

Perencanaan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Jalan Untuk Lalu Lintas Berat Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 pada Ruas Jalan Tempino – Muara Bulian

Sheila Elysia Tiffany*, Fakhru Rozi Yamali, Ari Setiawan
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari, Jambi, Indonesia

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Perkerasan Kaku; Manual Desain Perkerasan 2017; AASHTO 1993; lalu lintas kendaraan berat; tebal pelat beton

**Correspondence email:*
sheilaelysiat@gmail.com

Submitted: 15 Juli 2025

Revised: 21 Juli 2025

Accepted: 07 Februari 2026

Published: 08 Februari 2026

ABSTRAK

Perencanaan tebal *perkerasan kaku* pada ruas jalan Tempino-Muara Bulian, khususnya pada segment STA 00+000 hingga STA 02+200. Ruas jalan ini mengalami kerusakan signifikan akibat peningkatan volume *lalu lintas kendaraan berat*, terutama angkutan batu bara. Analisis dilakukan untuk menentukan ketebalan perkerasan kaku yang optimal untuk menahan beban yang bertambah dan membandingkannya dengan kondisi eksisting. Dengan menggunakan metode *AASHTO 1993*, *ketebalan pelat beton* yang dibutuhkan dihitung setebal 28,016 cm. Namun, *Manual Desain Perkerasan 2017* merekomendasikan pelat yang sedikit lebih tebal yaitu 29,3 cm. Sedangkan untuk kondisi eksisting setebal 30 cm, menunjukkan bahwa perkerasan saat ini telah dirancang dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti pertumbuhan lalu lintas di masa mendatang atau untuk mengakomodasi potensi kelebihan beban. Studi ini menunjukkan pentingnya desain perkerasan yang akurat untuk memastikan kemudahan servis jalan dalam jangka panjang dalam kondisi lalu lintas yang padat.

ABSTRACT

Keywords:

Rigid Pavement; 2017 Pavement Design Manual; AASHTO 1993; Heavy vehicle traffic; Concrete slab thickness.

The design of rigid pavement thickness on the Tempino-Muara Bulian road section, specifically on segment STA 00+000 to STA 02+200. This road section has experienced significant damage due to the increased traffic volume of heavy vehicles, especially coal transportation. An analysis was conducted to determine the optimal rigid pavement thickness to withstand the increased load and compare it with the existing conditions. Using the AASHTO 1993 method, the required concrete slab thickness was calculated to be 28.016 cm. However, the 2017 Pavement Design Manual recommends a slightly thicker slab of 29.3 cm. Meanwhile, the existing condition of 30 cm indicates that the current pavement has been designed considering factors such as future traffic growth or to accommodate potential overload. This study demonstrates the importance of accurate pavement design to ensure long-term road serviceability under heavy traffic conditions.

PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan infrastruktur vital yang menopang berbagai aspek kehidupan, mulai dari ekonomi, sosial budaya, lingkungan, politik, hingga pertahanan dan keamanan. Kondisi jalan yang prima sangat penting untuk kelancaran transportasi, mendorong pertumbuhan ekonomi, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat (UU No. 36 Tahun 2006).

Namun, pembangunan jalan kerap menghadapi kendala serius, terutama terkait daya dukung tanah dasar yang tidak memadai. Untuk mengatasi keterbatasan ini, diperlukan lapisan perkerasan (pavement). Lapisan tambahan ini berfungsi untuk menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya, memastikan beban yang diterima tanah dasar tidak melampaui kapasitas dukungnya (Pd T-14-2003).

Menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004, jalan didefinisikan secara luas, mencakup seluruh bagiannya, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan lalu lintas. Definisi ini berlaku untuk jalan di permukaan tanah, di atas, di bawah, atau di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Sementara itu, jalan raya secara spesifik diartikan sebagai lintasan yang dilewati lalu lintas dari satu tempat ke tempat lain, baik berupa jalur tanah yang sudah diperkeras maupun yang belum, dan "lalu lintas" mencakup semua benda dan makhluk yang melewatinya (Sitohang dkk, 2022).

Klasifikasi Jalan dan Perkerasan Jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek utama yaitu: Klasifikasi Menurut Manfaat/Peruntukan berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004, jalan dibagi menjadi dua jenis yaitu yang pertama Jalan umum diperuntukkan bagi lalu lintas umum dan tunduk pada undang-undang lalu lintas. Dan jalan khusus dibangun oleh instansi, badan usaha, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

Klasifikasi Menurut Peranan Pelayanan Jasa Distribusi Menurut Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan (2022), sistem jaringan jalan umumnya terbagi dua yaitu sistem primer adalah Jaringan jalan untuk distribusi barang dan jasa di tingkat nasional, menghubungkan pusat-pusat kegiatan. Sistem sekunder adalah jaringan jalan untuk distribusi barang dan jasa di kawasan perkotaan (lokal/setempat).

Klasifikasi Menurut Fungsi atau Peranan Berdasarkan buku kondisi jalan nasional (Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan, 2022), jalan umum dikelompokkan menjadi empat klasifikasi yaitu Jalan arteri adalah melayani angkutan utama (jarak jauh, kecepatan tinggi, akses terbatas). Jalan kolektor adalah melayani angkutan pengumpul/pembagi (jarak sedang, kecepatan sedang, akses terbatas). Jalan local adalah melayani angkutan setempat (jarak dekat, kecepatan rendah, akses tidak dibatasi). Jalan lingkungan adalah melayani angkutan lingkungan (jarak dekat, kecepatan rendah).

Klasifikasi Menurut Status jalan umum juga dikelompokkan menjadi lima status (Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan, 2022) yaitu jalan nasional adalah jalan arteri dan kolektor primer (menghubungkan ibukota provinsi, jalan strategi nasional, dan jalan tol). Jalan provinsi adalah jalan kolektor primer (menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, serta jalan strategi provinsi). Jalan kabupaten: adalah jalan lokal primer (tidak termasuk jalan nasional/provinsi, menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, pusat kegiatan lokal, serta jalan sekunder di kabupaten, dan jalan strategi kabupaten). Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder (menghubungkan antar pusat pelayanan, persil, permukiman di kota). Dan jalan desa adalah jalan umum (menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan).

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas tanah dasar (subgrade) dengan fungsi utama menopang beban lalu lintas dan menyalurkannya ke tanah dasar agar tidak melebihi daya dukungnya (Arifin dan Santika, 2022). Untuk mencapai daya dukung dan keawetan yang optimal sekaligus ekonomis, perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Lapisan teratas, yang disebut lapis permukaan, memiliki mutu terbaik. Di bawahnya terdapat lapisan fondasi yang ditempatkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.

Agregat adalah material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan, mencakup 90-95% dari berat campuran. Daya dukung lapisan perkerasan sangat ditentukan oleh sifat dan gradasi butir-butir agregat. Bahan pengikat seperti aspal dan semen digunakan untuk mengikat agregat sehingga membentuk perkerasan yang kedap air (Sukirman, 2003).

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi dua jenis (Sukirman, 1994):

1. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement): Perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasan berfungsi memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement): Perkerasan ini menggunakan Portland Cement sebagai bahan pengikat. Pelat beton, baik dengan tulangan maupun tanpa tulangan, ditempatkan di atas tanah dasar (dengan atau tanpa lapisan fondasi bawah). Sebagian besar beban lalu lintas dipikul oleh pelat beton.

Konstruksi perkerasan kaku menggunakan semen Portland sebagai pengikat, dengan pelat beton yang menopang sebagian besar beban lalu lintas. Perkerasan ini cocok untuk lalu lintas berat (> 10 juta ESA) dan tanah dasar seragam. Namun, tidak disarankan untuk tanah lunak karena risikonya lebih tinggi dan biayanya lebih mahal (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017).

Keuntungan perkerasan kaku meliputi struktur yang lebih tipis (kecuali di tanah lunak), pelaksanaan dan pengendalian mutu lebih mudah, biaya pemeliharaan lebih rendah jika kualitas baik, dan pembuatan campuran lebih murah. Akan tetapi, kerugiannya adalah biaya konstruksi lebih mahal untuk lalu lintas rendah, rentan retak jika dibangun di atas tanah lunak atau dengan mutu rendah, dan umumnya kurang nyaman untuk berkendara (Caroles, 2022).

Perencanaan perkerasan kaku di Indonesia umumnya mengacu pada Manual Desain Perkerasan 2017 dan Manual Desain Perkerasan 2024 yang berbasis AASHTO 1993. Prosedur perencanaannya melibatkan perkiraan lalu lintas, komposisinya selama umur rencana, dan kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR (%). Parameter penting dalam metode AASHTO untuk menghitung tebal perkerasan optimal (Log W18) meliputi: umur pelayanan, faktor distribusi lajur dan arah, Reliability (R), deviasi standar (Zr, So), tingkat pelayanan (Po, Pt, ΔPSI), modulus keruntuhan beton (Sc'), kuat tekan beton (fc'), modulus elastis beton (Ec), koefisien penyaluran beban (J) dan koefisien drainase (Cd), CBR, resilient modulus (MR), dan modulus efektif reaksi tanah dasar (k).

Perkerasan beton semen terdiri dari pelat beton semen yang dapat bersambung tanpa tulangan, bersambung dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan. Daya dukung utamanya berasal dari pelat beton, sementara lapis fondasi bawah berfungsi sebagai lantai kerja, mengendalikan kembang susut tanah dasar, mencegah intrusi dan pemompaan, serta memberikan dukungan seragam. Pelat beton yang kaku mampu menyebarkan beban ke area luas, menghasilkan tegangan rendah pada lapisan di bawahnya (Pd T-14-2003).

Tanah dasar adalah fondasi alami atau urugan yang krusial, berinteraksi langsung dengan beban lalu lintas. Daya dukungnya diuji dengan CBR (California Bearing Ratio) *insitu* atau laboratorium (SNI 03-1731-1989/SNI 03-1744-1989). Tanah dasar dengan CBR < 2% memerlukan fondasi bawah beton kurus setebal 15 cm. Untuk perkerasan kaku, CBR efektif tanah dasar tidak boleh kurang dari 6%; stabilisasi mungkin diperlukan dengan tebal 150-300 mm. CBR

rendah (<3%) adalah masalah umum yang dapat menyebabkan retak dan runtuh. Penggantian perkerasan lentur ke kaku (rigid pavement) sering dilakukan untuk mengatasi masalah daya dukung dan deformasi jalan.

Karakteristik penting tanah dasar adalah nilai California Bearing Ratio (CBR), yang menunjukkan daya dukungnya. Daya dukung tanah yang rendah (CBR rendah) merupakan masalah umum pada tanah dasar jalan. Untuk mencegah retak dan runtuh pada lapisan perkerasan akibat penurunan, tanah dasar idealnya memiliki nilai CBR minimum 6%. Klasifikasi nilai CBR adalah sebagai berikut: CBR rendah (< 3%), rendah hingga sedang (3-7%), sedang (7-20%), dan baik (> 20%) (Aazokhi Waruwu, 2021).

Fondasi bawah menyalurkan beban dari lapisan di atasnya ke tanah dasar. Jenis agregatnya meliputi Kelas A (CBR min. 90%), B (CBR min. 60%), dan S (CBR min. 50%). Bahan fondasi bawah bisa berupa bahan pengikat (BP) seperti stabilisasi semen/beton kurus giling padat/campuran beraspal, atau beton kurus (BK/Lean Mix concrete). Untuk tanah lunak/ekspansif, lebar fondasi perlu diperhitungkan (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

Pernyataan ini menyoroti peranan vital jalan raya sebagai prasarana transportasi. Kondisi jalan yang baik penting untuk kelancaran transportasi, pertumbuhan ekonomi, dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Salah satu kendala utama dalam pembangunan jalan adalah daya dukung tanah dasar yang tidak memadai untuk menahan beban lalu lintas, sehingga diperlukan lapisan perkerasan (pavement) untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas agar tidak melebihi daya dukung tanah dasar. Konstruksi perkerasan jalan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: perkerasan lentur (menggunakan aspal) dan perkerasan kaku (menggunakan beton semen) (Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017).

Perkerasan kaku adalah jenis perkerasan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain perkerasan lentur. Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang besar, seperti pada jalan-jalan lintas antar provinsi, jembatan layang (*fly over*), jalan tol maupun pada persimpangan bersinyal (Mayadhita, R. (2019).

Secara spesifik, penelitian ini menyoroti dampak Instruksi Gubernur Nomor 8 Tahun 2022 tentang pengaturan lalu lintas angkutan batubara di Provinsi Jambi. Perubahan rute kendaraan ke ruas jalan Muara Bulian – Tempino telah menyebabkan penumpukan dan peningkatan volume kendaraan bermuatan besar. Hal ini mengubah fungsional jalan tersebut menjadi jalan khusus batubara, dan mengakibatkan kerusakan jalan yang cepat. Untuk jalan dengan beban lalu lintas berat, perkerasan kaku dianggap lebih cocok karena ketahanannya, umur layanan yang panjang, perawatan yang lebih mudah, dan kesesuaian untuk kecepatan tinggi (Gubernur Jambi, 2022).

Ruas Jalan Tempino-Muara Bulian memiliki panjang 42,66 km dan melintasi Kabupaten Muaro Jambi serta Kabupaten Batang Hari. Jalan ini berperan penting dalam menghubungkan jalan lintas Sumatera dengan jalan-jalan lokal di Jambi, memfasilitasi pergerakan orang dan barang, serta mendukung kegiatan ekonomi lokal. Ruas jalan ini terbagi menjadi tiga segmen: P.032 (Tempino - Bts. Kab. Ma. Jambi/Kab. Batang Hari, 13,45 km), P.033 (Bts. Kab. Ma. Jambi/Kab. Batang Hari – Bts. Kota Muaro Bulian, 21,71 km), dan P.034 (Jln. Sudirman Muara Bulian, 7,5 km). Kerusakan parah pada beberapa segmen ruas jalan Tempino-Muara Bulian akibat peningkatan beban lalu lintas menjadi permasalahan yang berdampak signifikan.

Pemilihan jenis perkerasan dan perencanaan tebal lapisan perkerasan, khususnya pada Ruas Jalan P.033, harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti daya dukung tanah dasar, beban lalu lintas, kondisi lingkungan, umur rencana, serta ketersediaan dan karakteristik material. Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 memberikan kriteria perencanaan, sementara metode AASHTO 1993 digunakan untuk menghitung tebal pelat beton pada perkerasan kaku.

Kondisi jalan yang dilalui angkutan batubara saat ini tidak layak, sehingga diperlukan pekerjaan perkerasan kaku untuk meningkatkan daya dukung jalan. Penelitian ini mengevaluasi perencanaan berdasarkan Manual Desain Perkerasan (MDP) Jalan Bina Marga 2017.

Tujuan Penelitian yaitu menghitung tebal perkerasan yang dibutuhkan agar jalan mampu mendukung beban kendaraan sesuai umur rencana. Dan menganalisis perbandingan tebal perkerasan kaku metode AASHTO dengan kondisi eksisting pada ruas jalan Tempino-Muara Bulian.

METODE

Perencanaan tebal perkerasan kaku pada proyek ini menggunakan metode AASHTO 1993, sebuah pendekatan yang berbasis pada rumus empiris. Penting untuk dicatat bahwa Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2017 juga mengadopsi dan memodifikasi rumus-rumus dari AASHTO 1993 untuk tujuan yang sama. Pendekatan ini dilengkapi dengan data pendukung CBR tanah yang telah digali, yang krusial untuk memahami sifat daya dukung tanah dasar.

Dalam studi ini mengandalkan data sekunder yang diperoleh dari sumber-sumber yang telah ada. Berbeda dengan data primer yang dikumpulkan langsung melalui observasi atau eksperimen di lapangan, data sekunder memungkinkan efisiensi dalam pengumpulan informasi. Untuk proyek perkerasan jalan Tempino-Muara Bulian, data sekunder ini secara khusus diperoleh dari Bidang Bina Marga Dinas PUPR Provinsi Jambi. Data ini mencakup berbagai informasi penting yang telah dikumpulkan oleh pihak-pihak terkait dalam proyek, seperti data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), yang sangat vital dalam perhitungan desain.

Penentuan tebal perkerasan kaku mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 dengan tetap mengaplikasikan metode perhitungan AASHTO 1993. Metode ini memerlukan input data yang spesifik dan akurat untuk menentukan berbagai nilai parameter. Parameter-parameter ini, pada gilirannya, akan secara langsung memengaruhi hasil akhir penentuan tebal perkerasan kaku yang optimal dan aman. Integrasi kedua pendekatan ini memastikan desain yang komprehensif dan sesuai dengan standar terbaru, sekaligus memanfaatkan fondasi empiris yang terbukti.

Penelitian ini diawali dengan perumusan masalah berdasarkan kondisi kerusakan Ruas Jalan Tempino-Muara Bulian akibat meningkatnya volume lalu lintas kendaraan berat, khususnya angkutan batubara. Tahap selanjutnya adalah studi literatur yang mengacu pada teori perkerasan kaku serta ketentuan perencanaan jalan berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 dan metode AASHTO 1993. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait, meliputi data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), komposisi kendaraan, faktor pertumbuhan lalu lintas, *Vehicle Damage Factor* (VDF), serta nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah dasar. Data tersebut kemudian diolah untuk menghitung beban lalu lintas kumulatif dalam satuan *Equivalent Standard Axle* (ESA/W18) dan parameter desain perkerasan lainnya. Berdasarkan hasil pengolahan data, dilakukan perencanaan tebal perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO 1993, kemudian dibandingkan dengan ketentuan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 serta kondisi perkerasan eksisting. Tahap akhir penelitian adalah analisis hasil dan penarikan kesimpulan mengenai kesesuaian tebal perkerasan kaku dalam mendukung beban lalu lintas sesuai umur rencana.

HASIL

Table 1. Tebal perkerasan

NO	DATA ITEM	SYMBOL	VALUE	UNIT
1	Umur Pelayanan		40	Tahun
2	Faktor Distribusi :		0,5	
	-Distribusi Arah		1	
	-Distribusi Lajur			
3	Jumlah beban gandar standar kumulatif	W18	38.804.307	ESA
4	Log10 (w18)		7.589	
5	Reliability	R	95	%
6	Standar normal deviasi	Zr	-1,645	
7	Deviasi standar keseluruhan	So	0,35	
8	Indeks kemampuan pelayanan awal	Po	4,5	
9	Indeks kemampuan pelayanan akhir	Pt	2	
10	kemampuan pelayanan total	Pt-Po	2,5	
11	Modulus keruntuhan beton	Sc	652,516	Psi
12	Kuat tekan beton	Fc'	914	Psi
13	Modulus Elastis beton	Ec	1.740.289	Psi
14	Koefisien perpindahan beban	J	2,8	
15	Koefisien drainase	Cd	1	
16	CBR Sub grade	CBR	75	%
17	Modulus resilient	MR	1125	Psi
18	Modulus efektif reaksi tanah dasar	K	57,99	Pci
Output Data :				
			inches	Cm
20	Tebal Plat Beton	D =	11,030	28,016
	Log 10 (W18)		7,589	
	Log 10 (W18) yang dibutuhkan		7,589	
Thickness is enough				

Sumber: Data olahan (2024)

Pembahasan

1. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan untuk jenis perkerasan kaku yang bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017 adalah 40 tahun.

2. Faktor Distribusi Arah Dan Faktor Distribusi Lajur

Bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017 untuk jalan dua arah, nilai faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50. Diasumsikan bahwa beban lalu lintas akan terdistribusi sama rata ke kedua arah jalan.

Sedangkan untuk faktor distribusi lajur (DL), MDP 2017 menyediakan tabel yang menunjukkan nilai DL berdasarkan jumlah lajur. Nilai DL untuk jalan dua arah dengan satu lajur setiap arah.

3. Nilai ESA/W18

a. Volume lalu lintas rencana

Berikut merupakan perhitungan volume lalu lintas rencana di tahun pertama berdasarkan Persamaan berikut.

$$VLLR = LHR \times (1 + i)^n \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- VLLR = Volume lalu lintas rencana (kendaraan)
- LHR = Lintas Harian Rata-rata (kendaraan pertahun)
- i = faktor pertumbuhan lalu lintas (%)
- n = umur rencana atau masa layanan (tahun)

1) Truk 2 sumbu-sedang

$$VLLR \text{ Truk 2 sumbu-sedang} = LHR \times (1 + i)^n$$

$$VLLR \text{ Truk 2 sumbu-sedang} = 184 \times (1 + 3,5\%)^1$$

$$VLLR \text{ Truk 2 sumbu-sedang} = 190,44 \approx 190$$

2) Truk 3 sumbu-sedang

$$VLLR \text{ Truk 3 sumbu-sedang} = LHR \times (1 + i)^n$$

$$VLLR \text{ Truk 3 sumbu-sedang} = 75 \times (1 + 3,5\%)^1$$

$$VLLR \text{ Truk 3 sumbu-sedang} = 77,625 \approx 78$$

Berikut merupakan perhitungan pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*).

$$R = \frac{(1+0.01*i)^n-1}{0.01*i} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- R = faktor penggali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
- i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
- UR = umur rencana tahunan

$$R = \frac{(1+0.01*3,5)^{40}-1}{0.01*3,5}$$

$$R = 84,550$$

b. VDF (*Vehicle Damage Factor*)

Nilai VDF yang digunakan bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017 untuk lokasi di daerah Sumatera. Pada jalan tersebut kendaraan yang melintas yaitu, Truk 2 sumbu-sedang, dan Truk 3 sumbu-sedang. Berikut ini merupakan rangkuman nilai VDF yang akan digunakan.

Tabel 2. Nilai VDF masing-masing jenis Kendaraan Niaga

Golongan	Jenis Kendaraan	VDF Pangkat 4
6b1.2	Truk 2 sumbu – sedang	1,7
7a2	Truk 3 sumbu – sedang	28,1

Sumber: Data Olahan, 2024

Menghitung ESA kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*Equivalent Standard Axle*) menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga. Persamaan ESA bersumber dari AASHTO 1993 pada persamaan berikut.

$$ESA_{TH} = LHR \times VDF \times DD \times DL \times 365 \times R \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- ESA_{TH} = kumulatif lintasan sumbu standar ekuivalen (*Equivalent Standard Axle*) pada tahun pertama.
- LHR = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).
- VDF = faktor kerusakan jalan (*Vehicle Damage Factor*) berdasarkan jenis kendaraan niaga
- DD = faktor distribusi arah
- DL = faktor distribusi lajur
- R = faktor penggali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

Tabel 3 Perhitungan Desain Lalu Lintas

No.	Jenis Kendaraan	LHR 2023	VDF	DD	DL	Hari Dalam Setahun	R	ESA/W18
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1.	Truk 2 as sedang	190	1,7	0,5	100%	365	84,55	4.984.011
2.	Truk 3 as sedang	78	28,1	0,5	100%	365	84,55	33.820.296
ΣW18								38.804.307

Sumber: Data Olahan, 2024

Keterangan:

$$(9) = (3) \times (4) \times (5) \times (6) \times (7) \times (8)$$

Dimana:

- (3) = LHR yang digunakan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan 1.1
- (4) = Nilai VDF yang digunakan bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017 yang tertera di tabel 2
- (5) = Nilai faktor distribusi arah (DD) bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017
- (6) = Nilai faktor distribusi lajur (DL) bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2017
- (8) = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif (R) berdasarkan hasil perhitungan yang menggunakan persamaan 1.2

Lalu lintas yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan kaku adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Berdasarkan hasil perhitungan Table 3 diperoleh nilai W18 selama 40 tahun adalah $\sum W18 = 38.804.307$. Semakin besar nilai ESA/W18, semakin besar pula kerusakan yang ditimbulkan oleh kendaraan pada perkerasan jalan.

Berdasarkan tabel 3 yang bersumber dari Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 tidak ditemukan nilai tebal perkerasan beton semen yang sesuai untuk kumulatif sumbu kendaraan berat sebesar 38.804.307. oleh karena itu, dilakukan interpolasi linear untuk memperoleh nilai tebal perkerasan yang dibutuhkan sebagai berikut:

$$y = y_1 + \frac{(x-x_1)}{(x_2-x_1)}(y_2-y_1) \dots\dots\dots(4)$$

(kumulatif
lintasan
sumbu standar
ekuivalen
40 tahun
kelompok
sumbu

$$y = \text{Tebal pelat beton 1} + \frac{\text{kendaraan 1}}{\text{kelompok sumbu kendaraan 2}} (\text{tebal pelat beton 2} - \text{tebal pelat beton 1})$$

$$y = 285 + \frac{(38.804.307-25.800.000)}{(43.000.000-25.800.000)}(295-285)$$

$$y = 293 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil interpolasi memberikan sebuah perkiraan mengenai tebal perkerasan beton semen yang dibutuhkan untuk menahan beban lalu lintas sebesar 38.804.307. Nilai tebal perkerasan yang diperoleh adalah 293 mm.

4. Nilai Reliability

Reliabilitas (R) dalam perancangan jalan adalah ukuran sejauh mana kita yakin bahwa jalan tersebut akan berfungsi sesuai yang diharapkan selama masa pakainya. Semakin tinggi nilai R, semakin tinggi pula tingkat kepercayaan kita.

Untuk jalan kolektor rural, berdasarkan rekomendasi AASHTO 1993, nilai R yang umum digunakan adalah 95%. Artinya, ada peluang 95% bahwa jalan tersebut akan memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Nilai R ini berkaitan dengan nilai standar normal deviasi (ZR). Dalam perhitungan statistik, ZR digunakan untuk menentukan ketebalan perkerasan yang dibutuhkan. Untuk nilai R sebesar 95%, nilai ZR yang sesuai adalah -1,645.

5. Nilai Deviasi Standar Keseluruhan (So)

Metode AASHTO 1993 menyarankan agar deviasi standar keseluruhan (So) untuk perkerasan kaku berada dalam rentang 0,30 hingga 0,40. Nilai So yang diambil merupakan nilai tengah-tengah dari rentang tersebut. Pilihan nilai tengah ini dianggap cukup seimbang. Artinya, desain perkerasan yang dihasilkan memiliki faktor keamanan yang memadai tanpa membuat biaya konstruksi menjadi terlalu tinggi.

6. Nilai Serviceability

AASHTO (1993), merekomendasikan nilai indeks pelayanan awal (Po) 4,5 untuk perkerasan kaku. Sedangkan nilai indeks kemampuan pelayanan akhir (Pt) 2,0 untuk volume lalu lintas yang lebih rendah. Untuk menghitung penurunan indeks pelayanan (ΔPSI) menurut AASHTO (1993) menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta PSI = Po - Pt \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- ΔPSI = kehilangan kemampuan pelayanan total
- Po = kemampuan pelayanan awal

- Pt = kemampuan pelayanan akhir
- Δ PSI = 4,5 – 2
- Δ PSI = 2,5

7. Nilai modulus Keruntuhan beton (Sc')

Berdasarkan gambar 2.4 CBR tanah efektif dan tebal fondasi bawah maka didapat CBR tanah dasar efektif adalah 75% maka dapat dihitung resilient momen, dan untuk menghitung modulus efektif reaksi tanah dasar (k) menggunakan persamaan berikut:

$$MR = 1500 \times CBR \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

- MR = Resilient Modulus (Psi)
- MR = 1500 x 75%
- MR = 1125 Psi
- k = MR/19,4.....(7)

Dimana:

- k = Modulus tanah dasar (Pci)
- k = 1125/19,4
- k = 57,990 Pci

8. Modulus keruntuhan (Sc')

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 1) menetapkan bahwa kuat lentur minimum beton semen yang digunakan untuk perkerasan jalan harus mencapai 4,5 MPa pada umur 28 hari. Nilai ini setara dengan 45,887 kg/cm². Perlu diperhatikan bahwa satuan yang umum digunakan untuk kuat tekan beton ($f'c$) adalah psi (pound per square inch). Untuk mengkonversi nilai kuat lentur dari kg/cm² ke psi, kita dapat mengalikan dengan faktor konversi 14,22. Sehingga, nilai kuat lentur 4,5 MPa setara dengan sekitar 652,516 psi.

9. Modulus elastis beton (Ec)

Nilai modulus elastisitas beton penting untuk desain perkerasan kaku. Modulus elastisitas beton berdasarkan nilai kuat lentur dan kuat tekan beton. Nilai elastisitas beton menurut AASHTO (1993) dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Ec = 57000\sqrt{fc} \dots\dots\dots(8)$$

$$fcf = 0,7 fc \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:

- Ec = modulus elastisitas beton (psi)
- \sqrt{fc} = kuat tekan beton, silinder (psi)
- fcf' = kuat tarik lentur 28 hari (kg/cm²)
- Fc' = 100/70 x fcf
- Fc' = 100/70 x 652,516 psi
- Fc' = 932,166 psi
- Maka, $Ec = 57000\sqrt{932,166}$
- $Ec = 1.740.289$ psi

10. Koefisien perpindahan beban (J)

Koefisien perpindahan beban (J) merupakan faktor penting dalam perancangan perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO 1993. Nilai J menunjukkan kemampuan sambungan antara plat beton dalam menyalurkan beban dari satu plat ke plat lainnya.

Semakin tinggi nilai J, semakin baik pula sambungan tersebut dalam mendistribusikan beban. Hal ini akan mengurangi tegangan pada plat beton dan memperpanjang umur layanan perkerasan.

Berdasarkan Tabel didalam buku AASHTO 1993, untuk sambungan polos (tanpa dowel atau tulangan transfer beban), nilai J yang disarankan berkisar antara 2,5 hingga 3,1. Dalam praktiknya, nilai J sebesar 2,8 sering dijadikan acuan untuk jenis sambungan ini.

11. Koefisien drainase (Cd)

Perlakuan terhadap tingkat drainase yang diharapkan untuk perkerasan kaku adalah melalui penggunaan koefisien drainase (Cd) dalam persamaan kinerja (efeknya sama dengan koefisien perpindahan beban J) sebagai dasar perbandingan nilai Cd menurut AASHTO adalah 1.

12. Tebal pelat beton

Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku Metode AASHTO 1993:

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10}(W_{18}) &= Z_r \times S_o + 7,35 \times \text{log}_{10}(D + 1) - 0,06 + \frac{\text{log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4,5-1,5}\right)}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(D+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \times P_t) \\ &\times \text{log}_{10}\left(\frac{S_{cr} \times C_d \times (D^{0,75} - 1,132)}{215,63 \times J \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{(R_c/k)^{0,25}}\right]}\right) \dots\dots\dots(10) \\ 7,589 &= (-1,645) \times 0,35 + 7,35 \times \text{log}_{10}(11,03 + 1) - 0,06 + \frac{\text{log}_{10}\left(\frac{2,5}{4,5-1,5}\right)}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(11,03+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 \times 2,0) \\ &\times \text{log}_{10}\left(\frac{652,516 \times 1 \times (11,03^{0,75} - 1,132)}{215,63 \times 2,8 \left[11,03^{0,75} - \frac{18,42}{(1,740,289 / 57,990)^{0,25}}\right]}\right) \\ 7,589 &= 7,364 - (-0,018) + 3,580 \times 0,058 \\ 7,589 &= 7,589 \end{aligned}$$

Berdasarkan Persamaan 2.0 metode AASHTO 1993 dilakukan perhitungan iteratif dengan mencoba-coba berbagai nilai untuk tebal pelat beton (D). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tebal pelat beton yang dibutuhkan adalah 11,03 inch. Nilai Log₁₀(W₁₈) yang diperoleh dari perhitungan, yaitu 7,589, tepat sama dengan nilai Log₁₀(W₁₈) yang disyaratkan. Hasil ini mengindikasikan bahwa tebal pelat beton yang digunakan telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Perhitungan ini mempertimbangkan umur rencana 40 tahun.

- D = 11,03 inch x 2,54 cm
- D = 28,016 cm

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perencanaan perkerasan kaku pada Ruas Jalan Tempino–Muara Bulian, beban lalu lintas kumulatif selama umur rencana 40 tahun mencapai 38.804.307 ESA (W₁₈), yang mencerminkan karakteristik lalu lintas berat, khususnya angkutan batubara. Perhitungan menggunakan metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal pelat beton sebesar 28,016 cm, yang secara teknis telah memenuhi persyaratan struktur perkerasan kaku untuk mendukung beban lalu lintas tersebut.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 merekomendasikan tebal pelat beton sebesar 29,3 cm, sedangkan kondisi perkerasan eksisting di lapangan memiliki tebal 30 cm. Hal ini menunjukkan bahwa perkerasan eksisting berada di atas kebutuhan minimum hasil perhitungan dan dapat dikategorikan aman serta andal dalam mendukung kinerja jalan pada kondisi lalu lintas berat. Dengan demikian, perkerasan kaku eksisting dinilai telah sesuai untuk menjamin umur layanan jalan dan kinerja struktural yang optimal dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO. (1993). American: *American Association Of State Highway And Transportation Officials*

Aazokhi Waruwu, O. Z. (2021). *Kajian Nilai California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah Lempung Lunak Dengan Variasi Tebal Stabilisasi Menggunakan Abu Vulkanik*. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, 3.

Arifin, S., & Santika, T. Y. (2022). *Metode International Roughness Index Untuk Evaluasi Kondisi Kerataan Permukaan Jalan Dan Indeks Kondisi Perkerasan Untuk Evaluasi Kerusakan Permukaan Jalan*. Indramayu: CV. Adanu Abimata.

Badan Standardisasi Nasional. (1989). *SNI 03-1731-1989: Metode Pengujian Daya Dukung Tanah Dasar dengan CBR Insitu*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (1989). *SNI 03-1744-1989: Metode Pengujian Daya Dukung Tanah Dasar di Laboratorium dengan CBR*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Caroles, L. (2022). *Pengantar Perkerasan dan Landasan*. Banyumas: Wawasan Ilmu.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/M/BM/2017*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2024). *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 03/M/BM/2024*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan. (2022). *Buku Kondisi Jalan Nasional*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Instruksi Gubernur Jambi Nomor 8 /INGUB/DISHUB/2022 tentang Pengaturan Lalu Lintas Angkutan Batubara di Wilayah Provinsi Jambi. Jambi: Pemerintah Provinsi Jambi

Indonesia. Pemerintah. (2006). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86. Jakarta

Kementerian Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2003). Pd T-14-2003: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

Sheila Elysia Tiffany*, Fakhrol Rozi Yamali, Ari Setiawan: *Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Untuk Lalu Lintas Berat Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017 pada Ruas Jalan Tempino – Muara Bulian*

Mayadhita, R. (2019). *Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Perbandingan Nilai CBR Pada Jalan Kenali Asam Bawah*. Jurnal Talenta Sipil Fakultas Teknik. Universitas Batanghari, Jambi.

Republik Indonesia. (2004). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan

Sitohang, O., Manurung, E. H., Puro, S., Tjahjani, A. R., & Manik, K. (2022). *Perancangan Jalan Raya Antar Kota (Rural Road)*. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.

Spesifikasi Umum Bina Marga. (2018). *Divisi 3: Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia

Sukirman, S. (1994). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova.