan Ruas Jalan Watowiti Flores Timur NTT (STA 00+000–STA 03+000).* Malang : Skripsi Teknik Sipil ITN Malang.