

Analisis Perbandingan Perencanaan Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017 Dan AASHTO 1993 Dengan Menggunakan Program Kenpave Pada Frontage Road Waru-Buduran Sidoarjo (STA 0+000 – 9+400)

* Dimas Akbar Priambudi¹, Ibnu Sholichin², Aulia Dewi Fatikasari³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, 60294

*dimasakbrp@gmail.com; ibnu.ts@upnjatim.ac.id; aulia.dewi.ts@upnjatim.ac.id

Abstract

The growth and mobility of the increasing population will affect traffic volume and the load that road pavements must support. For the construction of the Frontage Road Waru-Buduran, which connects three districts over a length of 9.4 kilometers, flexible pavement is utilized. This type of pavement uses asphalt to bind the aggregate mixture and is characterized by its elastic properties. This study will compare pavement thickness design using the Bina Marga 2017 and AASHTO 1993 methods, as well as associated costs and the KENPAVE program, to analyze the impact of traffic loads on stress, strain, and types of damage to the road structure. The study's results indicate that the pavement thickness required by the AASHTO 1993 method is 74 cm, while the Bina Marga 2017 method requires 57 cm. The cost difference of IDR 12.4 billion shows that the Bina Marga 2017 method is more cost-efficient in terms of both thickness and expense. In terms of traffic load repetition, both methods can achieve the design life based on fatigue cracking and rutting damage. However, the analysis of permanent deformation damage reveals that the planned traffic load exceeds the load capacity of the pavement structure according to both the Bina Marga 2017 (19,991,072 ESAL) and AASHTO 1993 (161,210,657 ESAL) methods, indicating that the road will suffer damage before reaching its planned lifespan.

Key words: AASHTO 1993, Bina Marga 2017, Fatigue Cracking, Flexible Pavement, KENPAVE, Permanent Deformation, Rutting.

Abstrak

Pertumbuhan dan mobilitas penduduk yang bertambah akan mempengaruhi volume lalu lintas dan beban yang diterima oleh perkerasan jalan. Pada pembangunan Frontage Road Waru-Buduran, yang menghubungkan tiga kecamatan dengan panjang 9,4 kilometer digunakan perkerasan lentur, dimana perkerasan tersebut menggunakan aspal untuk mengikat campuran aegatnya dan memiliki karakteristik utama yang bersifat elastis. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan perencanaan tebal perkerasan menggunakan Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993, biaya dan program KENPAVE untuk menganalisis dampak beban lalu lintas terhadap tegangan dan regangan serta jenis kerusakan pada struktur jalan.

Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa tebal perkerasan menggunakan AASHTO 1993 membutuhkan 74 cm, sedangkan Bina Marga 2017 membutuhkan 57 cm dengan selisih biaya sebesar Rp 12,4 miliar menunjukkan bahwa metode Bina Marga 2017 dapat dikatakan lebih efisien dari segi ketebalan dan biaya. Dalam kontrol repetisi beban lalu lintas, kedua metode tersebut mampu mencapai umur rencana berdasarkan jenis kerusakan *fatigue cracking* dan *rutting*. Namun, analisis kerusakan *permanent deformation* menunjukkan bahwa beban yang direncanakan melebihi kapasitas beban yang dapat ditanggung struktur perkerasan pada metode Bina Marga 2017 (19.991.072 ESAL) dan AASHTO 1993 (161.210.657 ESAL), yang mengindikasikan jalan tersebut akan mengalami kerusakan sebelum mencapai umur yang direncanakan.

Kata kunci: AASHTO 1993, Bina Marga 2017, Fatigue Cracking, KENPAVE, Perkerasan Lentur, Permanent Deformation, Rutting.

PENDAHULUAN

Dengan pertumbuhan dan mobilitas penduduk yang bertambah akan mempengaruhi volume lalu lintas yang terjadi, sehingga dapat mengakibatkan kemacetan (Amaludin, 2022). Seperti halnya yang terjadi di kawasan Sidoarjo yang menjadi ruas jalan utama Jalan Nasional Surabaya-Malang dan banyaknya perusahaan industri menjadi salah satu penyebab terjadinya kemacetan pada daerah tersebut. Beban berlebih pada kendaraan yang melintas akan mempengaruhi kondisi perkerasan jalan (Purwahono & Solichin, 2023).

Pemerintah Kabupaten Sidoarjo berencana untuk membangun Frontage Road Waru-Buduran yang diharapkan dapat mengurangi kemacetan, dimana pembangunan tersebut akan menghubungkan tiga kecamatan yaitu Kecamatan Waru – Kecamatan Gedangan – Kecamatan Buduran dengan panjang jalan 9,4 kilometer.

Dalam pembangunan Frontage Road Waru-Buduran digunakan perkerasan lentur, perkerasan tersebut merupakan jenis perkerasan yang memiliki karakteristik utama yang bersifat elastis dan bahan pengikat campuran aegatnya menggunakan aspal. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapisan permukaan, lapisan pondasi atas lapisan pondasi bawah, dan lapisan tanah dasar yang berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan di bawahnya (Sukirman, 1999).

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga 2017 dimana metode ini merupakan standar perencanaan dan pelaksanaan konstruksi jalan yang berlaku di Indonesia, sehingga membuat metode ini lebih praktis dan dapat diimplementasikan dengan cepat. Serta metode AASHTO 1993 yaitu standar yang digunakan di Amerika Serikat, yang dimana metode ini lebih berfokus pada kualitas perkerasan dengan memperhitungkan tegangan regangan dan deformasi yang terjadi (Mantiri et al., 2019).

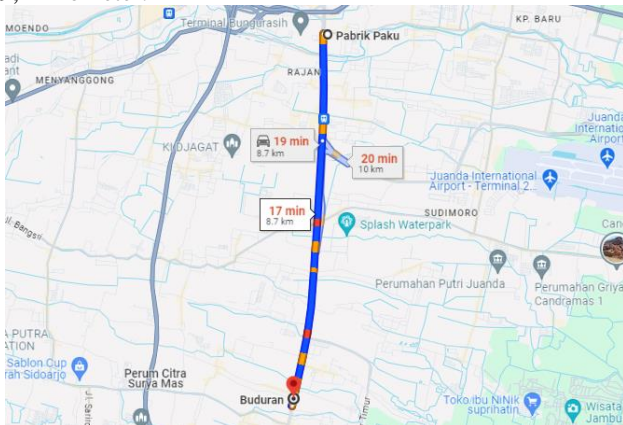
Parameter dari kedua metode ini sama, namun nilai dan perhitungan untuk memperoleh tebal perkerasan lentur dari kedua metode tersebut berbeda. Hasil dari perhitungan kedua metode tersebut akan didukung dengan menggunakan program KENPAVE. Program ini digunakan untuk dapat mengetahui dampak beban lalu lintas terhadap nilai tegangan dan regangan pada tiap metode dan dilakukan analisa jenis kerusakan jalan (Huang, 2004).

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman terhadap perbedaan pendekatan, parameter, dan hasil yang diperoleh dengan menggunakan program KENPAVE untuk membandingkan kedua metode tersebut dalam perencanaan tebal perkerasan jalan, serta dapat memberikan kontribusi terhadap evaluasi dan pengembangan metode dalam perencanaan perkerasan jalan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terdapat pada proyek Frontage Road Waru-Buduran Sidoarjo yang mencakup tiga kecamatan yaitu Kecamatan Waru, Kecamatan Gedangan dan Kecamatan Buduran dengan panjang jalan 9,4 kilometer.



Gambar 1. Peta Lokasi
Sumber: Google Maps (2024)

Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder, dimana data primer didapatkan melalui survei langsung di lokasi dan data sekunder diperoleh dari PU Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Sidoarjo. Data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data primer
 - a. Data lalu lintas rata-rata harian (LHR)
2. Data Sekunder
 - a. Peta lokasi studi kasus
 - b. Data tanah dasar (CBR)
 - c. Geometri jalan (panjang, lebar, jalur jalan, dll)

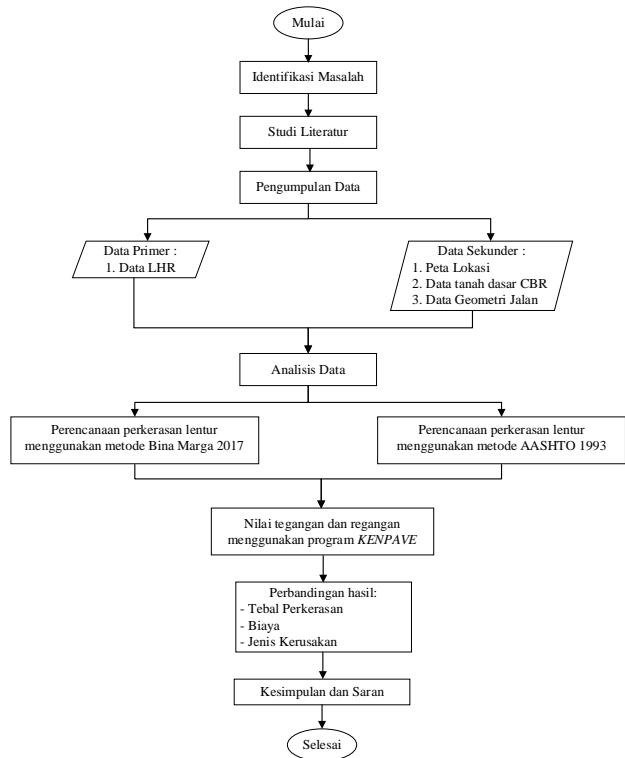
Tahapan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam perencanaan tebal perkerasan ini dibagi menjadi 3 tahapan antara lain :

1. Tahapan perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga 2017 yaitu sebagai berikut :
 - a. Menentukan faktor pertumbuhan lalu lintas,
 - b. Mencari nilai faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (R),
 - c. Menentukan nilai faktor distribusi lajur (DL) dan faktor distribusi arah (DD),
 - d. Menentukan VDF,
 - e. Menghitung nilai CESA,
 - f. Menentukan desain perkerasan.
2. Tahapan perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode AASHTO 1993 yaitu sebagai berikut :
 - a. Menentukan indeks penilaian (PO dan Pt),
 - b. Menentukan nilai koefisien distribusi kendaraan (C),
 - c. Menentukan koefisien drainase (m),
 - d. Menentukan nilai reliabilitas (R),
 - e. Menentukan nilai simpangan baku (So),
 - f. Menghitung angka ekivalen (E),
 - g. Mencari nilai repetisi beban selama umur rencana (W18),
 - h. Menentukan koefisien lapisan,
 - i. Menghitung nilai SN,
 - j. Menghitung tebal perkerasan.
3. Nilai tegangan dan regangan menggunakan program KENPAVE yaitu sebagai berikut :
 - a. Menentukan material yang digunakan pada pemodelan struktur seperti tebal, nilai modulus elastisitas (E), serta nilai poisson ratio pada tiap lapisan perkerasan.
 - b. Melakukan pemodelan struktur perkerasan pada program KENPAVE dengan sub-program KENLAYER. Memasukkan data umum mengenai struktur perkerasan seperti nama file, satuan yang digunakan, jenis material perkerasan, jumlah layer, letak koordinat kedalaman (Z), jenis ikatan lapisan, dan tipe respon yang dianalisis.
 - c. Menentukan *output* dari program tersebut agar dapat mengetahui respon tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban lalu lintas.
 - d. Menganalisa repetisi beban lalu lintas yang didapatkan dari program tersebut.

Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data LHR

Berdasarkan hasil survei lapangan pada jalan Waru-Buduran, didapatkan hasil data LHR seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Klasifikasi Kendaraan	Golongan Kendaraan	LHR 2024
Sepeda motor dan roda 3	1	50050
Sedan dan Jeep	2	16438
Opelet, Pick up, Mini Bus	3	38
Micro Truck	4	1038
Bus Kecil	5a	25
Bus Besar	5b	50
Truk 2 Sumbu 4 Roda	6a	963
Truk 2 Sumbu 6 Roda	6b	1788
Truk 3 Sumbu	7a	488
Truk Trailer 3 Sumbu	7a	125
Truk Gandeng	7b	88
Truk Trailer Gandeng	7b	88
Truk Trailer	7c	113
Truk Trailer	7c	75
Truk Semi Trailer	7c	88

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Perencanaan Perkerasan Dengan Bina Marga 2017

Perhitungan tebal perkerasan yang ditinjau merupakan tebal perkerasan lentur (flexible pavement) dengan menggunakan metode Bina Marga 2017. Tahapan perhitungan tebal perkerasan adalah sebagai berikut:

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Pada jalan Waru-Buduran, didapatkan nilai faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 4,80% karena tergolong jalan arteri yang berada di daerah Jawa (Zamhari et al., 2017). Pembangunan jalan ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027 dengan umur rencana 20 tahun (2027-2047). Data LHR yang digunakan didapatkan melalui survei lapangan di tahun 2024. Faktor pengali direncanakan masing-masing 3 tahun yaitu tahun pertama setelah dibukanya jalan untuk lalu lintas tahun 2027 (3 tahun setelah 2024) menggunakan nilai $R(2027-2029)$ sebesar 3,146 dan 17 tahun yaitu permulaan pada periode beban normal MST 12 ton tahun 2030 (6 tahun setelah 2024) menggunakan nilai $R(2030-2047)$ sebesar 25,394 yang dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

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

Faktor Laju Rencana

Faktor distribusi arah (D_D) di jalan Waru-Buduran menggunakan sistem 2 arah, sehingga diambil 0,50 dan pada jalan tersebut tiap arahnya terdiri dari 2 lajur, didapatkan nilai sebesar 80% berdasarkan tabel faktor distribusi lajur (D_L).

Vehicle Damage Factor (VDF)

Digunakan nilai VDF4 dan VDF5 seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF)

Golongan Kendaraan	VDF4		VDF5	
	Faktual	Normal	Faktual	Normal
5b	1,0	1,0	1,0	1,0
6a	0,55	0,55	0,5	0,5
6b	5,3	4	9,2	5,1
7a	8,2	4,7	14,4	6,4
7a	10,2	4,3	19	5,6
7b	11,8	9,4	18,2	13
7b	13,7	12,6	21,8	17,8
7c	11	7,4	19,8	9,7
7c	17,7	7,6	33	10,2
7c	18,1	6,1	34,4	7,7

Sumber: Bina Marga (2017)

Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)

Nilai CESA didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.

$$ESA = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times D_D \times D_L \times R \quad (2)$$

Dari perhitungan ESA didapatkan nilai CESA4 sebesar 82.303.897 dan CESA5 sebesar 111.688.623, hasil perhitungan CESA ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan CESA

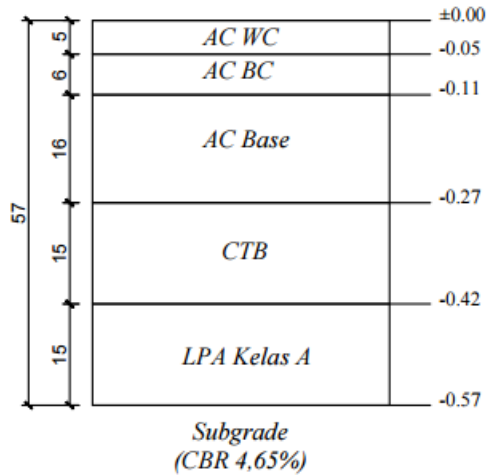
Golongan	ESA4 ('27-'29)-('27-'47)	ESA5 ('27-'29)-('27-'47)
5b	272035	272035
6a	2880167	2618334
6b	40129608	53473688
7a	13368143	19037029
7a	3314315	4694116
7b	4586005	6429364
7b	6049256	8658938
7c	4743515	6537932
7c	3501712	5066266
7c	3459141	4900923
Jumlah ESA	82303897	111688623

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Tebal Lapis Perkerasan

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai CESA5 sebesar 111.688.623. Penentuan tebal perkerasan menggunakan tabel desain pada Bina Marga 2017, didapatkan hasil sebagai berikut:

- AC WC = 50 mm
- AC BC = 60 mm
- AC Base = 160 mm
- CTB = 150 mm
- LPA Kelas A = 150 mm



Gambar 3. Hasil Tebal Perkerasan Metode Bina Marga 2017

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Perencanaan Perkerasan Dengan AASHTO 1993

Perhitungan tebal perkerasan yang ditinjau merupakan tebal perkerasan lentur (flexible pavement) dengan menggunakan metode AASHTO 1993. Tahapan perhitungan tebal perkerasan adalah sebagai berikut:

Indeks Penilaian (Po & Pt)

Dikarenakan berdasarkan fungsi jalan pada Waru-Buduran termasuk jalan arteri. Didapatkan Nilai Po 4, Pt 2,5 dan nilai ΔPSI sebesar 1,5.

Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jalan Waru-Buduran terdiri dari 2 lajur pada tiap arahnya. Berdasarkan tabel faktor distribusi lajur (DL) diambil nilai yang terbesar yaitu 80%, sedangkan nilai D_D ditentukan pada jalan 2 arah sebesar 50%.

Koefisien Drainase (m)

Pada jalan frontage Waru-Buduran ini didapatkan kualitas drainase yang baik dengan keadaan jenuh 5 – 25%, sehingga digunakan nilai koefisien drainase (m) 1,10.

Reliabilitas (R)

Tingkat reliabilitas diambil nilai sebesar 80%, karena pada jalan Waru-Buduran tergolong jalan arteri daerah urban.

Simpangan Baku (So)

Ditentukan nilai simpangan baku sebesar 0,45, dengan tingkat reliabilitas sebesar 80% berdasarkan tabel standar deviasi (Zr) didapatkan nilai sebesar -0,841.

Angka Ekuivalen (E)

Untuk memperoleh nilai ekuivalen (E), langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan menghitung Equivalent Axle Load (EAL) tiap sumbu roda kendaraan (Fatikasari et al., 2021). Presentase beban tiap sumbu dan berat maksimum kendaraan berdasarkan Jumlah Beban Izin (JBI) ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Presentase Beban Tiap Sumbu Kendaraan

Gol.	P (ton)	Presentase Beban Tiap Sumbu (%)			
		STRT	STRG	STdRG	STrRG
2	3,5	50%			
3	3,5	50%			
4	3,5	50%			
5a	16	34%	66%		
5b	16	34%	66%		
6a	16	34%	66%		
6b	16	34%	66%		
6b	21,33	34%	66%		
7a	40	25%		75%	
7a	26	18%	41%		
7b	31,4	18%	28%	54%	
7b	36	18%	28%	54%	
7c	69,06	13%		40%	47%
7c	46	13%		40%	47%
7c	46	13%		40%	47%

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Perhitungan EAL berdasarkan konfigurasi sumbu kendaraan ditunjukkan pada persamaan-persamaan berikut:

$$EAL\ STRT = \left(\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{5,40}\right)^5 \quad (3)$$

$$EAL\ STRG = \left(\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{8,16}\right)^5 \quad (4)$$

$$EAL\ STdRG = \left(\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{13,76}\right)^5 \quad (5)$$

$$EAL\ STrRG = \left(\frac{\text{beban sumbu (ton)}}{18,45}\right)^5 \quad (6)$$

Hasil perhitungan Equivalent Axle Load (EAL) ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Equivalent Axle Load (EAL)

Gol.	Equivalent Axle Load (EAL)				Total EAL
	STRT	STRG	STdRG	STrRG	
2	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007
3	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007
4	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007
5a	1,038	3,630	0,000	0,000	4,667
5b	1,038	3,630	0,000	0,000	4,667
6a	1,038	3,630	0,000	0,000	4,667
6b	1,038	3,630	0,000	0,000	4,667
6b	4,369	15,284	0,000	0,000	19,652
7a	21,779	0,000	49,262	0,000	71,041
7a	0,489	7,610	0,000	0,000	8,099
7b	1,256	1,452	2,841	0,000	5,550
7b	2,488	2,876	5,628	0,000	10,993
7c	12,702	0,000	32,609	16,852	62,163
7c	1,665	0,000	4,276	2,210	8,151
7c	1,665	0,000	4,276	2,210	8,151

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Repetisi Beban Selama Umur Rencana (W₁₈)

Pada perhitungan W₁₈ yang harus dilakukan adalah mencari faktor umur rencana. Laju pertumbuhan penduduk pertahun dapat digunakan dalam menghitung faktor umur rencana. Dalam perhitungan ini menggunakan data jumlah penduduk berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten

Sidoarjo dari tahun 2018 sampai 2023 seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Laju Pertumbuhan Penduduk (i)

Tahun	Jumlah Penduduk	i (%)	i (%) Pakai
2018	2238069		
2019	2266533	1,272	1,272
2020	2033764	-10,270	0,000
2021	2238069	10,046	10,046
2022	2266533	1,272	1,272
2023	1996825	-11,900	0,000
i rata-rata			2,518

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Nilai i (%) minus dianggap 0 (tidak dipakai), maka didapatkan hasil i (%) pakai rata-rata sebesar 2,518. Perhitungan faktor umur rencana dapat menggunakan persamaan 7.

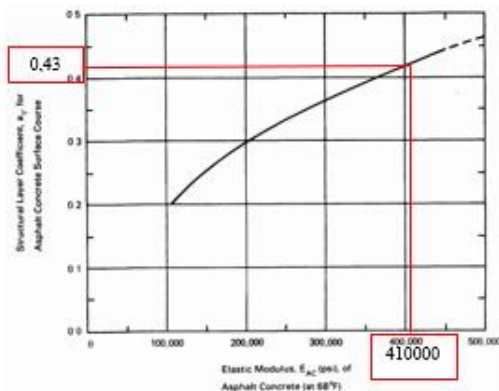
$$N = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \quad (7)$$

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, dilanjutkan untuk menghitung W_{18} . Didapatkan hasil nilai total W_{18} sebesar 269.782.059,6 ESAL digunakan persamaan 8.

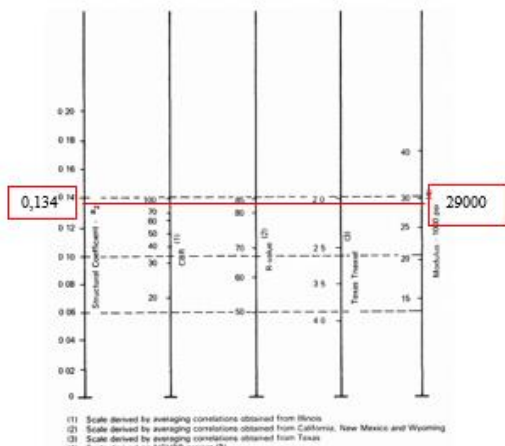
$$W_{18} = \sum LHR \times E_i \times D_D \times D_L \times 365 \times N \quad (8)$$

Koefisien Lapisan

Nilai koefisien lapisan didapatkan dengan menggunakan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Koefisien Lapisan a1
Sumber: AASHTO (1993)



Gambar 5. Koefisien Lapisan a2
Sumber: AASHTO (1993)



Gambar 6. Koefisien Lapisan a3
Sumber: AASHTO (1993)

Structural Number (SN)

Perhitungan SN digunakan untuk mencari tebal dari setiap lapisan, dihitung dengan menggunakan persamaan 9.

$$\log W_{18} = (Z_r S_o) + 9,36 \log(SN + 1) - 2 + \left(\log \frac{\Delta PSI}{0,4 + \frac{Po-1,5}{1094}} + 2,32 \log(Mr) - 8,07 \right) \quad (9)$$

1. Surface Course

$$\log(269782059,6) = (Z_r S_o) + 9,36 \log(SN + 1) - 2 + \left(\log \frac{1,5}{0,4 + \frac{4-1,5}{1094}} + 2,32 \log(29000) - 8,07 \right)$$

$$SN = 4,806$$

2. Base Course

$$\log(269782059,6) = (Z_r S_o) + 9,36 \log(SN + 1) - 2 + \left(\log \frac{1,5}{0,4 + \frac{4-1,5}{1094}} + 2,32 \log(18000) - 8,07 \right)$$

$$SN = 5,623$$

3. Subbase Course

$$\log(269782059,6) = (Z_r S_o) + 9,36 \log(SN + 1) - 2 + \left(\log \frac{1,5}{0,4 + \frac{4-1,5}{1094}} + 2,32 \log(6975) - 8,07 \right)$$

$$SN = 7,481$$

Tebal Perkerasan

Perhitungan tebal perkerasan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 10 sebagai berikut:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (10)$$

1. Surface Course

$$SN = 4,806 \times 2,54 = 12,208 \text{ cm}$$

$$SN = a_1 \times D_1$$

$$12,208 = 0,43 \times D_1$$

$$D_1 = 28,391 \text{ cm}$$

$$D_1 \text{ pakai} = 29 \text{ cm}$$

2. Base Course

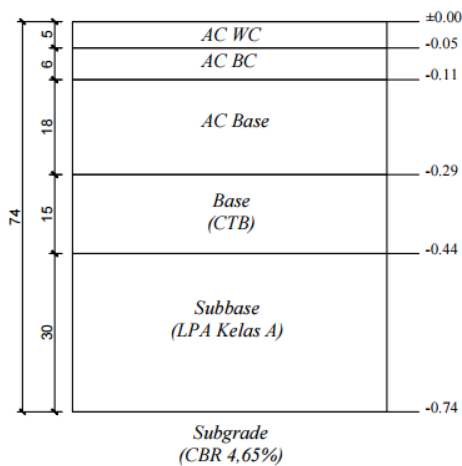
$$SN = 5,623 \times 2,54 = 14,283 \text{ cm}$$

$$SN = (a_1 D_1) + (a_2 D_2 m_2)$$

- 14,283 = $(0,43 \times 29) + (0,134 \times D2 \times 1,10)$
- D2 = 12,288 cm
- D2 pakai = 15 cm
- 3. *Subbase Course*
- SN = 7,481 x 2,54 = 19,002 cm
- SN = $(a1 D1) + (a2 D2 m2) + (a3 D3 m3)$
- 19,002 = $(0,43 \times 29) + (0,134 \times 15 \times 1,10) + (0,127 \times D3 \times 1,10)$
- D3 = 30,926 cm
- D3 pakai = 30 cm

Tebal lapis perkerasan yang didapatkan berdasarkan perhitungan diatas sebagai berikut:

- AC WC = 5 cm
- AC BC = 6 cm
- AC Base= 18 cm
- Base = 15 cm (CTB)
- Subbase = 30 cm (LPA Kelas A)
- Subgrade= CBR 4,68%



Gambar 7. Hasil Tebal Perkerasan Metode AASHTO 1993
Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Analisis Perkerasan Dengan KENPAVE

Berdasarkan *output* dari program KENPAVE didapatkan nilai regangan tekan dan tarik perkerasan seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil nilai tegangan dan regangan program KENPAVE

Metode	Regangan Vertikal di 57,01 cm (strain)	Regangan Vertikal di 26,99 cm (strain)	Regangan Horizontal di 26,99 cm (strain)
Bina Marga 2017	$2,45 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-4}$	$89,6 \times 10^{-4}$
Metode	Regangan Vertikal di 74,01 cm (strain)	Regangan Vertikal di 28,99 cm (strain)	Regangan Horizontal di 28,99 cm (strain)
AASHTO 1993	$1,54 \times 10^{-4}$	$98,9 \times 10^{-4}$	$77,6 \times 10^{-4}$

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Pada hasil regangan tersebut dilakukan kontrol terhadap beban lalu lintas pada tiap jenis kerusakan, didapatkan nilai repetisi beban *fatigue cracking* (Nf), *rutting* (Nd), dan *permanent deformation* (Nd), kemudian dibandingkan dengan nilai repetisi beban lalu lintas rencana

(Nr). Ketentuan yang digunakan adalah Nf dan Nd harus lebih besar atau sama dengan Nr ($Nf \geq Nr$ dan $Nd \geq Nr$).

Perhitungan jenis kerusakan dilakukan dengan metode *asphalt institute* menggunakan persamaan 11 dan 12 (Rahmawati, 2021).

$$Nf = 0,0796 (\epsilon t) - 3,921 (E)^{-0,854} \quad (11)$$

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} \times (\epsilon_c)^{-0,854} \quad (12)$$

Pada perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai Nr untuk metode Bina Marga 2017 sebesar 111.688.623 ESAL dan metode AASHTO 1993 sebesar 269.782.059,6 ESAL. Hasil analisa beban lalu lintas seperti ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Hasil Kontrol Repetisi Beban Metode Bina Marga 2017

Repetisi beban (ESAL)		Analisa beban	
NF	2.978.345.277	Nf > Nr	Memenuhi
ND	678.395.674	ND > Nr	Memenuhi
ND	19.991.072	ND < Nr	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Tabel 9. Hasil Kontrol Repetisi Beban Metode AASHTO 1993

Repetisi beban (ESAL)		Analisa beban	
NF	5.242.571.429	Nf > Nr	Memenuhi
ND	1.160.483.190	ND > Nr	Memenuhi
ND	161.210.657	ND < Nr	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Analisis Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan hasil perhitungan tebal dari kedua metode tersebut, dilakukan analisis rencana anggaran biaya untuk memperdalam hasil perbandingan guna mendapatkan metode yang lebih efisien. Panjang segmen yang digunakan adalah 8 m untuk memudahkan perhitungan. Harga satuan yang digunakan didapatkan dari HSPK Pemerintah Kabupaten Sidoarjo Tahun Anggaran 2024 (*Peraturan Bupati Sidoarjo Nomor 34, 2023*). Hasil perhitungan rencana anggaran biaya seperti ditunjukkan pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Hasil Analisa Biaya Metode Bina Marga 2017

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Harga Pekerjaan (Rp)
1	2	3	4	5	6
A Pekerjaan Tanah					
	Galian Tanah Biasa	m3	36,48	Rp 163.000	Rp 5.946.240
B Pekerjaan Perkerasan					
	Lapisan Pondasi Atas	m3	9,6	Rp 562.600	Rp 5.400.960
	CTB	m3	9,6	Rp 639.900	Rp 6.143.040
	Lapisan Permukaan				
	Lapisan AC WC	ton	1,130	Rp 1.396.100	Rp 1.577.690
	Lapisan AC BC	ton	1,356	Rp 1.304.000	Rp 1.768.332
	Lapisan AC Base	ton	7,232	Rp 1.163.900	Rp 8.417.841
Jumlah					Rp 29.254.104
Pajak Pertambahan Nilai (PPN 11%)					Rp 3.217.951
Jumlah Harga dengan PPN					Rp 32.472.055
Total Harga Frontage Road Waru-Buduran (STA 0+000 - STA 9+400) Sidoarjo					Rp 38.154.664.570
Pembulatan					Rp 38.200.000.000
<i>Terbilang: Tiga Puluh Delapan Miliar Dua Ratus Juta Rupiah</i>					

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

Tabel 11. Hasil Analisa Biaya Metode AASHTO 1993

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Harga Pekerjaan (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Pekerjaan Tanah				
	Galian Tanah Biasa	m ³	47,36	Rp 163.000	Rp 7.719.680
B	Pekerjaan Perkerasan				
	Lapisan Pondasi Atas	m ³	19,2	Rp 562.600	Rp 10.801.920
	CTB	m ³	9,6	Rp 639.900	Rp 6.143.040
	Lapisan Permukaan				
	Lapisan AC WC	ton	1,130	Rp 1.396.100	Rp 1.577.690
	Lapisan AC BC	ton	1,356	Rp 1.304.000	Rp 1.768.332
	Lapisan AC Base	ton	9,154	Rp 1.163.900	Rp 10.653.830
Jumlah					Rp 38.664.493
Pajak Pertambahan Nilai (PPN 11%)					Rp 4.253.094
Jumlah Harga dengan PPN					Rp 42.917.587
Total Harga Frontage Road Waru-Buduran (STA 0+000 - STA 9+400) Sidoarjo					Rp 50.428.164.537
Pembulatan					Rp 50.500.000.000
<i>Terbilang: Lima Puluh Miliar Lima Ratus Juta Rupiah</i>					

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2024)

KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan perkerasan lentur yang dilakukan di jalan Frontage Road Waru-Buduran (STA 0+000 – STA 9+400) Kabupaten Sidoarjo, didapatkan kesimpulan berikut:

- Perbandingan berdasarkan tebal struktur perkerasan, didapatkan Bina Marga 2017 membutuhkan tebal total sebesar 57 cm dan AASHTO 1993 membutuhkan tebal total sebesar 74 cm. Dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan metode AASHTO 1993 lebih tebal dibandingkan dengan metode Bina Marga 2017 dengan selisih 17 cm. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan dalam pendekatan dan daya tahan struktur perkerasan jalan.
- Berdasarkan hasil nilai tegangan dan regangan menggunakan program KENPAVE, didapatkan hasil analisis terhadap jenis kerusakan sebagai berikut:
 - Fatigue cracking* terjadi akibat beban berulang dari lalu lintas kendaraan yang menyebabkan pergeseran dan tegangan berulang pada lapis perkerasan yang ditandai dengan retak-retak halus pada permukaan jalan. Bina Marga 2017 mempunyai nilai regangan yang lebih besar dibandingkan AASHTO 1993. Sedangkan metode AASHTO 1993 memiliki kapasitas repetisi beban lebih besar, yang berarti metode tersebut lebih efektif dalam mengantisipasi dan mengatasi *fatigue cracking*.
 - Rutting* terjadi akibat beban berlebih dan suhu tinggi yang dapat membuat material perkerasan (khususnya aspal) menjadi lebih lembek dan mudah terdeformasi. Bina Marga 2017 mempunyai nilai regangan yang lebih besar dibandingkan AASHTO 1993. Meskipun demikian, metode AASHTO 1993 memiliki kapasitas repetisi lebih besar, yang mengindikasikan bahwa metode ini lebih efektif dalam mengantisipasi dan mengatasi kerusakan seperti *rutting*.
 - Permanent deformation* disebabkan oleh beban berulang dan suhu ekstrim yang dapat mempengaruhi stabilitas material perkerasan. Nilai regangan pada AASHTO 1993 lebih kecil dibandingkan Bina Marga 2017, namun kedua metode tersebut memiliki kapasitas beban lebih kecil

dibandingkan beban rencana yang berarti jalan tersebut akan mengalami deformasi permanen sebelum umur rencana atau dikatakan tidak dapat menahan beban yang direncanakan.

- Berdasarkan hasil analisa biaya yang dilakukan pada kedua metode tersebut, didapatkan AASHTO 1993 membutuhkan biaya sebesar Rp 50,5 miliar lebih tinggi dibandingkan Bina Marga 2017 yang membutuhkan biaya sebesar Rp 38,2 miliar, hal ini juga dipengaruhi oleh ketebalan struktur perkerasan sehingga menyebabkan perbedaan biaya yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO Guide For Design Of Pavement Structures 1993*. (1993). American Association Of State Highway And Transportation Officials. h
- Amaludin, A. H. (2022). Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Antara Metode AASHTO 1993 Dengan Manual Desain Perkerasan 2017 (Studi Kasus: Jalan Lingkar Luar Barat). *Jurnal UNESA*, 10(2).
- BPS Provinsi Jawa Timur. (2023). *Jumlah Kendaraan Bermotor yang Didaftarkan Menurut Kabupaten / Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi Jawa Timur (unit) 2018 – 2023*.
- Fatikasari, A. D., Puspitasari, N. D., & Wardhani, P. C. (2021). Analisis Tebal Konstruksi Perkerasan Jalan Untuk Menangani Kerusakan Jalan Dengan Metode AASHTO (Studi Kasus: Jalan Raya Cangkring, Kabupaten Sidoarjo). *Prosiding Fintek 1*, 28–37.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis And Design, 2nd Edition*.
- Mantiri, C. C., Sendow, T. K., & Manoppo, M. R. E. (2019). Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru Dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode Aashto 1993. *Jurnal Sipil Statik*, 7(10), 1303–1316.
- Peraturan Bupati Sidoarjo Nomor 34*. (2023).
- Purwahono, F. P., & Solichin, I. (2023). Analisa Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Sisa Umur Rencana Jalan Dengan Metode Bina Marga 2017 Pada Ruas Jalan Brigjend Katamso - Jalan Raya Berbek - Jalan Raya Wadung Asri (STA 0+000 – STA 5+000). *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3, 9919–9933.
- Rahmawati, A. (2021). *Desain dan Analisis Perkerasan Jalan Lentur dengan Program Kenpave*.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova.
- Zamhari, K. A., James, E. M., & Jameson, Gg. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan* (Issue 02). Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat - Direktorat Jendral Bina Marga.