

Studi Komparasi Metode *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1993* dan Metode Bina Marga 2017 Pada Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan

Wesli¹⁾, Said Jalalul Akbar²⁾, Irwana³⁾

^{1, 2, 3)} Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh

Email: wesli@unimal.ac.id¹⁾, saidjalalul@unimal.ac.id²⁾, irwana2505@gmail.com³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v13i1.891>

(Received: January 2023 / Revised: February 2023 / Accepted: February 2023)

Abstrak

Tebal perkerasan yang diteliti akan dikomparasi antara 2 metode yaitu metode Bina Marga 2017 dan metode AASHTO 1993 dengan tujuan untuk mengetahui besarnya komparasi tebal lapis pekerasan jalan. Hasil dari Metode Bina Marga 2017 menggambarkan bahwa tebal total perkerasan 54,5 cm erupa lapisan permukaan 10 cm terdiri dari lapis AC-WC 4 cm dan lapis AC-BC 6 cm, lapisan pondasi 44,5 cm terdiri dari lapis AC Base 14,5 cm dan lapis pondasi bawah 30 cm. Hasil dari Metode AASHTO 1993 didapat tebal total 83 cm berupa lapisan permukaan 15 cm, lapis pondasi 68 cm terdiri dari lapis pondasi atas 15 cm dan lapis pondasi bawah 53 cm. Lapis perkerasan AASHTO 1993 lebih tebal 65,6% berupa lapis permukaan lebih tebal 66,6%, lapis pondasi lebih tebal 65,4% dari Metode Bina Marga 2017.

Kata Kunci: *Komparasi, metode bina marga 2017, metode aashto 1993, perkerasan lentur, tebal perkerasan*

Abstract

The thickness of the pavement under study will be compared between the 2 methods, namely the 2017 Bina Marga method and the 1993 AASHTO method with the aim of knowing the magnitude of the thickness comparison of road pavement layers. The results of the 2017 Highways Method illustrate that the total pavement thickness is 54.5 cm, with a surface layer of 10 cm consisting of 4 cm AC-WC layer and 6 cm AC-BC layer, 44.5 cm foundation layer consisting of 14.5 AC Base layer. cm and 30 cm subbase layer. The results of the 1993 AASHTO method obtained a total thickness of 83 cm in the form of a 15 cm surface layer, 68 cm foundation layer consisting of 15 cm top layer and 53 cm bottom layer. The 1993 AASHTO pavement layer was 65.6% thicker in the form of a 66.6% thicker surface layer, 65.4% thicker foundation layer than the 2017 Highways Method.

Keywords: *Comparison, 2017 Bina Marga Method, 1993 AASHTO Method, Flexible Pavement, Pavement Thickness*

1. Latar Belakang

Unsur konstruksi jalan yang sangat penting salah satunya adalah perkerasan jalan di mana jalan dimanfaatkan untuk kelancaran transportasi (Forman *et al.*, 2003) dan membuat nyaman serta aman pengguna jalan. Prasarana transportasi

banyak digunakan masyarakat dalam melakukan mobilitas adalah transportasi darat dibandingkan dengan transportasi air dan udara sehingga volume kendaraan yang melewati ruas jalan harus mampu didukung secara teknis (Nahak, Cahyo and Winarto, 2019). Dalam membangun jalan di Indonesia seringkali digunakan perkerasan lentur yang memikul dan menyebarkan beban ke tanah dasar dengan aspal sebagai bahan pengikat (Karyawan, 2023).

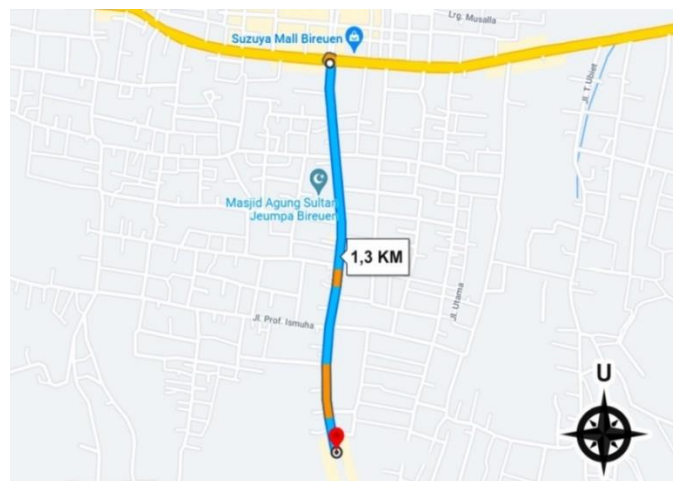
Metoda yang dapat dilakukan dalam merencanakan tebal perkerasan dapat berupa metode dari Indonesia atau metode dari negeri lain yang sudah disesuaikan dengan iklim di Indonesia (Widyatmoko and Sunarjono, 2007). Lokasi penelitian pada ruas jalan Bireuen-Takengon sepanjang 1,3 km mulai dari (sta 0+000 s/d sta 1+300) merupakan jalan Arteri dengan tipe jalan 2 jalur 4 lajur, lebar perkerasan 15,2 m. Metode yang digunakan pada penelitian ini metode Bina Marga 2017 dengan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 1993) (Moerwanto, 2017).

Pada penelitian ini analisis dilakukan berdasarkan Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) dari hasil survei tahun 2022 dan ingin diketahui seberapa besar tebal perkerasan yang dihasilkan juga membandingkan hasil tebal perkerasan antara kedua metode tersebut berdasarkan aturan-aturan yang digunakan antara masing-masing metode.

2. Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan data

Metode pengumpulan data dengan cara observasi lebih menekankan pada pengambilan data di lapangan secara langsung selama tiga minggu untuk mendapatkan lalu lintas harian rata-rata yang maksimal dengan jenis kendaraan yang diamati pada survei berupa kendaraan ringan, kendaraan sedang dan kendaraan berat.



Gambar 1 Lokasi penelitian pada ruas jalan Bireuen-Takengon

Sumber: Google Earth

Data berupa hasil survei jumlah kendaraan selama 3 minggu pada tanggal 23-April-2022 s/d 29-April-2022, 09-Mei-2022 s/d 15-Mei-2022 dan 16-Mei-2022 s/d 22-Mei-2022. Hasil rekapitulasi data seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jumlah kendaraan pada ruas jalan Bireuen-Takengon

Hari	Kendaraan ringan			Kendaraan sedang				Kendaraan berat		
	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c
Senin	3105	415	210	12	9	209	259	83	31	0
Selasa	2903	342	159	14	9	157	271	83	35	0
Rabu	2569	391	189	11	8	165	266	92	30	0
Kamis	2970	436	243	17	4	182	271	71	24	0
Jumat	3101	416	207	11	10	200	256	81	27	0
Sabtu	2675	424	264	18	12	168	195	86	39	0
Minggu	3128	402	219	11	6	224	272	94	27	0
Total	20451	2826	1490	94	59	1304	1789	590	213	0
Rata-rata	2922	404	213	13	8	186	256	84	30	0

2.2 Metode Bina Marga 2017

Metode ini banya digunakan di Indonesia dan sering disebut metode Manual Desain Perkerasan jalan karena sesuai dengan kondisi lingkungannya (Pais, Amorim and Minhoto, 2013). Menurut (Sukirman, 2010) jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu merupakan volume lalu lintas. Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari (Gastaldi *et al.*, 2013).

$$LHR = \frac{\text{jumlah kendaraan selama pengamatan}}{\text{lama waktu pengamatan}} \quad (1)$$

Faktor pertumbuhan lalu lintas dianalisis melalui data pertumbuhan series atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lainnya yang berlaku (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017) (Ara, 2021).

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01} \quad (2)$$

di mana:

R = Komulatif faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan

UR = umur rencana (tahun)

Salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar disebut lajur rencana (Claessen *et al.*, 1977). Komulatif beban gandar standar ekivalen pada tahun pertama (ESA) merupakan beban lalu lintas pada jalur rencana dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL) (Ghanizadeh and Naserlavi, 2022). Menurut (Haikal, Arifin and Putri, 2021) yang dimaksud dengan umur rencana adalah hasil penjumlahan dari tahun awal jalan pertama kali dibuka sebagai lalu lintas kendaraan hingga diperlukan adanya suatu perbaikan baik yang bersifat struktural sampai penambahan lapis perkerasan.

Jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, sumbu lalu lintas ditentukan dengan menggunakan nilai faktor ekivalen beban (VDF) kendaraan niaga (Wijayanto *et al.*, 2021).

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3)$$

di mana:

- ESAL_{TH-1} = kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama
 LHR_{JK} = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari)
 VDF_{JK} = faktor ekivalen beban (*vehicle damage factor*) tiap jenis kendaraan niaga
 365 = jumlah hari dalam satu tahun
 DD = faktor distribusi arah
 DL = faktor distribusi lajur
 R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

2.3 Metode AASHTO 1993

Metode AASHTO 1993 adalah metode yang berasal dari Amerika yang sudah umum digunakan di seluruh dunia dan sudah diadopsi sebagai standar perencanaan diberbagai negara yang pada dasarnya perencanaan metode ini didasarkan pada metode empiris (Mantiri, Sendow and Manoppo, 2019).

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{1094} \right]}{0.40 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 32 \log_{10} Mr - 8.07 \quad (4)$$

di mana:

- W₁₈ = kumulatif beban ganda standar selama umur rencana (ESAL).
 Z_R = deviasi standar normal
 S_o = deviasi standar keseluruhan (prediksi lalu lintas dan kinerja).
 SN = structural number
 ΔPSI = selisih antara P₀ dengan P_t
 P₀ = indeks kemampuan pelayanan awal
 P_t = indeks kemampuan pelayanan akhir
 P_f = indeks permukaan jalan hancur
 Mr = Modulus resilien (psi)

Untuk ESAL didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8,16 kN dan umur rencana volume lalu lintas, faktor distribusi jalur, serta faktor bangakitan lalu lintas (Ojha, 2019).

$$ESAL_n = (ESAL)_0 \times R \times D_D \times D_L \quad (5)$$

di mana:

- D_D = faktor distribusi arah
 D_L = faktor distribusi lajur
 R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas
 ESAL_n = ESAL untuk umur perencanaan
 ESAL₀ = ESAL diawal umur rencana

Angka ekivalen (E) adalah angka yang menunjukkan jumlah lintasan sumbu standar yang menyebabkan kerusakan yang sama untuk satu lintasan sumbu atau kendaraan yang dimaksud dengan tujuan menyatakan akibat beban terhadap struktur perkerasan jalan (Islam *et al.*, 2019).

$$AE = \left[\frac{\text{beban grup gandar}}{\text{beban gandar}} \right]^4 \quad (6)$$

di mana:

- AE = angka ekivalen
53 kn = beban tunggal gandar tunggal

Faktor untuk modifikasi koefisien kekuatan relatif adalah koefisien drainase dan di dalamnya disertakan persamaan indeks tebal perkerasan (ITP) dan bersama koefisien kekuatan relatif (a) serta ketebalan (D) (Murad and Novera, 2019). Menurut (Adachi and Ellingwood, 2009) indeks permukaan (*Serviceability*) adalah tingkat pelayanan oleh sistem perkerasan kemudian dirasakan oleh pengguna jalan. Untuk *serviceability* ini parameter utama yang adalah nilai *present serviceability Index* (PSI). Nilai untuk indeks permukaan (*Serviceability*) merupakan tingkat pelayanan fungsional dari suatu sistem pelayanan jalan nilai yang menjadi penentu (Siegfried, 2007). Reabilitas atau *reability* (R) adalah tingkat dari kepastian pada proses perencanaan dari kemungkinan tingkat pelayanan yang mampu melayani arus lalu lintas selama umur rencana (Saputro, Yudianto and Ma'ruf, 2021). Deviasi standar keseluruhan atau *overall standard deviation* (S_o) adalah sebuah parameter yang digunakan jika adanya variasi input data pada proses dilakukan (El-shaib, El-Badawy and Shawaly, 2017).

Menurut (Firgiansyah, Prihantono and Daryati, 2022) tanah dasar adalah tanah yang diletakkan lapisan struktur perkerasan lainnya, maka mutu dari daya dukung tanah dasar ikut berperan dalam mempengaruhi mutu jalan secara keseluruhan, oleh karena itu perkerasan jalan sangat bergantung pada daya dukung tanah dasar (Amaludin, 2019).

$$M_R = 1500 \times CBR \text{ (psi)} \quad (7)$$

di mana:

- M_R = modulus resilien
CBR = *california bearing ratio*

Koefisien lapisan menyatakan hubungan empiris antara SN dan kemampuan relatif bahan agar berfungsi sebagai komponen struktur perkerasan jalan (A. AASHTO, 1993).

$$a_2 = 0,249 (\log E_{BS}) - 0,0977 \quad (8)$$

$$a_3 = 0,227 (\log E_{SB}) - 0,839 \quad (9)$$

di mana:

- a_2, a_3 = koefisien relatif pondasi
 E_{BS}, E_{SB} = modulus elastisitas lapis pondasi

Menurut (Shakhan, Topal and Şengöz, no date) *structural number* (SN) merupakan fungsi dari ketebalan lapisan, koefisien relatif lapisan (*layer coefficients*), dan koefisien drainase (*drainage coefficient*).

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

di mana:

- SN = nilai *structural number*
 a_1, a_2, a_3 = koefisien relatif masing-masing lapisan
 D_1, D_2, D_3 = tebal masing-masing lapisan perkerasan
 m_1, m_2, m_3 = koefisien drainase masing-masing lapisan

3. Hasil dan Pembahasan

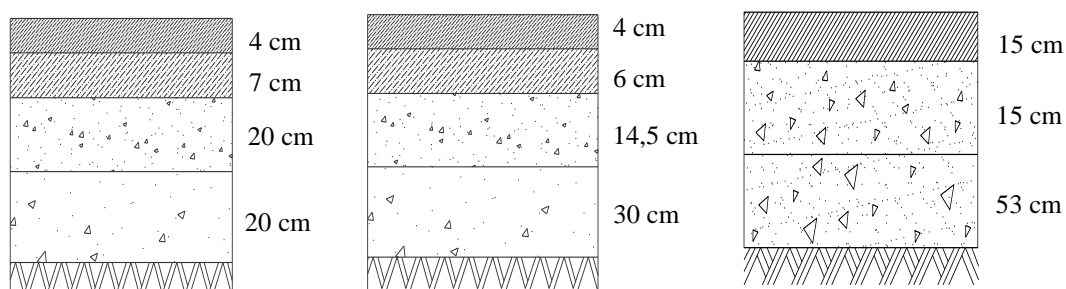
3.1 Hasil Penelitian

Hasil perencanaan dengan metode Bina Marga 2017 di mana perencanaan awal Existing diperlihatkan pada Gambar 4.2 (a), sementara metode Bina Marga 2017 hasil survei diperlihatkan pada Gambar 4.2 (b) dan Gambar 4.2 (c) untuk metode AASHTO 1993. Menurut (Saputra, Rokhmawati and Rahmawati, 2022) metode Bina Marga 2017 berdasarkan hasil existing dengan tebal permukaan 11 cm, lapis pondasi sebesar 40 cm sehingga total tebal perkerasan sebesar 51 cm,

Metode Bina Marga 2017 berdasarkan hasil Survei dengan tebal permukaan 10 cm, lapis pondasi sebesar 44,5 cm sehingga total tebal perkerasan sebesar 54,5 cm (Nugroho, 2022), sedangkan metode AASHTO 1993 dengan tebal lapis permukaan sebesar 15 cm dan lapis pondasi sebesar 68 cm sehingga tebal total perkerasan sebesar 83 cm (Gerardo *et al.*, 2019), Metode Bina Marga 2017 dengan perencanaan awal mempunyai hasil permukaan lebih tebal 90,9 % dibandingkan dengan hasil survei 2022, Pada lapis pondasi metode Bina Marga 2017 survei 2022 lebih tebal 89,8% dari pada Existing dan pada hasil keseluruhan metode Bina Marga 2017 survei 2022 lebih tebal 93,5% dari pada Existing.

Pada metode AASHTO 1993 memiliki ketebalan lapis permukaan 66,6% lebih besar dari pada metode Bina Marga 2017. Pada lapis pondasi metode AASHTO 1993 dengan ketebalan 65,4% lebih tebal dari metode Bina Marga 2017 dan dengan perbandingan secara keseluruhan lapisan perkerasan yang dihasilkan metode AASHTO 1993 lebih tebal 65,6% dari pada metode Bina Marga 2017. Berdasarkan Tabel 4.7 dengan menggunakan data perencanaan yang sama untuk kedua metode mendapat tebal lapis perkerasan yang berbeda, hal ini dikarenakan antara metode tersebut terdapat perbedaan beberapa parameter yang digunakan. Metode yang sama digunakan juga terdapat perbedaan hasil oleh karena itu dari hasil ketiga metode tersebut perencanaan lama sudah dapat digunakan pada ruas jalan tersebut (Adi and Susilo, 2019).

Hasil tebal perkerasan antara existing, penelitian dan referensi penelitian terdahulu diperoleh ketebalan yang berbeda dikarenakan beban yang diterima pada jalan berbeda, CBR terhadap tanah dasar yang berbeda dari dari masing-masing lokasi penelitian. Metode Bina Marga 2017 antara hasil dan penelitian terdahulu diperoleh hasil yang lebih tipis dari metode AASHTO 1993 baik dari lapisan permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (Mawaddah, 2021).



Gambar 2 Hasil tebal perkerasan (a) Bina Marga 2017 existing, (b) Bina Marga 2017 hasil penelitian, (c) AASHTO 1993

Berdasarkan hasil tebal perkerasan jalan lentur yang didapat antara metode AASHTO 1993 dan metode Bina Marga 2017 menghasilkan ketebalan yang

berbeda. Perbandingan ketebalan antara existing dan ketebalan hasil penelitian metode Bina Marga 2017 dengan hasil metode AASHTO 1993 diperlihatkan pada Gambar 2.

3.2 Persamaan dan perbedaan parameter

Tebal perkerasan lentur hingga memperoleh hasil tentunya menggunakan parameter-parameter tertentu yang terdapat pada metode Bina Marga 2017 dan metode AASHTO 1993.

Dari pada parameter ditentukan berdasarkan syarat masing-masing metode. Metode Bina Marga 2017 prosedur perencanaan untuk parameter lalu lintas berdasarkan pada kumulatif beban sumbu ekivalen (ESA5) selama umur rencana digunakan ESA pangkat 5 untuk perkerasan lentur (kaitannya dengan faktor kelelahan aspal beton dalam desain perkerasan dengan pendekatan empiris) (Anugrah, 2022). Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana (CESAL) yang menentukan hasil akhir dari tebal perkerasan jalan. Sedangkan metode AASHTO 1993 untuk ESAL ini didasarkan pada konversi lalu lintas yang lewat terhadap beban gandar standar 8,16 kN dan mempertimbangkan umur rencana, volume lalu lintas, faktor distribusi lajur, dan faktor pertumbuhan lalu (Mawaddah, 2021). Menurut (Ojha, 2019) pada metode AASHTO 1993 ESAL terdapat nilai faktor distribusi lajur. Jumlah beban ekivalen yang dihitung menunjukkan jumlah beban untuk semua lajur dari kedua arah.

Pada pertumbuhan lalu lintas antara kedua metode tersebut melakukan proyeksi selama umur rencana digunakan untuk umur rencana jalan selama 20 tahun dengan data lalu lintas berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada tahun perencanaan. Serta pada parameter input kedua metode tersebut menggunakan data yang sama.

Metode AASHTO 1993 (Ghanizadeh and Naseralavi, 2022) konsep rehabilitas ini yang digunakan bergantung pada volume lalu lintas, klasifikasi jalan yang direncanakan. pada kinerja perkerasan dapat dinyatakan dengan indeks permukaan (*serviceability*). Indeks permukaan pada awal umur rencana (P_o) dan indeks permukaan pada akhir umur rencana (P_t) juga terdapat satu lagi nilai yang diberikan untuk jalan yang sudah rusak dan sudah tidak bisa untuk dilewati (ΔPSI). Koefisien kekuatan relatif (a) diperoleh berdasarkan bahan perkerasan atau material yang digunakan pada masing-masing lapisan perkerasan. Penggunaan nilai CBR diperlukan dalam penentuan jenis pondasi dan kekuatan dari lapis perkerasan. CBR tanah dasar digunakan untuk menghitung tebal lapis pondasi bawah, CBR pada lapis pondasi bawah digunakan untuk menghitung tebal lapis perkerasan pada lapis pondasi atas, sedangkan nilai CBR pada lapis pondasi atas digunakan untuk menghitung tebal lapisan permukaan jalan (Abdollahi *et al.*, 2022).

Metode AASHTO 1993 dalam menentukan indeks tebal perkerasan atau *Structural Number* digunakan parameter modulus elastisitas tanah yang diperoleh sebesar 3000 psi, selain modulus elastisitas pada *Structur Number* (SN) yang didalam SN tersebut terdapat koefisien drainase yang dapat mempengaruhi hasil ketebalan antara tiap lapisan, sedangkan pada metode Bina Marga 2017 untuk parameter drainase dilakukan secara terpisah tidak mempengaruhi dalam menentukan tebal lapisan perkerasan (Supriatna and Handayasari, 2019)

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa tebal lapis perkerasan metode AASHTO 1993 diperoleh 15 cm tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas 15 cm dan lapis pondasi bawah 53 cm, sehingga tebal perkerasan total 83 cm. Metode Bina Marga 2017 diperoleh 10 cm lapis permukaan, lapis ac base 14,5 cm dan lapis pondasi bawah 30 cm, sehingga tebal keseluruhan 54,5 cm. Komparasi masing-masing metode diperoleh persentase untuk lapis permukaan 66,6% lebih tebal DARI metode AASHTO 1993, lapis pondasi 65,4% lebih tebal DARI metode AASHTO 1993 dan perkerasan total 65,6% lebih tebal metode AASHTO 1993 maka perencanaan tebal perkerasan jalan metode Bina Marga 2017 dengan hasil yang tidak terlalu tebal sudah tepat untuk digunakan di Indonesia.

4.2 Saran

Dari kesimpulan yang telah disebutkan diatas dan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran yaitu Perlu dilanjutkannya penelitian mengenai perencanaan perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1993 untuk kesesuaiannya di Indonesia. Untuk penelitian selanjutnya dicoba dengan metode AUSTRROAD, *asphalt institute*, analisa komponen, akan mengetahui lebih luas metode-metode perencanaan ketebalan jalan perkerasan lentur.

Daftar Kepustakaan

- AASHTO (1993) *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993*. Aashto.
- AASHTO, A. (1993) *Guide For Design Of Pavement Structures*. American Association Of State Highway And Transportation Officials.
- Abdollahi, S.F. *et al.* (2022) ‘AASHTO 1993 Plus: an alternative procedure for the calculation of structural asphalt layer coefficients’, *International Journal of Pavement Engineering*, pp. 1–10.
- Adachi, T. and Ellingwood, B.R. (2009) ‘Serviceability assessment of a municipal water system under spatially correlated seismic intensities’, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 24(4), pp. 237–248.
- Adi, Y.C. and Susilo, D. (2019) *Analisis Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen Dan Metode Manual Desain Perkerasan (Mdp) Studi Kasus: Ruas Jalan Imogiri-Mangunan Kabupaten Bantul Analysis Of Flexible Pavement Thickness Planning Using Component Analysis And Pavement Design Manual (Mdp) Methods Case Study: Jalan Imogiri-Mangunan Bantul Regency*. PhD Thesis. University Technology Yogyakarta.
- Amaludin, A.H. (2019) ‘Analisis Perbandingan Tebal Perkerasan Lentur Antara Metode Aashto 1993 Dengan Metode Manual Desain Perkerasan 2017’.

- Anugrah, M.R. (2022) 'Comparative Analysis Of Flexible Pavement Structure Design With Viscoelastic And Elastic Approach On The Sta 10+ 500–Sta 11+ 000 Of Sentolo-Nanggulan-Dekso Road'.
- Ara, W. (2021) *Studi Komparasi Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur dengan Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 dan Metode Aashto 1993 Jalan Kedah–Kong Bur Sta 0+ 000–2+ 000*. PhD Thesis.
- Claessen, A.I.M. *et al.* (1977) 'Asphalt pavement design–the shell method', in *Volume I of proceedings of 4th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor, Michigan, August 22-26, 1977*.
- El-shaib, M.A., El-Badawy, S.M. and Shawaly, E.-S.A. (2017) 'Comparison of AASHTO 1993 and MEPDG considering the Egyptian climatic conditions', *Innovative Infrastructure Solutions*, 2(1), pp. 1–9.
- Firgiansyah, E., Prihantono, P. and Daryati, D. (2022) 'Comparative Study Of Rigid Pavement Planning Using Bina Marga 2017 And AASHTO 1993 Methods', *Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil*, 11(1), pp. 78–91.
- Forman, R.T. *et al.* (2003) *Road ecology: science and solutions*. Island press.
- Gastaldi, M. *et al.* (2013) 'Annual average daily traffic estimation from seasonal traffic counts', *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 87, pp. 279–291.
- Gerardo, F. *et al.* (2019) 'Comparison analysis of overlay thickness using the AASHTO 1993 method and the everseries program', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, p. 012070.
- Ghanizadeh, A.R. and Naseralavi, S.S. (2022) 'An Explicit Formulation for Estimation of Structural Number (SN) of Flexible Pavements in 1993 AASHTO Design Guide using Response Surface Methodology (RSM)', *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 6(2), pp. 35–50.
- Haikal, M.F., Arifin, A.Z. and Putri, W.N. (2021) 'Studi Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga MDPJ 2017 (Pada Proyek Ruas Jalan Balige By Pass) M Fihkri Haikal¹, Abdul Ziray Arifin², Wirdatun Nafiah Putri³', *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP) 2021*, 2(1), pp. 322–329.
- Islam, S. *et al.* (2019) 'Implementation of AASHTOWare Pavement ME Design Software for Asphalt Pavements in Kansas', *Transportation Research Record*, 2673(4), pp. 490–499.
- Karyawan, I.D.M.A. (2023) 'Review on the Rigid Pavement Design for the Tanamori Road in the Labuan Bajo Resort Area of West Manggarai in East Nusa Tenggara Province–Indonesia'.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga (2017) *Manual Desain Perkerasan Jalan*.
- Mantiri, C.C., Sendow, T.K. and Manoppo, M.R. (2019) 'Analisa Tebal Perkerasan Lentur Jalan Baru dengan Metode Bina Marga 2017 Dibandingkan Metode AASHTO 1993', *Jurnal Sipil Statik*, 7(10).
- Mawaddah, A.U. (2021) 'Kajian Komparasi Persiapan Tebal Lapisan Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 Dan Metode Aashto 1993 Jalan Kedah–Kong Bur Sta 2+ 000–4+ 000', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 1(4).
- Moerwanto, A. setiadi (2017) *Manual perkerasan jalan*. Jakarta selatan.

- Murad, W. and Novera, M. (2019) 'Desain Perkerasan Lentur Berdasarkan Metode Bina Marga Ruas Jalan Simpang Seling–Muara Jernih Kabupaten Merangin', *Jurnal Talenta Sipil*, 2(1), pp. 16–23.
- Nahak, P.R., Cahyo, Y. and Winarto, S. (2019) 'Studi Perencanaan Tebal Perkerasan Konstruksi Jalan Raya (Menggunakan Metode Bina Marga) Pada Ruas Jalan Umasukaer Di Kabupaten Malaka', *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), pp. 75–85.
- Nugroho, D.S. (2022) 'Evaluation Of Flexible Pavement Structure Design Using Mechanistic-Empirical Methods With Bina Marga 2017 And Kenpave Program With On The Sentolo-Nanggulan-Dekso Road Section Sta 3+ 635–Sta 6+ 750'.
- Ojha, K.N. (2019) 'Flexible Pavement Thickness (A Comparative Study Between Standard and Overloading Condition)', *American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 58(1), pp. 159–181.
- Pais, J.C., Amorim, S.I. and Minhoto, M.J. (2013) 'Impact of traffic overload on road pavement performance', *Journal of transportation Engineering*, 139(9), pp. 873–879.
- Saputra, K.W.A., Rokhmawati, A. and Rahmawati, A. (2022) 'Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Jalur Lintas Selatan (Jls) Lot9 Kabupaten Malang', *Jurnal Rekayasa Sipil (e-journal)*, 12(1), pp. 80–92.
- Saputro, W.T., Yudianto, E.A. and Ma'ruf, A. (2021) 'Studi Perbandingan Metode Bina Marga 2017 Dan AASHTO 1993', *Student Journal Gelagar*, 3(1), pp. 166–173.
- Shakhan, M.R., Topal, A. and Şengöz, B. (no date) 'Comparative Study Between Turkish Flexible Pavement Design Guide and Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG)'.
- Siegfried, S.A.P. (2007) 'Deskripsi Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Metode AASHTO 1993', p. 6.
- sukirman, silvia (2010) *perencanaan struktur perkerasan lentur*. bandung: Nova.
- Supriatna, L. and Handayasari, I. (2019) *Perbandingan Alternatif Desain Tebal Perkerasan Jalan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga dan AASHTO (Studi Kasus Proyek Jalan Tol Cengkareng-Batu Ceper-Kunciran Sta 26+ 300 Sampai Dengan 26+ 700)*. PhD Thesis. Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Widyatmoko, I. and Sunarjono, S. (2007) 'Some considerations to implement foamed bitumen technology for road construction in Indonesia', in *The 1st International Conference of European Asian Civil Engineering Forum (EACEF) at Universitas Pelita Harapan*, pp. 26–27.
- Wijayanto, M.A. et al. (2021) 'Analisa Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode AASHTO 1993 Dan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2017 Pada Ruas Jalan Bandungsari-Salem Kabupaten Brebes Jawa Tengah STA 1+ 750–8+ 500', *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), pp. 128–138.