

**ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN DAN RESPON STRUKTURAL PERKERASAN LENTUR
BERDASARKAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993**

***COMPARATIVE ANALYSIS OF FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN AND STRUCTURAL RESPONSE
BASED ON BINA MARGA 2017 AND AASHTO 1993 METHODS***

Ayu Rizka Anggraini^{*1}, Emil Padila², Ardystia Maha Sari³, Faizatus Sholikhah⁴

^{1,2,3}Dosen, Program Studi Transportasi, Sekolah Tinggi Maritim Yogyakarta

⁴Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Majapahit

Korespondensi: ayurizkaa@gmail.com

ABSTRAK

Pemerintah Indonesia perlu mendukung pembangunan jalan untuk menjamin keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi ekonomi masyarakat. Penelitian ini merencanakan tebal perkerasan lentur pada Jalan Kolektor Primer 1 ruas Betungan–Padang Serai, Kota Bengkulu sepanjang 5,41 km, menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan membandingkannya dengan Metode AASHTO 1993. Data primer diperoleh dari pengamatan langsung kondisi jalan, sedangkan data sekunder berasal dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Bengkulu dan Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Bengkulu. Hasil perencanaan dengan Metode Bina Marga 2017 menunjukkan tebal lapisan AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 16 cm, dan lapisan pondasi agregat kelas A 30 cm. Sementara itu, Metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal lapisan Laston-MS 15 cm, agregat kelas A 15 cm, dan pondasi bawah kerikil kelas A 15 cm. Analisis mekanistik menggunakan KENPAVE menunjukkan tegangan dan regangan pada desain AASHTO 1993 lebih tinggi dibandingkan Metode Bina Marga 2017, sehingga desain AASHTO lebih konservatif. Berdasarkan pendekatan Asphalt Institute, desain Bina Marga 2017 memiliki umur kelelahan dan ketahanan deformasi lebih tinggi, sehingga dinilai lebih efisien dan sesuai untuk kondisi material serta lalu lintas di Kota Bengkulu.

Kata Kunci: AASHTO 1993, Bina Marga 2017, *Flexible Pavement*, Tebal Perkerasan, KENPAVE

ABSTRACT

The Indonesian government must support road development to ensure public safety, comfort, and economic efficiency. This study designs the flexible pavement thickness for the Primary Collector Road 1 section of Betungan–Padang Serai, Bengkulu City, with a total length of 5.41 km, using the Bina Marga 2017 Method and compares it with the AASHTO 1993 Method. Primary data were obtained through direct field observations, while secondary data were collected from the Bengkulu National Road Implementation Agency and the National Road Planning and Supervision Work Unit of Bengkulu Province. The pavement design based on the Bina Marga 2017 Method resulted in a thickness of 4 cm for AC-WC, 6 cm for AC-BC, 16 cm for AC-Base, and 30 cm for Class A aggregate base. Meanwhile, the AASHTO 1993 Method produced a pavement structure consisting of a 15 cm Laston-MS surface layer, a 15 cm crushed stone Class A base layer, and a 15 cm Class A gravel subbase. Mechanistic analysis using KENPAVE indicates that the stress and strain values from the AASHTO 1993 design are higher than those from the Bina Marga 2017 design, suggesting that the AASHTO design is more conservative. Based on the Asphalt Institute approach, the Bina Marga 2017 design demonstrates higher fatigue life and deformation resistance, making it more efficient and better suited to the material and traffic conditions in Bengkulu City.

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

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini di Indonesia terutama pada bidang infrastruktur transportasi, mendukung banyaknya aktivitas pada sektor ekonomi, sosial, lingkungan, politik, keamanan dan akses mobilitas (Mahfuda dkk., 2025). RTRW Kota Bengkulu 2021–2041 memasukkan rute Betungan ke Padang Serai ke dalam jaringan rute nasional kota sesuai Perda No. 4 Tahun 2021. Jalan ini juga tergolong sebagai bagian dari Jalan Kolektor Primer 1 dan merupakan jenis perkerasan lentur. Perkerasan dibedakan menjadi 3 yaitu perkerasan lentur, kaku dan komposit (Tannia & Arif, 2019).

Perkerasan lentur memiliki sifat memikul dan menyebarkan beban roda kendaraan ke tanah (Wijaya dkk., 2020). Ruas jalan Betungan-Padang Serai termasuk *database* prioritas 2 dalam data kaki detail internal Direktorat Keterpaduan Sistem Jaringan Jalan (KPSJ) Rencana Strategis Revisi 13. Ruas jalan ini banyak digunakan untuk pengiriman batu bara dan minyak sawit ke Pelabuhan Pulau Baai. Sekitar 35 km dari 97,98 km jalan di PPK 2.1 tidak memenuhi standar nasional dan 8 km mengalami kerusakan serius dan parah. Kondisi jalan yang baik akan mendukung kelancaran dan mobilitas dari aktivitas manusia setiap harinya (Prayudyanto dkk., 2023). Pentingnya penanganan yang efektif terhadap pekerjaan preservasi (segmen panjang) disoroti, termasuk dalam bentuk rekonstruksi, perbaikan mayor, dan minor.

Oleh karena itu, diperlukan analisis ketebalan perkerasan jalan eksisting dari berbagai metode dan pendekatan agar dapat memberikan opsi pedoman untuk solusi permasalahan kemandirian jalan nasional wilayah Kota Bengkulu di ruas Betungan-Padang Serai. Perkerasan jalan ruas Betungan-Padang Serai menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dibandingkan dengan standar AASHTO 1993 untuk menahan beban lalu lintas selama umur desainnya.

Penelitian sebelumnya menggunakan AASHTO 1993 dan Metode Bina Marga 2017. Menurut Mantiri dkk., (2019), CBR tanah dasar (6%–40%) dan beban gandar kendaraan (1.000.000–25.000.000 ESAL) bervariasi. Analisis menunjukkan bahwa Metode AASHTO 1993 menghasilkan lapisan atas yang lebih tebal pada *Granular Treated Base* dan *Cement Treated Base* dibandingkan Metode Bina Marga 2017. Farida &

Noer Hakim, (2021) menemukan bahwa penebalan perkerasan dengan Metode AASHTO 1993 lebih banyak dibanding Metode Manual Pengaspalan Jalan 2017 efisien untuk desain ketebalan perkerasan jalan.

TINJAUAN PUSTAKA

Material Perkerasan Jalan

Aspek terpenting dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan salah satunya adalah pemilihan material yang digunakan sebagai bahan penyusun perkerasan. Pemilihan material ini sangat krusial karena berpengaruh langsung terhadap kualitas perkerasan yang akan dibangun. Oleh karena itu, perlu mempertimbangkan aspek ekonomi, keawetan, kemudahan pelaksanaan, serta persyaratan teknis dari struktur (Mamlouk & Zaniewski, 2018).

Pada perkerasan lentur, perhatian utama diberikan pada komposisi lapisan permukaan, lapisan fondasi atas, dan lapisan fondasi bawah, yang umumnya tersusun dari agregat batuan. Oleh sebab itu, pemilihan agregat harus disesuaikan dengan spesifikasi teknis yang berlaku guna menjamin mutu dan kinerja perkerasan (Bina Marga, 2018).

Secara keseluruhan, pemilihan material yang tepat dan pengendalian kualitas agregat merupakan kunci untuk menghasilkan perkerasan lentur yang kuat, tahan lama, dan efektif (Huang, 2004).

Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar ialah lapisan untuk sub-base, base, dan perkerasan. Agar konstruksi perkerasan di atasnya dapat bertahan lama, tanah dasar harus stabil (Yoder & M. W. Witczak, 1975). Secara umum, tanah dasar atau tanah asli merupakan lapisan permukaan tanah sebelum penggalian, penimbunan, atau penempatan struktur jalan. Berdasarkan posisi elevasi muka tanah, lapisan tanah dasar dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis (Bina Marga, 2018).

1. Lapis Tanah Dasar Asli

Merupakan permukaan tanah asli di area yang akan dibangun jalan dan tidak mengalami perubahan atau modifikasi.

2. Lapis Tanah Dasar Timbunan

Merupakan lapisan tanah digunakan untuk menutupi muka tanah asli, baik untuk memperbaiki kualitas tanah dasar maupun

menaikkan elevasi sesuai kebutuhan desain perkerasan.

3. Lapis Tanah Dasar Galian

Merupakan lapis tanah dibagian permukaan tanah asli, hasil dari kegiatan penggalian.

Pemadatan tanah dasar dilakukan untuk memastikan kekuatan dan stabilitasnya dalam mendukung beban dari lapisan perkerasan. Tanah dasar yang dipadatkan dengan baik mampu menyebarkan beban secara merata ke lapisan tanah yang berada di bawahnya dan mencegah deformasi yang berlebihan (Asphalt Institute, 2014).

Oleh karena itu, pemilihan, pengujian, dan pengolahan tanah dasar merupakan tahap penting dalam konstruksi jalan demi mencapai umur layanan dan stabilitas struktural yang optimal.

Lapis Fondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan fondasi, juga dikenal sebagai *subbase*, merupakan lapisan struktur yang berada tepat di atas tanah dasar (*subgrade*) namun terletak di bawah lapisan fondasi (Yoder & M. W. Witczak, 1975). Material yang digunakan untuk lapis fondasi bawah biasanya memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan dengan lapis fondasi atas, tetapi tetap lebih baik daripada tanah dasar. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari lapis fondasi bawah:

1. Menyebarkan beban kendaraan
2. Efisiensi material
3. Lapis peresap berfungsi untuk mencegah penumpukan air tanah pada lapisan fondasi.
4. Lapis awal yang mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan konstruksi.
5. Lapis penyaring, berfungsi untuk menahan partikel dari tanah ke lapis fondasi, menjaga integritas dan stabilitas struktur perkerasan.

Lapis Fondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan ini adalah elemen kritis pada konstruksi lapisan perkerasan jalan. Oleh karena itu pemilihan material yang tepat sangat penting. Agregat yang digunakan harus memiliki sifat fisik yang baik, seperti ketahanan terhadap abrasi dan kekuatan tekan tinggi, untuk memastikan lapisan ini dapat menahan beban lalu lintas berat dalam jangka waktu yang lama (Mamlouk & Zaniewski, 2018). Berikut adalah beberapa fungsi utama dari lapis fondasi atas:

1. Penahan dan Distribusi Beban
Sebagai bagian dari struktur perkerasan, lapis

fondasi atas berfungsi untuk menahan dan mendistribusikan gaya vertikal yang dihasilkan oleh beban kendaraan ke lapisan di bawahnya.

2. Lapisan Peresap

Selain berfungsi sebagai penahan beban, lapis fondasi atas juga berperan sebagai lapisan peresap yang membantu mengalirkan air keluar dari struktur perkerasan, mengurangi risiko kerusakan akibat akumulasi air.

3. Bantalan untuk Lapis Permukaan

Lapis fondasi atas berperan sebagai bantalan atau penyangga untuk lapis permukaan, memastikan permukaan jalan tetap rata dan stabil, serta meningkatkan kenyamanan dan keamanan berkendara.

Lapis Permukaan (*surface course*)

Dalam struktur perkerasan lentur, lapisan permukaan yang terbuat dari aspal dapat dibedakan menjadi beberapa bagian. Biasanya, lapisan-lapisan ini, dari atas ke bawah, terbagi menjadi tiga bagian. Setiap bagian memiliki fungsi dan karakteristik tersendiri untuk mendukung keseluruhan struktur perkerasan, memastikan kestabilan dan ketahanan jalan terhadap beban dan kondisi lingkungan (Bina Marga, 2018).

1. *Seal coat*

Seal coat merupakan lapisan yang bertujuan untuk perawatan aspal. Lapisan ini umumnya dipakai untuk pemeliharaan lapisan permukaan dan diaplikasikan di atas lapis aus, memiliki tebal kurang dari ½ inci dan berfungsi untuk melindungi perkerasan dari penetrasi air. Fungsi lainnya adalah untuk meningkatkan tekstur permukaan lapis aus aspal untuk menambah kekesatan (*skid resistance*). Material penyusun lapisan *seal coat* ini terbuat dari campuran pasir halus dan emulsi aspal berbasis air, yang juga dikenal sebagai *slurry seal*.

2. Lapis Aus (*Wearing Course*)

Wearing course atau lapis aus berfungsi sebagai lapisan terluar dalam perkerasan jalan apabila penggunaan lapisan *seal coat* tidak diaplikasikan ketika proses konstruksi jalan. Umumnya, lapisan ini menggunakan campuran beton aspal dengan gradasi padat dan berperan sebagai lapisan kedap air dengan tahanan gelincir yang baik serta memiliki ketahanan terhadap terbentuknya alur akibat beban dari roda kendaraan dan mempunyai kehalusan permukaan.

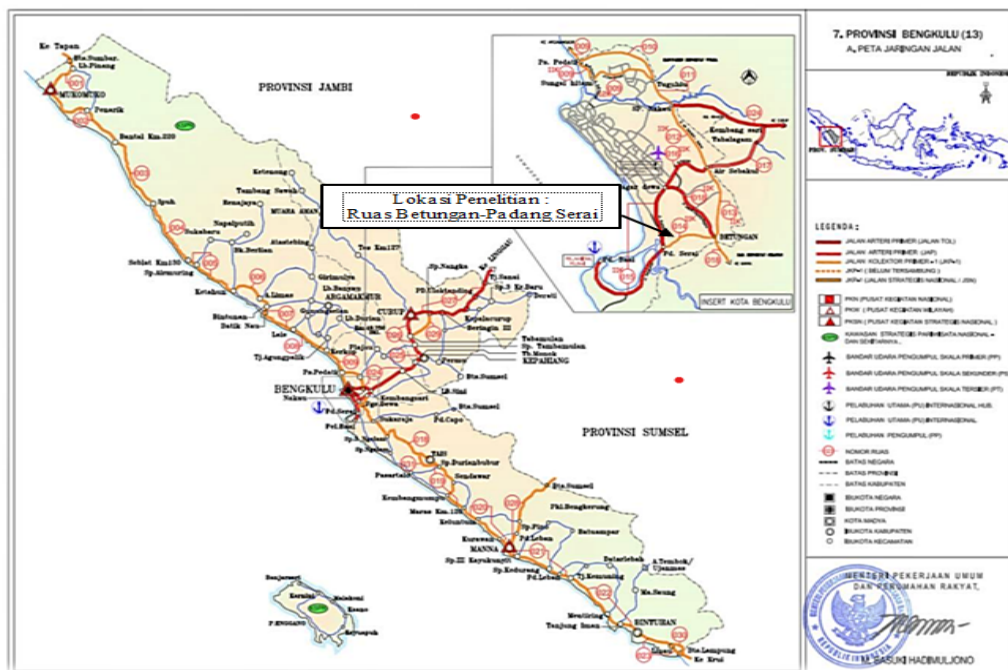
3. Lapis Pengikat (*Binder Course*)

Lapisan pengikat, sering disebut lapisan pondasi aspal, merupakan campuran aspal panas yang mendasari lapisan aus. Lapisan ini berfungsi sebagai penghubung antara lapis aus dan lapisan di bawahnya serta dapat berperan sebagai bagian dari struktur aspal berlapis tebal, terutama jika dipertimbangkan dari segi efisiensi dan penghematan dalam pelaksanaan konstruksi.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Jalan Kolektor Primer 1, yang merupakan ruas jalan Betungan-Padang Serai di Kota Bengkulu. Jalan Kolektor Primer 1 ini merupakan jalur penting yang menghubungkan berbagai kawasan di Kota Bengkulu, sehingga memiliki peran strategis dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang. Jalan ini dikategorikan sebagai Jalan Nasional dan memiliki panjang 5,41 kilometer, dengan dua lajur dan lebar penampang mencapai 14 meter.



Gambar 1. Peta Jalan Nasional Provinsi Bengkulu

Data Penelitian

Data penelitian ini ialah data primer maupun sekunder. Data primer didapatkan dari pengamatan langsung pada kondisi eksisting jalan ruas Betungan – Padang Serai. Sedangkan data sekunder didapat dari Balai Pelaksana Jalan Nasional Bengkulu maupun kantor Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Bengkulu.

Tahapan Penelitian

Metode Bina Marga 2017

Prosedur analisis ketebalan perkerasan lentur menurut Metode Bina Marga 2017

mencakup tahapan-tahapan berikut.

1. Menentukan umur rencana
Menentukan pada perkerasan lentur dari tabel umur rencana, yang berkisar antara 10–20 tahun dengan memperhatikan fungsi jalan, volume lalu lintas, serta nilai ekonomis yang dimilikinya.
2. Menghitung faktor pertumbuhan lalu lintas kumulatif
Faktor untuk perkiraan pertambahan lalu lintas sepanjang periode umur rencana.

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

dengan :

R = total pertumbuhan

i = laju pertumbuhan

UR = masa umur rencana

3. Menentukan dan menetapkan faktor distribusi lajur rencana

Menetapkan nilai aspek ini ditentukan berdasarkan total lajur tiap arah, mengacu tabel yang menyajikan besaran DL sesuai jumlah lajur tersebut.

4. Memperkirakan nilai *Vehicle Damage Factor* (VDF)

Tabel standar VDF menurut Bina Marga tahun 2017 digunakan sebagai acuan untuk menetapkan nilai VDF bagi tiap jenis kendaraan niaga kemudian menghitung beban sumbu standar kumulatif (CESAL).

5. Menghitung kumulatif beban sumbu standar

Memakai nilai VDF tiap kendaraan niaga.

$$ESATH-1 = (\Sigma LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2)$$

dengan :

$ESATH-1$: Total lintasan ekuivalen beban sumbu

LHR_{JK} : Jumlah rerata harian kendaraan niaga yang melintas

VDF_{JK} : Faktor ekuivalen beban

DD : Koefisien distribusi lalu lintas berdasarkan arah

DL : Koefisien distribusi lalu lintas di jalur

$CESAL$: Akumulasi total beban ekuivalen sumbu standa

R : Nilai pengali pertumbuhan

Mendesain Struktur Perkerasan Jalan

Metode AASHTO 1993

Tahapan analisis ketebalan ini lentur berdasarkan metode perencanaan AASHTO 1993 sebagai berikut.

1. Analisis Lalu Lintas

Dalam Metode AASHTO 1993, analisis lalu lintas meliputi perhitungan volume kendaraan, Faktor Distribusi Terarah (DD), yang biasanya 0,3 hingga 0,7, dan Faktor Distribusi Jalur (DL), parameter pembagian lalu lintas per jalur.

2. Menghitung Indeks Kemampuan Pelayanan Akhir (Pt)

AASHTO (1993) memberikan panduan minimum nilai pelayanan akhir. Nilai yang disarankan oleh AASHTO (1993) adalah sebagai berikut:

- a. Jalan raya utama, nilai Pt digunakan sebesar 2,5 hingga 3,0.

- b. Jalan raya volume lalu lintas yang rendah, nilai Pt ditetapkan sebesar 2,0.

- c. Jalan raya pada relatif minor, nilai Pt sebesar 1,5 digunakan.

3. Menghitung Indeks Kemampuan Pelayanan Awal (Po)

AASHTO (1993) merekomendasikan nilai awal tingkat pelayanan (Po) untuk perkerasan lentur atau perkerasan aspal ditetapkan sebesar 4,2.

4. Menghitung penurunan total tingkat pelayanan (*total loss of serviceability*)

Penurunan total tingkat pelayanan dihitung memakai Persamaan 3.

$$(\Delta PSI) = Po - Pt \quad (3)$$

Pada perkerasan lentur volume lalu lintas yang tinggi, penurunan total kualitas pelayanan (ΔPSI) dihitung sebagai perbedaan antara indeks kualitas awal (Po) dan indeks kualitas akhir (Pt), untuk perkerasan lentur pada jalan utama, $\Delta PSI = 4,2 - 2,5 = 1,7$. Sementara itu, untuk perkerasan lentur volume lalu lintas rendah, $\Delta PSI = 4,2 - 2,0 = 2,2$.

5. Menentukan Nilai Reliabilitas (R) dan Deviasi Standar Normal (ZR)

Nilai R diantara 50% hingga 99,99% dan mencerminkan kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian antara nilai parameter desain yang digunakan dengan hasil yang sebenarnya. Makin tinggi reliabilitasnya, sejalan dengan rancangan.

6. Menentukan Nilai Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Menurut rekomendasi AASHTO (1993), nilai standar deviasi (So) untuk perkerasan lentur ditetapkan sebesar 0,45.

7. Menentukan Nilai Koefisien Lapisan (*layer coefficient*)

- a. Menaksir nilai pada grafik koefisien relatif untuk lapis permukaan aspal (a1)

- b. Menaksir nilai pada grafik koefisien relatif lapis fondasi atas (a2)

- c. Menaksir nilai pada grafik koefisien relatif lapis fondasi bawah (a3)

8. Menetapkan Kualitas Drainase

Pada perencanaan metode AASHTO 1993 dengan informasi mengenai drainase, karena faktor ini berpengaruh terhadap kekuatan lapis fondasi atas maupun lapis fondasi bawah.

9. Menghitung Koefisien Drainase (mi)

Penetapan koefisien drainase (mi) didasarkan pada kualitas sistem drainase serta jumlah hari hujan efektif tahunan berpengaruh terhadap kinerja perkerasan. Untuk menentukan persentase hari hujan efektif tahunan yang memengaruhi perkerasan (P), diperlukan

perhitungan terhadap faktor air hujan yang dapat mencapai dan memengaruhi lapisan fondasi jalan (WL).

10. Menghitung Angka Struktural

Nilai ini berfungsi menentukan ketebalan tiap lapisan perkerasan. Ketebalan tersebut memakai Persamaan 4.

$$SN = a_1.D_1 + a_2.D_2.m_2 + a_3.D_3.m_3 \quad (4)$$

dengan :

- SN : *Structural number*
 D₁ : Ketebalan lapisan permukaan
 m₂ : Koefisien drainase untuk lapis fondasi
 m₃ : Koefisien drainase
 a₁, a₂, a₃ : Masing-masing adalah koefisien lapisan

Program KENPAVE

Kenpave adalah program komputer yang digunakan untuk menganalisis suatu ketebalan struktur dari perkerasan jalan, mulai dari tanah dasar hingga lapis pondasinya. Aplikasi perangkat lunak KENPAVE dikembangkan oleh Dr. Yang H. Huang, P.E., Beliau adalah seorang Professor Emeritus Teknik Sipil dari University of Kentucky.

Data yang diperlukan KENPAVE berupa data karakteristik material perkerasan salah satunya adalah *rasio poisson*, modulus elastisitas dan ketebalan tiap lapisan. KENPAVE membantu analisis mekanistik untuk menghitung respon mekanis dari desain tebal perkerasan yang dihasilkan dari 2 metode yaitu MDPJ dan AASHTO sudah memenuhi syarat ketahanan struktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Bina Marga 2017

Umur Rencana

Umur jalan harus dipertimbangkan saat memilih ketebalan perkerasan. Umur jalan yang diinginkan adalah rentang waktu dari penggunaan jalan hingga perbaikan substansial atau lapisan permukaan baru. Perkerasan fleksibel ini diperkirakan akan bertahan hingga 20 tahun.

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Data LHR dari survei oleh Balai Pelaksana Jalan Nasional Bengkulu pada Tabel 1.

Tabel 1. Data lalu lintas harian rata-rata tahun 2022

No	Golongan	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (kend/hari)
1	1	Sepeda Motor, Roda 3	13082
2	2	Sedan, Jeep, Taxi	117
3	3	Angkutan Umum, Mikrolet	1505
4	4	Pick-Up, Mobil Box	625
5	5a	Bus Kecil	8
6	5b	Bus Besar	4
7	6a	Truk 2 as (belakang 2 ban)	153
8	6b	Truk 2 as (belakang 4 ban)	1806
9	7a	Truk 3 as	103
10	7b	Truk 4 as	0
11	7c	Truk 5 as (Trailer)	1
12	8	Tidak Bermotor	46

Sumber: BPJN Bengkulu (2022)

Tabel 2. Perhitungan lalu lintas harian rata-rata (LHR) untuk 20 tahun

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (kend/hari)	LHR 2042 (kend/hari)	Rata-rata
1	5a	Bus Kecil	8	13	10
2	5b	Bus Besar	4	6	5
3	6a	Truk 2 as (belakang 2 ban)	153	245	199
4	6b	Truk 2 as (belakang 4 ban)	1806	2895	2350
5	7a	Truk 3 as	103	165	134
6	7b	Truk 4 as	0	0	0
7	7c	Truk 5 as (Trailer)	1	2	1

Faktor pertumbuhan lalu lintas biasanya dinyatakan dalam persentase (%). Berdasarkan Tabel 3, diperoleh faktor pertumbuhan lalu lintas di ruas jalan Betungan-Padang Serai sebesar 3,50%.

Tabel 3. Faktor tingkat pertumbuhan lalu lintas (i)

	Jawa (%)	Sumatera (%)	Kalimantan (%)	Rata-rata Indonesia (%)
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2017)

Lalu Lintas Rencana

1. Faktor Distribusi Lajur

Tabel 4 menunjukkan nilai alokasi lajur kendaraan komersial untuk bus dan truk pada ruas jalan Betungan-Padang Serai. Beban yang diproyeksikan untuk setiap lajur tidak boleh

melebihi kapasitas setiap tahunnya sepanjang umur rencana jalan.

2. Faktor Distribusi Arah

Untuk ruas jalan Betungan-Padang Serai yang melayani lalu lintas dua arah, nilai distribusi arah (DD) umumnya ditetapkan sebesar 0,5.

Tabel 4. Faktor distribusi lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2017)

Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban Sumbu Standar Kumulatif, atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL), merupakan total kumulatif beban sumbu lalu lintas yang direncanakan untuk diterima oleh suatu lajur selama periode umur rencana. Estimasi jumlah kendaraan selama jangka waktu 20 tahun disajikan pada Tabel 5. **Tabel 5.** *Perkiraan jumlah kendaraan selama umur rencana*

No Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2022 (kend/hari)	LHR 2042 (kend/hari)	VDF 4	VDF 5	DD	DL	R	ESA4 (Esal)	ESA5 (Esal)
1 5a	Bus Kecil	8	16	0,3	0,2	0,5	0,8	28,28	19.717	13.145
2 5b	Bus Besar	4	8	1,0	1,0	0,5	0,8	28,28	32.862	32.862
3 6a	Truk 2 as (belakang 2 ban)	153	304	0,3	0,2	0,5	0,8	28,28	377.092	251.395
4 6b	Truk 2 as (belakang 4 ban)	1806	3594	0,9	0,8	0,5	0,8	28,28	13.353.485	11.869.765
5 7a	Truk 3 as	103	205	7,6	11,2	0,5	0,8	28,28	6.431.099	9.477.409
6 7b	Truk 4 as	0	0	36,9	90,4	0,5	0,8	28,28	0	0
7 7c	Truk 5 as (Trailer)	1	2	19	33,2	0,5	0,8	28,28	156.095	272.755
CESA 20 tahun									20.370.350	21.917.330

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 5 diperoleh nilai:

a. CESA₄ = 20.370.350

b. CESA₅ = 21.917.330

Perhitungan Ketebalan Lapisan Perkerasan

Perhitungan ketebalan lapisan perkerasan lentur didasarkan pada nilai beban sumbu ekuivalen (ESAL) selama 20 tahun, yang diperoleh sebesar 21.917.330 ESAL. Rencana ketebalan perkerasan secara rinci disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Desain tebal perkerasan lentur yang digunakan

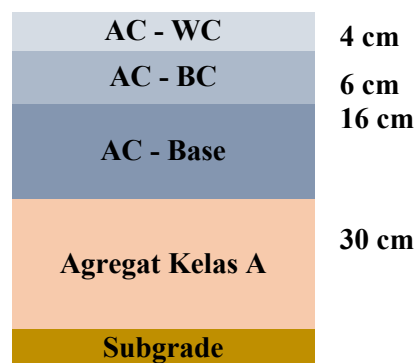
STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih							Lihat Catatan		
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA ₅)	<2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	>7 - 10	>10-20	>20 - 30	>30 - 50	>50 - 100	>100 - 200
Ketebalan Lapis Perkerasan (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1		2				3		

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2017)

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh ketebalan masing-masing lapisan perkerasan lentur yang ditampilkan pada Gambar 2.

1. Lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) memiliki ketebalan sebesar 40 mm.

2. Lapisan *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) memiliki ketebalan sebesar 60 mm.
3. Lapisan *Asphalt Concrete – Base* (AC-Base) direncanakan dengan ketebalan 160 mm.
4. Lapisan Lapisan Fondasi Atas (LFA) Kelas A direncanakan dengan ketebalan 300 mm.



Gambar 2. Ketebalan perkerasan lentur Metode Bina Marga (2017)

Metode AASHTO 1993

Umur Rencana

Periode umur rencana perkerasan jalan ditetapkan selama jangka waktu 20 tahun.

Menetapkan Nilai Indeks Pelayanan (Po dan Pt)

Berdasarkan fungsi jalan dan kategori pembangunan.

- | | |
|----------------------|---------------------|
| Fungsi jalan | = Kolektor |
| Kategori pembangunan | = Pembangunan jalan |
| Nilai Po | = 4,2 (AAHSTO 1993) |

$$\begin{aligned}\text{Nilai Pt} &= 2,5 \\ \Delta\text{PSI} &= P_o - P_t \\ \Delta\text{PSI} &= 4,2 - 2,5 = 1,7\end{aligned}$$

Nilai California Bearing Ratio (CBR)

Penyelidikan nilai CBR lapangan dilakukan di Ruas Jalan Betungan-Padang Serai dengan panjang 5,41 km. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetration* (DCP).

$$\begin{aligned}\text{CBR rata-rata} &= 9,04 \% \\ \text{CBR maksimal} &= 11,91 \% \\ \text{CBR minimal} &= 7,06 \% \\ \text{Jumlah pengamatan} &= 5\end{aligned}$$

Dengan jumlah pengamatan sebanyak 5 kali, diperoleh nilai R sebesar 2,48. Maka dihitung nilai CBR segmen sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{CBR}_{\text{segmen}} &= \text{CBR}_{\text{rata-rata}} - \frac{(\text{CBR}_{\text{maks}} - \text{CBR}_{\text{min}})}{R} \\ &= 9,04 - \frac{(11,91 - 7,06)}{2,48} \\ &= 7,08\%\end{aligned}$$

Modulus Resilien Tanah Dasar (MR)

Nilai MR Ruas jalan Betungan – Padang Serai dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{MR} &= 1.500 \times \text{CBR} \\ &= 1.500 \times 7,08 \\ &= 10.620 \text{ psi}\end{aligned}$$

Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Faktor distribusi arah (DD) untuk jalan dua arah adalah 0,5, Adapun nilai faktor distribusi lajur (DL) untuk jalan dengan dua lajur dan dua arah ditetapkan sebesar 0,8.

Reliabilitas (R)

Fungsi jalan merupakan jalan kolektor, tingkat reliabilitas = 80% - 95% maka diambil tingkat reliabilitasnya 80%.

Simpangan Baku (So)

Dengan reliabilitas (R) sebesar 80%, diperoleh nilai simpangan baku normal (ZR) sebesar -0,841 dan So sebesar 0,44 untuk perkerasan lentur.

Angka Ekuivalen (E)

Menghitung angka ekuivalen (E) sebagai perbandingan antara umur perkerasan akibat beban lalu lintas standar (18 kips) dan umur perkerasan akibat beban lalu lintas tidak standar (dalam satuan kips). Nilai ekuivalen yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Angka ekuivalen AASHTO 1993

No	Gol	Jenis Kendaraan	Beban Sumbu (Kips)	Faktor Beban Ekuivalen				Angka Ekuivalen
				Depan		Belakang		
1	2	Sedan, Jeep, Taxi	2,2 - 2,2	0,00023		0,00023		0,00046
2	3	Angkutan Umum, Mikrolet	3,85 - 3,85	0,00212		0,00212		0,00424
3	4	Pick-Up, Mobil Box	2,62 - 5,1	0,00045		0,00642		0,00688
4	5a	Bus Kecil	4,5 - 8,7	0,00391		0,05547		0,05938
5	5b	Bus Besar	6,73 - 13,07	0,01978		0,24148		0,26126
6	6a	Truk 2 as (belakang 2 ban)	6,21 - 12,05	0,0143		0,20311		0,21742
7	6b	Truk 2 as (belakang 4 ban)	13,61 - 24,43	0,3307		4,0383		4,36901
8	7a	Truk 3 as	13,75 - 20,63 - 20,63	0,34416	1,49838	1,49838		3,34093
9	7b	Truk 4 as	12,44 - 19,34 - 18,65 - 18,65	0,23017	0,0283	0,02447	0,02447	0,30742
10	7c	Truk 5 as (Trailer)	16,63 - 25,87 -24,95 - 24,95	0,73676	0,09059	0,07833	0,07833	0,98401

Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Hasil perhitungan nilai lintas ekuivalen permulaan yang diperoleh disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai lintas ekuivalen permulaan (LEP)

No	Gol	Jenis Kendaraan	LHR 2033	E	DD	DL	LEP
1	2	Sedan, Jeep, Taxi	233	0,00046	0,5	0,8	0,04
2	3	Angkutan Umum, Mikrolet	2995	0,00424	0,5	0,8	5,08
3	4	Pick-Up, Mobil Box	1244	0,00688	0,5	0,8	3,42
4	5a	Bus Kecil	16	0,05938	0,5	0,8	0,38
5	5b	Bus Besar	8	0,26126	0,5	0,8	0,84
6	6a	Truk 2 as (belakang 2 ban)	304	0,21742	0,5	0,8	26,44
7	6b	Truk 2 as (belakang 4 ban)	3594	4,36901	0,5	0,8	6281
8	7a	Truk 3 as	205	3,34093	0,5	0,8	274
9	7b	Truk 4 as	0	0,30742	0,5	0,8	0
10	7c	Truk 5 as (Trailer)	2	0,98401	0,5	0,8	0,79

Lintas Ekuivalen Selama Umur Rencana

Dalam perancangan, umur rencana (UR) ditetapkan selama 20 tahun dengan laju pertumbuhan lalu lintas tahunan sebesar 3,50%. Sehingga menghasilkan nilai N sebesar 28,28. Hasil W18 disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Lintas ekuivalen selama umur rencana (W18)

No	Gol	Jenis Kendaraan	i (%)	N	LEP	Hari	W18
1	2	Sedan, Jeep, Taxi	3,5	28,28	0,04	365	443
2	3	Angkutan Umum, Mikrolet	3,5	28,28	5,08	365	52431
3	4	Pick-Up, Mobil Box	3,5	28,28	3,42	365	35338
4	5a	Bus Kecil	3,5	28,28	0,38	365	3923
5	5b	Bus Besar	3,5	28,28	0,84	365	8630
6	6a	Truk 2 as (belakang 2 ban)	3,5	28,28	26,44	365	272898
7	6b	Truk 2 as (belakang 4 ban)	3,5	28,28	6281	365	64833009
8	7a	Truk 3 as	3,5	28,28	274	365	2828251
9	7b	Truk 4 as	3,5	28,28	0	365	0
10	7c	Truk 5 as (Trailer)	3,5	28,28	0,79	365	8126
Jumlah					6.592		68.043.047

Koefisien Relatif Lapisan (a)

Nilai koefisien lapisan (a) untuk segmen Jalan Betungan – Padang Serai diperoleh dengan perincian berikut:

Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Koefisien lapisan (a) untuk material Lasbutag ditetapkan sebesar 0,40. Berdasarkan nilai tersebut, koefisien lapisan beton aspal (a_1) atau modulus elastisitas ekuivalen (*Elastic Modulus/EAC*) dapat dihitung sebesar 365.000 psi.

Lapis Fondasi Atas (*Base Course*)

Koefisien lapisan (a_2) untuk material batu pecah, yang termasuk dalam kelompok material granular, bernilai 0,14. Berdasarkan karakteristik tersebut, nilai Modulus Elastisitas Setara (ESB) yang dihasilkan adalah sebesar 30.619,63 psi.

Lapis Fondasi Bawah (*Subbase Course*)

Koefisien lapisan (a_3) untuk material sirtu, yang tergolong sebagai material granular, memiliki nilai sebesar 0,11. Berdasarkan karakteristik material tersebut, nilai Modulus Resilien (MR) yang diperoleh adalah 15.170,5 psi.

a. *Structural number* (SN)

Perhitungan *Structural Number* (SN) digunakan untuk menentukan nilai tebal setiap lapisan (D_i) menggunakan nomogram.

Diperoleh nilai SN sebagai berikut :

1. SN = 5,60
2. SN = 3,87
3. SN = 4,88

Sehingga, ketebalan setiap lapisan (D_i) diperoleh melalui perhitungan

b. Lapisan Fondasi Atas (*Surface Course*)

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{5,6}{0,4}$$

$$= 14,65 \sim 15 \text{ cm } (D_1)$$

c. Lapisan Fondasi Atas (*Base Course*)

$$D_2 = \frac{SN_2 - a_1 D_1}{a_2 m_2}$$

$$D_2 = \frac{3,87 - 0,4 \cdot \frac{15}{2,54}}{0,4 \cdot 1}$$

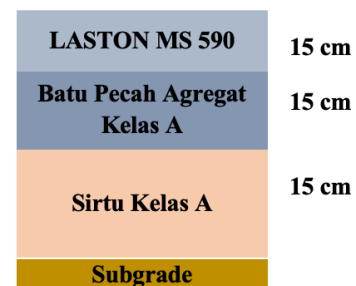
$$= 9,58 \text{ cm } \sim 15 \text{ cm } (D_2)$$

d. Lapisan Fondasi Bawah (*Sub Base Course*)

$$D_3 = \frac{SN - a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2}{a_3 m_3}$$

$$D_3 = \frac{4,88 - 0,4 \cdot \frac{15}{2,54} + 0,14 \cdot \frac{15}{2,54}}{0,11 \cdot 1}$$

$$= 11,23 \text{ cm } \sim 15 \text{ cm } (D_3)$$



Gambar 3. Ketebalan perkerasan lentur Metode AASHTO 1993

KENPAVE

a. Analisis Tegangan dan Regangan Menggunakan KENPAVE

Berdasarkan hasil analisis Program KENPAVE dengan membandingkan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) Kementerian Pekerjaan Umum (2024) dan AASHTO 1993 didapatkan nilai tegangan dan regangan yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisis tegangan dan regangan menggunakan KENPAVE

Parameter	MDPJ 2024	AASHTO 1993
<i>Horizontal Tensile Strain</i>	$1,307 \times 10^{-4}$	$2,247 \times 10^{-4}$
<i>Vertical Comper. Strain</i>	$1,425 \times 10^{-4}$	$2,649 \times 10^{-4}$
<i>Vertical Comper. Strain</i>	$1,032 \times 10^{-4}$	$1,946 \times 10^{-4}$

Hasil perhitungan pada Tabel 10 menunjukkan bahwa nilai *Horizontal Tensile Strain*, *Vertical Comper Strain* pada lapisan perkerasan dan *Vertical Comper Strain* pada tanah dasar yang dihasilkan oleh metode AASHTO 1993 lebih tinggi dibandingkan dari metode

MDPJ 2024. Kondisi ini menunjukkan bahwa

metode AASHTO 1993 menghasilkan nilai regangan dan tegangan yang lebih besar terhadap beban lalu lintas, sehingga bersifat lebih konservatif. Metode MDPJ 2024 dengan nilai regangan yang lebih kecil, menunjukkan bahwa

struktur perkerasan yang didesain berdasarkan standar nasional memiliki kemampuan yang lebih

efisien dalam mendistribusikan tegangan dan menahan deformasi.

b. Analisis Kerusakan Struktural dengan Asphalt Institute

Berdasarkan dari analisis metode Asphalt Institut diperoleh perbandingan nilai kerusakan struktural antara metode MDPJ 2024 dan AASHTO 1993 sebagaimana pada Tabel 11.

Tabel 11. Analisis kerusakan struktural dengan Asphalt Institute

Metode	Nr/ESAL	Nf	Nd (<i>rutting</i>)	Nd def	Analisis <i>fatigue</i>	Analisis <i>rutting</i>	Def
MDPJ 2024	21.917.330	94.771.558,73	226.205.678,9	959.154.672	Nf > Nr	Nd > Nr	Nd > Nr
AASHTO 1993	68.043.047	54.952.083,57	14.092.716,98	56.058.332	Nf < Nr	Nd < Nr	Nd < Nr

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 11 kerusakan struktural dengan Asphalt Institute menunjukkan nilai ESAL menggunakan metode AASHTO 1993 lebih besar dibandingkan MDPJ 2024. Nilai Nf dan Nd pada MDPJ 2024 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan AASHTO 1993. Kondisi ini menunjukkan bahwa perkerasan hasil desain MDPJ 2024 memiliki ketahanan struktural yang lebih baik terhadap retak kelelahan dan deformasi permanen. Perbandingan nilai metode MDPJ 2024 menunjukkan bahwa struktur mampu menahan beban lalu lintas dan tidak mengalami kerusakan dini, sedangkan tebal perkerasan yang direncanakan menggunakan metode AASHTO 1993 belum mampu menahan beban lalu lintas rencana secara optimal, sehingga berpotensi mengalami kerusakan struktural lebih cepat apabila tidak dilakukan perbaikan.

KESIMPULAN

Penelitian ini secara sistematis membandingkan ketebalan perkerasan lentur eksisting pada ruas Jalan Betungan–Padang Serai, Kota Bengkulu, menggunakan Metode Bina Marga 2017 dan AASHTO 1993 dengan validasi melalui analisis mekanistik menggunakan perangkat lunak KENPAVE. Berdasarkan hasil perhitungan, Metode Bina Marga 2017 menghasilkan struktur perkerasan dengan ketebalan total 46 cm yang terdiri dari AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 16 cm, dan LPA kelas A 30 cm. Sementara Metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal lapisan yang lebih besar secara relatif yaitu 15 cm untuk setiap lapisan Laston-MS, agregat kelas A, dan subbase kerikil kelas A.

Analisis mekanistik melalui KENPAVE menunjukkan bahwa nilai regangan horizontal dan vertikal pada perkerasan hasil desain AASHTO 1993 lebih tinggi dibanding MDPJ 2024, menandakan bahwa desain AASHTO lebih konservatif dan menghasilkan respon tegangan lebih besar terhadap beban lalu lintas. Sebaliknya, struktur hasil Metode Bina Marga 2017 menunjukkan efisiensi yang lebih baik dalam mendistribusikan beban dan menahan deformasi.

Evaluasi ketahanan struktural berdasarkan Asphalt Institute memperlihatkan bahwa desain MDPJ 2024 memiliki umur kelelahan (*fatigue life*) dan ketahanan deformasi permanen yang lebih tinggi dibandingkan AASHTO 1993, sehingga lebih mampu menahan beban lalu lintas rencana tanpa mengalami kerusakan dini. Dengan demikian, Metode Bina Marga 2017 dinilai lebih efisien dan sesuai untuk kondisi material serta karakteristik lalu lintas di ruas Jalan Betungan–Padang Serai, sementara Metode AASHTO 1993 cenderung memberikan desain yang lebih tebal dan konservatif namun kurang optimal terhadap kondisi lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993, *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993*, Washington: American Association of State Highways and Transportation Officials
- Asphalt Institute, 2014, Asphalt mix design methods, Manual Series No. 2. 7th ed, Lexington: Asphalt Institute, In *Asphalt Institute*
- Bina Marga, D. J., 2018, Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2), *Ministry of*

- Public Works and Housing, Oktober*, 1036
- Farida, I., & Noer Hakim, G., 2021, Ketebalan Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO 1993 Dan Manual Perkerasan Jalan 2017, *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(1), 59–68,
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2024, *Kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat direktorat jenderal bina marga*.
- Mahfuda, A., Karimi, M. B. U. Al, & Kumala, N. R. D., 2025, Perencanaan Perkerasan Jalan Berdasarkan Lalu Lintas Angkutan Batubara di Kalimantan Timur, *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, 8(1), 9–16,
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P., 2018, *Materiales para lo Civil y Construcción Ingenieros: Materials for civil and construction engineers*
- 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), 1303–1216
- Perda No 4 Tahun 2021, Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bengkulu Tahun 2021 – 2041.* (n.d.)
- Prayudyanto, M. N., Alimuddin, A., & Suhendra, A., 2023, Analisis Tebal Perkerasan Jalan dengan Metode AASHTO terhadap Kerusakan Ruas Jalan Cileungsi – Cinyongsong Udik, Kabupaten Bogor, *Jurnal Komposit*, 7(1), 43–52,
- Tannia, S., & Arif, C., 2019, *Analisis Pemilihan Jenis Perkerasan Jalan untuk Perbaikan Kerusakan Perkerasan Jalan di Jalan Harun Thohir, Kecamatan Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur*, 2(1), 2–6
- Wijaya, S., Panihda, L., & Suwarjo, 2020, Jurnal Komposits. *Jurnal Komposits*, 1(1), 1–14
- Yang, H. H., 2004, *Pavement Analysis and Design, In Education*, University of Kentucky, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A
- Yoder, E. J., & M. W. Witczak., 1975, Principles of Pavement Design, Second Edition. *Principles of Pavement Design*, 716