

Tinjauan Teknis Preservasi Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto

Tria*¹, Alpius*², Charles Kamba*³

**¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, triapasoloran05@gmail.com*¹*

**^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, alpiusnini@gmail.com*² dan kamba.charles@gmail.com*³*

Corresponding Author: triapasoloran05@gmail.com

Abstrak

Ruas Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto merupakan salah satu jalur yang digunakan sebagai jalan kolektor primer. Jalan Nasional ini di beberapa titik memang cukup banyak mengalami kerusakan. Di beberapa ruas akan dilakukan rekonstruksi untuk ruas yang kondisi kerusakannya cukup berat atau rusak parah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan tebal perkerasan lentur pada Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto. Penelitian ini menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga Tahun 2017 dan membandingkan tebal perkerasan rencana yang ada, yaitu metode AASHTO tahun 1993. Perencanaan ini dilaksanakan di Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan. Hasil perencanaan sebelumnya dengan metode AASHTO 1993 menunjukkan bahwa tebal pelat 5 cm, sedangkan dengan metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga diperoleh tebal perkerasan (AC-WC) 4 cm, lapisan (AC-BC) 6 cm dan lapisan (AC-Base) 7,5 cm.

Kata kunci: Tebal Perkerasan Lentur, AASHTO 1993, dan Manual Desain Perkerasan Bina Marga Tahun 2017

Abstract

The Sungguminasa-Takalar-Jeneponto National Road section is one of the routes used as a primary collector road. This National Road has experienced quite a lot of damage at several points. On several sections, reconstruction will be carried out for sections where the damage is quite heavy or badly damaged. The aim of this research is to determine the thickness of the flexible pavement on the Sungguminasa-Takalar-Jeneponto National Road. This research uses the 2017 Highway Pavement Design Manual method and compares the existing planned pavement thickness, namely the 1993 AASHTO method. This planning was carried out on the Sungguminasa-Takalar-Jeneponto National Road, South Sulawesi Province. Previous planning results using the AASHTO 1993 method showed that the slab thickness 5 cm, whereas using the Bina Marga Pavement Design Manual method, the pavement thickness (AC-WC) 4 cm, layer (AC-BC) 6 cm and layer (AC-Base) 7.5 cm.

Keywords: Flexible Pavement Thickness, AASHTO 1993, and 2017 Highway Pavement Design Manual

PENDAHULUAN

Jalan merupakan sarana transportasi darat yang paling penting, tanpa adanya jalan maka akan sulit untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Kondisi jalan yang baik diperlukan agar masyarakat dapat bergerak dengan lancar. Berdasarkan tingkat Volume Jenis kendaraan yang sudah tinggi melewati ruas tersebut maka dilakukan Preservasi atau Pemeliharaan terhadap struktur perkerasan jalan dikarenakan struktur jalan yang

mengalami kerusakan. Selain itu, masalah beban kendaraan berat dengan muatan melebihi beban standar yang diizinkan semakin meningkat bahkan cenderung tidak terkontrol. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif preservasi atau pemeliharaan jalan dengan jenis perkerasan yang mempunyai umur layanan yang dapat memenuhi umur rencana jalan tersebut, terutama untuk volume lalu lintas kendaraan berat yang relatif tinggi. Preservasi dilakukan pada Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto dikarenakan kondisi jalan yang banyak mengalami kerusakan dan akses jalan yang kurang lebar. Untuk memenuhi kriteria jalan permasalahan yang dihadapi Jalan Nasional Sungguminasa – Takalar – Jeneponto, maka perlu dilakukan preservasi jalan dengan perkerasan lentur (aspal). Perkerasan jenis ini merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan perkerasannya. Dengan menggunakan perkerasan lentur diharapkan dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan umur layanan jalan dan mencapai umur yang direncanakan. Oleh karena itu, perencanaan tebal perkerasan sebelumnya menggunakan metode AASHTO 1993 dan akan ditinjau menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017.

Beberapa studi sebelumnya dengan fokus yang serupa, seperti Ahmad dan Yogie (2022), “Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Antara Metode Aastho 1993 Dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2017 Ruas Jalan Lingkar Luar Barat Kota Surabaya” Dengan memperhatikan perbandingan hasil ketebalan perkerasan jalan dengan metode AASTTHO tahun 1993 diperoleh tebal total sebesar 88 cm, metode Manual Desain Perkerasan jalan tahun 2017 menggunakan material CBT sebesar 57 cm, metode Manual Desain Perkerasan jalan tahun 2017 menggunakan lapisan pondasi granular sebesar 64,5 cm. Hasil perhitungan AASHTO tahun 1993 mempunyai tebal perkerasan keseluruhan lebih tebal dibandingkan dengan metode Manual Desain Perkerasan jalan tahun 2017. [1], Aeev dan Sarwanta (2021), “Perbandingan Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Dengan Metode Aastho Dan Mdp” Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data dasar yang selanjutnya akan diolah untuk kebutuhan analisis dalam menyelesaikan permasalahan sesuai dengan tujuan yang diharapkan yaitu membandingkan tebal lapisan perkerasan lentur dengan metode Manual Pavement Design (MDP) tahun 2017 dengan American Association of State. Metode Jalan Raya dan Transportasi. Official (AASHTO) 1993. Hasil analisis perhitungan tebal perkerasan jalan fleksibel umur rencana 20 tahun dengan metode MDP menghasilkan lapisan pondasi bawah 30 cm, lapisan pondasi atas 24,5 cm, lapisan permukaan 24,5 cm. 11 cm dan metode AASHTO menghasilkan lapisan bawah 21 cm, pondasi atas 15 cm, lapisan permukaan 11,43 cm [2], Wahyu, Eri, dan Annur (2021), “Studi Perbandingan Metode Bina Marga 2017 Dan Aashto 1993 Dalam Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Pada Ruas Jalan Tol Seksi 4 Balikpapan-Samarinda Kalimantan Timur (Sta 10+000 – Sta 13+000)” Tebal lapisan permukaan (AC-WC) 4 cm, tebal lapisan (AC-BC) 15,5 cm, dan tebal pondasi atas (LPA CBR 80%) 15 cm, sesuai perhitungan. Tebal perkerasan lentur menggunakan metode SNI Bina Marga 2017. Untuk metode SNI Bina Marga 2017 tebal perkerasan total adalah 34,5 cm. Kedua, tebal perkerasan untuk lapisan permukaan berlapis (AC-BC) adalah 5 cm, untuk lapisan atas (LPA CBR 80%) adalah 27 cm, dan untuk lapisan bawah (LPB CBR 50%) adalah 39 cm, menurut metode AASHTO 1993. Tebal total perkerasan menurut AASHTO 1993 adalah 77 cm. Dapat disimpulkan bahwa metode AASHTO tahun 1993 lebih ekonomis dibandingkan dengan metode SNI Bina Marga tahun 2017. [3], Aris, Arif, dan Kemmala (2022), “Analisis Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Aastho 1993 Dan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017” Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan ketebalan perkerasan lentur. Menurut metode AASHTO tahun 1993, tebal perkerasan adalah 5 cm pada lapisan permukaan (Laston MS 590), 15 cm pada lapisan atas (Agregat Kelas A), dan 15 cm pada lapisan bawah (Agregat Kelas B). Menurut metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 tebal perkerasan AC-WC 5 cm, AC-BC 6 cm, AC Base 16 cm, CTB 15 cm, dan lapis pondasi Agregat Kelas A 15 cm. [4], Hisar, Salonte, dan Robby (2023), “Perencanaan Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Mdp 2017 Dan Aastho 1993 Pada Jalan Masuk Kahui” Data Lalu Lintas Harian (LHR) dan CBR lapangan diperlukan untuk penelitian ini. Hasil pengujian DCP di lokasi penelitian memberikan CBR sebesar 6%. Karena lokasi

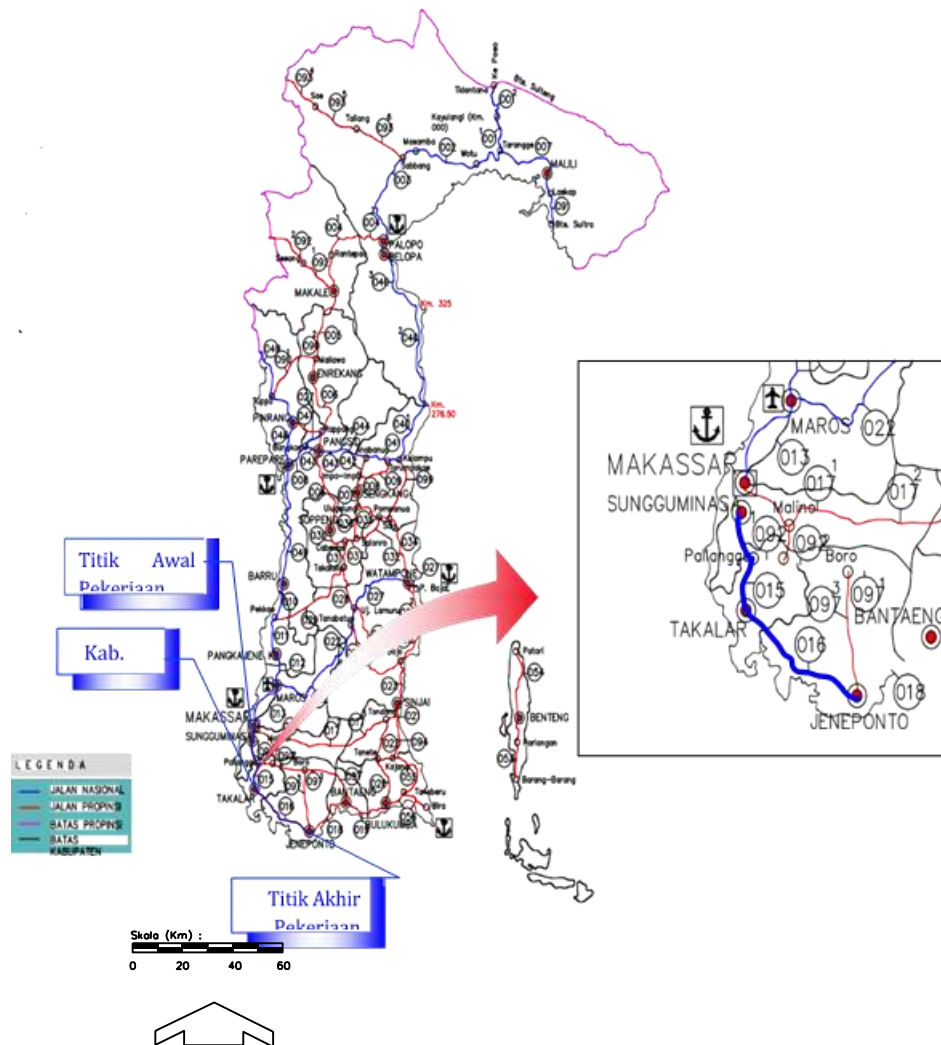
penelitian dinilai masih belum terlalu padat, maka data yang digunakan berasal dari MDP tahun 2017. Hasil analisis dan perhitungan menunjukkan tebal perkerasan jalan metode AASHTO 1993 adalah 285 mm dengan lapisan permukaan 75 mm, lapisan dasar atas 105 mm, dan lapisan bawah 105 mm. . Ketebalan metode MDP 2017 adalah 500 mm dengan lapisan permukaan 100 mm dan lapisan pondasi atas 400 mm. [5], Katon (2023), “Studi Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Dan Aashto 1993 Pada Jalur Lintas Selatan Lot 7 Tambakrejo-Serang Blitar” Tebal total lapisan perkerasan dengan metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 adalah 50 cm yang terbagi atas lapisan permukaan AC-WC 4 cm, lapisan pengikat AC-BC 6 cm, dan lapisan dasar 40 cm (LPA kelas A). Sebaliknya, ketebalan lapisan perkerasan jalan metode AASHTO 1993 adalah 39 cm, dibagi menjadi lapisan permukaan (Laston) 14 cm. [6], Trimardiah, M.Jazir, dan Budi (2022) “Analisis Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Mdp 2017 Dan Austroads 2017 Pada Simpang 4 Outer Ringroads-Bandara Samarinda Baru Samarinda, Kalimantan Timur” Diketahui, metode Manual Desain Perkerasan jalan tahun 2017 membuat perkerasan lebih tebal dibandingkan metode Austroads tahun 2017. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan program KENPAVE 2003 untuk mengetahui ketahanan terhadap ketebalan yang dihasilkan. Perbandingan nilai pemulihan menunjukkan bahwa perkerasan yang dirancang oleh Austroads pada tahun 2017 hanya mampu menahan kerusakan bekas roda tetapi tidak mampu menahan retakan dan deformasi permanen. Perkerasan yang direncanakan hanya dapat menahan alur, tetapi tidak dapat menahan retakan yang rusak dan deformasi yang tidak dapat dihindari. [7], Nadia (2022), “Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Labuantorombia Kabupaten Buton Utara Sulawesi Tenggara Sta 00+00 – 10+00 Dengan Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan (Mdp) 2017 Dan Metode Aashto 1993” LHR (rata-rata lalu lintas harian) sebanyak 194 kendaraan per hari, berdasarkan perhitungan MDP tahun 2017. Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2017 menghasilkan lapisan AC-WC setebal 4 cm, lapisan atas AC-BC setebal 6 cm, pondasi dengan alas AC setebal 40 cm, dan lapisan agregat kelas A setebal 33 cm. Hasil perhitungan perencanaan perkerasan jalan dengan metode AASHTO tahun 1993 menunjukkan $SN_1 = 1,80$, $SN_2 = 2$, S [8], Body dan Erich (2020), “Analisis Tebal Lapis Tambah (*Overlay*) Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Metode Aashto 1993 Melalui Pengujian Non-Desktrutif” MDP-2017 menggunakan data defleksi d_0 dan d_{200} dengan perhitungan yang lebih sederhana, sedangkan AASHTO-1993 menggunakan perhitungan yang lebih kompleks untuk data defleksi d_0 dan d_{900} . MDP-2017 merupakan pilihan terbaik jika perkerasan jalan stabil baik pada lapisan tanah dasar maupun pondasi perkerasan. Saat merencanakan ketebalan overlay, disarankan untuk menggunakan metode AASHTO-1993 dan MDP-2017. Alasan mengapa kedua metode ini dapat bekerja sama dalam perencanaan pelapisan perkerasan jalan. [9], Renaldi, Sahat, dan Yonas (2022) “Analisis Tebal Perkerasan Lentur Pada Jalan Tol Akses Menuju Bandara Internasional Kertajati” Hasil analisa dengan metode Aashto tahun 1993 menunjukkan bahwa lapisan permukaan jalan di Bandara Internasional Kertajati Kabupaten Majalengka Jawa Barat mempunyai ketebalan 10,16 cm dan lapisan pondasi atas 14,85 cm, sehingga tebal total perkerasan lentur adalah 25,01 cm. Dengan menggunakan pedoman desain tahun 2017, lapisan permukaan AC-WC dan AC-BC mempunyai tebal 100 cm dan lapisan aspal mempunyai tebal 14,5 cm, sehingga total tebal perkerasan lentur adalah 24,5 cm. [10].

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu bertujuan untuk mendapatkan pemahaman tentang perencanaan tebal perkerasan, serta perbandingan antara metode AASHTO 1993 dan Manual Desain Perkerasan Bina Marga tahun 2017.

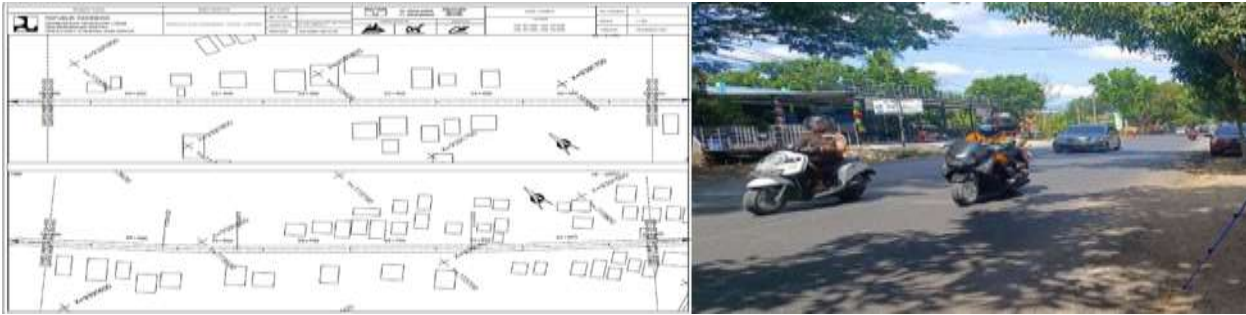
METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

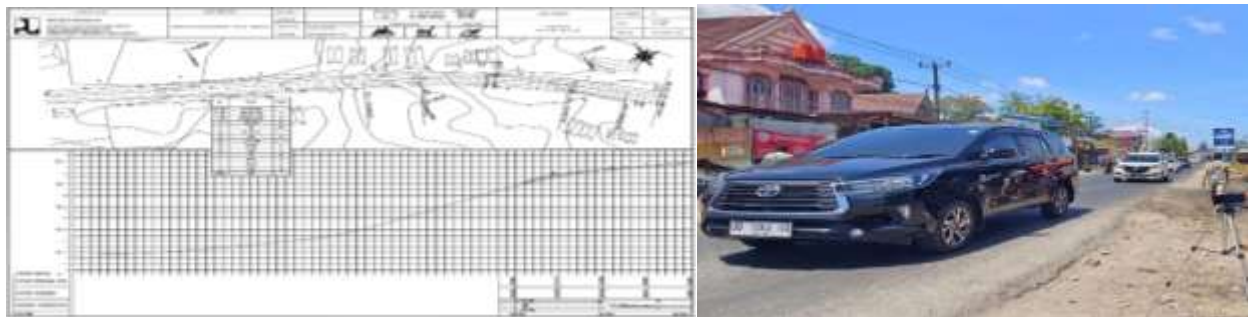
Lokasi penelitian berada pada Ruas Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto tepatnya pada batas kota Takalar STA 053 dan batas Kab Takalar/Kab Jeneponto STA 072, Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Lokasi Penelitian Pada STA 053



Gambar 3. Lokasi Penelitian Pada STA 072

B. Metode Penelitian

Penelitian ini mengumpulkan data primer dengan melakukan survei lapangan yang terdiri dari penghitungan kendaraan yang lewat di jalan tersebut untuk menganalisis lalu lintas harian (LHR). Penelitian ini berlokasi di Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto, tepatnya di batas kota Takalar Sta 053 dan batas kabupaten Takalar/kabupaten Jeneponto Sta 072 Sulawesi Selatan. Waktu penelitian merupakan batasan waktu yang digunakan untuk melakukan penelitian khususnya waktu yang diperlukan untuk mengetahui lalu lintas harian pada Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto tepatnya pada batas kota Takalar Sta 053 dan batas kabupaten Takalar/Jeneponto. Sta 072, selama tiga hari terhitung tanggal 21 Juli 2023, 22 Juli 2023, dan 23 Juli 2023 pada hari Minggu, Senin, dan Selasa dilaksanakan pada pukul 14.30-16.30 WITA (sesuai kondisi lapangan). Data Lalu Lintas Harian dan Data DCP diperlukan untuk penelitian ini. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang dilakukan dengan melakukan survei langsung dan data sekunder yang diperoleh langsung dari PT. Mina Fajar Abadi (KSO) PT. Cisco Sinar Jaya (MFA). Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data primer melalui survei lapangan secara langsung, dan data yang diperoleh adalah volume lalu lintas harian. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan metode Aashto tahun 1993 dengan metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2017 sehingga hasil sampel ini dapat menginformasikan perencanaan tebal perkerasan jalan dan perbandingan tebal perkerasan Jalan Nasional Sungguminasa-Takalar-Jeneponto.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis

1. Perhitungan nilai CESA

a. Pertumbuhan jumlah kendaraan

Menghitung pertumbuhan estimasi kendaraan di Ruas Jalan Batas Kota Takalar – Batas Kab. Takalar /Kab. Jeneponto.

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

P_o = Data LHR total tahun terakhir;

r = jumlah rata analisa pertumbuhan (%);

n = Nomor tahun

1) Jenis Kendaraan

a) Bus Besar

$$\begin{aligned} \text{Estimasi Tahun 2023} &= 12 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 12 \text{ Kendaraan/tahun} \end{aligned}$$

b) Truk 2 sumbu cargo ringan

$$\begin{aligned} \text{Estimasi Tahun 2023} &= 137 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 142 \text{ Kendaraan/tahun} \end{aligned}$$

c) Truk 2 sumbu cargo sedang

$$\begin{aligned} \text{Estimasi Tahun 2023} &= 612 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 633 \text{ Kendaraan/tahun} \end{aligned}$$

d) Truk 3 sumbu ringan

$$\begin{aligned} \text{Estimasi Tahun 2023} &= 156 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 161 \text{ Kendaraan/tahun} \end{aligned}$$

e) Semi Trailler 4 sumbu

$$\begin{aligned} \text{Estimasi Tahun 2023} &= 53 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 55 \text{ Kendaraan/tahun} \end{aligned}$$

b. Beban Lalu Lintas Standar Kumulatif Selama Umur Rencana

Perhitungan untuk mencari nilai CESA adalah sebagai berikut :

1) Perhitung ESA 4 Faktual dan Normal :

Bus Besar

$$\begin{aligned} \text{ESA 4 Faktual : VDF 4 Faktual x LHR tahun 2022} \\ &= 1 \times 12 \\ &= 12 \end{aligned}$$

Bus Besar

$$\begin{aligned} \text{ESA 4 Normal : VDF 4 Faktual x LHR tahun 2022} \\ &= 1 \times 12.42 \\ &= 12.42 \end{aligned}$$

2) Menghitung ESA 5 Faktual dan Normal :

Bus Besar

$$\begin{aligned} \text{ESA 5 Faktual : VDF 5 Faktual x LHR tahun 2022} \\ &= 1 \times 12 \\ &= 12 \end{aligned}$$

Bus Besar

$$\begin{aligned} \text{ESA 5 Normal : VDF 5 Faktual x LHR tahun 2022} \\ &= 1 \times 12.42 \\ &= 12.42 \end{aligned}$$

3) Menghitung Faktor Pengali Pertumbuhan Lalulintas :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i : Faktor pertumbuhan lalu lintas

n : Tahun ke-n

a) Tahun 2023 :

$$R_1 = \frac{(1+3.5\%)^1}{3.5\%}$$

$$= 1$$

b) Tahun 2042

$$R_{20} = \frac{(1+3.5\%)^{20}}{3.5\%}$$

$$= 28.28$$

4) Menghitung nilai CESA :

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

$$ESAL \text{ Design} : ESAL \times R \times 365$$

DD : Factor distribusi arah

DL : Factor distribusi lajur

$$ESAL \text{ Design} = 3,075.04 \times 1 \times 365$$

$$= 1,122,389.60$$

$$W18 = ESAL \text{ Design} \times Dd \times Dl$$

$$= 1,122,389.60 \times 100\% \times 50\%$$

$$= 561,194.21 \text{ ESA}$$

Kemudian perhitungan W18 sampai akhir tahun rencana selanjutnya dapat kita lihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Perhitungan Nilai (CESA)

DATA LHR TAHUN 2022

UNTUK PERHITUNGAN CESA

NAMA RUAS JALAN : BTS KOTA TAKALAR - BTS KAB TAKALAR / KAB JENEPONTO
 LOKASI PENCAHAH : 53+072
 PERIODE : 03 JULI - 05 JULI 2022
 FAKTOR MINGGU : 1.20

No.	Klasifikasi		Jenis Kendaraan	Konfigurasi sumbu	ARAH	Jumlah Kendaraan			LHR	Koef	LHR _T	LHR _T total
	Lama	Alternatif				Minggu 03-Jul	Senin 04-Jul	Selasa 05-Jul				
1	1	1	Sepeda motor	1.1	NORMAL	4345	4169	3942	4152	1.197	3469	6880
					OPPOSITE	4309	4433	3507	4083	1.197	3411	
2	2	2	Sedan, jeep dan station wagon	1.1	NORMAL	4168	3366	3443	3659	1.197	3057	5807
					OPPOSITE	4029	3065	2782	3292	1.197	2750	
3	3	3	Opelet, pick-up-opelet, suburban, combi dan mini bus	1.1	NORMAL	200	244	230	225	1.197	188	375
					OPPOSITE	217	243	211	224	1.197	187	
4	4	4	Pick-up, micro truk dan mobil hantaran	1.1	NORMAL	832	937	920	896	1.197	749	1540
					OPPOSITE	915	940	985	947	1.197	791	
5	5a	5a	Bus kecil	1.2	NORMAL	9	17	3	10	1.197	8	21
					OPPOSITE	27	11	9	16	1.197	13	
6	5b	5b	Bus Besar	1.2	NORMAL	6	18	4	9	1.197	8	12
					OPPOSITE	9	3	3	5	1.197	4	
7	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu (4 Roda) - cargo ringan	1.1	NORMAL	74	100	87	87	1.197	73	137
					OPPOSITE	70	81	80	77	1.197	64	
8	6b1.1	7.1	- Truk 2 sumbu cargo sedang	1.2	NORMAL	214	413	443	357	1.197	298	612
					OPPOSITE	293	394	442	376	1.197	314	
9	7a1	9.1	- Truk 3 sumbu ringan	1.22	NORMAL	77	101	113	97	1.197	81	156
					OPPOSITE	83	80	106	90	1.197	75	
10	7b	10	- Truk 2 sumbu dan gandengan 2 sumbu	1.2 - 2.2	NORMAL	0	0	0	0	1.197	0	0
					OPPOSITE	0	0	0	0	1.197	0	
11	7c1	11	- Truk Trailer 4 sumbu	1.2-22	NORMAL	37	35	31	34	1.197	28	53
					OPPOSITE	29	32	29	30	1.197	25	
12	8	15	- Kendaraan tak bermotor		NORMAL	3	2	2	2	1.197	2	4
					OPPOSITE	2	1	4	2	1.197	2	
											TOTAL	15,597

Sumber : Hasil Perhitungan PT. Mina Fajar Abadi (KSO) PT. Cisco Sinar Jaya (MFA)

Tabel 2. Lanjutan Perhitungan Nilai (CESA)

DATA LHR TAHUN 2022 DAN PREDIKSI TAHUN 2023

Nama Ruas

Tahun Desain

Tahun Konstruksi

Tahun Layan

Umur Rencana 1

Umur Rencana 2

Umur Rencana 3

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (f)

Klasifikasi Jalan

: BTS KOTA TAKALAR - BTS KAB TAKALAR / KAB JENEPONTO

: 2022

: 2022

: 2023

: 10 s.d Thn. 2033

: 15 s.d Thn. 2038

: 20 s.d Thn. 2043

: 3.50%

: Kolektor

(Rehab Minor)

(Rehab Mayor)

(Rekonstruksi / Pelebaran)

NO.	KLASIFIKASI		JENIS KENDARAAN	LHR 2022			(i)	LHR 2022	LHR 2023	VDF ₄ _{fAKTU} AL	VDF ₄ _{NORM} AL	VDF ₅ _{fAKTU} AL	VDF ₅ _{NORM} AL	ESA ₄ _{fakutal}	ESA ₄ _{normal} ll	ESA ₅ _{faktu} al	ESA ₅ _{norm} all
	Lama	Alt		Thn. 2022				Thn. 2022	Thn. 2023								
				Normal	Opposite	Total		0	1								
1	1	1	- Sepeda motor, skuter, roda 3	3469	3411	6880	3.5	6880	7121								
2	2,3,4	2,3,4	- Sedan/Angkot/Pick up / Station Wagon	3994	3728	7722	3.5	7722	7992								
3	5a	5a	- Bus kecil	8	13	21	3.5	21	22								
4	5b	5b	- Bus Besar	8	4	12	3.5	12	12	1.00	1.00	1.00	1.00	12.00	12.42	12.00	12.42
5	6a.1	6.1	- Truk 2 sumbu cargo ringan	73	64	137	3.5	137	142	0.55	0.55	0.50	0.50	75.35	77.99	68.50	70.90
6	6b1.1	7.1	- Truk 2 sumbu cargo sedang	298	314	612	3.5	612	633	4.90	2.90	9.00	4.00	2998.80	1836.92	5508.00	2533.68
7	7a.1	9.1	- Truk 3 sumbu ringan	81	75	156	3.5	156	161	7.20	4.90	11.40	6.70	1123.20	791.15	1778.40	1081.78
8	7b	10	- Truk 2 sumbu dan gandengan 2 sumbu	0	0	0	3.5	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	7c.1	11	- Semi Trailer 4 sumbu	28	25	53	3.5	53	55	13.20	6.50	25.50	8.80	699.60	356.56	1351.50	482.72
10			- Kendaraan tak bermotor	2	2	4	3.5	4	4								
			JUMLAH											4908.95	3075.04	8718.40	4181.50

ESA₄_{fakutal} = 4908.95

ESA₄_{normal} = 3075.04

ESA₅_{fakutal} = 8718.40

ESA₅_{normal} = 4181.50

Sumber : Hasil Perhitungan PT. Mina Fajar Abadi (KSO) PT. Cisco Sinar Jaya (MFA)

Tabel 3. Lanjutan Perhitungan Nilai (CESA)

PERHITUNGAN CUMMULATIVE EQUIVALEN SINGLE AXLE LOAD

Nama Ruas		: BTS KOTA TAKALAR - BTS KAB TAKALAR / KAB JENEPONTO												
Tahun Desain		: 2021												
Tahun Layan		: 2022												
Umur Rencana		: 20												
Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (f)		: 3.50%												
Klasifikasi Jalan		: Kolektor												

No.	TAHUN	PERTUMBUHAN (f)	R	ESA4 DASAR	CESA ₄	ESA5 DASAR	R	CESA ₅	KETERANGAN
a	b	c	d	e	f	g	h	i	
0	2022	3.5%	-	3,075.04	-	4,181.50	-	-	
1	2023	3.5%	1.00		561,194.21		1.00	763,124.39	
2	2024	3.5%	2.04		1,703,224.42		2.04	2,316,082.52	
3	2025	3.5%	3.11		2,304,389.68		3.11	3,133,560.44	
4	2026	3.5%	4.21		2,926,595.73		4.21	3,979,650.09	
5	2027	3.5%	5.36		3,570,578.99		5.36	4,855,352.88	
6	2028	3.5%	6.55		4,237,101.67		6.55	5,761,705.27	
7	2029	3.5%	7.78		4,926,952.63		7.78	6,699,779.99	
8	2030	3.5%	9.05		5,640,948.38		9.05	7,670,687.32	
9	2031	3.5%	10.37		6,379,933.99		10.37	8,675,576.41	
10	2032	3.5%	11.73		7,144,784.09		11.73	9,715,636.62	
11	2033	3.5%	13.14		7,936,403.94		13.14	10,792,098.94	
12	2034	3.5%	14.60		8,755,730.49		14.60	11,906,237.44	
13	2035	3.5%	16.11		9,603,733.46		16.11	13,059,370.78	
14	2036	3.5%	17.68		10,481,416.54		17.68	14,252,863.80	
15	2037	3.5%	19.30		11,389,818.53		19.30	15,488,129.06	
16	2038	3.5%	20.97		12,330,014.59		20.97	16,766,628.62	
17	2039	3.5%	22.71		13,303,117.51		22.71	18,089,875.65	
18	2040	3.5%	24.50		14,310,279.03		24.50	19,459,436.34	
19	2041	3.5%	26.36		15,352,691.21		26.36	20,876,931.64	
20	2042	3.5%	28.28		16,431,587.81		28.28	22,344,039.29	

Sumber : Hasil Perhitungan PT. Mina Fajar Abadi (KSO) PT. Cisco Sinar Jaya (MFA)

2. Perhitungan tebal perkerasan

a. Pertumbuhan Jumlah Kendaraan

Menghitung pertumbuhan estimasi kendaraan di Ruas Jalan Batas Kota Takalar – Batas Kab. Takalar /Kab. Jeneponto.

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

P_o = Data LHR total tahun terakhir;

r = jumlah rata analisa pertumbuhan (%);

n = Nomor tahun

1) Jenis Kendaraan

a) Bus Besar

$$\begin{aligned}\text{Estimasi Tahun 2023} &= 16 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 17 \text{ Kendaraan/tahun}\end{aligned}$$

b) Truk 2 sumbu cargo ringan

$$\begin{aligned}\text{Estimasi Tahun 2023} &= 185 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 191 \text{ Kendaraan/tahun}\end{aligned}$$

c) Truk 2 sumbu cargo sedang

$$\begin{aligned}\text{Estimasi Tahun 2023} &= 697 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 703 \text{ Kendaraan/tahun}\end{aligned}$$

d) Truk 3 sumbu ringan

$$\begin{aligned}\text{Estimasi Tahun 2023} &= 202 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 209 \text{ Kendaraan/tahun}\end{aligned}$$

e) Semi Trailler 4 sumbu

$$\begin{aligned}\text{Estimasi Tahun 2023} &= 67 (1 + 3.5\%)^1 \\ &= 69 \text{ Kendaraan/tahun}\end{aligned}$$

b. Beban Lalu Lintas Standar Kumulatif Selama Umur Rencana

Perhitungan untuk mencari nilai CESA adalah sebagai berikut:

1) Perhitung ESA 4 Faktual dan Normal :

Bus Besar

$$\begin{aligned}\text{ESA 4 Faktual : VDF 4 Faktual x LHR tahun 2022} \\ &= 1 \times 16 \\ &= 16\end{aligned}$$

Bus Besar

$$\begin{aligned}\text{ESA 4 Normal : VDF 4 Faktual x LHR tahun 2022} \\ &= 1 \times 17 \\ &= 16.56\end{aligned}$$

2) Menghitung ESA 5 Faktual dan Normal :

Bus Besar

$$\begin{aligned}\text{ESA 5 Faktual : VDF 5 Faktual x LHR tahun 2022} \\ &= 1 \times 16 \\ &= 16\end{aligned}$$

Bus Besar

$$\text{ESA 5 Normal : VDF 5 Faktual x LHR tahun 2022}$$

$$= 1 \times 17$$

$$= 16.56$$

c. Beban Sumbu Standar Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{ESATH -1} &= (\Sigma \text{LHRJK} \times \text{VDFJK}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (3,635.08) \times 365 \times 100\% \times 50\% \times 1 \\ &= 663,401.23 \text{ ESA} \\ \text{ESATH -10} &= (\Sigma \text{LHRJK} \times \text{VDFJK}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \\ &= (3,635.08) \times 365 \times 100\% \times 50\% \times 11.73 \\ &= 8,446,021.92 \text{ ESA} \\ \text{ESATH -20} &= (\Sigma \text{LHRJK} \times \text{VDFJK}) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \\ &= (3,635.08) \times 365 \times 100\% \times 50\% \times 28.28 \\ &= 19,424,177.02 \text{ ESA} \end{aligned}$$

Untuk melihat perhitungan nilai ESA kumulatif dari awal rencana hingga akhir rencana dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5..

Tabel 4. Perhitungan Nilai (CESA)

DATA LHR TAHUN 2022

UNTUK PERHITUNGAN CESA

NAMA RUAS JALAN : BTS KOTA TAKALAR - BTS KAB TAKALAR / KAB JENEPONTO
 LOKASI PENCAHAH : 53+072
 PERIODE : 21 JULI - 23 JULI 2023
 FAKTOR MINGGU : 1.20

No.	Klasifikasi		Jenis Kendaraan	Konfigurasi sumbu	ARAH	Jumlah Kendaraan			LHR	Koef	LHR _T	LHR _T total
	Lama	Alternatif				Jumat 21-Jul	Sabtu 22-Jul	Minggu 23-Jul				
1	1	1	Sepeda motor	1.1	NORMAL	5185	5231	4573	4996	1.197	4174	8161
					OPPOSITE	4309	5753	4253	4772	1.197	3987	
2	2	2	Sedan, jeep dan station wagon	1.1	NORMAL	4532	3516	3967	4005	1.197	3346	6227
					OPPOSITE	4234	3528	2582	3448	1.197	2881	
3	3	3	Opelet, pick-up-opelet, suburban, combi dan mini bus	1.1	NORMAL	276	321	286	294	1.197	246	473
					OPPOSITE	264	307	245	272	1.197	227	
4	4	4	Pick-up, micro truk dan mobil hantaran	1.1	NORMAL	865	1123	1056	1015	1.197	848	1654
					OPPOSITE	915	984	995	965	1.197	806	
5	5a	5a	Bus kecil	1.2	NORMAL	12	23	11	15	1.197	13	28
					OPPOSITE	29	14	12	18	1.197	15	
6	5b	5b	Bus Besar	1.2	NORMAL	12	16	9	12	1.197	10	16
					OPPOSITE	9	4	7	7	1.197	6	
7	6a.1	6.1	Truk 2 sumbu (4 Roda) - cargo ringan	1.1	NORMAL	124	176	95	132	1.197	110	185
					OPPOSITE	84	96	89	90	1.197	75	
8	6b1.1	7.1	- Truk 2 sumbu cargo sedang	1.2	NORMAL	234	473	523	410	1.197	343	679
					OPPOSITE	334	387	486	402	1.197	336	
9	7a1	9.1	- Truk 3 sumbu ringan	1.22	NORMAL	89	123	178	130	1.197	109	202
					OPPOSITE	97	93	143	111	1.197	93	
10	7b	10	- Truk 2 sumbu dan gandengan 2 sumbu	1.2 - 2.2	NORMAL	0	0	0	0	1.197	0	0
					OPPOSITE	0	0	0	0	1.197	0	
11	7c1	11	- Truk Trailer 4 sumbu	1.2.-22	NORMAL	43	42	45	43	1.197	36	67
					OPPOSITE	37	39	36	37	1.197	31	
12	8	15	- Kendaraan tak bermotor		NORMAL	2	3	5	3	1.197	3	4
					OPPOSITE	1	1	2	1	1.197	1	
TOTAL												17,696

Lanjutan tabel 5. Perhitungan Nilai (ESAL)

DATA LHR TAHUN 2023 DAN PREDIKSI TAHUN 2024																	
Nama Ruas		: BTS KOTA TAKALAR - BTS KAB TAKALAR / KAB JENEPONTO															
Tahun Desain		: 2022															
Tahun Konstruksi		: 2022															
Tahun Layan		: 2023															
Umur Rencana 1		: 10	s.d Thn. 2033	(Rehab Minor)													
Umur Rencana 2		: 15	s.d Thn. 2038	(Rehab Mayor)													
Umur Rencana 3		: 20	s.d Thn. 2043	(Rekonstruksi / Pelebaran)													
Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)		: 3.50%															
Klasifikasi Jalan		: Kolektor															
NO.	KLASIFIKASI		JENIS KENDARAAN	LHR 2023			(i)	LHR 2023	LHR 2024	VDF _{4FAKTU} AL	VDF _{4NORM} AL	VDF _{5FAKTU} AL	VDF _{5NORM} AL	ESA _{4FAKTU} II	ESA _{4NORM} II	ESA _{5FAKTU} II	ESA _{5NORM} II
	Lama	Alt		Thn. 2023				Thn. 2023	Thn. 2024								
				Normal	Opposite	Total		0	1								
1	1	1	- Sepeda motor, skuter, roda 3	4174	3987	8161	3.5	8161	8447								
2	2,3,4	2,3,4	- Sedan/Angkot/Pick up / Station Wagon	3346	3346	6692	3.5	6692	6926								
3	5a	5a	- Bus kecil	13	13	26	3.5	26	27								
4	5b	5b	- Bus Besar	10	6	16	3.5	16	17	1.00	1.00	1.00	1.00	16.00	16.56	16.00	16.56
5	6a.1	6.1	- Truk 2 sumbu cargo ringan	110	75	185	3.5	185	191	0.55	0.55	0.50	0.50	101.75	105.31	92.50	95.74
6	6b1.1	7.1	- Truk 2 sumbu cargo sedang	343	336	679	3.5	679	703	4.90	2.90	9.00	4.00	3327.10	2038.02	6111.00	2811.06
7	7a.1	9.1	- Truk 3 sumbu ringan	109	93	202	3.5	202	209	7.20	4.90	11.40	6.70	1454.40	1024.44	2302.80	1400.77
8	7b	10	- Truk 2 sumbu dan gandengan 2 sumbu	0	0	0	3.5	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	7c.1	11	- Semi Trailer 4 sumbu	36	31	67	3.5	67	69	13.20	6.50	25.50	8.80	884.40	450.74	1708.50	610.24
10			- Kendaraan tak bermotor	3	1	4	3.5	4	4								
			JUMLAH											5783.65	3635.08	10230.80	4934.36
ESA _{4FAKTU} = 5783.65 ESA _{4NORM} = 3635.08 ESA _{5FAKTU} = 10230.80 ESA _{5NORM} = 4934.36																	

Lanjutan tabel 6. Perhitungan Nilai (ESAL)

PERHITUNGAN CUMMULATIVE EQIVALEN SINGLE AXLE LOAD

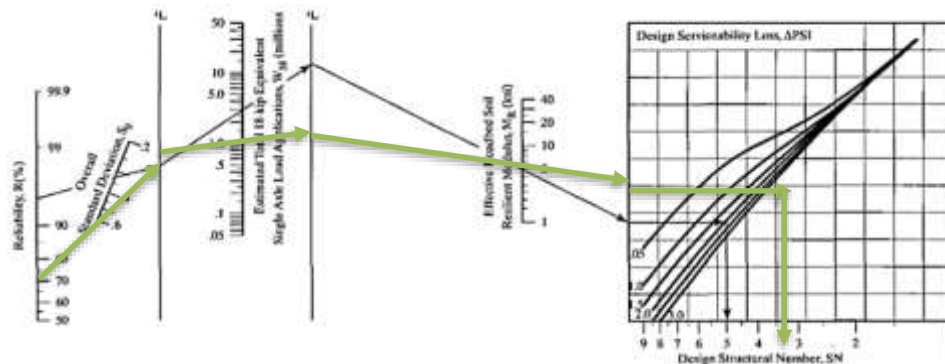
Nama Ruas : BTS KOTA TAKALAR - BTS KAB TAKALAR / KAB JENEPONTO
 Tahun Desain : 2021
 Tahun Layan : 2023
 Umur Rencana : 20
 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) : 3.50%
 Klasifikasi Jalan : Kolektor

No.	TAHUN	PERTUMBUHAN (i)	R	ESA4 DASAR	CESA ₄	ESA5 DASAR	R	CESA ₅	KETERANGAN
a	b	c	d	e	f	g	h	i	
0	2023	3.5%	-	3,635.08	-	4,934.36	-	-	
1	2024	3.5%	1.00		663,401.23		1.00	900,521.16	
2	2025	3.5%	2.04		2,013,422.74		2.04	2,733,081.71	
3	2026	3.5%	3.11		2,724,074.73		3.11	3,697,742.48	
4	2027	3.5%	4.21		3,459,599.53		4.21	4,696,166.39	
5	2028	3.5%	5.36		4,220,867.71		5.36	5,729,535.13	
6	2029	3.5%	6.55		5,008,780.27		6.55	6,799,071.77	
7	2030	3.5%	7.78		5,824,269.77		7.78	7,906,042.20	
8	2031	3.5%	9.05		6,668,301.40		9.05	9,051,756.59	
9	2032	3.5%	10.37		7,541,874.14		10.37	10,237,570.99	
10	2033	3.5%	11.73		8,446,021.92		11.73	11,464,888.89	
11	2034	3.5%	13.14		9,381,814.88		13.14	12,735,162.92	
12	2035	3.5%	14.60		10,350,360.59		14.60	14,049,896.53	
13	2036	3.5%	16.11		11,352,805.40		16.11	15,410,645.83	
14	2037	3.5%	17.68		12,390,335.78		17.68	16,819,021.35	
15	2038	3.5%	19.30		13,464,179.72		19.30	18,276,690.01	
16	2039	3.5%	20.97		14,575,608.20		20.97	19,785,377.08	
17	2040	3.5%	22.71		15,725,936.68		22.71	21,346,868.19	
18	2041	3.5%	24.50		16,916,526.65		24.50	22,963,011.49	
19	2042	3.5%	26.36		18,148,787.28		26.36	24,635,719.81	
20	2043	3.5%	28.28		19,424,177.02		28.28	26,366,972.92	

Berdasarkan analisis lalu lintas pada tabel 4 dan tabel 5, maka lalu lintas untuk jalan nasional sungguminasatakarta-jeneponto pada umur rencana yaitu 20 tahun adalah 26,366,972.92 ESA dan ESA pertahun adalah 900,521.16.

A. Pembahasan

Tabel 1. Nomogram Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur AASTHO 1993



Dari hasil perhitungan Nomogram diperoleh SN : 3.2 kebutuhan Tebal Perkerasan Lentur Lapis AC-WC : 2.1 inch atau 5 cm -. Kemampuan memikul beban dalam umur rencana 20 tahun adalah sebesar 22,344,039.28 ESA.



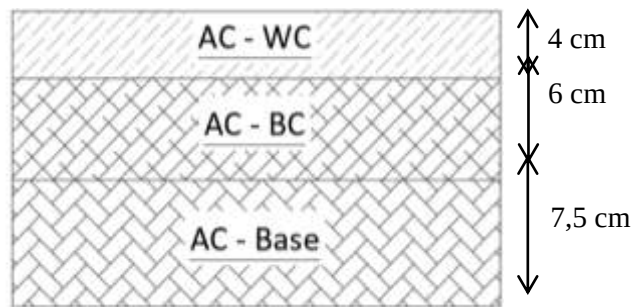
Gambar 4. Hasil Tebal Perkerasan Metode AASTHO 1993

Tabel 2 . Perkerasan Lentur dengan Lalu Lintas Ringan

Bagan Desain - 3 Desain Perkerasan Lentur Opsi Biaya Minimum Dengan CTB¹⁾

	F1 ²⁾	F2	F3	F4	F5
Untuk lalu lintas di bawah 10 juta ESA5 lihat Bagan Desain - 3A, 3B dan 3C	Lihat Bagan Desain - 4 untuk alternatif perkerasan kaku ³⁾				
Repetisi beban sumbu kumulatif 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5)	> 10 - 30	> 30 - 50	> 50 - 100	> 100 - 200	> 200 - 500
Jenis permukaan berpengikat	AC	AC			
Jenis lapis Fondasi	Cement Treated Base (CTB) ¹⁾				
AC-WC	40	40	40	50	50
AC BC ⁴⁾	60	60	60	60	60
AC BC atau AC Base	75	100	125	160	220
CTB ¹⁾	150	150	150	150	150
Fondasi Agregat Kelas A	150	150	150	150	150

Jadi hasil perhitungan diatas maka diperoleh desai tebal perkerasan dengan tebal Lapis AC-WC : 4 cm, Lapis AC-BC : 6 cm, Lapis AC-Base : 7,5 cm. Dikarenakan Pekerjaan ini merupakan Pekerjaan Perbaikan (Preservasi), maka lapisan yang perlu diperbaiki adalah lapis permukaan (AC-WC) setebal : 4 cm.

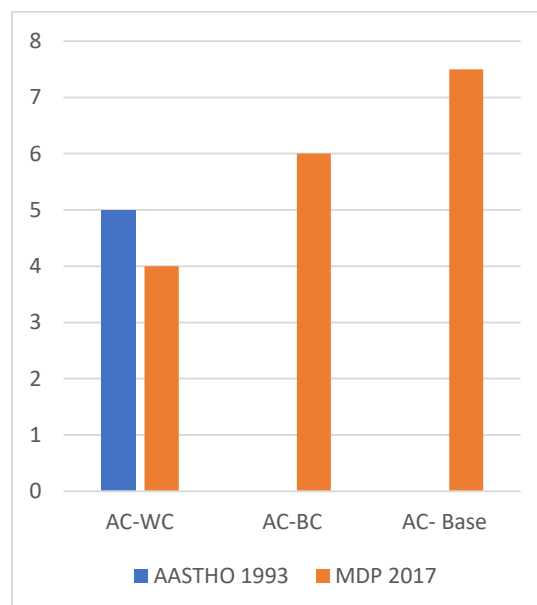


Gambar 5. Hasil Tebal Perkerasan Metode Manual Desain Perkerasan 2017

Berdasarkan hasil analisis perencanaan ketebalan perkerasan kaku dari kedua metode, diperoleh ketebalan perkerasan sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Perencanaan Metode AASTHO Tahun 1993 dan MDP Tahun 2017

Jenis Lapisan	AASTHO 1993 (cm)	Manual Desain Perkerasan 2017 (cm)
AC-WC	5	4
AC-BC	-	6
AC- Base	-	7.5



Gambar 6. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan

Hasil perencanaan tebal pelat antara Metode AASTHO tahun 1993 dan Manual Perencanaan Perkerasan Tahun 2017, perhitungan tebal perkerasan lentur dipengaruhi oleh perbedaan parameter desain masing-masing metode. Metode AASTHO 1993 tetap mempertimbangkan koefisien drainase, keandalan, deviasi standar, dan susut pemeliharaan. Sedangkan metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2017 menggunakan tabel yang disebut tabel tinggi pondasi minimum dan tabel pemilihan jenis perkerasan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan metode AASTHO tahun 1993 dan Manual Perancangan Perkerasan Tahun 2017 dapat disimpulkan bahwa. Perencanaan tebal perkerasan lentur pada Pekerjaan Preservasi Jalan Nasional Sungguminasa – Takalar Jeneponto dengan metode AASTHO pada tahun 1993 menghasilkan tebal

AC-WC = 5 cm. Perencanaan tebal perkerasan lentur dengan metode AASTHO 1993 menghasilkan tebal perkerasan (AC-WC) = 5 cm, sedangkan dengan metode Perkerasan Manual tahun 2017 diperoleh tebal perkerasan (AC-WC) = 4 cm, lapisan (AC-BC) = 6 cm dan lapisan (AC-Base) = 7,5 cm. Meskipun datanya sama, namun perbedaan ini terjadi karena metode Manual Perancangan Perkerasan Tahun 2017 memodifikasi metode AASTHO tahun 1993 sesuai dengan kondisi wilayah di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, Fauzi, et al. "Studi Alinyemen dan Perkerasan Jalan di Ruas Jalan Nasional Selat Lampa–Teluk Depih–Simpang Sekunyam, Kepulauan Natuna." *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas* 6 (2022). <http://dx.doi.org/10.12962/j26151847.v6i0.12076>
- [2] Bamher, Brillian Gery. *Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Pada Proyek Jalan Baru Batas Kota Singaraja-Mengwitani, Buleleng*. Diss. Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2020. <http://e-journal.uajy.ac.id/id/eprint/23107>
- [3] Body, E. (2020). *Analisa Tebal Lapis Tambah (Overlay) Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Metode Aashto 1993 Melalui Pengujian Non-Desktrutif* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Indonesia). <http://repository.iti.ac.id/jspui/handle/123456789/593>
- [4] Habibi, M. (2023). *Perbandingan Tebal Perkerasan Kaku Dan Anggaran Biaya Antara Perhitungan Metode Aastho 1993, Mdp 2017 Dan Naasra (Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru-Padang Seksi Sicincin-Lubuk Alung-Padang)* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas). <http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/215665>
- [5] Kirom, I., & Siswoyo, S. (2020). *Perencanaan Jalan Soekarno Hatta Pasuruan Dengan Sistem Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Dan Rencana Anggaran Biaya*. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 8(1), 69-78. <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v8i1.1028>
- [6] Lestari, W. A. (2022). *Studi Alternatif Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan dengan Metode AASHTO 1993 dan MDP Bina Marga 2017 pada Ruas Jalur Lintas Selatan (JLS) Tulungagung*. <http://repository.unisma.ac.id/handle/123456789/6493>
- [7] Ningtyas, P. W., Sutanto, H., & Arifin, T. S. P. (2022). *Analisis Perbandingan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Dengan Tebal Lapis Perkerasan Lentur Terhadap Efisiensi Biaya (Studikusus: Jalan Pampang Muara Pada Sta 4+ 000 S/D Sta 6+ 215)*. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 6(2), 77-86. <http://dx.doi.org/10.30872/ts.v6i2.9418>
- [8] Purwadi, D. (2022). *Evaluasi Tebal Perkerasan Jalan Provinsi Berdasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017 (Studi Kasus: Jl. Laksamana RE Martadinata Bandar Lampung, Lampung)*. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/57867>
- [9] Putri, F. S. *Analisis Tebal Perkerasan Kaku Dengan Metode Aashto Dan Mdp 2017 Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Serang-Panimbang Seksi 2*. <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/12814>
- [10] Rahmawati, A., Aldiansyah, F., & Setiawan, D. M. (2021). *Desain Tebal Perkerasan Lentur Jalan Menggunakan Program Kenpave di Ruas Jalan Maospati-Sukomoro, Kabupaten Magetan, Jawa Timur*. *Bulletin of Civil Engineering*, 1(1), 19-23. <https://doi.org/10.18196/bce.v1i1.11050>
- [11] Ramadhan, M. N. (2023). *Analisis Tebal Lapis Perkerasan Lentur Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Pada Ruas Jalan Pasar Arba-Sei Durian Kabupaten Tabalong* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Kalimantan MAB). <http://eprints.uniska-bjm.ac.id/id/eprint/15284>
- [12] Sabetu, L. Y. P. P., Utomo, S. H. T., & Suparma, L. B. (2021). *Kemampuan Perkerasan Hasil Rancangan Overlay Terhadap Prediksi Kerusakan Perkerasan Lentur Di Jalan Siliwangi Yogyakarta*. *JurnalTransportasi*, 21(3), 207-218. <http://dx.doi.org/10.12962/j26151847.v6i0.12076>
- [13] Wesli, W., Akbar, S. J., & Irwana, I. (2023). *Studi Komparasi Metode American Association of State Highway*

and Transportation Officials (AASHTO) 1993 dan Metode Bina Marga 2017 Pada Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan. TERAS JURNAL: Jurnal Teknik Sipil, 13(1), 253-262. <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v13i1.891>

- [14] Wicaksono, K. P. (2023). *Studi Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dan AASHTO 1993 pada Jalur Lintas Selatan Lot 7 Tambakrejo-Serang Blitar.* <http://repository.unisma.ac.id/handle/123456789/7200>
- [15] Wuon, O. E., Lamusu, R., Lawodi, Y., Bansambua, E. M., & Abulebu, H. I. (2023). *Perbandingan Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen Dan Bina Marga 2017.* *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 7(1), 58-69. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v7i1.79204>