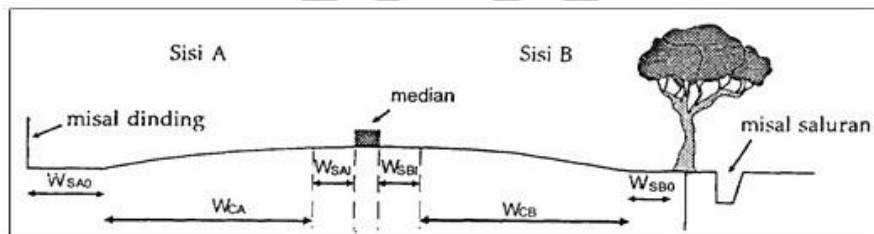


BAB 2

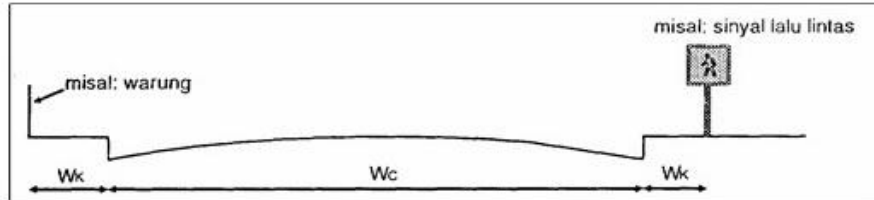
DASAR TEORI

2.1. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Jalan Raya

Kapasitas jalan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jamnya pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua-lajur dua-arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur (MKJI,1997).



Gambar.2.1 Pemisahan Lajur Jalan



Gambar.2.2 Lebar Jalan

Keterangan :

- W_{CA}, W_{CB} : Lebar jalur lalu lintas
- W_{SAT} : Lebar bahu dalam sisi A dsb,
- W_{SAO} : Lebar bahu luar sisi A dsb,
- W_C : Lebar jalur
- W_K : jarak dari kereb ke penghalang

Perhitungan nilai kapasitas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan selama memungkinkan. Karena lokasi yang mempunyai arus mendekati kapasitas segmen jalan sedikit dan sebagaimana terlihat dari mkapasitas simpang sepanjang jalan raya, kapasitas juga telah diperkirakan dari analisa kondisi iringan lalu lintas, dan secara teoritis dengan mengasumsikan hubungan matematik antara

kerapatan, kecepatan dan arus. Kapasitas jalan dalam kota di Indonesia dapat dihitung menggunakan persamaan MKJI (1997):

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SF} \times FC_{CS} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

C = Kapasitas

C₀ = Kapasitas dasar

FC_w = Faktor koreksi lebar masuk

FC_{SP} = Faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah

FC_{SF} = Faktor penyesuaian kapasitas untuk hambatan samping dan bahu jalan / kereb

FC_C = Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota (jumlah penduduk)

Sedangkan perhitungan derajat kejenuhannya dapat dihitung dengan rumus :

$$DS = Q_{smp} / C \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

C : Kapasitas

DS : Derajat Kejenuhan

Q_{smp} : Volume Kendaraan/jam.

Tabel 2.1 Kapasitas Dasar (C₀)

Tipe jalan/ Tipe alinyemen	Kapasitas dasar Total kedua arah (smp/jam)
Dua-lajur tak-terbagi	3100
- Datar	3000
- Bukit	2900
- Gunung	

Sumber : MKJI,1997

Tabel 2.2 Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Lebar Jalur Lalu-lintas untuk Jalan luar kota (FC_w)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu-lintas efektif (W _c) (m)	FC _w
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Empat-lajur tak-terbagi	Per lajur 3,00	0,91

	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,03
Dua-lajur tak-terbagi	Total dua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber : MKJI,1997

Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Kapasitas Untuk Pemisahan Arah.

Pemisah Arah SP % - %		50 - 50	55 - 45	60 - 40	65 - 35	70 - 30
FC _{SP}	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

Sumber : MKJI,1997

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian kapasitas untuk pengaruh hambatan samping dan lebar bahu efektif (W_s).

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Factor penyesuaian untuk hambatan samping dan lebar bahu FC _{SF}			
		Lebar bahu efektif W_C (m)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,84	0,90	0,93	0,96
2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
4/2 UD	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : MKJI,1997

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota FC_{CS}

Ukuran kota (Juta penduduk)	Factor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,86
0,1 - 0,5	0,90
0,5 - 1,0	0,94
1,0 - 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber : MKJI,1997

2.1.1. Perhitungan Lalu-Lintas

a.) Perhitungan Lalulintas Masa Perencanaan

$$\text{Rumus umum} = \text{LHR} (n) = \text{LHR} (0) * (1 + i)^n \dots\dots\dots (3)$$

Dengan perkembangan lalu-lintas (i) = %

Umum Rencana tahun (n) = tahun

Dalam hal ini Σ kendaraan tahun $n = \Sigma$ kendaraan tahun $* (1 + i)^n$

2.1.2. Tingkat Pelayanan Jalan Raya

Dalam penelitian evaluasi jalan terdapat beberapa parameter yang harus diteliti seperti alinyemen jalan, tebal perkerasan, volume kapasitas jalan dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Jalan raya Jombang – Kencong kabupaten Jember dikategorikan sebagai jalan Arteri maka ketentuan jalan pada jalan tersebut menurut peraturan Menteri Perhubungan No. KM.14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Standar Jalan Arteri Skunder

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Operasional Jalan
A	• Arus Bebas • Kecepatan perjalanan rata-rata ≥ 80 km/jam • V/C ratio $\leq 0,6$ • Load factor pada sipangan = 0
B	• Arus stabil • Kecepatan perjalanan rata-rata turun s/d ≥ 40 km/jam • V/C ratio $\leq 0,7$ • Load factor $\leq 0,1$
C	• Arus stabil • Kecepatan perjalanan rata-rata turun s/d ≥ 30 km/jam • V/C ratio $\leq 0,8$ • Load factor $\leq 0,3$
D	• Mendekati arus tidak stabil • Kecepatan perjalanan rata-rata turun s/d ≥ 25 km/jam • V/C ratio $\leq 0,9$ • Load factor $\leq 0,7$
E	• Arus tidak stabil, terhambat, dengan tundaan yang tidak dapat ditolelir. • Kecepatan perjalanan rata-rata sekitar 25 km/jam • Volume dengan kapasitas • Load factor pada simpang ≤ 1
F	• Arus tertahan, macet • Kecepatan perjalanan rata-rata ≤ 15 km/jam

	• V/C ratio permintaan melebihi 1 • Simpang jenuh
--	--

Sumber : Peraturan Menhub: KM 14 Tahun 2006

2.1.3 Kondisi Tingkat Pelayanan

a. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi:

- 1) arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi;
- 2) kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum/minimum dan kondisi fisik jalan;
- 3) pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkannya tanpa atau dengan sedikit tundaan.

b. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi:

- 1) arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas;
- 2) kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan;
- 3) pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

c. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi:

- 1) arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi;
- 2) kepadatan lalu lintas sedang karena hambatan internal lalu lintas meningkat;
- 3) pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.

d. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi:

- 1) arus mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus;
- 2) kepadatan lalu lintas sedang namun fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar;

- 3) pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat.

e. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi:

- 1) arus lebih rendah daripada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah;
- 2) kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi;
- 3) pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.

f. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi:

- 1) arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang;
- 2) kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama;
- 3) dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0.

Untuk penetapan tingkat pelayanan yang diinginkan merupakan kegiatan penentuan tingkat pelayanan ruas jalan dan/atau persimpangan berdasarkan indikator tingkat pelayanan. Tingkat pelayanan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan primer sesuai fungsinya, untuk:

- a. jalan arteri primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B;
- b. jalan kolektor primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B;
- c. jalan lokal primer, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- d. jalan tol, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya B.

Tingkat pelayanan yang diinginkan pada ruas jalan pada sistem jaringan jalan sekunder sesuai fungsinya untuk:

- a. jalan arteri sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- b. jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya C;
- c. jalan lokal sekunder, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya D;
- d. jalan lingkungan, tingkat pelayanan sekurang-kurangnya D.

2.2. Faktor Penyebab Kerusakan

Menurut Silvia Sukirman (1999) Kerusakan-kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh:

- 1) Lalu lintas, dapat berupa peningkatan dan repetasi beban.

- 2) Air, yang dapat berupa air hujan, sistem drainase yang tidak baik, naiknya air akibat kapilaritas.
- 3) Material konstruksi perkerasan, dalam hal ini disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengelolaan bahan yang tidak baik.
- 4) Iklim, Indonesia beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
- 5) Kondisi tanah dasar yang tidak stabil, kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah yang memang jelek.
- 6) Proses pemadatan lapisan diatas tanah yang kurang baik.

2.3 Rencana Tebal Perkerasan Metode Bina Marga 2013

Pada perhitungan perkerasan lentur dengan metode Bina Marga 2013, langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Penetapan Umur Rencana (UR) = tahun
- b. Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF standar
- c. Menghitung ESA 20, dengan pertumbuhan lalu lintas (i)
- d. Menghitung Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R)
- e. Nilai *Traffic Multiplier* (TM) = 1.8 – 2.0
- f. Menentukan Faktor Distribusi Lajur (DL)
- g. Perhitungan CESA4, CESA5 dan ESA 20 tahun
- h. Pemilihan Jenis Perkerasan
- i. Solusi Desain 2 Pondasi Jalan minimum
- j. Desain perkerasan lentur opsi biaya minimum
- k. Tebal lapisan perkerasan ACWC, ACBC, CTB dan LPA (struktur perkerasan).

Adapun perhitungan sebagai berikut :

- a. Umur Rencana = n tahun (direncanakan), dimana pada Manual Perkerasan jalan No.02/M/BM/2013 halaman 9, yaitu Lapisan lentur berbutir dan CTB.

Tabel 2.7 Umur rencana.

Lapisan Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan atas dan lapisan berbutir dan CBT	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan jalan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, missal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, torowongan	
	Cement Treated Based	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis pondasi semen dan pondasi jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semen elemen	Minimum 10

Sumber: Bina Marga 2013

- b. Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF4 standar :

Tabel. 2.8 Nilai VDF.4.

JENIS KENDARAAN	VDF4
Kendaraan ringan (2 ton)	0.3
Bus Kecil	0.3
Bus Besar	0.7
Truk sumbu 2 as	0.8
Truk sumbu 3 as (berat)	1.6
Truk berat (Gandengan)	7.3
Truk trailer/semi trailer	13.6

Sumber : Bina Marga, 2013

- c. Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Tabel. 2.9 Nilai Pertumbuhan Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

	2011 – 2020	>2021 – 2030
Arteri dan Perkotaan (%)	5	4
Kolektor rurel (%)	3,5	2,5
Jalan Desa (%)	1	1

Sumber : Bina Marga, 2013

- d. Perhitungan R :

$$R=(1+0.01i)^{UR} - 1 \dots\dots\dots (4)$$

- e. Nilai Multi *Traffic Multiplier* (TM) = 1.8 – 2.0

- f. Menentukan DL = %, dengan 2 lajur setiap arah (Tabel Faktor Distribusi Lajur).

Tabel.2.10 Prosentase Populasi Kendaraan

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

Sumber: Bina Marga 2013

- g. Perhitungan CESA4, CESA5 dan ESA20
- h. Pemilihan jenis perkerasan Pada ESA 20 tahun

Tabel. 2.11 Tabel Pemilihan Jenis Perkerasan

Struktur Perkerasan	Desain	ESA 20 tahun (juta)				
		(Pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0 - 0.5	1 - 4	4.0 - 10	10.0 - 30	>30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas padat	4					
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah desa dan daerah Perkotaan	4A					
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi CTB (Pangkat 5)	3					
AC dengan CTB (pangkat 5)	3					
AC tebal > 100 dengan lapis pondasi berbutir (Pangkat 5)	3A					
AC dan HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3					
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau batuan Asli	Gambar 6					
Lapis pondasi soil cement	6					
Perkerasan tanpa penutup	6					

Sumber: Bina Marga 2013

- i. Solusi Desain Pondasi Jalan minimum

CBR Tanah Dasar Chart 1 atau tanah dasar 100% MOD, dipadatkan rendaman 4 hari	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi (4)	Jalur lintas / jalur desain umur rencana 40 tahun (Jus CESA ₁)		
				< 2	2 - 4	> 4
≥ 6	SG6	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lapis)	Tebal peningkatan tanah dasar minimum (mm)		
5	SG5			Tidak perlu peningkatan		
4	SG4			100	150	200
3	SG3			150	200	300
2.5	SG2.5			175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell > 5%)		AE		400	500	600
< 2.5 ⁽¹⁾ (DCP in situ)	SG1 aluvial jenuh Tipikal CBR awal < 1.5% di bawah lapis permukaan keras ⁽²⁾	B	Lapis penopang / capping ⁽³⁾	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾	650	750	850
Perkerasan lentur pada tanah aluvial kering ⁽⁵⁾		C1	Perbaikan tanah dasar atau timbunan dengan rendaman CBR ≥ 5 dalam 3 lapis ⁽⁶⁾	400	500	600
Perkerasan kaku pada tanah aluvial kepadatan rendah kering ⁽⁷⁾		C2	Perbaikan tanah dasar atau timbunan dengan CBR rendaman CBR ≥ 5 dengan tebal per lapis < 300 mm ⁽⁶⁾	1000	1100	1200
tanah gambut dengan HRS atau perkerasan DBST		D	Lapis penopang berbutir ⁽³⁾	1000	1250	1500

(1) Nilai in situ. CBR rendaman tidak dapat dilaksanakan.

(2) Lihat tulisan untuk kasus aluvial kering (Metode C).

(3) Diatas lapis penopang agar ditambahkan lapis timbunan pilihan dengan mengacu pada kelas kekuatan tanah dasar SG 2.5.

(4) Ketentuan tambahan mungkin berlaku, perencanaan harus memperimbangan semua isu kritis.

(5) Stabilisasi kapur/material timbunan bisa bisa digunakan

(6) Ditandai oleh kepadatan rendah dan CBR in situ rendaman rendah di bawah daerah yang dipadatkan

(7) Jika didalam gambar rencana tidak terdapat desain, solusi desain pondasi agar mengikuti ketentuan dalam Spesifikasi Umum.

Sumber: Bina Marga 2013

j. Desain perkerasan lentur opsi biaya minimum

Tabel. 2.12 Desain Perkerasan Lentur

Bagan Desain 3: Desain Perkerasan Lentur opsi biaya minimum termasuk CTB¹

		STRUKTUR PERKERASAN							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
		Lihat desain 5 & 6				Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif lebih murah ²			
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun terkoreksi di jalur desain (pangkat 5) (10 ⁶ CESA ₁)		< 0,5	0,5 – 2,0	2,0 – 4,0	4,0 - 30	30 – 50	50 – 100	100 – 200	200 – 500
Jenis permukaan berpengikat		HRS, SS, atau Penmac	HRS (6)		AC ₁ atau AC ₁	AC ₂			
Jenis lapis Pondasi dan lapis Pondasi bawah		Lapis Pondasi Berbutir A			Cement Treated base (CTB) (= cement treated base A)				
		KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)							
HRS WC		30	30	30					
HRS Base		35	35	35					
AC WC					40	40	40	50	50
Lapisan beraspal	AC BC ⁵				135	155	185	220	280
CTB atau	CTB ⁴				150	150	150	150	150
LPA Kelas A	LPA Kelas A ⁴	150	250	250	150	150	150	150	150
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%		150	125	125					

Catatan 3:

1. Ketentuan-ketentuan struktur Pondasi Bagan Desain 2 juga berlaku

2. Ukuran Gradasi LPA nominal maksimum harus 20 mm untuk tebal lapisan 100 – 150 mm atau 25 mm untuk tebal lapisan 125 – 150 mm

3. Pilih Bagan 4 untuk solusi perkerasan kaku untuk life cycle cost yang rendah

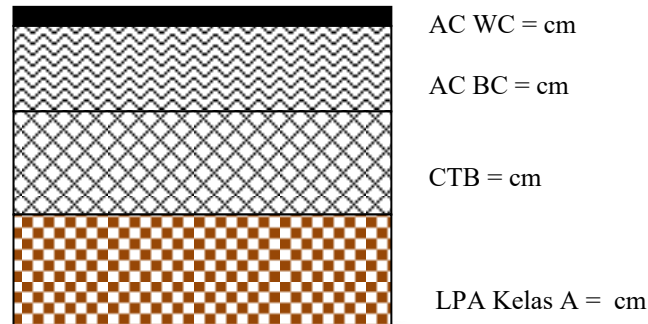
4. Hanya kontraktor yang cukup berkualitas dan memiliki akses terhadap peralatan yang sesuai dan keahlian yang diijinkan melaksanakan pekerjaan CTB. LMC dapat digunakan sebagai pengganti CTB untuk pekerjaan di area sempit atau jika disebabkan oleh ketersediaan alat.

5. AC BC harus diampar dengan tebal padat minimum 50 mm dan maksimum 60 mm

6. HRS is not suitable for steep gradients or urban areas with traffic exceeding 1 million ESA₁. See Bagan Desain 3A for alternatives

Sumber: Bina Marga 2013

- k. Tebal lapisan perkerasan, misal AC WC, AC BC, CTB dan LPA (struktur perkerasan).



Gambar. 2.3 Struktur Perkerasan.

2.4. Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017

2.4.1. Prosedur Desain Overlay

Terdapat tiga metode berbeda untuk menentukan ketebalan lapisan atas, yang bergantung pada beban lalu lintas yang diantisipasi.

1. Lalu Lintas lebih kecil atau sama dengan 100.000 ESA4 Retakan akibat kelelahan jarang dilihat sebagai suatu jenis kerusakan pada jalan raya dengan volume lalu lintas rendah dan perkerasan yang menunjukkan reflektifitas dan retakan yang tinggi (disebut sebagai perkerasan Retak Reflektif Tinggi, atau HRS). Berdasarkan parameter-parameter yang disebutkan di atas, tidak perlu menyertakan desain jalan yang dapat mengantisipasi beban lalu lintas di bawah 100.000 Gandar Standar Setara (ESA4) dan menggunakan perkerasan dengan kinerja pelapisan kelelahan Tingkat Keparahannya Tinggi (HRS). Kecukupan ketebalan lapisan atas desain dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan defleksi maksimum (D0), seperti ditunjukkan.
2. Lalu Lintas lebih besar dari 100.000 ESA4 Retakan akibat kelelahan dapat terjadi pada lapisan aspal ketika terkena volume

lalu lintas melebihi 100.000 beban gandar tunggal yang setara (ESA4). Oleh karena itu, penting untuk memasukkan kriteria deformasi permanen, yaitu pendekatan defleksi maksimum yang dilambangkan dengan D0, serta kriteria retak lelah, khususnya pendekatan kurva defleksi yang dilambangkan dengan D0 – D200. Gunakan bagan desain yang ditunjukkan memberikan penjelasan menyeluruh mengenai kurva defleksi, disertai dengan ilustrasi praktis penerapannya melalui penggunaan grafik desain.

3. Lalu Lintas lebih besar 10x10⁶ ESA4 atau 20x10⁶ ESA5 Untuk melakukan kegiatan restorasi pada jalan yang mengalami beban lalu lintas diatas (ESA4) atau (ESA5), perlu menggunakan teknik mekanistik empiris yang dikenal dengan Pt T-01-2002-B atau metode AASHTO 1993. Prosedur mekanistik empiris menggunakan data defleksi permukaan dan ketebalan perkerasan yang telah ditetapkan untuk melakukan perhitungan kebalikan dari nilai modulus lapisan perkerasan. Selain itu, penggunaan nilai modulus lazim dalam evaluasi berbagai alternatif desain rekonstruksi atau pelapisan ulang dengan menggunakan perangkat lunak analisis perkerasan multi-lapis yang canggih. Manual ini menawarkan pemeriksaan menyeluruh terhadap pendekatan mekanistik empiris. Teknik untuk menggunakan tambahan perkerasan fleksibel, sebagaimana diuraikan dalam pedoman AASHTO 1993 atau Pt T-01-2002-B, melibatkan pertimbangan defleksi permukaan. Secara khusus, suhu standar di mana defleksi maksimum (D0) diukur diatur pada 680°F atau 200°C. Oleh karena itu, perlu dilakukan standarisasi defleksi tertinggi yang terlihat selama pengukuran suhu hingga suhu 200°C.

2.4.2. Analisis Lalu Lintas

Berdasarkan data yang ada, jalan tersebut dapat digolongkan sebagai jalur kolektor pedesaan. Nilai tingkat pertumbuhan yang terkait dengan jalan ini, yang mewakili rata-rata Indonesia,

ditetapkan sebesar 4.8 %. Fenomena peningkatan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 2.13 dibawah ini.

Tabel. 2.13 Pertumbuhan Lalu Lintas

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4.80	4.83	5.14	4.75
Kolektor rural	3.50	3.50	3.50	3.50
Jalan Desa	1.00	1.00	1.00	1.00

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

Untuk menjamin umur panjang perkerasan pada tahap perencanaan awal, lihat Tabel 2.14 dibawah ini.

Tabel 2. 14 Umur Rencana (UR)

Lapisan Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan atas dan lapisan berbutir dan CBT	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan jalan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, missal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, torowongan	
	Cement Treated Based	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis pondasi semen dan pondasi jalan	Minimum 10
Jalan Tanpa Penutup	Semen elemen	

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

Pada variabel yang mewakili peningkatan kumulatif lalu lintas pada persamaan 2.4 didefinisikan sebagai berikut:

$$R = (1+0,01 i)^{UR} - 1 \quad 0,01 i \dots\dots\dots (2.4)$$

Lalu lintas harian rata-rata ditentukan dengan menggunakan rencana beban tipikal seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.5 dibawah ini.

$$LHR_{aur} = LHR_{pd} \times (1 + i)^n \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

LHR_{aur} = LHR pada awal umur rencana

LHR_{pd} = LHR pada pengumpulan data

I = Pertumbuhan lalu lintas

n = Umur Rencana

2.4.3 Lalu Lintas Pada Lajur Rencana

Istilah jalur desain mengacu pada jalur lalu lintas tertentu dalam suatu ruas jalan yang terutama dirancang untuk menampung sejumlah besar kendaraan komersial, seperti truk dan bus. Kuantifikasi volume lalu lintas pada suatu lajur tertentu ditentukan oleh beban gandar standar kumulatif (ESA) yang meliputi factor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). $DD = 0,50$ (Kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan cenderung lebih tinggi dari satu arah tertentu) Memastikan bahwa beban desain yang diterapkan pada masing-masing lajur tetap berada dalam kapasitas umur lajur yang ditetapkan adalah hal yang sangat penting. Konsep kapasitas lajur diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan. Undang-undang ini mengatur rasio tertentu yang harus dipenuhi antara jumlah lalu lintas pada suatu rute dan kapasitasnya. Nilai faktor sebaran jalur (DL) dapat dilihat pada Tabel 2.15 dibawah ini :

Tabel. 2.15 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

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

2.4.4. Menentukan Nilai Vehicle Damage Factor (VDF)

Proses pengubahan beban lalu lintas menjadi beban standar (ESA) dalam bidang desain perkerasan dilakukan melalui penggunaan Faktor Kerusakan Kendaraan. Pemeriksaan struktur perkerasan meliputi penilaian total akumulasi Beban Gandar Tunggal Ekuivalen (ESA) yang diterapkan pada rute yang ditentukan selama umur yang diharapkan. Tabel 2.16 menyajikan kondisi yang diperlukan untuk pengumpulan data beban gandar.

Tabel. 2.16 Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyediaan Rasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan Bebas Hambatan	1 atau 2
Jalan Raya	1 atau 2 atau 3
Jalan Sedang	2 atau 3
Jalan Kecil	2 atau 3

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

Penelitian yang dilakukan dengan Bina Marga tahun 2017 hanya terfokus pada kajian Metode Perancangan Perkerasan Jalan Manual, khususnya menyasar kendaraan niaga minimal roda enam. Nilai VDF untuk masing-masing kendaraan ditunjukkan pada Tabel 2.17, beserta penjelasannya.

Tabel. 2.17 Nilai VDF Masing-masing Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jawa			
	Beban Aktual		Normal	
	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5
5B	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.6	0.5	0.6	0.5
6B	5.3	9.2	4.0	5.1
7A1	8.2	14.4	4.7	6.4
7A2	10.2	19.0	4.3	5.6
7B1	11.8	18.2	9.4	13.0
7B2	13.7	21.8	12.6	17.8
7C1	11.0	19.8	7.4	9.7
7C2A	17.7	33.0	7.6	10.2
7C2B	13.4	23.2	6.5	8.5
7C3	18.1	34.4	6.1	7.7

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

2.4.5. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban Gandar Standar Kumulatif, juga dikenal sebagai Beban Gandar Tunggal Ekuivalen Kumulatif (CESAL), mengacu pada jumlah total beban gandar dari lalu lintas desain pada jalur yang ditentukan selama masa pakai yang diharapkan. Nilai tersebut dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.6 yang disajikan sebagai berikut: Penggunaan *Vehicle Dynamic Feedback* (VDF) untuk setiap kendaraan niaga.

$$ESATH-1 = (\sum LHRJK \times VDFJK) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

ESATH-1 : Kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (equivalent standard axle) pada tahun pertama

- ΣLHRJK : Lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).
- VDFJK : Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 4.14. dan Tabel 4.15.
- DD : Faktor distribusi arah. DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 2.12).
- CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.

R: Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif. Setelah menghitung Lalu Lintas Harian Rata-Rata maka didapatkan hasil CESA5 (*Cumulative Equivalent Single Axle*) dengan rumus, sebagai berikut :

$$CESA5 = \Sigma ESA5(1) + \Sigma ESA5(2) \dots\dots\dots (2.7)$$

Maka dapat kita tentukan tebal perkerasan lapis atas tambahan (Overlay) menurut Tabel 2.18 dibawah ini.

Tabel 2.18 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan lapis Fondasi Butir

	Struktur Perkerasan							
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8
Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^5 ESA5)	< 2	> 2.7	> 7-10	> 10-20	> 20-30	> 30-50	> 50-100	> 100-200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60
AC BC	0	80	105	145	160	180	201	245
LPA kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	2			3			

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

Pada proses penentuan lapisan perkerasan meliputi evaluasi kondisi perkerasan eksisting dan pengambilan keputusan mengenai material lapisan atas dan ketebalan yang sesuai untuk diterapkan. Fasilitasi ketebalan dapat ditingkatkan dengan penggunaan data CESA dan penerapan metode Bina Marga 2017, seperti terlihat pada Tabel 2.19 berupa informasi yang diberikan, dapat disimpulkan dibawah ini :

Tabel 2.19 Pemilihan Struktur Perkerasan

OVERLAY PERKERASAN EKSISTING					
STRUKTUR PERKERASAN	Kumulatif ESA5 20* Tahun (juta)**				
	< 0.1	0.1-4	4-10	>10-30	>30
AC-WC/BC modifikasi SBS					
AC-WC/BC modifikasi SBS yang disetujui					
AC-WC/BC modifikasi SBS normal					

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

Beberapa aspek perlu dipertimbangkan:

A. Pengeluaran yang dikeluarkan selama durasi layanan, terkadang disebut sebagai potongan biaya umur layanan, berada pada tingkat minimum dan layak untuk diterapkan. Oleh karena itu, penting untuk menghitung biaya yang terkait dengan setiap alternatif dan memilih solusi yang menawarkan pilihan paling murah.

B. Proyeksi umur lapisan perkerasan fleksibel adalah sepuluh tahun.

C. Dalam situasi di mana ketebalan lapisan paling atas yang ditentukan melampaui 100 mm untuk jalan yang dapat menangani volume lalu lintas hingga 4x10⁶ ESA5, atau melampaui kisaran 150 mm hingga 210 mm untuk jalan yang dapat menangani volume lalu lintas melebihi 4x10⁶ ESA5, dan ketika arus kondisi trotoar sudah sangat rusak sehingga memerlukan intervensi yang besar. Apabila area yang memerlukan penambalan melebihi 30% dari total permukaan perkerasan, maka disarankan untuk mempertimbangkan potensi kelayakan pembangunan kembali secara menyeluruh sebagai pilihan yang layak untuk melakukan pelapisan ulang.

Pengencang yang dimodifikasi memberikan keuntungan yang penting, namun penggunaannya memerlukan sumber daya dan pengalaman kontraktor, yang seringkali kurang. Penggunaan aspal yang dimodifikasi bergantung pada ketersediaan sumber daya penting dan kepemilikan pengetahuan yang diperlukan. Penggunaan aspal modifikasi berpotensi memperluas penerapan lapisan aspal tipis dan lapisan keausan dalam mengakomodasi

tingkat beban lalu lintas yang lebih luas, termasuk kondisi lalu lintas tinggi.

1. Perkerasan kaku dapat dianggap sebagai pilihan yang layak untuk permukaan jalan yang rusak parah dan mengalami beban lalu lintas melebihi 30x106 ESA4 dalam kurun waktu 20 tahun. Namun, penting untuk melakukan perbandingan desain dan analisis biaya untuk menentukan kelayakan dan efektivitasnya.

2. Proses daur ulang memerlukan penggunaan peralatan khusus dan keterlibatan kontraktor dengan keahlian tertentu.

Adapun langkah – langkah dalam perhitungan pada metode Bina Marga tahun 2017, sebagai berikut :

A. Data Volume kendaraan Tahun 2024 dan 2044

Pada perhitungan dengan metode Bina Marga tahun 2017 diperlukan Volume kendaraan ringan (LV dan berat (HV). Pada data ini dilaksanakan secara langsung (data primer) di lokasi penelitian, yaitu jalan raya Jombang – Kencong Kabupaten Jember.

B. Pengamatan DCPT/CBR

Pada pengamatan DCPT/CBR = 8,02% dilaksanakan langsung di lokasi penelitian dengan menggunakan peralatan/Lab. Tanah Prodi Teknik Sipil Unmuh Jember (data terlampir).

C. Perhitungan Faktor pertumbuhan laju pertumbuhan Lalu lintas (R)

Variabel yang mewakili peningkatan kumulatif lalu lintas, sebagai berikut:

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

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan laju pertumbuhan Lalu lintas

i = Perkembangan lalu lintas (4,8%)

UR = Umur Rencana (20 tahun)

D. Lajur Rencana (DD)

Pada penentuan Lajur rencana melihat jumlah lajur dengan arahnya.

Lokasi penelitian terdapat 1 lajur 1 arah (DD = Nilai 1).

E. Nilai VDF

Metode Perancangan Perkerasan Jalan Manual, khususnya menyangkut kendaraan niaga minimal roda enam. Nilai VDF untuk masing-masing kendaraan.

Tabel. 2.20 Nilai VDF Masing-masing Kendaraan

Jenis Kendaraan	Jawa			
	Beban Aktual		Normal	
	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5
5B	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.6	0.5	0.6	0.5
6B	5.3	9.2	4.0	5.1
7A1	8.2	14.4	4.7	6.4
7A2	10.2	19.0	4.3	5.6
7B1	11.8	18.2	9.4	13.0
7B2	13.7	21.8	12.6	17.8
7C1	11.0	19.8	7.4	9.7
7C2A	17.7	33.0	7.6	10.2
7C2B	13.4	23.2	6.5	8.5
7C3	18.1	34.4	6.1	7.7

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

Dimana :

$$ESA.4 : \Sigma LHR \times VDF4 \times 365 \times DL \times DD \times R$$

$$ESA.5 : \Sigma LHR \times VDF5 \times 365 \times DL \times DD \times R$$

Tabel. 2.21 Rekapitulasi Perhitungan ESA 4 dan ESA 5

Jenis Kendaraan	LHR	R	DD	DL	Hari	VDF 4	VDF 5	CESA 4	CESA 5
Golongan 1,2,3 dan 4									
Bus (golongan 5B)									
Truk 2 as (golongan 6A)									
Truk 3 as (golongan 7A 2)									
Truk semi trailer (golongan 7C)									

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

F. Nilai CESA4 dan CESA5

Beban Gandar Standar Kumulatif, juga dikenal sebagai Beban Gandar Tunggal Ekuivalen Kumulatif (CESAL), mengacu pada jumlah total beban gandar dari lalu lintas desain pada jalur yang ditentukan selama masa pakai yang diharapkan. Penggunaan *Vehicle Dynamic Feedback* (VDF) untuk setiap kendaraan niaga. Adapun perhitungan Lalu Lintas Harian Rata-Rata maka didapatkan hasil CESA5 (*Cumulative Equivalent Single Axle*) dengan rumus sebagai berikut :

$$CESA4 = \Sigma (LHR_{JK} \times VDF_{JK} \times 365 \times DD \times DL)$$

$$CESA5 = \Sigma (LHR_{JK} \times VDF_{JK} \times 365 \times DD \times DL)$$

G. Menentukan Tebal Perkerasan

Maka dapat kita tentukan tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) menurut Tabel 2.22 dibawah ini.

Tabel 2.22 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan lapis Fondasi Butir

	Struktur Perkerasan							
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8
Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 2			
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^5 ESA5)	< 2	> 2.7	> 7-10	> 10-20	> 20-30	> 30-50	> 50-100	> 100-200
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60
AC BC	0	80	105	145	160	180	201	245
LPA kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	2	3					

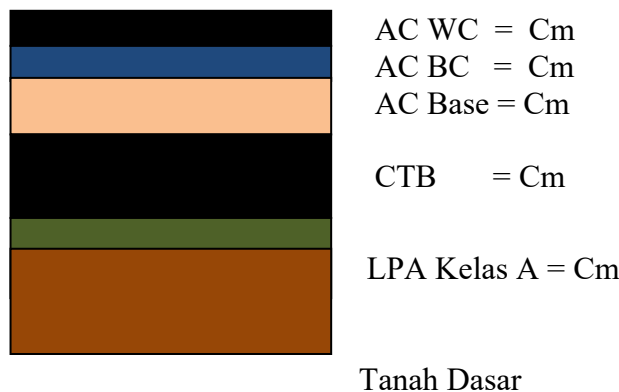
Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017

Pada proses penentuan lapisan perkerasan meliputi evaluasi kondisi perkerasan eksisting dan pengambilan keputusan mengenai material lapisan atas dan ketebalan yang sesuai untuk diterapkan. Fasilitasi ketebalan dapat ditingkatkan dengan penggunaan data CESA dan penerapan metode Bina Marga 2017, seperti terlihat pada Tabel 2.23. informasi yang diberikan, dapat disimpulkan dibawah ini :

Tabel 2.23 Pemilihan Struktur Perkerasan

OVERLAY PERKERASAN EKSISTING					
STRUKTUR PERKERASAN	Komulatif ESA5 20* Tahun (juta)**				
	< 0.1	0.1-4	4-10	>10-30	>30
AC-WC/BC modifikasi SBS					
AC-WC/BC modifikasi SBS yang disetujui					
AC-WC/BC modifikasi SBS normal					

Sumber : Manual Desain Pekerjaan Jalan Bina Marga 2017



Gambar.2.4 Struktur Lapisan Perkerasan Metode Bina Marga 2017