STUDI ANALISIS TEBAL LAPIS TAMBAH PERKERASAN LENTUR (*OVERLAY*) PADA JALAN KEJAYAN KABUPATEN PASURUAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN NOMOR 04/SE/Db/2017

Mohamad Ishlah Rofiqi[1], Kurnia Hadi Putra[2]

[1,2]Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: rofiqiislah@gmail.com

ABSTRACT

Kejayan road in Pasuruan is one of provincial roads in East Java Province as it connects Malang Regency and Pasuruan. Many damages on this road have caused traffic disturbance to users. For this reason, the researcher analyzed overlay on Kejayan road so as to improve the structural capacity and service life of the old pavement. By this way, Kejayan road will work in safe and cozy conditions for users. The researcher employed the methods of Manual Desain Perkerasan number 04/SE/Db/2017. This method is the lates thick overlay planning method published by Binamarga. The device used for measuring deflection of overlay is Benkelmean Beam (BB). By the method of MDP 2017, the overlay thickness for service life within 10 years is 12 cm with traffic stipulations of 12,808,301 ESA4 and 21,540,606 ESA5.

Keywords: *road, Overlay, Benkelmean Beam, Pd T-05-2005-B, CESA, MDP number 04/SE/Db/2017, ESA*

ABSTRAK

Jalan Kejayan Pasuruan merupakan salah satu jalan provinsi di Jawa Timur. Dikatakan demikian karena jalan tersebut menghubungkan antara kabupaten Malang dan kota Pasuruan. Banyaknya kerusakan-kerusakan yang ada pada jalan Kejayan menyebabkan terganggunya lalulintas dan pengguna jalan yang melewatinya. Oleh karena itu, peneliti melakukan studi analisis tebal lapis tambah (overlay) pada jalan tersebut agar dapat meningkatkan kapasitas struktur dan masa layan dari perkerasan lama. Sehingga jalan Kejayan tetap berfungsi secara aman dan nyaman bagi pengguna jalan yang melewatinya.Adapun metode yang digunakan peneliti dalam penelitiannya yaitu metode Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017. Metode tersebut merupakan metode perencanaan tebal overlay terbaru terbitan dari Bimamarga. Alat yang digunakan dalam pengukuran lendutan perencanaanoverlay ini adalahBenkelmean Beam (BB).Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tebal lapis tambah yang didapatkan selama umur rencana 10 tahun menggunakan metode MDP 2017 adalah sebesar 12 cm dengan ketentuan lalulintas sebesar 12.808.301 ESA4 dan 21.540.606 ESA5.

Kata kunci: Jalan, Tebal Lapis Tambah *(Overlay)*, Benkelmean Beam, Pd T-05-2005-B, CESA, MDP nomor 04/SE/Db/2017, ESA

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan jalan utama yang menghubungkan satu kawasan dengan kawasan lainnya. Jalan juga merupakan salah satu prasarana dalam meningkatkan perekonomian suatu daerah. Agar dapat tercapainya peningkatan tersebut, maka perlu adanya evaluasi dan perbaikan terhadap perkerasan jalan yang ada.

Jalan kejayan merupakan salah satu jalan di Jawa Timur yang menghubungkan antara kabupatenMalang dan kotaPasuruan. Jalan ini mengalami kerusakan seperti berlubang, rusak tepi, disintegrasi, butir lepas, retak bercabang, dan rusak tambalan. Banyaknya kendaraan berat yang melintas di jalan Kejayan merupakan faktor terbesar penyebab dari rusaknya jalan tersebut.Sehingga perlu adanya perencanaan dan pekerjaan tebal lapis tambah *(overlay)* pada jalan Kejayan agar dapat menunjang lalu lintas yang timbul akibat ekonomi di daerah yang bersangkutan.

Alat yang digunakan sebagai pengukur lendutan perencanaan overlay ini adalah*Benkelmean Beam.*Keunggulan dari alat tersebut adalah selain pengujiannya yang mudah, juga bersifat nondestruktif. Bersifat nondestruktif dimana pengujiannya tidak menyebabkan kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan yang disebabkan alat diletakkan diatas permukaan jalan.

Tujuan utama dilakukan lapis tambah adalah untuk meningkatkan kapasitas struktur dan masa layan dari perkerasan lama akibat bertambahnya beban lalu lintas yang akan datang. Sedangkan metode yang sering digunakan pada perencanaan tebal lapis tambah *(overlay)* adalah metode yang dikeluarkan oleh Bina Marga. Metode yang terakhir kali dikeluarkan oleh Bina Marga adalah Manual Desain Perkerasan nomor 04/SE/Db/2017 yang merupakan revisi dari metode Bina Marga nomor 02/M/BM/2013. Metode MDP 2017 ini memaparkan tentang 2 penangan kerusakan pada perkerasan jalan seperti penanganan kerusakan dengan cara *overlay* atau dengan rekonstruksi secara menyeluruh pada perkerasan jalan. Solusi perbaikan perkerasan jalan dengan cara rekonstruksi dapat dilakukan apabila syarat rekonstruksi terhadap hasil dari tebal overlay memenuhi.

Dipilihnya metode MDP 2017 ini sebagai metode perencanaan *overlay* terhadap jalan kejayan karena telah lebih disesuaikannya dengan perkembangan kinerja jalan baik pengakomodasian tantangan dan hambatan kinerja aset yang ada di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode MDP Nomor 04/Se/Db/2017 terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian I yang menerangkan tentang perencanaan struktur perkerasan baru, sedangkan bagian II menerangkan perencanaan rehabilitasi perkerasan. Pada bagian II metode MDP 2017 ini mencangkup pelapisan strutural *(overlay)*, pengerikilan kembali, daur ulang, dan rekonstruksi.

Analisis tebal lapis tambah metode ini menggunakan data lendutan dan lengkung lendutan dengan pendekatan desain mekanistik empiris untuk rehabilitasi jalan dengan katagori lalu lintas berat. Manual ini merupakan pelengkap dari metode - metode yang lama seperti desain perkerasan Pd T-01-2002-B, Pd T-05-2005-B dan metode Interim No.002/P/BM/2011, dengan penajaman pada beberapa aspek. Aspek-aspek tersebut mencangkup antara lain pencapaian tingkat pelayanan, penggunaan material yang efisien, pertimbangan kepraktisan pelaksanaan, penerapan analisis biaya siklus pelayanan selama periode analisis keekonomian *(discounted life cycle cost)*.

Pada metode ini, terdapat cara menentukan nilai-nilai ESA4 dan ESA5 yang digunakan dalam menentukan besaran lalu lintas sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = \left(\sum LHR_{JK}\ x\ VDF_{JK}\right)\ x\ 365\ x\ DD\ x\ DL\ x\ R$$

Keterangan :
ESA_{TH-1} = Kumulatif lintasan sumbu standart tahun pertama
LHR_{JK} = Lintas harian rata-rata tiap jeniskendaraan
VDF_{JK} = Vaktor ekivalen beban tiap jenis kendaraan
DD = Faktor distribusi arah
DL = Faktor distribusi lajur
R = Faktor pengali pertumbuhan lalulintas kumulatif atau denganmenggunakan rumus:

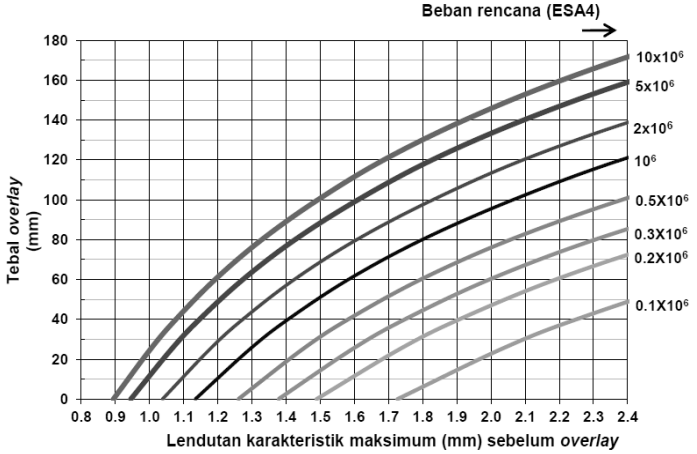
$$R = \frac{(1 + 0{,}1i)^{UR} - 1}{0{,}01\ i}.$$

Keterangan :
i = Laju pertumbuhan lalu lintastahunan (%)
UR = Umur rencana (tahun)

Adapun tiga cara dalam menetukan tebal lapis tambah berdasarkan beban lalu lintasnya adalah sebagai berikut :

1. Lalu Lintas lebih kecil atau sama dengan 100.000 ESA4

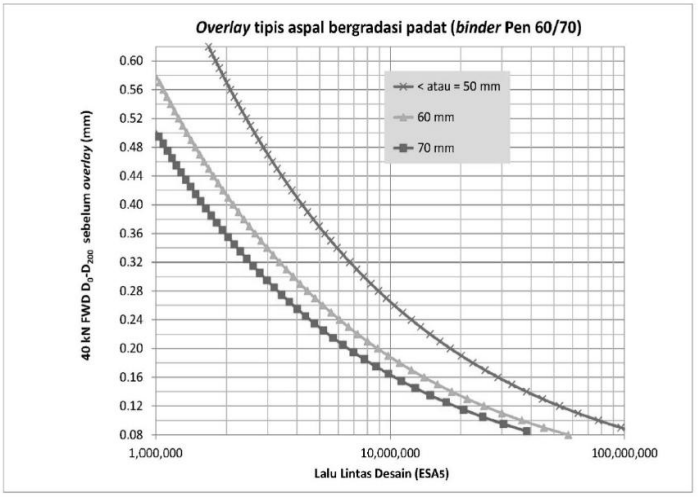
Jalan dengan lalu lintas ringan dan perkerasan dengan HRS umumnya tidak dapat menimbulkan kerusakan retak lelah. Berdasarkan pertimbangan itu, desain jalan dengan beban lalu lintas rencana lebih kecil dari 100.000 ESA4 dan perkerasan dengan HRS kinerja fatigue overlay tidak diperlukan. Desain tebal *overlay* cukup dengan menggunakan pendekatan lendutan maksimum (D_0) sebagai solusi berdasarkan **Gambar 1.**



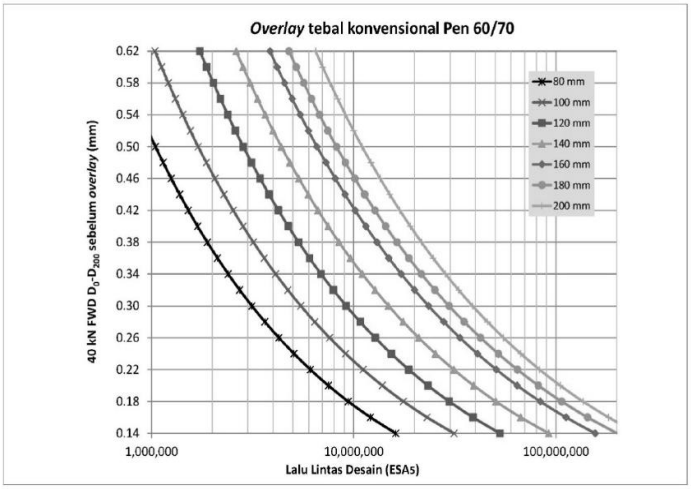
Gambar 1. Solusi *Overlay* Berdasarkan LendutanBalik Untuk WMAPT 41^{o}C
(Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017)

2. Lalu Lintas lebih besar dari 100.000 ESA4

Pada jalan dengan katagori lalu lintas lebih besar dari 100.000 ESA4 terdapat potensi retak lelah pada lapisan aspal. Sehingga kriteria deformasi permanen (pendekatan lendutan maksimum D_0) dan kriteria retak lelah (pendeketan lengkung lendutan, D_0-D_{200}) harus diperhitungkan. Gunakan grafik desain **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



(a)



(b)

Gambar 2.a) Tebal *Overlay*tipis Aspal Konvensional Untuk Mencegah Retak Akibat Lelah
b) Tebal *Overlay*tebal Aspal Konvensional Untuk Mencegah Retak Akibat Lelah
(Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017)

3. Lalu Lintas lebih besar $10x10^6$ ESA4 atau $20x10^6$ ESA5

Untuk pekerjaaan *overlay* dengan beban lalu lintas lebih besar dari pada $10x10^6$ ESA4 atau $20x10^6$ ESA5 harus menggunakan prosedur mekanistik empiris atau dengan metode Pt T-01-2002-B atau metode AASHTO 1993. Pada prosedur mekanistik empiris, data tebal perkerasan dan lendutan permukaan eksisting digunakan untuk perhitungan-balik (*back calculation*) nilai modulus lapisan perkerasan. Kemudian nilai modulus ini digunakan dalam menentukan solusi dari desain rekonstruksi atau overlay dengan program analisis perkerasan *multi-layer*.

Adapun penyesuaian-penyesuaian pengukuran lendutan sebagai berikut :

a. Penyesuaian Nilai Pengukuran Lendutan Terhadap Musim

Faktor koreksi saat musim kemarau = 1,2
Faktor koreksi saat musim penghujan = 1,0*
**Berlaku pengujian lendutan pada saat musim penghujan / ketika muka air tanah lebih dalam 3m dibawah level tanah dasar.*

b. Penyesuaian Nilai Pengukuran Lendutan Terhadap Temperatur Pengujian

$$Ft = \frac{MAPT}{temperatur\ perrkerasan\ saat\ pengukuran\ lendutar}$$

Keterangan :
MAPT = temparatur perkerasan tahunanrata-rata

Tabel 1. Faktor Koreksi Temperatur Lendutan (D_0) untuk BB

AMPT / $Temp_{lapangan}$	Tebal Aspal Eksisting (mm)						
	25	50	100	150	200	250	300
0,50	0,94	0,90	0,84	0,78	0,74	0,67	0,58
0,60	0,95	0,92	0,86	0,81	0,77	0,70	0,62
0,70	0,96	0,94	0,89	0,85	0,81	0,75	0,69
0,80	0,97	0,96	0,92	0,90	0,87	0,82	0,78
0,90	0,99	0,98	0,96	0,95	0,93	0,90	0,88
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,01	1,03	1,03	1,05	1,06	1,08
1,20	1,02	1,02	1,05	1,07	1,10	1,14	1,16
1,30	1,03	1,04	1,06	1,10	1,14	1,20	1,24
1,40	1,03	1,05	1,08	1,12	1,18	1,26	1,31
1,50	1,04	1,06	1,09	1,14	1,21	1,31	1,37
1,60	1,04	1,07	1,11	1,16	1,25	1,37	1,42
1,70	1,04	1,08	1,12	1,20	1,30	1,38	1,50
1,80	1,04	1,09	1,13	1,22	1,35	1,37	1,55

(Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017)

Tabel 2. Faktor Koreksi Temperatur lengkung Lendutan (D_0-D_{200}) untuk Benkelman Beam

AMPT / $Temp_{lapangan}$	Tebal Aspal Eksisting (mm)							
	25	50	75	100	150	200	250	300
0,50	0,93	0,81	0,72	0,64	0,54	0,51	0,48	0,43
0,60	0,95	0,85	0,77	0,72	0,64	0,58	0,53	0,48
0,70	0,96	0,89	0,83	0,79	0,73	0,66	0,61	0,57
0,80	0,98	0,92	0,88	0,85	0,81	0,76	0,72	0,69
0,90	0,99	0,96	0,93	0,92	0,89	0,86	0,84	0,83
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,10	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,06	1,09	1,11
1,20	1,02	1,04	1,07	1,08	1,11	1,16	1,20	1,24
1,30	1,03	1,07	1,11	1,13	1,18	1,24	1,31	1,36
1,40	1,04	1,09	1,14	1,18	1,24	1,32	1,41	1,46
1,50	1,05	1,11	1,17	1,22	1,29	1,39	1,49	1,56
1,60	1,06	1,13	1,20	1,26	1,35	1,44	1,57	1,64
1,70	1,07	1,14	1,23	1,29	1,39	1,50	1,64	1,71
1,80	1,07	1,16	1,25	1,32	1,44	1,55	1,70	1,78

(Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017)

c. Overlay Menggunakan Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi seperti aspal modifikasi SBS dapat memperpanjang umur *fatigue* dari *overlay* aspal tipis sampai 3 kali lipat seperti yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Umur Lelah *(fatigue)* Aspal Modifikasi

Deskripsi Bahan Pengikat Aspal Modifikasi	Penyesuaian Modulus relatif terhadap Aspal Pen 60/70	Faktor Penyesuaian *Fatigue* (pendekatan toleransi *fatigue* untuk campuran beraspal *vs* aspal standar)
Modifikasi asbuton menjadi Pen 40	1,35	1,00
6% SBS	0,70	3,00
5% SBS	0,75	2,50
3% SBS	0,80	1,50
Multi grade	1,00	1,00
5% EVA	1,50	1,00
6% EVA	1,50	1,00

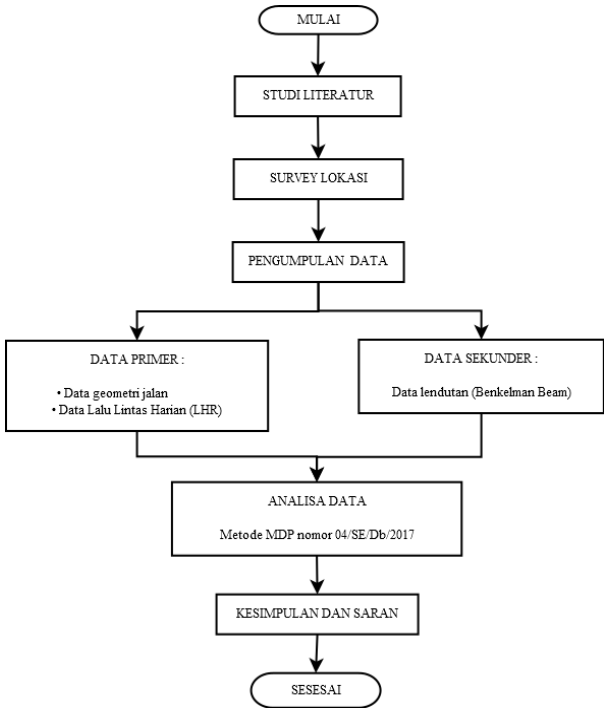
(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017)

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk penelitian ini adalah di jalan Kejayan kabupaten Pasuruan provinsi Jawa Timur dengan panjang ruas jalan 5,5 KM. Ruas jalan Kejayan ini memiliki lebar perkerasan 7 m dan merupakan salah satu dari jalan Perkotaan dengan lalu lintas harian rata – rata yang cukup ramai.

Tahapan Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Lalu Lintas

Tabel 4. Kumulatif Lintasan Sumbu Standart Ekivalen (ESA)

Gol.	Jenis kendaraan	LHR (2019)	LHR (2029)	VDF4	VDF5	DD	DL	R	ESA4	ESA5
1	Sepeda motor, skuter, & kendaraan roda 3	25128	35446	-	-	0,5	1	11,73	-	-
2	Sedan, jeep, & station wagon	4480	6319	-	-	0,5	1	11,73	-	-
3	Opelet, pick-up, suburban, combi, & mini bus	1091	1539	-	-	0,5	1	11,73	-	-
4	Pick-up micro truck & mobil hantaran	2599	3666	-	-	0,5	1	11,73	-	-
5a	Bus kecil	83	117	0,30	0,20	0,5	1	11,73	75.148	50.099
5b	Bus besar	56	79	1,00	1,00	0,5	1	11,73	169.137	169.137
6a	Truk 2 sumbu 4 roda	731	1031	0,55	0,50	0,5	1	11,73	1.214.042	1.103.675
6b	Truk 2 sumbu 6 roda	212	299	5,30	9,20	0,5	1	11,73	3.392.810	5.889.406
7a	Truk 3 sumbu	116	164	8,20	14,40	0,5	1	11,73	2.879.189	5.056.137
7b	Truk gandeng	17	24	11,80	18,20	0,5	1	11,73	606.325	935.180
7c	Truk semi-traler	84	118	17,70	33,00	0,5	1	11,73	4.471.649	8.336.973
8	Kendaraan tak bermotor	130	183	-	-	0,5	1	11,73	-	-
(Sumber : Hasil Analisis)								Jumlah	12.808.301	21.540.606

Analisa Lendutan Benkelmean Beam

Tabel 5. Rincian Analisis Lendutan

Sta	Beban Uji (kN)	D_o (µm)	D_{200} (µm)	Temp. Aspal (°C)	Tebal Aspal Eksisting (mm)	$D_o - D_{200}$ (µm)	fT = MAPT / T. aspal (°C)	fT. D_o (Tabel 6.4)	fT. $D_o - D_{200}$ (Tabel 6.5)	D_o Terkoreksi (µm)	$D_o - D_{200}$ Terkoreksi (µm)	D_o - D200 Penyesuaian ke FWD (µm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
						(3) – (4)	41^0C /(5)			(3) x (9)	(7) x (10)	Tabel 6.6 x (11)
19+500	80,41	280	20	33,33	100	260,0	1,23	1,05	1,08	294,0	280,80	232,26
19+600	80,41	270	30	33,33	100	240,0	1,23	1,05	1,08	283,5	259,20	223,97
19+700	80,41	290	40	33,33	100	250,0	1,23	1,05	1,08	304,5	270,00	240,56
19+800	80,41	270	30	33,33	100	240,0	1,23	1,05	1,08	283,5	259,20	223,97
19+900	80,41	240	30	33,33	100	210,0	1,23	1,05	1,08	252,0	226,80	199,08
20+000	80,41	280	20	33,33	100	260,0	1,23	1,05	1,08	294,0	280,80	232,26
20+100	80,41	250	30	33,33	100	220,0	1,23	1,05	1,08	262,5	237,60	207,38
20+200	80,41	280	30	33,33	100	250,0	1,23	1,05	1,08	294,0	270,00	232,26
20+300	80,41	250	20	33,33	100	230,0	1,23	1,05	1,08	262,5	248,40	207,38
20+400	80,41	280	30	33,33	100	250,0	1,23	1,05	1,08	294,0	270,00	232,26
20+500	80,41	250	20	33,33	100	230,0	1,23	1,05	1,08	262,5	248,40	207,38
20+600	80,41	220	20	33,33	100	200,0	1,23	1,05	1,08	231,0	216,00	182,49
20+700	80,41	270	30	33,33	100	240,0	1,23	1,05	1,08	283,5	259,20	223,97
20+800	80,41	290	30	33,33	100	260,0	1,23	1,05	1,08	304,5	280,80	240,56
20+900	80,41	260	30	33,33	100	230,0	1,23	1,05	1,08	273,0	248,40	215,67
21+000	80,41	210	40	33,33	100	170,0	1,23	1,05	1,08	220,5	183,60	174,20
21+100	80,41	280	20	33,33	100	260,0	1,23	1,05	1,08	294,0	280,80	232,26
21+200	80,41	250	40	33,33	100	210,0	1,23	1,05	1,08	262,5	226,80	207,38
21+300	80,41	260	20	33,33	100	240,0	1,23	1,05	1,08	273,0	259,20	215,67
21+400	80,41	250	30	33,33	100	220,0	1,23	1,05	1,08	262,5	237,60	207,38
21+500	80,41	230	50	33,33	100	180,0	1,23	1,05	1,08	241,5	194,40	190,79
21+600	80,41	250	20	33,33	100	230,0	1,23	1,05	1,08	262,5	248,40	207,38
21+700	80,41	240	40	33,33	100	200,0	1,23	1,05	1,08	252,0	216,00	199,08
21+800	80,41	220	20	33,33	100	200,0	1,23	1,05	1,08	231,0	216,00	182,49
21+900	80,41	280	30	33,33	100	250,0	1,23	1,05	1,08	294,0	270,00	232,26
22+000	80,41	280	30	33,33	100	250,0	1,23	1,05	1,08	294,0	270,00	232,26
22+100	80,41	250	20	33,33	100	230,0	1,23	1,05	1,08	262,5	248,40	207,38
22+200	80,41	220	30	33,33	100	190,0	1,23	1,05	1,08	231,0	205,20	182,49
22+300	80,41	280	20	33,33	100	260,0	1,23	1,05	1,08	294,0	280,80	232,26
22+400	80,41	240	40	33,33	100	200,0	1,23	1,05	1,08	252,0	216,00	199,08
22+500	80,41	250	20	33,33	100	230,0	1,23	1,05	1,08	262,5	248,40	207,38
									Rata-Rata	270,2	246,96	213,46
									Std. Dev	23,62		
									Koefisien Variasi	8,74%		

(Sumber : Hasil Analisis)

Analisa Tebal Lapis Tambah

Berdasarkan hasil analisis lendutan diatas didapatkan :

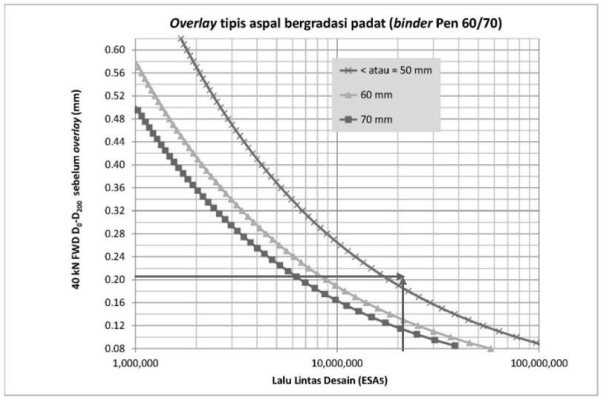
D_o rata – rata = 270,2 µm
Standart deviasi = 23,6 µm
Koevisien variasi = 8,74%
D_0 wakil = D_0 rata-rata + f x Standart Deviasi

$$= 270,2 + 1,645 \; x \; 23,6$$

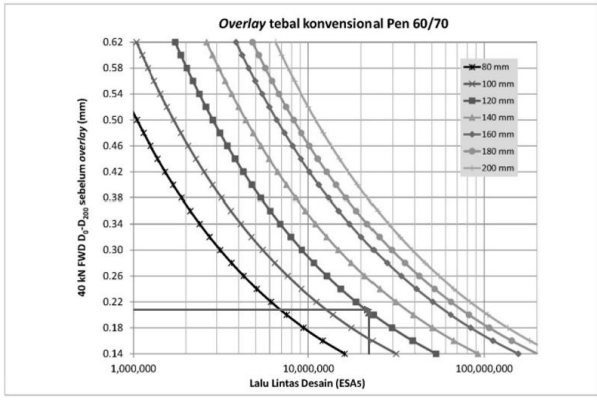
$$= 309,1 \; \mu m \approx 0,309 \; mm$$

D_0-D_{200} rata-rata = 213,46 $\mu m \approx 0,2135 \; mm$
LHR 2029 = 12.808.301 ESA4
= 21.540.606 ESA5

ISSN (print) : 2715-4513
ISSN (online): 2715-4599

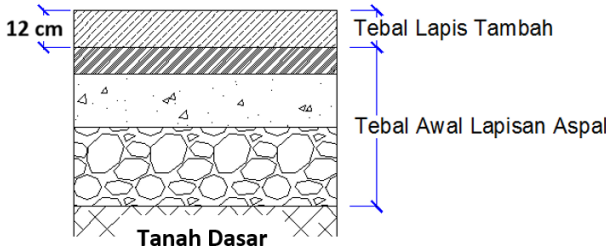


Gambar 4. Tebal *Overlay* Tipis Berdasarkan Lengkung Lendutan (FWD)
(Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017)



Gambar 5. Tebal *Overlay* Tebal Berdasarkan Lengkung Lendutan (FWD)
(Sumber : Manual Desain Perkerasan 2017)

Berdasarkan **Gambar 4.** tentang tebal overlay tipis diatas didapatkan tebal lapis tambah *(overlay)* ≤ 50 mm. Sehingga ketebalan *overlay* diambil batas minimum yaitu setebal 50 mm.Sedangkan berdasarkan **Gambar 5.** tentang tebal *overlay* tebal didapatkan ketebalan lapis tambah sebesar 120 mm. Dari kedua gambar grafik diatas terdapat dua opsi tebal lapis tambah yaitu 50 mm dan 120 mm. Maka dapat diambil ketebalan yang terbesar untuk mencegah terjadinya retak lelah pada umur rencana yaitu 120 mm.



Gambar 6. Tebal Lapis Tambah
(Sumber : Hasil Analisis)

Apabila tebal *overlay* yang dibutuhkan lebih besar dari 100 mm (untuk jalan dengan lalu lintas sampai dengan $4x10^6$ ESA5) atau melebihi 150 mm – 210 mm (untuk jalan dengan lalu lintas lebih dari $4x10^6$ ESA5). maka perlu adanya pertimbangan terhadap opsi rekonstruksi penuh dari pada *overlay* (MDP 2017).

Berdasarkan analisis tebal lapis tambah yang telah dilakukan pada metode MDP 2017 diatas yaitu didapatkan tebal *overlay* sebesar 120 mm dan termasuk dalam katagori lalu lintas lebih besar dari $4x10^6$ ESA5, sehingga opsi rekonstruksi tidak perlu dipertimbangkan dan tetap menggunakan opsi *overlay* pada jalan Kejayan tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisa diatas, maka dapat disimpulkan bahwa tebal lapis tambah yang dibutuhkan untuk ruas jalan Kejayan Pasuruan dalam ketentuan umur rencana 10 tahun adalah sebesar12 cm. Hasil tebal *overlay* yang didapat adalah berdasarkan analisis lalau lintas dan pencegahan retak lelah sebelum umur rencana yang direncanakan.Adapun nilai ESA4 yang dihasilkan dari metode Manual Desain Perkerasan Nomor 04/SE/Db/2017 adalah sebesar 12.808.301 dan 21.540.606 untuk ESA5.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Danu wahyudi. 2016. **Analisis Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Cara Lendutan Balik Dengan Metode Pd T-05-2005-B Dan Pedoman Interim No. 002/P/Bm/2011**. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.

[2] Iskandar, Gunawan Wibusono, Elianora. 2017. **Perencanaan Tebal Lapis Tambah *(overlay)* Dengan Perbandingan Metode Pd T-05-2005-B dan Manual Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013**. Vol 4 (2): 1-9.

[3] Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 2006. **Pedoman Penulisan Skripsi Teknik Sipil ITATS**. Surabaya.

[4] **Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017**. 2017. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga.

[5] **Pedoman perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan Pd. T-05-2005-B**. 2005. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga.

[6] **SNI 2416 : 2011 Cara Uji Lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkelman Beam**. 2011. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

[7] Sony Sumarsono, Heru Judi H Gultom. 2018. **Perbandingan Analisa Perkerasan Metode Bina Marga Revisi Juni 2017 dan AASHTO 1993**. Vol 4 (3): 60-71.

[8] **Sukirman S. 2010. Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. Bandung : Nova**.

[9] **Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan**. 2006. Jakarta : Pemerintah Republik Indonesia.